

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№1 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 – д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Устинов
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) 207-22-20 доб. 5128, E-mail: stim.kaf@cchgeu.ru

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2025

**В данном выпуске опубликованы материалы
28-й ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ. ЭКОЛОГИЯ»**

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Долгова В.О., Зайцев А.Б. Инновации в городском планировании: технологии и комфорт как факторы демографического роста	7
Китаев Д.Н., Тульская С.Г. Беспилотные летательные аппараты при реализации схем перспективного развития коммунальной инфраструктуры.....	18
Лобанов Д.В., Мерщев А.А., Калач Е.В., Чесноков А.С. Комплексное оснащение рентгенодиагностического кабинета инженерными системами	25

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Воробьева Ю.А., Исакова В.А. Нормативные и организационно-технические решения при организации сбора твердых коммунальных отходов в городской застройке	33
Горборукова А.Д., Семенова Э.Е. Анализ отечественного и зарубежного опыта в проектировании энергоэффективных зданий.....	41
Федотов Р.О., Жилин Р.А. Тенденции развития гибридных двигателей и машин.....	46

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Зорин В.А., Маба Н.Ж. Разработка новых композитных материалов: факторный анализ с применением программы STATISTICA 13	51
Матвиенко Ф.В., Паневин Н.И., Строкин А.С., Шамарин Н.И. Совершенствование методов лабораторного подбора укрепленных цементом грунтов и материалов по характеристикам их водопоглощения и морозостойкости	58

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ,
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

Николенко С.Д., Щиенко А.Н., Чистохин П.А. Анализ результатов обследования технологических эстакад промышленных объектов старой постройки.....	63
Пурусова И.Ю., Чижик К.И. Регулирование режима работы насосного агрегата путём обточки рабочего колеса	69

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Развитие интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах: международный опыт и перспективы для России.....	74
Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Роботы для кирпичной кладки: революция в строительстве.....	76
Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Применение нейронных сетей при проектировании автомобильных дорог	79
Жабцев А.В., Строкин А.С., Матвиенко Ф.В., Сапиго Г.А. Принцип расчета устойчивости колеобразования асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах с железобетонной плитой.....	82
Жук В.А., Алимова Н.Ю., Гладышева О.В. Эффективные методы мониторинга и диагностики состояния дорожного покрытия.....	87
Зиборов И.А., Алимова Н.Ю. Перспективы развития «умных» дорог.....	91
Матвиенко Ф.В., Строкин А.С., Борисов А.Е., Шамарин Н.И. Разработка коэффициента относительной долговечности для оценки повышения срока службы дорожной одежды с укрепленным цементом основанием.....	95

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Андрейкин А.А., Гетман А.И., Чередниченко Д.С., Литвинов Д.Ю. Принципы разработки несущей системы гоночного автомобиля класса «Формула Студент»	100
Григоренко Н.И., Гутников В.А. Технологии развития автономных транспортных средств для вывоза бытовых (коммунальных) отходов из жилого района.....	105
Данилов Р.Г., Андрюхов Н.М., Кижаккин В.А., Заколадкин В.И., Литвак П.И. Газовые двигатели для строительных машин	113
Жилин Р.А., Абдуллоев Н.Т. Обзор современных карьерных экскаваторов	120
Жилин Р.А., Картавцев Г.М., Ходцев В.С. Портативный двигатель Стирлинга	128
Жулай В.А., Гетман А.И. Конструкции универсального рабочего оборудования гидравлических экскаваторов.....	132
Жулай В.А., Кожакин Е.В., Москалев С.С. Навесной рабочий орган автогрейдера	138
Жулай В.А., Тюнин В.Л., Давыдов А.А. Применение сдвоенных колёс на тягаче землеройно-транспортной машины	142
Кондратьев А.В., Кочканян С.М., Оганесов Д.В., Молостов Г.А., Вельдяксов Д.И. Валково-дисковый грохот для дробильно-сортировочных комплексов	148
Конев В.В. Адаптивность рабочего оборудования снегоуборочных машин	153
Лобков В.А., Щербинин В.В., Стеганцов Н.О., Чуев А.А., Волков Н.М. Перспективные способы определения качества моторных масел в условиях автотранспортного предприятия.....	159
Минин В.В., Кузнецов Г.А., Люкшин А.Д. Совершенствование подготовки по профессиональной программе машиниста экскаватора	162
Минин В.В., Кузнецов Г.А., Мальков А.Д. Исследование барабанов бытовых гравитационных бетоносмесителей	168

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Николенко С.Д., Арифиллин Е.З., Щиенко А.Н. Комплексная сводчатая конструкция на основе пневмоопалубки	173
Сметанин М.И., Беляков В.В., Мальцев А.А. Конструкции ловителей лифтов	180

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Арифиллин Е.З., Тростянский С.Н., Николенко С.Д., Щиенко А.Н. Организация аварийно-спасательных работ в чрезвычайных ситуациях	185
Горбачев А.Е. Утилизация и переработка аккумуляторов разных типов	192
Григоренко Н.И. Влияние сенсорных технологий на современные тенденции развития систем управления автономного транспорта	196
Григоренко Н.И. Несанкционированное вмешательство вследствие кибератак на системы управления автотранспорта	208
Климова Е.В., Шишов К.В. Строить можно, но сохранить	216
Логунова Е.А., Каргашилов Д.В., Мацокин Д.С. Пожарная безопасность электрических грузовых автомобилей	227
Тарасов Е.А., Волков Н.М., Щиенко А.Н., Румянцев Д.Н. Особенности проведения автотехнической экспертизы при расследовании ДТП: практика и рекомендации	230
Тарасов Е.А., Дегтев Д.Н., Щиенко А.Н., Макаровская А.Р., Подмарькова С.С., Кирданов А.О. Взаимосвязь механизма дорожно-транспортного происшествия и дорожной обстановки	234
Тарасов Е.А., Никитин С.А., Щиенко А.Н., Анохин Н.С., Бизяева П.Ю., Москалев С.С. Автотехническая экспертиза как инструмент борьбы с мошенничеством в автостраховании	239
Тарасов Е.А., Тарасова Е.В., Щиенко А.Н., Губин Е.И., Перфильев А.А., Чеверев А.А. Интеллектуальные транспортные средства: будущее мобильности и вызовы безопасности	243
Тарасов Е.А., Щиенко А.Н., Яковлев К.Р. Интеллектуальные транспортные системы: новые вызовы и перспективы расследования дорожно-транспортных происшествий	248

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Волокитина О.А., Андреев А.В., Волокитин В.П. Моделирование и расчет шумозащитного экрана-стенки для заданных условий местности	253
Лобков В.А., Щербинин В.В., Волков Н.М. Использование ИИ в определении технического состояния и диагностики автомобиля	262
Стеганцов Н.О., Чуев А.А., Жилин Р.А. Надёжность советской и современной техники	266
Устинов Ю.Ф., Щиенко А.Н., Ульянов А.В., Шафоростов С.А., Рубцов В.А. Определение закономерности изменения динамического модуля упругости резины от наклона рычагов виброизолятора	270

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 711, 316.334.56

ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»

Научный сотрудник

В.О. Долгова

Москва, тел. +7-915-329-38-21

e-mail: dingo93@mail.ru

ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»

Научный сотрудник

А.Б. Зайцев

Москва, тел. +7-926-599-97-89

e-mail: abz.8@mail.ru

*FSBI "Central Research and Design Institute of
the Ministry of Construction of Russia"*

Researcher V.O. Dolgova,

Moscow, tel. +7-915-329-38-21

e-mail: dingo93@mail.ru

*FSBI "Central Research and Design Institute of
the Ministry of Construction of Russia"*

Researcher A.B. Zaytsev

Moscow, tel. +7-926-599-97-89

e-mail: abz.8@mail.ru

В.О. Долгова, А.Б. Зайцев

ИННОВАЦИИ В ГОРОДСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ: ТЕХНОЛОГИИ И КОМФОРТ КАК ФАКТОРЫ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РОСТА

В статье исследуются демографические процессы в Калужской области в контексте создания среды жизнедеятельности, биосферно-совместимой и благоприятной для развития человека и общества. Анализируются влияние урбанизации на динамику численности населения и социальные факторы, способствующие улучшению качества жизни. Особое внимание уделено применению экологически устойчивых технологий в малых городах, которые могут стать основой для формирования комфортной и здоровой среды, способствующей демографическому росту и устойчивому развитию общества.

Ключевые слова: демографические процессы, урбанизация, инновации, городское планирование, Калужская область, малые города, биосферно-совместимые технологии, комфортная среда, экология.

V.O. Dolgova, A.B. Zaytsev

INNOVATIONS IN URBAN PLANNING: TECHNOLOGY AND COMFORT AS DEMOGRAPHIC GROWTH FACTORS

The article explores demographic processes in the Kaluga region in the context of creating a living environment that is biosphere-compatible and conducive to the development of humans and society. The influence of urbanization on population dynamics and social factors contributing to the improvement of quality of life is analyzed. Particular attention is paid to the use of environmentally sustainable technologies in small towns, which can serve as a foundation for creating a comfortable and healthy environment that promotes demographic growth and the sustainable development of society.

Keywords: demographic processes, urbanization, innovations, urban planning, Kaluga region, small towns, biosphere-compatible technologies, comfortable environment, ecology.

Введение

Создание среды жизнедеятельности, биосферно-совместимой и благоприятной для развития человека и общества, является одной из ключевых задач современного городского планирования. Такая среда не только способствует улучшению качества жизни, но и формирует условия для демографического роста, отвечая на вызовы устойчивого развития. Демографический кризис, начавшийся в России в конце 1960-х годов, остается одной из главных угроз для социального и экономического развития. Однако обсуждение демографических проблем часто ограничивается экономическими факторами, такими как влияние на рождаемость, что не учитывает важные аспекты комфорта городской среды и взаимодействия человека с природой.

Современные исследования подчеркивают, что биосферно-совместимая среда — это не только экология и зеленые зоны, но также психологическое и социальное благополучие человека, обусловленное гармоничным сочетанием природных и архитектурных элементов. Духовные и психологические потребности населения, культурные и религиозные традиции, а также экологические факторы и уровень комфорта городской среды оказывают значительное влияние на демографические процессы [1].

Урбанизация является одним из ключевых факторов, влияющих на демографические процессы. Она меняет модели жизни, труда и воспитания детей, и зачастую в крупных городах уровень рождаемости оказывается ниже, чем в сельской местности [2]. Это связано с изменениями социальной структуры, высокой занятостью женщин и повышенными требованиями к качеству жизни [3]. Однако гипотеза о том, что в малых населенных пунктах уровень рождаемости выше [4], требует более детального анализа, особенно в контексте создания биосферно-совместимой среды, которая может стать одним из факторов повышения рождаемости и улучшения качества жизни.

Цель данного исследования — рассмотреть, как инновации в городском планировании, направленные на создание биосферно-совместимой и экологически устойчивой городской среды, могут стать катализатором демографического роста. На примере Калужской области будет проанализировано, как урбанизационные процессы и качество городской среды влияют на рождаемость и демографические показатели.

Особое внимание уделяется инновациям в городском планировании, которые, через интеграцию природных решений и технологий, способны создать благоприятную для жизни среду, стимулирующую демографический рост. Создание биосферно-совместимой среды в малых городах и ее развитие как стратегического инструмента демографической политики является ключевым элементом данного исследования. Повышение уровня экологической устойчивости и общего комфорта городской среды может значительно повысить привлекательность городов для жизни, что, в свою очередь, будет способствовать демографическому росту.

Таким образом, гипотеза о взаимосвязи между уровнем урбанизации и демографическими показателями, а также о влиянии инноваций в городском планировании на рождаемость, легла в основу данного исследования. В качестве примера для проверки этой гипотезы выбрана Калужская область, регион, где сочетаются аграрные и промышленные зоны, что создает уникальные условия для анализа демографических процессов. Изучение исторической ретроспективы региона позволит выявить демографические модели и факторы, влияющие на рождаемость в разных типах населенных пунктов.

Рассмотренные теоретические подходы создают основу для анализа конкретных примеров демографических процессов, связанных с урбанизацией в Калужской области. Особое внимание будет уделено тому, как интеграция природных решений в городское планирование может способствовать созданию биосферно-совместимой среды и повышению уровня рождаемости.

Анализ влияния урбанизации на демографические процессы в Калужской области

Историческая ретроспектива роста населения Калужской области позволяет глубже понять долгосрочные демографические тренды. При учреждении Калужской губернии в 1777 году ее население составляло около 770 847 человек [5]. К 1879 году, спустя сто лет, в губернии проживало уже 1 098 814 человек, что свидетельствует о приросте населения на 42,5 %. К 1913 году численность населения достигла 1 483 025 человек, что означает увеличение за 135 лет на 712 178 человек, или на 92,4 %. Таким образом, население губернии почти удвоилось за 140 лет [6].

Темпы прироста населения за этот период варьировались. До 1861 года среднегодовой прирост составлял около 0,3 %. После отмены крепостного права в 1861 году прирост населения ускорился [7] (Таблица 1).

Таблица 1

Темпы прироста населения с 1777 г. по 1913 год
со сравнительными данными за 2024 (составлена авторами по [5,6,7,8])

Численность населения.	1777 г.	1858 г.	1913	2024
Человек	770 847	928 117	1 483 025	1 068 410

Процентное соотношение между городским и сельским народонаселением за 150 – летний период также не было постоянным. Города увеличивали свое население быстрее сельских населенных пунктов. При этом, доля сельского населения была стабильно высока (Таблица 2).

Таблица 2

Процентное соотношение между городским и сельским народонаселением за 150-летний период с показателями на 2024 г (составлена авторами по [5,6,7,8])

Численность населения.	1777 г.	1858 г.	1913	2024
Городское население Человек %	37251 4,8%	95689 10,3%	134955 9,1%.	75,2%
Сельское население	95,2%	89,7%	90,9%	24,8%

В настоящее время численность населения Калужской области – 1 068 410, что не позволяет стабилизировать демографические показатели численности населения Калужской области настоящего времени с показателями 1913 года.

Средняя плотность населения невысока - 35,96 чел./км² (2023г.) Соотношение горожан и сельских жителей составило 75,2% и 24,8% [9].

Таблица 3

Сравнительная оценка численности постоянного населения с 1 января 2022 года по 1 января 2023 года, и 2024 года по данным Росстата [10]

	Численность населения на 1 янв. 2022 г.	Численность населения на 1 янв. 2023 г.	Общий прирост (+), убыль (-) с 2022 по 2023 гг	Численность населения на 1 янв. 2024	Общий прирост (+), убыль (-) с 2023 по 2024 гг.
Все население	1073252	1070853	-2399	1 068 410	-2443
Городское население	805318	801577	-3741	803444,32	- 1867
Сельское население	267934	269276	+1342	264965,68	-4311

Со времен работы В.П. Семенова-Тян-Шанского сложилась традиция, по которой главными критериями классификации городов служат численность населения, научно-производственная специализация указанных поселений, а также значение поселений в системе расселения и административно-территориальном устройстве Российской Федерации [11]. В XIX веке на территории Калужской губернии преобладали малые и очень малые города/городки (по В.П. Семенову-Тян-Шанскому) [12]. Несмотря на рост численности городского населения в XX – XXI вв., малые города края не отличаются значительным прибавлением населения (Таблица 4).

Таблица 4

Сравнение численности жителей городов Калужской губернии/области в 1858 году и 2022 году. Сравнительная характеристика городов по классификации В.П. Семенова-Тян-Шанского и Градостроительного Кодекса современности (составлена авторами по данным Росстата и по [11.13])

Город	Число жителей 1859 г.	Число жителей 2022 г.	Классификация городов по В.П. Семенову-Тян-Шанскому	Классификация городов по Градостроительному Кодексу	Административный статус в XIX веке	Административный статус в XXI веке
Калуга	37 818	337 058	Средний город	Крупный город	Центральный город губернии	Центр. город области
Боровск	8 737	12 598	Малый город	Малый город	Центр уезда	Центр района
Жиздра	9587	5545	Малый город	Малый город	Центр уезда	Центр района
Козельск	7530	16 759	Малый город	Малый город	Центр уезда	Центр района
Лихвин	3003	935	Городок	Малый город	Центр уезда	Чекáлин город в Тульской области

Окончание табл. 4

Малоярославец	2913	41 836	Городок	Малый город	Центр уезда	Центр района
Медынь	6646	8200	Малый город	Малый город	Центр уезда	Центр района
Мещовск	5341	3810	Городок	Малый город	Центр уезда	Центр района
Мосальск	1492	4234	Городок	Малый город	Центр уезда	Центр района
Перемышль	2929	3 210	Городок	Малый город	Центр уезда	село
Таруса	1518	9918	Городок	Малый город	Центр уезда	Центр района
Воротынский	1044	0 667	Городок	Поселок городского типа	Заштатный город	село
Серпейск	736	695	Городок	поселок	Заштатный город	село
Сухиничи	6393	14 806	Малый город	Малый город	Торговый город с 1840 г.	Центр района

Анализ современных данных Росстата показывает, что численность населения Калужской области к 2024 году составила 1 068 410 человек, что свидетельствует о демографическом спаде по сравнению с начала XX века. Особенно заметен отток населения из сельских районов, где рождаемость стабильно ниже, а численность продолжает сокращаться. Плотность населения остается невысокой – около 35,96 чел./км², что подтверждает недостаточную урбанизацию региона.

Миграционные процессы также играют важную роль в изменении демографических показателей. Близость к Московскому региону способствовала оттоку трудоспособного населения из Калужской области, что особенно заметно в северных и центральных районах региона. Этот фактор продолжает оказывать влияние на возрастную структуру населения, уровень рождаемости и общую демографическую динамику.

Региональные особенности размещения населения в Калужской области характеризуются значительной неравномерностью. Наибольшая плотность населения сосредоточена в южной части Московской агломерации, включающей города Обнинск, Малоярославец, Балабаново и Боровск. Еще один густонаселенный ареал сформировался вокруг областного центра, особенно выделяется Дзержинский район [14]. На юго-западе области расположены районы, ориентированные на Брянск, такие как Людиновский, Кировский и Думиничский. Например, Людиново находится ближе к Брянску (87 км), чем к Калуге (177 км по автодорогам). Западные и южные районы, удаленные от Киевской магистрали, менее заселены.

Рост численности населения в Калужской области в основном наблюдается в крупных городах, таких как Калуга, Обнинск и Малоярославец, в то время как малые города и сельские населенные пункты продолжают терять жителей. Это также отражается в уровне урбанизации, который к 2024 году составил 75,2%, что выше среднего по России. Однако качественные характеристики урбанизации остаются низкими: значительная часть городов относится к категории малых, и их прирост населения минимален.

Сравнительный анализ данных Росстата подтверждает, что демографические процессы в России имеют ярко выраженные региональные особенности. В ряде регионов, например на Северном Кавказе и в Южной Сибири, рождаемость значительно превышает смертность [15]. Эта региональная дифференциация также наблюдается в странах с разнообразным этническим и конфессиональным составом, где культура и традиции влияют на демографические показатели. Различия заметны как между регионами, так и между городскими и сельскими поселениями.

Высокая доля городского населения в Центральных регионах, включая Калужскую область, является следствием депопуляции сельских территорий в конце советского периода. Рост крупных городов также обусловлен присоединением малых населенных пунктов, что увеличивает их численность механически [16]. Малые города, находящиеся на периферии крупных агломераций, сталкиваются с проблемами миграционного оттока, что препятствует увеличению численности населения. Рост наблюдается в крупных городах и центрах агломераций, тогда как сельская местность и малые города продолжают терять население. Малые города, несмотря на потенциал для создания комфортной среды, не смогли стать катализатором демографического роста.

Результаты анализа влияния урбанизации на демографические процессы

На примере Калужской области исследование показало, что демографические проблемы носят более сложный характер и зависят не только от уровня урбанизации, но и от качества городской и сельской среды, уровня комфорта, доступности услуг и возможностей для развития семейной жизни.

Исследование показало, что предположение о более высоком уровне рождаемости в сельской местности не подтверждается на примере Калужской области. Таким образом, гипотеза о взаимосвязи между уровнем урбанизации и рождаемостью требует более детального анализа. Демографические процессы в Калужской области показывают, что урбанизация может не только способствовать росту населения в крупных городах, но и стать фактором, замедляющим рост населения в малых городах и сельской местности. Миграция в крупные города, снижение уровня жизни в деревнях и малых городах, а также недостаточная социальная инфраструктура являются основными факторами, влияющими на демографическую динамику.

Результаты исследования подчеркивают необходимость пересмотра существующих подходов к демографической политике, особенно в отношении малых городов и сельской местности. Экологически устойчивая и биосферно-совместимая среда, учитывающая потребности как городских, так и сельских жителей, может стать важным инструментом для улучшения демографической ситуации. Однако простое наличие сельских территорий не является гарантией демографического роста. Необходимо разработать комплексные меры, направленные на улучшение качества жизни и инфраструктуры населенных пунктов.

Инновации и биосферно-совместимые решения в малых городах: ключ к устойчивому развитию и демографическому росту

Малые города играют значимую роль в системе расселения и экономике страны, выполняя функции административных, социально-культурных и производственно-экономических центров для окружающих сельских территорий. Современные технологии и инновации, направленные на создание комфортной среды, включают внедрение «умных» технологий, автоматизацию процессов городского управления, а также развитие транспортной и социальной инфраструктуры. Эти элементы способствуют формированию современных и привлекательных жилых пространств, что помогает удерживать население и привле-

катель молодежь. В этом контексте создание комфортной среды становится важным аспектом, влияющим на различные стороны жизни горожан – от здоровья и психоэмоционального благополучия до доступа к инфраструктуре и возможностей для семейного роста. Города, ориентированные на создание экологически безопасной и комфортной среды, обеспечивают более благоприятные условия для жизни, что может способствовать повышению рождаемости. Зеленые зоны, парки, пешеходные улицы и общественные пространства с использованием возобновляемых источников энергии не только улучшают качество воздуха, но и создают среду, способствующую физическому и психологическому благополучию.

Инновации в области экологически чистых технологий, таких как энергосберегающие системы, умные сети (smart grids) и системы управления отходами, могут помочь городам стать более устойчивыми и привлекательными для жителей. Создание экологически дружелюбных пространств через интеграцию природных элементов в городскую среду – это не только вопрос эстетики, но и важный фактор здоровья горожан. Использование зеленых технологий способствует улучшению городской экосистемы, снижению уровня загрязнения воздуха и воды, а также обеспечивает биосферное взаимодействие, что играет важную роль в устойчивом городском развитии.

Зеленые технологии могут быть неотъемлемой частью инфраструктуры малых городов, обеспечивая их устойчивость к климатическим изменениям. Например, внедрение систем сбора дождевой воды и очистки сточных вод через природные фильтры может быть эффективным решением для повышения экологической безопасности и комфорта городской жизни.

Включение биофильных решений в городское планирование является ключевым фактором для повышения качества жизни и привлечения новых жителей. Зеленые крыши, фасады с вертикальными садами, а также водные зоны не только улучшают микроклимат городов, но и способствуют созданию условий для развития биологических экосистем в пределах городской среды. Эти решения уменьшают температурные колебания, снижают шумовое загрязнение, способствуют улучшению биоразнообразия и могут стать одним из важных факторов повышения демографических показателей.

Особое внимание следует уделять развитию водно-зеленых инфраструктур, которые могут включать системы искусственных водоемов, рекреационные зоны вдоль водных объектов и экологические коридоры. Эти инфраструктуры создают гармонию между природной и урбанизированной средой, обеспечивая экологический баланс, что способствует снижению стресса у горожан и созданию комфортных условий для воспитания детей.

Современное городское планирование должно включать интеграцию технологий с био-сферно-совместимыми решениями. Гибридные системы, такие как здания с зеленой энергетикой, инфраструктура для электромобилей, а также энергоэффективные дома, могут стать важными составляющими комфортной и устойчивой городской среды. Совмещение таких технологий с элементами природного дизайна позволяет не только улучшить качество жизни, но и сделать города привлекательными для семей с детьми.

Исследования также показывают, что повышение уровня комфорта и безопасности в городской среде малых городов может способствовать замедлению миграционных процессов и стимулировать рост рождаемости. Важно учитывать, что экосистемы и устойчивые природные решения должны быть неотъемлемой частью стратегии демографического роста.

Следует отметить, что влияние инноваций на демографические показатели проявляется не сразу. Изменения зависят от сочетания факторов, таких как доступное жилье, социальные программы, инфраструктурные проекты и экономическая ситуация в регионе. Однако внедрение технологий и улучшение городской среды создают условия для повышения качества жизни, что со временем положительно влияет на демографическую ситуацию.

В Калужской области реализовано несколько инновационных проектов, направленных на создание комфортной городской среды. Калуга и Обнинск стали одними из пилотных городов проекта «Умный город», в рамках которого внедрена цифровая транспортная система [17]. Эта

система анализирует пассажиропоток, нагрузку на дорожную сеть и перенаправляет транспортные потоки в менее загруженные направления, способствуя созданию комфортной городской среды и решению проблемы транспортной перегруженности. Опыт внедрения цифровых решений постепенно распространяется на другие муниципальные образования области.

Одним из ключевых аспектов проекта «Умный город» является активное участие горожан в решении вопросов городской жизни. В Калуге внедрена система «Активный калужанин», представляющая собой коммуникационную платформу для взаимодействия граждан с органами власти.

Помимо цифровых инициатив, в Калужской области активно реализуются проекты по созданию и улучшению зеленых зон. Так, в Калуге была проведена реконструкция Центрального парка культуры и отдыха, создана сеть скверов и парков, что улучшает экологическую обстановку и способствует формированию комфортной городской среды.

В некоторых городах области, таких как Калуга и Обнинск, строятся жилые комплексы с использованием «зеленых» технологий, таких как солнечные батареи, энергоэффективное освещение и системы очистки воды [18]. Эти технологии не только способствуют экологической устойчивости, но и повышают качество жизни горожан.

Муниципалитеты области ежегодно участвуют в федеральной программе «Формирование комфортной городской среды» нацпроекта «Жилье и городская среда», что позволяет небольшим поселениям принимать участие в значимых преобразованиях городской среды.

Несмотря на успехи региона в реализации инновационных проектов, необходимо также уделять внимание программам, направленным на укрепление семейных ценностей и культурных традиций, что может способствовать улучшению демографической ситуации в области.

Для малых городов и сельских поселений могут быть предложены оригинальные инициативы, которые учитывают специфику таких территорий и направлены на долгосрочное развитие, а также поддержку семейных ценностей:

- Программы поддержки сельского предпринимательства для семей. Например, создание «семейных агрообъединений», где несколько семей могли бы совместно вести бизнес, используя современные технологии в сельском хозяйстве, включая переработку и маркетинг продукции. Также можно предложить ведение сельскохозяйственных и ремесленных производств с привлечением государственных грантов и предоставлением образовательной поддержки.

- Экообразовательные центры для детей и семей. Организация экопарков и агрошкол, где семьи могли бы обучаться навыкам ведения сельского хозяйства и устойчивого образа жизни. Эти центры помогут укрепить семейные ценности и стимулируют формирование новых культурных традиций, а также развитие агротуризма, что привлечет внимание к таким территориям.

- Программы «семейных реноваций». Введение программы, по которой семьи получают поддержку на восстановление старых или заброшенных зданий в малых городах с применением экологичных материалов и технологий. Такие здания могут быть использованы как для жилья, так и для небольших семейных бизнесов, таких как гостиницы, кафе или ремесленные мастерские.

- «Генерационные парки». Создание парков и общественных пространств, акцентированных на взаимодействие между поколениями. Например, зоны для совместного отдыха детей и старшего поколения, что будет способствовать возрождению и укреплению семейных и культурных традиций.

- Мобильные культурные и образовательные центры. Разработка мобильных библиотек, музеев и культурных центров, которые могли бы перемещаться по небольшим населенным пунктам, организовывая культурные мероприятия и образовательные программы для семей, развивающие культурные и экологические ценности.

Эти инициативы способны подчеркнуть уникальность малых городов и сельских поселений, а также создать стимулы для формирования прочных семейных и культурных связей в этих территориях.

Малые и средние города, обеспечивающие высокий уровень экологической безопасности, комфорта и благоприятных условий для здоровья, могут стать привлекательными для молодежи и семей с детьми, способствуя демографическому восстановлению и развитию общества.

Создание условий, способствующих устойчивому развитию, поддержка инновационных программ и укрепление семейных ценностей в малых городах и сельских поселениях могут стать важными факторами для демографического роста, улучшения здоровья населения и сохранения культурных традиций. Предложенные меры, основанные на интеграции современных технологий и экологических решений, направлены на создание долгосрочной, биосферно-совместимой среды, благоприятной для жизни и социально-экономического развития.

Выводы

1. Экологически устойчивые технологии и биосферно-совместимые решения в городском планировании играют важную роль в создании среды, благоприятной для жизни и демографического роста. Особое внимание к их внедрению в малых и средних городах может способствовать привлечению молодежи и семей с детьми, что важно для демографического восстановления.

2. Внедрение инновационных подходов, таких как «умные» технологии, энергоэффективные системы, современные методы переработки отходов, а также зеленая и водно-зеленая инфраструктура, оказывает значительное влияние на формирование комфортной и экологичной городской среды, что положительно сказывается на здоровье и благополучии населения.

3. Реализация мер по интеграции современных технологий и экологических решений способствует снижению экологической нагрузки на города и улучшению психоэмоционального состояния горожан, что в конечном итоге повышает общее качество жизни.

4. Поддержка инновационных программ, направленных на создание экологически безопасной среды в малых городах и сельских поселениях, может стать важным фактором для социально-экономического развития, укрепления семейных ценностей и сохранения культурных традиций.

5. Комплексное внедрение биосферно-совместимых решений и устойчивых технологий создает основу для долгосрочного повышения качества жизни, что способствует устойчивому развитию городов и поселений.

Библиографический список

1. Салимова А. Г. От человека к человечеству: демографический вызов традиционным семейным ценностям // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №8 (110).- URL: <https://research-journal.org/archive/8-110-2021-august/ot-cheloveka-k-chelovechestvu-demograficheskij-vyzov-tradicionnym-semejnym-cennostyam> (дата обращения: 03.02.2025). - doi: 10.23670/IRJ.2021.110.8.114.

2. Аналитика. Урбанизация против рождаемости: стратегия пространственного развития России до 2030 года – URL: <https://deminform.ru/analytics/urbanizatsiya-protiv-rozhdayemosti-strategiya-prostranstvennogo-razvitiya-rossii-do-2030-goda> (дата обращения 05.02.2025).

3. Доклад о положении молодежи в Российской Федерации за 2023 год. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации – URL: <https://youthlib.mirea.ru/ru/resource/5879> (дата обращения 05.02.2025).

4. На селе рождают на 16% чаще, чем в городах – Минтруд/ – URL: <https://www.miloserdie.ru/news/rozhdadmost-na-sele-na-16-vyshe-chem-v-gorodah-mintrud/> (дата обращения 05.02.2025).

5. Описания и алфавиты к атласу Калужского наместничества, Т. 2 – СПб., 1782.
6. Попроцкий Материалы по географии и статистики Калужской губернии / Попроцкий - 1859. – С. 436–437, 434, 453. 465.
7. Список населенных мест Калужской губернии: Калужский губернский статистический комитет – Калуга: типо-литография Губернского правления, 1914, – С. 64-78.
8. Вусович А. Калужская губерния: Курс родиноведения для местных учебных заведений / А. Вусович. – Калуга: Типография А.М. Михайлова, 1886. – С. 40.
9. РУВИКИ. Калужская область – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C (дата обращения 05.02.2025).
10. Официальный сайт Росстата – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 05.02.2025).
11. Долгова В.О. Исследование культурных ландшафтов малых городов: специфика, типология, память, современность, перспективы развития / В. О. Долгова // Реабилитация жилого пространства горожанина: матер. XX междунар. науч. практ. конф. им. В. Татлина по общ. Редакцией Е.Г. Лапшиной. - Пенза: ПГУАС, 2024, С. – 4-10. ISBN 978-5-9282-1751-8.
12. Семенов-Тянь-Шанский В. П. Город и деревня в Европейской России : очерк по экономической географии / В. П. Семенов-Тянь-Шанский // Записки императорского Русского географического общества по отделению статистики; Т. 10, вып. 2).СПб. : Тип. В. Ф. Киршбаума, 1910.
13. Градостроительный кодекс РФ от 7 мая 1998 г. N 73-ФЗ Глава I. Общие положения (ст.ст. 1 - 6) Статья 5. Типы поселений Российской Федерации <https://base.garant.ru/3999213/5633a92d35b966c2ba2f1e859e7bdd69/> (дата обращения 05.02.2025).
14. Концепция демографической политики Калужской области на период до 2025 года – URL: <https://docs.cntd.ru/document/972214742> (дата обращения 05.02.2025).
15. Региональные особенности демографической ситуации в России – URL: https://spravochnik.ru/gosudarstvennoe_i_municipalnoe_upravlenie/regionalnye_osobennosti_demograficheskoy_situacii_v_rossii/ (дата обращения 05.02.2025).
16. Долгова В.О. Опыт развития территорий: Роль малых городов в пространственном развитии территории Калужской области / В.О. Долгова // Вопросы планировки и застройки городов: Материалы XXXIV международной научно-практической конференции (Электронный ресурс) /под общей редакцией канд. архитектуры, доц. И.А. Херувимовой, канд. архитектуры, доц. Н.В. Соколовой - Пенза: ПГУАС, 2023, С. - 35-46.
17. Шеремета Р. А., Александров Ю. Л. Мероприятия по цифровизации городского хозяйства «умный город» в Калуге/ Р. А. Шеремета, Ю. Л. Александров//Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Экономика», 2020, №3 (25), 8-14. <https://doi.org/10.25688/2312-6647.2020.25.3.01>.
18. Калуга и Обнинск – первые города-пилоты федерального проекта «умный город» года – URL: <https://investkaluga.com/media/news/kaluga-i-obninsk-pervye-goroda-piloty-federalnogo-proekta-umnyu-gorod/>(дата обращения 05.02.2025).

References

1. Salimova A.G. From Man to Humanity: Demographic Challenge to Traditional Family Values // International Research Journal. – 2021. – No. 8 (110). – URL: <https://research-journal.org/archive/8-110-2021-august/ot-cheloveka-k-chelovechestvu-demograficheskij-vyzov-tradicionnym-semejnym-cennostyam> (accessed: 03.02.2025). – doi: 10.23670/IRJ.2021.110.8.114.

2. Analytics. Urbanization vs Birth Rate: Spatial Development Strategy of Russia until 2030 – URL: <https://deminform.ru/analytics/urbanizatsiya-protiv-rozhdayemosti-strategiya-prostranstvennogo-razvitiya-rossii-do-2030-goda> (accessed: 05.02.2025).
3. Report on the Situation of Youth in the Russian Federation for 2023. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation – URL: <https://youthlib.mirea.ru/ru/resource/5879> (accessed: 05.02.2025).
4. Rural Areas Have 16% Higher Birth Rates than Cities – Ministry of Labor – URL: <https://www.miloserdie.ru/news/rozhdmost-na-sele-na-16-vyshe-chem-v-gorodah-mintrud/> (accessed: 05.02.2025).
5. Descriptions and Alphabets for the Atlas of the Kaluga Governorate, Vol. 2 – St. Petersburg, 1782.
6. Poprotsky Materials on the Geography and Statistics of the Kaluga Province / Poprotsky – 1859. – Pp. 436–437, 434, 453, 465.
7. List of Settlements in the Kaluga Province: Kaluga Provincial Statistical Committee – Kaluga: Printing House of the Provincial Government, 1914. – Pp. 64-78.
8. Vusovich A. Kaluga Province: A Course in Homeland Studies for Local Educational Institutions / A. Vusovich. – Kaluga: Printing House of A.M. Mikhaylov, 1886. – P. 40.
9. RUVIKI. Kaluga Region – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C (accessed: 05.02.2025).
10. Official Website of Rosstat – URL: <https://rosstat.gov.ru> (accessed: 05.02.2025).
11. Dolgova V.O. Research on the Cultural Landscapes of Small Towns: Specificity, Typology, Memory, Modernity, Development Prospects / V.O. Dolgova // Rehabilitation of Residential Space of Citizens: Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference in Memory of V. Tatlin, edited by E.G. Lapshina. – Penza: PSUAS, 2024, Pp. 4-10. ISBN 978-5-9282-1751-8.
12. Semenov-Tyan-Shansky V.P. Town and Village in European Russia: An Outline on Economic Geography / V.P. Semenov-Tyan-Shansky // Proceedings of the Imperial Russian Geographical Society on the Statistics Section; Vol. 10, Issue 2. St. Petersburg: V.F. Kirshbaum Printing House, 1910.
13. Urban Planning Code of the Russian Federation, May 7, 1998, No. 73-FZ Chapter I. General Provisions (Articles 1-6), Article 5. Types of Settlements in the Russian Federation – URL: <https://base.garant.ru/3999213/5633a92d35b966c2ba2f1e859e7bdd69/> (accessed: 05.02.2025).
14. Demographic Policy Concept of the Kaluga Region until 2025 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/972214742> (accessed: 05.02.2025).
15. Regional Features of Demographic Situation in Russia – URL: https://spravochnick.ru/gosudarstvennoe_i_municipalnoe_upravlenie/regionalnye_osobennosti_demograficheskoy_situacii_v_rossii/ (accessed: 05.02.2025).
16. Dolgova V.O. Experience in Territory Development: The Role of Small Towns in the Spatial Development of Kaluga Region / V.O. Dolgova // Urban Planning and Development Issues: Proceedings of the XXXIV International Scientific and Practical Conference (Electronic Resource) / under the general editorship of Ph.D. in Architecture, Assoc. Prof. I.A. Kheruvimova, Ph.D. in Architecture, Assoc. Prof. N.V. Sokolova – Penza: PSUAS, 2023, Pp. 35-46.
17. Sheremeta R.A., Alexandrov Yu.L. Measures for the Digitalization of Urban Infrastructure "Smart City" in Kaluga / R.A. Sheremeta, Yu.L. Alexandrov // Bulletin of Moscow City Pedagogical University. Series "Economics", 2020, No. 3 (25), Pp. 8-14. <https://doi.org/10.25688/2312-6647.2020.25.3.01>.
18. Kaluga and Obninsk – The First Cities in the Federal Project "Smart City" – URL: <https://investkaluga.com/media/news/kaluga-i-obninsk-pervye-goroda-piloty-federalnogo-proekta-umnyy-gorod/> (accessed: 05.02.2025).

УДК 332.871.3

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Д.Н. Китаев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(960)100-88-01
e-mail: dkitaev@cchegeu.ru
Канд. техн. наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения и нефтегазового дела
С.Г. Тульская
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)207-22-20
e-mail: tcdtmkfyf2014@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of the Dep.
of Heat and Gas Supply and Oil
and Gas Business D.N. Kitaev
Russia, Voronezh, tel. +7(960)100-88-01
e-mail: : dkitaev@cchegeu.ru
Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of the Dep.
of Heat and Gas Supply and Oil
and Gas Business S.G. Tulskaaya
Russia, Voronezh, tel. +7(473)207-22-20
e-mail: tcdtmkfyf2014@yandex.ru*

Д.Н. Китаев, С.Г. Тульская

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Рассмотрена ситуация в области цифровизации города Воронеж. Представлено состояние цифрового развития систем коммунальной инфраструктуры. Рассмотрены проблемы реализации проектов «умные сети» и перехода к «умному городу». Выявлены перспективные области, в которых могут быть применены беспилотные летательные технологии, указаны проблемы их использования.

Ключевые слова: городская инфраструктура, устойчивое развитие, инженерные сети, беспилотные летательные аппараты.

D.N. Kitaev, S.G. Tulskaaya

UNMANNED AERIAL VEHICLES DURING THE IMPLEMENTATION OF SCHEMES FOR THE FUTURE DEVELOPMENT OF PUBLIC UTILITY INFRASTRUCTURE

The situation in the field of digitalization of the city of Voronezh is considered. The state of digital development of public utility infrastructure systems is analyzed. The problems of implementing projects in the district "smart grids" and the transition to a "smart city" are considered. Promising areas in which unmanned aerial technologies can be applied are identified, and problems of their use are indicated.

Keywords: urban infrastructure, sustainable development, utility networks, unmanned aerial vehicles.

Современной тенденцией является увеличение численности населения городов. По некоторым прогнозам к 2050 г в городах будет жить порядка 65-70% населения Земли [1, 2]. На рисунке представлена динамика населения городского округа г.Воронеж за период 2011 – 2022 г (на начало года). Прослеживается динамика увеличения численности населения, за 10 лет составившая 3%. По состоянию на начало 2023 г. в Воронежской области в городах проживает 68,5% населения. При инновационном сценарии развития через 10 лет в городе будет проживать более 70% населения.

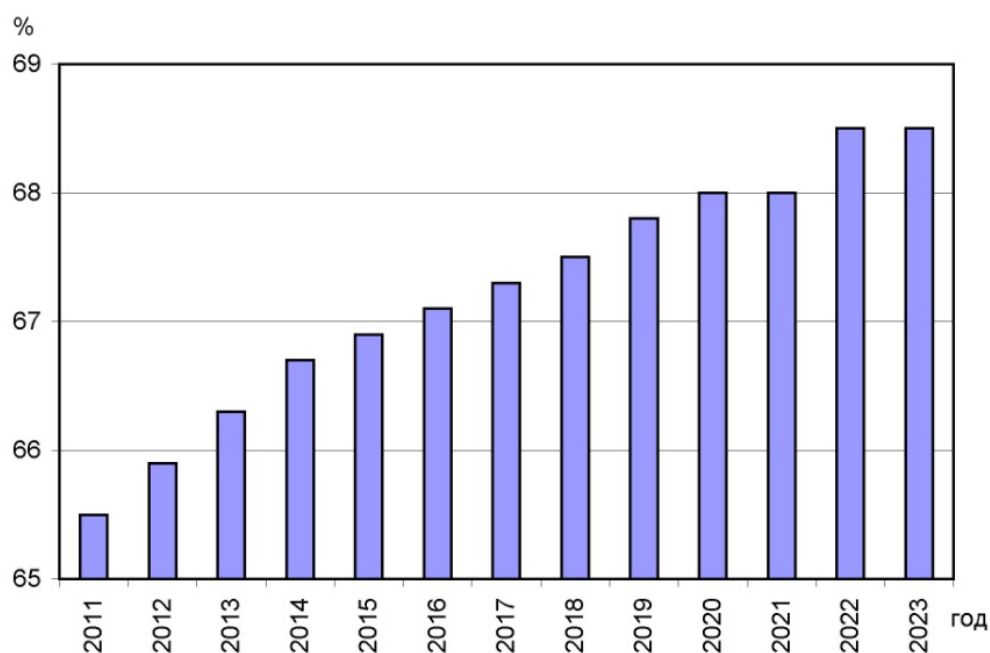


Рис. Динамика городского населения г.о. город Воронеж

Рост городов, увеличение численности населения повышает актуальность улучшения условий городской среды и комфортности проживания [3, 4]. В настоящее время активно развивается концепция «умного города», предусматривающего реализацию передовых технических и технологических решений с использованием информационных технологий, способствующих созданию эффективной системы управления городской средой [12, 13]. Системы электро-, тепло-, водо-, газоснабжения, обращения с бытовыми отходами являются неотъемлемой частью городской инфраструктуры. Без цифровизации этих систем невозможно реализовать концепцию «умный город», он будет неполноценной системой [5-7].

В городе Воронеж активно развиваются технологии, способствующие перспективной реализации «умного города». В 2023г по итогам Всероссийского конкурса «Лучшая муниципальная практика» в номинации «Умный город» 4-е место (из 92 заявок) занял город Воронеж с проектом АО «Квадра» - «Воронежская генерация» «Внедрение программного модуля «Центральная панель» программного комплекса «Цифровое теплоснабжение». В рамках этого проекта в жилом микрорайоне отцифрована база данных объектов потребления тепловой энергии, в автоматическом режиме происходит корректировка режимов теплопотребления, контролируется качество обслуживания абонентов. Модуль «Центральная панель» отображает информацию по инцидентам, аварийным ситуациям, процедуре подготовки к отопительному периоду, позволяет оперативно реагировать на обращения потребителей по качеству услуги теплоснабжения.

В Воронежской области активно реализуется программа цифровой трансформации на периоды 2022-2024г., предусматривающая реализацию 54-х проектов, затрагивающая многие сферы деятельности. Действует госпрограмма «Информационное общество» с реализацией второго этапа в период 2023-2030г. Реализация программ позволит к 2030г. всем типам управляющих организаций сферы ЖКХ полностью размещать в государственной информационной системе необходимые и достоверные сведения по техническим показателям многоквартирных жилых домов. Предполагается увеличить количество оплачиваемых жилищно-коммунальных услуг онлайн до 80%. В организациях коммунального комплекса активно реализуются проекты и мероприятия направленные на передачу показаний приборов учета через модемы, автоматизацию систем потребления энергоресурсов, внедрение специализированного программного обеспечения по расчету гидравлических и тепловых режимов рабо-

ты. Активно внедряются проекты «мобильный обходчик», «водитель», «мастер», «электронная квитанция», «электронное собрание». Оснащение спецтехники системой ГЛОНАСС позволило контролировать графики вывоза отходов и выгрузки на полигонах, в результате удалось избежать несанкционированных свалок [11].

По результатам оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства (IQ городов) по итогам 2022г. среди 15 крупнейших городов РФ, город Воронеж занимает 12 место с индексом 54,75. Индексы лидеров рейтинга Москвы, Санкт-Петербурга и Казани составляют соответственно 120, 88,43 и 88,33 соответственно. Вопросы цифровизации развития городской инфраструктуры продолжают быть актуальными и требуют наращивания темпов внедрения. Цифровизация топливно-энергетического комплекса и инженерной инфраструктуры является одним из направлений перспективного развития городов.

«Умный город» невозможно представить без систем коммунальной инфраструктуры. Наибольшая инерционность цифровых преобразований наблюдается именно в этой области. Наиболее продвинуты в этом направлении системы электроснабжения и городского освещения. В остальных системах только создаются предпосылки к внедрению систем «Умные сети» [8, 9].

Существует ряд проблем реализации проектов «умные сети» и перехода к «умному городу»:

- значительная изношенность фондов;
- наличие бесхозных сетей;
- отсутствие необходимого финансирования;
- несогласованность между собой различных информационных систем на предприятиях;
- отсутствие заинтересованности предприятий коммунальной инфраструктуры в переходе на цифровые модели;
- необходимость передачи данных, составляющих коммерческую тайну;
- отсутствие квалифицированных кадров;
- отсутствие отечественного надежного программного обеспечения;
- недостаточная безопасность информационной среды.

Необходимо не только ликвидировать существующие препятствия на пути к цифровому развитию, но и смотреть в будущее и заниматься опережающим развитием городской инфраструктуры. В городах активно разрабатываются и реализуются программы и схемы развития коммунальной инфраструктуры на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу. В этом направлении наблюдаются положительные тенденции, в городе утверждены и активно внедряются долгосрочные программы развития коммунальной инфраструктуры среди которых необходимо отметить следующие:

- генеральный план на период 2021-2041 г.;
- программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры на период до 2041г;
- схема теплоснабжения на период до 2041 года;
- схема водоснабжения и водоотведения;
- муниципальная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» до 2030 г;
- территориальная схема обращения с отходами на территории Воронежской области;
- региональная программа газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций Воронежской области на 2022-2031 годы.

Переход к «умному городу» невозможен без реализации указанных программ [14]. В указанных программах отсутствует четкое программное описание внедрения цифровых технологий, отсутствуют целевые показатели цифровых компетенций. Преимущественно приписывается реализация стандартного мероприятия по автоматизации расчетов за потребляемые энергетические ресурсы, внедрение систем дистанционного снятия показаний приборов учета используемых энергетических ресурсов (АСКУПЭ) [9, 10].

В последние несколько лет активно развиваются технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Подобные технологии могут быть использованы в коммунальной инфраструктуре городов и способствовать ускорению перехода к «Умному городу». БПЛА могут быть использованы в следующих сферах:

- энергоаудит;
- тепловизионная съемка кварталов, районов и города;
- обследование состояния существующих инженерных коммуникаций и строительных конструкций;
- создание 3-d моделей сетей;
- контроль подрядчиками качества выполнения работ;
- обнаружение и ликвидация аварий в инженерных сетях;
- повышение уровня техники безопасности и охраны труда;
- поиск незаконных подключений к сетям и свалок мусора;
- экологический контроль состояния природной среды;
- обследование участков перехода трубопроводов через водные преграды, автодорожные и железнодорожные переходы;
- обследование крыш зданий, определение количества снега, (формирование бригад), контроль качества их уборки, устранение сосулек;
- перемещение небольших грузов.

Следует сказать и о рисках использования БПЛА к которым можно отнести погодные условия, проблемы контроля заряда при отрицательных температурах и снижение времени работы, повреждение аппарата во время работы и простой во время ремонта, наличие зон с запретами на полеты, проблема защиты данных, передаваемых с аппарата.

Одним из реализуемых направлений в настоящее время является тепловизионная съемка тепловых сетей и объектов генерации с использованием БПЛА. Данная технология позволяет установить сверхнормативные тепловые потери в сетях, установить места утечек теплоносителя. Одновременно с тепловыми сетями на тепловизионных съемках с высоты видны и котельные, в первую очередь оголовки дымовых труб по причине высоких температур уходящих газов. Также видны все выбросы сред в атмосферу с температурами выше, чем у окружающей среды. С помощью такой технологии можно выявить проблемные места дымовых труб, такие как дефекты бетонирования швов, сквозные и несквозные (внутренние) трещины несущего ствола, пониженное сопротивление газопроницанию материала ствола; разрушение ствола; коррозия футеровки; обрушение футеровки; отсутствие теплоизоляции между стволом и футеровкой, наличие золовых отложений.

Активно внедряются беспилотные технологии в электросетевое хозяйство городов. Развивается съемка линий электропередачи с квадрокоптеров, которая может существенно сократить время поиска повреждений сетей при авариях. Применение подобных технологий позволяет определить координаты участков санитарных и охранных зон ЛЭП, высот опор, длин пролетов, выявить потенциально опасные объекты с возможным падением, контролировать состояние пересечений с другими инженерными коммуникациями, проводить диагностику самих опор, проводов, изоляторов и контактных соединений.

Выводы

В настоящее время уровень цифровизации городской инфраструктуры находится в большинстве городов на низком уровне. Необходимо наращивать темпы развития цифровых технологий в ближайшие годы. Переход к проекту «умные сети» невозможен без реализации перспективных программ развития систем коммунальной инфраструктуры. Перспективной технологией, позволяющей ускорить реализацию развития инженерных сетей и формирова-

нию комфортной городской среды, являются беспилотные летательные аппараты, концепция внедрения которых активно развивается в настоящее время. Подобные технологии будут способствовать ускорению реализации концепции «Умный город».

Библиографический список

1. Логиновский, О.В. Формирование стратегии развития умных городов субъекта РФ / О.В. Логиновский, А.Л. Шестаков, А.В. Голлай // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 77–92. DOI: 10.14529/ctcr200208.
2. Ерзнкян, Б.А., Фонтана К.А. Современная городская политика и перспективы реализации концепции «умного города»/ Б.А. Ерзнкян, К.А. Фонтана // Проблемы рыночной экономики. – 2022. – № 1. – С. 58-81. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-58-81>.
3. Попов, А.А. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для управления жилищно-коммунальным хозяйством / А.А. Попов, Ю.К. Соломина // Фундаментальные исследования.–2018. – № 2. – С.144-151.
4. Механизм управления затратами на топливно-энергетические ресурсы в процессе эксплуатации объектов городской инфраструктуры / О. Куцыгина, А. Чугунов, М. Агафонова, И. Серебрякова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии : сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции, Воронеж, 28–30 ноября 2019 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 41-51.
5. Петрова И. Ю. Системы централизованного теплоснабжения для умных городов / И. Ю. Петрова, Р. Р. Музафаров // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал . – 2021. - № 4 (38). – С. 90–95.
6. Величко, М.А. Разработка программно-технического комплекса для создания и последующего мониторинга карты тепловых потерь зданий и сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов / М.А. Величко, Ю.П. Гладких, О.Н. Сатлер, М.Ю. Нигматуллин // Успехи современной науки. – 2017. – Т 4. – №1. – С. 96–98.
7. Куцыгина, О. А. Ценообразование в строительстве и жилищно- коммунальном хозяйстве с использованием методов управления затратами / О. А. Куцыгина, В. В. Панаева // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 10. – С. 60-61.
8. Technical monitoring of objects in the zone of new construction influence / S. A. Sazonova, S. Nikolenko, O. Kutsygina [et al.] // Proceedings of the V International Scientific Conference on Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering (MIST: Aerospace-V 2023), Krasnoyarsk, Russian Federation, 03–05 марта 2023 года. Vol. 3102. – Melville, 2024. – P. 020006. – DOI 10.1063/5.0199707.
9. Kutsygina, O. Methods for assessing the effectiveness of energy-saving projects in construction and public utilities sector / O. Kutsygina, O. Shalnev, T. Smotrova // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 09048. – DOI 10.1051/e3sconf/202016409048.
10. Фомин, Н.А. Цифровизация управления инфраструктурой водоснабжения: проблемы, решения / Н.А. Фомин, А.Н. Данилов // Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва, 2019. – С. 1832-1835.
11. Казаков, О.Д. Интеллектуальная система обнаружения и учета мусора на территории муниципалитета / О.Д. Казаков, Н.Ю. Азаренко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10. – № 2 (54).– С. 59-66.

12. Сотникова, О.А. Устойчивое развитие как концептуальная основа трансформации городов / О.А. Сотникова, Д.Е. Баранова, Е.Е. Прокшиц, Т.В. Богатова // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2023. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ответственный редактор Н.А. Шевченко. Ростов-на-Дону, – 2023. – С. 223-224.

13. Тульская, С.Г. Комплексная оценка вариантов размещения городских территорий на основе критерия оптимальности / С.Г. Тульская, А.Т. Курносов, Р.О. Благовестный // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. – № 1 (22). – С. 6-9.

14. Аралов, Е.С. Анализ статистических данных по аварийности в системах газоснабжения / Е.С. Аралов, С.Г. Тульская, К.А. Скляр, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. – № 1 (14). – С. 9-14.

References

1. Loginovsky, O.V. Formation of a development strategy for smart cities of a constituent entity of the Russian Federation / O.V. Loginovsky, A.L. Shestakov, A.V. Gollai // Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics". - 2020. - Vol. 20. - No. 2. - P. 77–92. DOI: 10.14529/ctcr200208.

2. Erznkyan, B.A., Fontana K.A. Modern urban policy and prospects for implementing the concept of "smart city" / B.A. Erznkyan, K.A. Fontana // Problems of market economy. - 2022. - No. 1. - P. 58-81. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-58-81>.

3. Popov, A. A. Analysis of the Possibilities of Using Unmanned Aerial Vehicles for Housing and Communal Services Management / A. A. Popov, Yu. K. Solomina // Fundamental Research.– 2018. – No. 2. – P.144-151.

4. Mechanism for Managing Costs of Fuel and Energy Resources in the Process of Operating Urban Infrastructure Facilities / O. Kutsygina, A. Chugunov, M. Agafonova, I. Serebryakova // Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies: Collection of Papers Based on the Materials of the XXI International Scientific Conference, Voronezh, November 28–30, 2019. – Voronezh: Voronezh State Technical University, 2020. – P. 41-51.

5. Petrova I. Yu. Centralized heating systems for smart cities / I. Yu. Petrova, R. R. Muzafarov // Engineering and construction bulletin of the Caspian region: scientific and technical journal . – 2021. - No. 4 (38). – P. 90–95.

6. Velichko, M.A. Development of a software and hardware complex for creating and subsequent monitoring of a heat loss map of buildings and structures using unmanned aerial vehicles / M.A. Velichko, Yu.P. Gladkikh, O.N. Satler, M.Yu. Nigmatullin // Advances in modern science. – 2017. – Т 4. – No. 1. – P. 96–98.

7. Kutsygina, O. A. Pricing in construction and housing and communal services using cost management methods / O. A. Kutsygina, V. V. Panaetova // Industrial and civil engineering. - 2011. - No. 10. - P. 60-61.

8. Technical monitoring of objects in the zone of new construction influence / S. A. Sazonova, S. Nikolenko, O. Kutsygina [et al.] // Proceedings of the V International Scientific Conference on Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering (MIST: Aerospace-V 2023), Krasnoyarsk, Russian Federation, 03–05 марта 2023 года. Vol. 3102. – Melville, 2024. – P. 020006. – DOI 10.1063/5.0199707.

9. Kutsygina, O. Methods for assessing the effectiveness of energy-saving projects in construction and public utilities sector / O. Kutsygina, O. Shalnev, T. Smotrova // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, November 20–22, 2019. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 09048. – DOI 10.1051/e3sconf/202016409048.

10. Fomin, N.A. Digitalization of Water Supply Infrastructure Management: Problems, Solutions / N.A. Fomin, A.N. Danilov // Proceedings of the XIII All-Russian Conference on Water Supply Infrastructure Management Problems-2019. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences. - Moscow, 2019. - P. 1832-1835.
11. Kazakov, O.D. Intelligent System for Detecting and Accounting of Garbage on the Territory of a Municipality / O.D. Kazakov, N.Yu. Azarenko // The XXI Century: Results of the Past and Problems of the Present Plus. - 2021. - Vol. 10. - No. 2 (54). - P. 59-66.
12. Sotnikova, O.A. Sustainable Development as a Conceptual Basis for Urban Transformation / O.A. Sotnikova, D.E. Baranova, E.E. Prokshits, T.V. Bogatova // In the book: Actual problems of science and technology. 2023. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference. Editor-in-chief N.A. Shevchenko. Rostov-on-Don, - 2023. - P. 223-224.
13. Tulskeya, S.G. Comprehensive assessment of urban area placement options based on the optimality criterion / S.G. Tulskeya, A.T. Kurnosov, R.O. Blagovestny // Urban development. Infrastructure. Communications. 2021. - No. 1 (22). - P. 6-9.
14. Aralov, E.S. Analysis of statistical data on accidents in gas supply systems / E.S. Aralov, S.G. Tulskeya, K.A. Sklyarov, D.O. Bugaevsky // Urban development. Infrastructure. Communications. 2019. - No. 1 (14). - P. 9-14.

*Воронежский государственный
технический университет
старший преподаватель кафедры
«Жилищно-коммунального хозяйства»
Лобанов Дмитрий Валерьевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: ldv-36@mail.ru
старший преподаватель кафедры
«Жилищно-коммунального хозяйства»
Мерциев Александр Александрович
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.ru
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Жилищно-коммунального
хозяйства»
Калач Елена Владимировна
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: elenakalach@cchgeu.ru
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Кафедры прикладной математики
и механики»
Чесноков Александр Сергеевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-53-62
e-mail: selches@inbox.ru*

*Voronezh State
Technical University
Senior Lecturer of the Department of Housing
and Communal Services
Lobanov Dmitry Valerievich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: ldv-36@mail.ru
Senior Lecturer of the Department of Housing
and Communal Services
Mershiev Alexander Alexandrovich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.ru
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Housing and
Communal Services
Kalach Elena Vladimirovna
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: elenakalach@cchgeu.ru
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Applied Math-
ematics and Mechanics
Chesnokov Alexander Sergeevich
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-53-62
e-mail: selches@inbox.ru*

Д.В. Лобанов, А.А. Мерциев, Е.В. Калач, А.С. Чесноков

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКОГО КАБИНЕТА ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ

В процессе реконструкции зданий выполняется их оснащение инженерными системами, технологическим и иным оборудованием на современном уровне, с учетом требований нормативной, рекомендуемой литературы. Как правило, комплексное оснащение помещений требует слаженной работы широкого круга специалистов: инженеров, врачей, экологов и др. В статье рассмотрено выполнение обеспечения рентгенодиагностического кабинета необходимыми системами, оборудованием и мероприятиями.

Ключевые слова: рентгенодиагностический кабинет, комплексное оснащение, инженерные системы, реконструкция помещений.

D.V. Lobanov, A.A. Mershiev, E.V. Kalach, A.S. Chesnokov

COMPREHENSIVE EQUIPMENT OF THE X-RAY DIAGNOSTIC ROOM WITH ENGINEERING SYSTEMS

During the reconstruction of buildings, they are equipped with engineering systems, technological and other equipment at a modern level, taking into account

the requirements of regulatory, recommended literature. As a rule, complex equipment of premises requires the coordinated work of a wide range of specialists: engineers, doctors, ecologists, etc. The article considers the implementation of providing an X-ray diagnostic room with the necessary systems, activities and equipment.

Keywords: X-ray diagnostic room, complex equipment, engineering systems, reconstruction of premises.

В настоящее время государством уделяется большое внимание необходимости увеличения численности населения страны. Это связано не только с мотивацией к повышению рождаемости, но и к увеличению продолжительности жизни людей, которая определяется, в первую очередь уровнем здоровья, благосостояния и другими факторами. Поэтому строительству и реконструкции зданий лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) уделяется пристальное внимание [1]. Отметим, что выполнение работ по реконструкции зданий ЛПУ – сложный процесс, требующий создания зачастую новых инженерных систем в уже существующем здании.

Рассмотрим комплексное оснащение реконструируемого помещения рентгенодиагностического кабинета требуемыми инженерными системами и оборудованием. На рис. 1 представлен фрагмент плана БТИ с изображением соответствующих помещений.

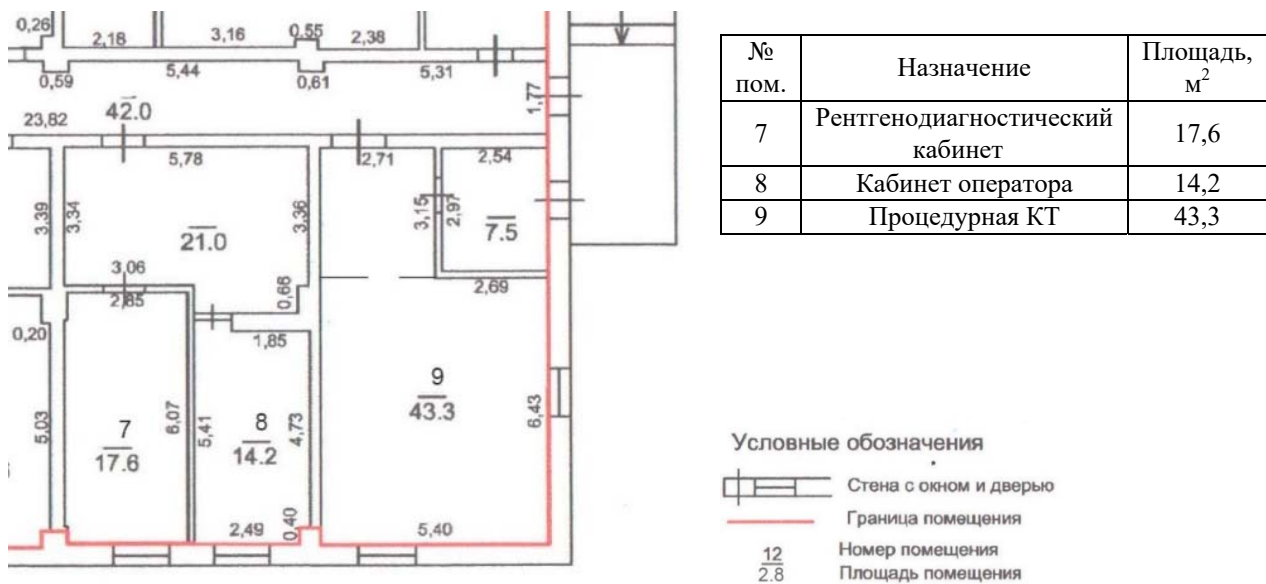
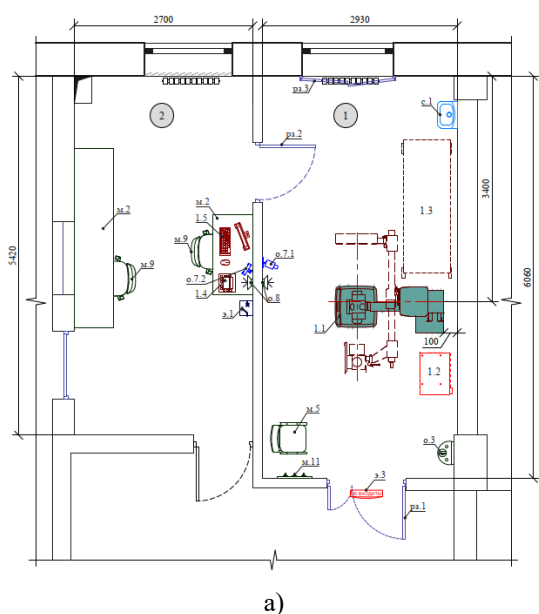


Рис. 1. Фрагмент плана БТИ с изображением помещений на этаже

Перед началом разработки коммуникаций выполнен сбор исходных данных и их анализ: архитектурно-строительные чертежи, технологическое задание с указанием размещения медицинского оборудования, режим работы и т.д. На рис. 2 представлен фрагмент технологического задания по проектируемым помещениям.



№ поз.	Наименование	Размеры ШхДхВ, мм	Масса, кг	Характеристики оборудования	Кол. шт	Примечание
1	Аппарат рентгенографический цифровой «Dixion Diamond»			380 В (3ф+N+PE), 50 Гц 52 кВт	6	
1.1	Штатив аппарата с излучателем, цифровой камерой и элеватормым механизмом	2290x1836x2272	654		1	
1.2	Шкаф генератора	471x725x445	118		1	
1.3	Рентгенопрозрачный стол-каталка	2000x630x700			1	
1.4	Пульт управления аппаратом «Dixion Diamond»	430x285x820	5		1	
1.5	АРМ лаборанта (ПК, монитор, системный блок, клавиатура, мышь)			220 В; 50 Гц; 1ф +N+PE	1	
1.6	АРМ врача (ПК, монитор, медицинский монитор, системный блок, клавиатура, мышь)			220 В; 50 Гц; 1ф +N+PE	1	в кабинете врача
г.1	Главный рубильник системы				1	1,6 м от умп
г.3	Световое табло (сигнал) «Не входить!» бело-красного цвета			220 В; 1ф+N+PE; 50 Гц	1	над дверью
о.3	Ультрафиолетовый бактерицидный обучатель			220 В; 1ф+N+PE; 50 Гц	1	закрытый тип
о.7.1	Камера видеонаблюдения 4)				1	
о.7.2	Монитор видеонаблюдения			220 В; 1ф+N+PE; 50 Гц	1	
о.8	Устройство переговорной связи			может быть совмещено с системой видеонаблюдения	1	
м.2	Стол компьютерный				2	
м.5	Стул				1	
м.9	Кресло-стул на колесах				2	
м.11	Вешалка для средств индивидуальной защиты				1	набор СИЗ см. в табл. 4.3.2
с.1	Умывальник керамический			х.в., г.в., канал.	1	
рз.1	Дверь рентгенозащитная двупольная			не менее Pb = 1,3 мм	1	
рз.2	Дверь рентгенозащитная			не менее Pb = 1,6 мм	1	
рз.3	Стены рентгенозащитные			не менее Pb = 2,1 мм	1	высота р/з полотна не менее 1100 мм от подоконника

Рис. 2. Технологическое задание:

- а) фрагмент плана с размещением технологического оборудования;
 б) спецификация технологического оборудования

Рассмотрим необходимые инженерные системы.

Электроснабжение

Подключить аппарат, пульт управления и рабочие станции лаборанта и врача в соответствии с техническими требованиями поставщика оборудования. Питание аппарата осуществляется от трехфазной сети $380 \pm 10\%$ В с частотой $50 \pm 1\%$ Гц отдельным многожильным гибким медным кабелем, проложенным от ВРУ здания, через главный рубильник системы, расположенный в комнате управления. Питание компьютерной части аппарата (АРМ-лаборанта, врача) осуществляется однофазным переменным током $220 \pm 10\%$ В с частотой $50 \pm 1\%$ Гц.

Электрические розетки, освещение, оборудование систем обеспечения микроклимата (вентиляция, кондиционирование) и различные приборы, не относящиеся к рентгеновскому оборудованию, должны иметь отдельное электропитание.

Оборудование процедурной рентгеновского кабинета должно полностью исключать возможность соприкосновения персонала и пациентов с открытыми токоведущими частями электрических цепей в эксплуатационных условиях.

Для организации локальной вычислительной сети в процедурной и комнате управления проложить кабель (витая пара, не менее CAT 5, Ethernet 100/1000 Мбит/с) с розетками типа RJ-45.

Прокладка инженерных сетей к технологическому оборудованию подготавливается после получения полного технического задания от производителя. Рекомендуется использовать диэлектрические кабельные короба для прокладки кабеля. Не допускается прокладывать кабель в местах прохода персонала и пациентов.

Освещение

Освещение в процедурной и комнате управления обеспечивается за счет естественного освещения и светильников общего освещения, размещаемых на потолках со сплошными (закрытыми) рассеивателями. Управление освещением предусматривается с помощью выключо-

чателей, устанавливаемых на высоте 900 мм от уровня чистого пола у входных дверей помещений. Рекомендуется использовать люминесцентные или светодиодные лампы улучшенной цветопередачи с индексом цветопередачи $R_a \geq 90\%$. В процедурной рекомендуется предусмотреть бактерицидный ультрафиолетовый облучатель закрытого типа. При использовании облучателей открытого типа, выключатели должны быть выведены за пределы помещения. В оконном проеме комнаты управления рекомендуется установить регулируемое светозащитное устройство – жалюзи.

Отопление и вентиляция

Источником отопления в кабинете являются существующие сети отопления здания. В помещениях кабинета предусмотрены нагревательные приборы с гладкой поверхностью, устойчивые к ежедневному воздействию дезинфицирующих и моющих растворов. Приборы отопления должны быть закрыты съемными изоляционными щитами.

Для обеспечения нормируемых параметров внутреннего воздуха в процедурной и комнате управления установлена автономная система вентиляции. Согласно техническому и технологическому заданиям принято решение запроектировать приточную и вытяжную вентиляционные системы с механическим побуждением движения воздуха и размещением оборудования в обслуживаемом помещении. Воздухообмены в помещениях и схемы организации движения воздуха определены согласно [2]: кратность обмена воздуха по притоку 3, по вытяжке 4 объема воздуха в час [2, 3], приток осуществляется в верхнюю зону, вытяжка - из нижней (60 см от уровня чистого пола) и верхней зон в отношении $50 \pm 10\%$ от общего объема. Отметим, что в помещениях ЛПУ необходимо предусмотреть многоступенчатую очистку воздуха в зависимости от класса требуемой чистоты воздуха [2]. На рис. 3 представлены планы и схемы с изображением вентиляционных систем.

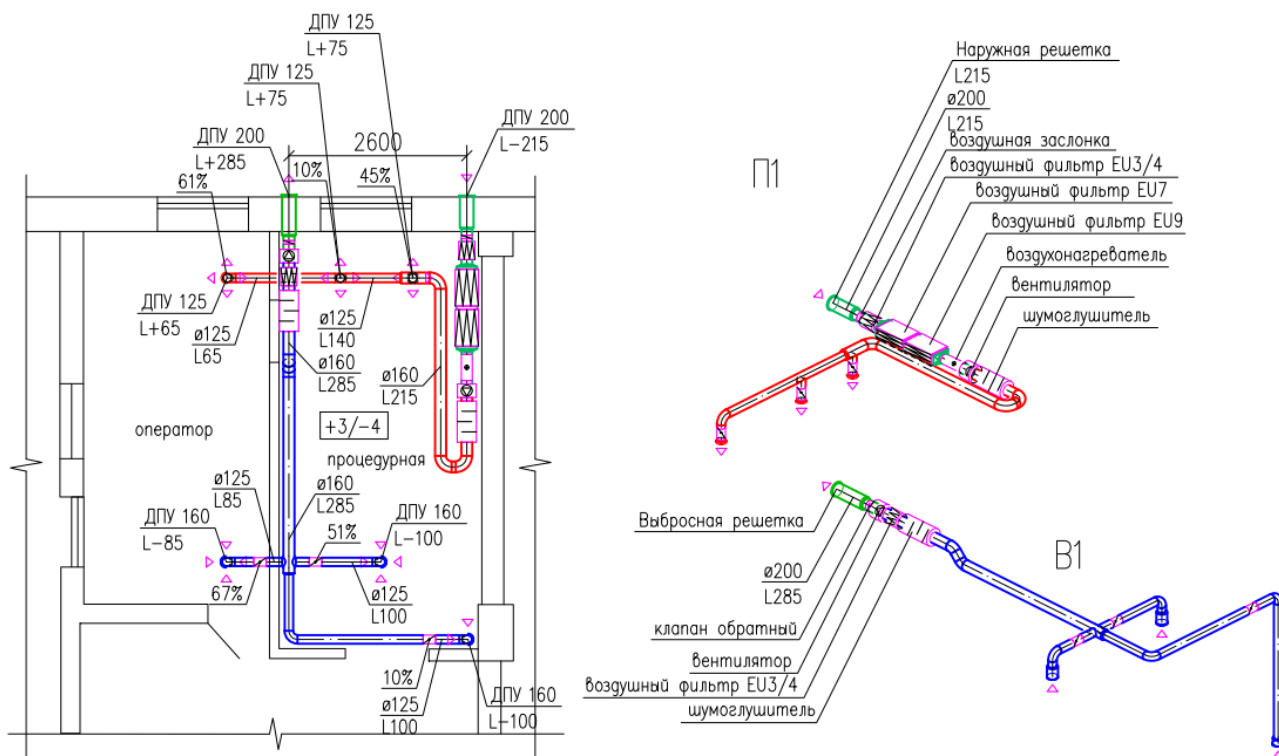


Рис. 3. Планы и схемы систем вентиляции

Следует отметить, что на наш взгляд в помещениях подобного назначения желательно организовать размещение рециркуляционных фильтров (например, «аэролайф»), т.к. они показали высокую эффективность при очистке и обеззараживании воздуха [4]. Помимо создания и поддержания в помещениях нормируемых параметров воздушной среды и качества воздуха, определяемого по [2, 5], требуется поддержание аэроионов на определенном уровне [6], что благоприятно скажется на самочувствии и здоровье посетителей и работников.

Водоснабжение и водоотведение

К умывальнику в процедурной подводится горячая, холодная вода и канализационный слив от существующих централизованных сетей здания. Участок стены за умывальником (высотой 1600 мм и шириной не менее 200 мм от умывальника) выполнен из влагостойких материалов. Для ремонтного отключения приборов на сетях водоснабжения предусмотрена установка отключающих шаровых кранов, на сети водоотведения - прочисток и ревизий.

Сигнализация

Световое табло (сигнал) с надписью: «Не входить!» бело-красного цвета запитано от аппарата и установлено при входе в процедурную над дверью. На входной двери в процедурную установлен знак радиационной опасности, выполненный в соответствии с требованиями [7].

Очевидно, учитывая особенности рассматриваемого помещения, следует особое внимание уделить мероприятиям по технике безопасности.

Электробезопасность

Электробезопасность обеспечена использованием электрических розеток с заземляющим контактом, устройством защитного отключения, контуром повторного заземления. Общая шина заземления (или контур повторного заземления) выполнена из стальной полосы не менее 25х4 мм и расположена на высоте 0,2 м от уровня чистого пола вдоль стационарного рентгеновского оборудования, которое может оказаться под напряжением, и соединяется с металлическим корпусом рубильника. В местах присоединения оборудования к общей шине заземления (или контуру повторного заземления) приварены болты М6-М8. Присоединение аппарата проводить медным проводом сечением не менее 4 мм². Сопротивление растеканию тока заземляющего устройства не более 4 Ом. По желанию заказчика для подключения одночного провода заземления электрооборудования к контуру заземления может использоваться розетка заземления (РЗ-01). Заземленные иным способом доступные для прикосновения металлические конструкции (отопительные приборы, трубы и др.) закрыты съемными изоляционными панелями или решетками. Запрещается использовать линии водоснабжения, канализации и отопления для заземления электрооборудования.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Пожарная безопасность рентгенодиагностического кабинета обеспечена в соответствии с требованиями [8]. Размещаемое рентгеновское оборудование является пожароопасным. Предусмотрена пожарная сигнализация с установкой дымовых оповещателей, а также углекислотных огнетушителей типа ОУ-2. Количество и месторасположение огнетушителей согласовываются с органами надзора за пожарной безопасностью.

Радиационная безопасность

Рентгеновская трубка, являющаяся составной частью рентгеновского аппарата, не содержит вредных веществ и не создает их при работе. Она становится источником ионизирующего излучения только после подачи на нее питающих напряжений. В обесточенном состоянии аппарат не представляет радиационной опасности.

Расчет радиационной защиты кабинетов и прилегающих территорий от рентгеновского излучения выполнен на основании исходных данных и требований [6]

$$K = \frac{D_0}{ДМД} = \frac{10^3 \cdot K_R \cdot W \cdot N}{30 \cdot r^2 \cdot ДМД},$$

где D_0 – мощность поглощенной дозы рентгеновского излучения в воздухе в точке;

$ДМД$ – допустимая мощность поглощенной дозы в воздухе;

10^3 – коэффициент перевода мГр в мкГр;

K_R – радиационный выход - отношение мощности воздушной кермы в первичном пучке рентгеновского излучения на расстоянии 1 м от фокуса трубки, умноженной на квадрат этого расстояния, к силе анодного тока, мГр•м² / (мА•мин);

W – рабочая нагрузка рентгеновского аппарата (мА•мин)/нед;

N – коэффициент направленности излучения (отн.ед.);

30 – значение нормированного времени работы рентгеновского аппарата в неделю при односменной работе персонала группы "А" (30-часовая рабочая неделя), (ч/нед);

r – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до точки расчета, м.

Полученные значения кратности ослабления (К) позволяют определить значения свинцовых эквивалентов стационарной защиты, учесть существующие ограждения и рассчитать дополнительную защиту.

Основные параметры для расчета защиты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры для расчета защиты от рентгеновского излучения

Рентгеновский аппарат	«Dixion Diamond»
Напряжение U, кВ	100
Рабочая нагрузка W, (мА • мин)/неделя	1000
Радиационный выход K_R , мГр • м ² (мА • мин)	9,0

Результаты расчета защиты приведены в таблице 2.

Расчет защиты от рентгеновского излучения для аппарата Dixon Diamond»

Анодное напряжение - U = 100 кВ		Радиационный выход - $K_R = 9,0 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{мин})$				Рабочая нагрузка - W = 1000 мА · мин/неделя	
Защитное ограждение		пол	потолок	стена «А»	стена «Б»	стена «В»	стена «Г»
Смежное помещение		грунт	крыша	коридор	комната управления	улица, 1-й этаж	медицинский кабинет
Категория облучаемых лиц		-	-	временное пребывание	персонал, группа «А»	население	персонал, группа «Б»
Допустимая мощность дозы ДМД, мкГр/ч		-	-	10	6,5 ¹⁾	2,8	2,5
Коэффициент направленности N		-	-	0,05	0,05	1,0	0,05
Расстояние от рентгеновской трубки до точки расчета г, м		-	-	1,8	1,5	4,8	1,8
Кратность ослабления К		-	-	463	1026	4651	1852
Расчетный свинцовый эквивалент, мм		-	-	1,3	1,6	2,1	1,7
Существующее перекрытие или стена	материал ограждения и его толщина в перерасчете на монолит, мм	ж. б. 60	ж. б. 60	кирпич 120 + штукатурка 20	кирпич 120 + штукатурка 30	кирпич 380 + штукатурка 20	кирпич 250 + штукатурка 20
	его плотность, г/см ³	2,3	2,3	1,6 / 1,8	1,6 / 1,8	1,6 / 1,8	1,6 / 1,8
	свинцовый эквивалент, мм	0,7	0,7	0,8 + 0,1	0,8 + 0,1	> 4 + 0,1	2,2 + 0,1
Дополнительная защита, мм	свинец, $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$	не требуется	не требуется	0,4	0,7	не требуется	не требуется
	или						
	баритовая штукатурка, $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$	-	-	5	8	-	-
или							
	рентгенозащитные панели Protex	-	-	ПРЗ 12 1 слой	ПРЗ 12 1 слой	-	-
Защита дверных и оконных проемов, не менее		-	-	Дверь р/защ. Pb= 1,3 мм	Дверь р/защ. Pb= 1,6 мм	Стаяин р/защ. Pb= 2,1 мм	-

1) ДМД снижена в 2 раза, поскольку возможно одновременное включение экспозиции р/аппарата в смежном кабинете.

Согласно вышеприведенным расчетам в процедурной требуется дополнительная защита ограждений любым рентгенозащитным материалом. Дистанционное управление аппаратом из комнаты управления обеспечивает защиту персонала от источников ионизирующего излучения. Допускается использовать любой рентгенозащитный материал толщиной не менее представленной толщины свинца. При использовании свинцовых листов не допускается открытых свинцовых поверхностей, при необходимости требуется окрасить их масляной или эмалевой краской в 2 слоя. Свинцовые листы установить с нахлестом 5 мм друг на друга. При использовании рентгенозащитных панелей стыки между листами заделать самоклеящейся рентгенозащитной лентой той же фирмы с теми же рентгенозащитными свойствами.

Предусматривается обязательное использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) пациента, обеспечивающих ослабление рентгеновского излучения до уровня, при котором не будет превышен основной предел дозы для соответствующих категорий, облучаемых лиц, см. таблицу 3.

Таблица 3

Минимальный набор СИЗ пациента

Наименование	Кол. (шт.)	Технологические характеристики
Фартук защитный односторонний тяжёлый (для пациента)	1	Pb= 0,35 мм
Воротник защитный тяжёлый (для пациента)	1	Pb= 0,35 мм
Передник для защиты гонад или юбка защитная (для пациента)	1	Pb=0,5 мм
Набор защитных пластин	1	Pb=0,5-1,0 мм

Защитные материалы должны иметь протокол определения (подтверждения) свинцового эквивалента от организации, имеющей аккредитацию на данный вид деятельности, а средства радиационной защиты должны иметь паспорт с указанием их свинцового эквивалента, либо протокол дозиметрического контроля, если средства защиты более 2 лет.

Помимо вышеописанных разделов также требуется организовать мероприятия по охране окружающей среды, производственный контроль и др.

Вывод

При комплексном обеспечении реконструируемых помещений медицинского назначения требуется слаженная работа широкого круга специалистов, осуществляемая на разных жизненных циклах объекта: от проектирования до обслуживания в процессе эксплуатации. Поэтому важно, чтобы все системы, задействованные в помещении, были взаимосвязаны на стадиях проектирования и монтажа. При этом следует применять оборудование, изделия и материалы, имеющие сертификаты соответствия и иные необходимые допуски для зданий ЛПУ.

Библиографический список

1. Лобанов, Д. В. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха в реконструируемых зданиях лечебно-профилактических учреждений / Д. В. Лобанов, И. С. Курасов, П. М. Гребенюк // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2024. – № 2(35). – С. 27-32.
2. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования».
3. СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».
4. Першин, А. COVID -19. О «пользе» проветривания в инфекционных боксах и палатах / А. Першин // Здания высоких технологий. – 2020. – № 2. – С. 20-23.
5. ГОСТ 30494-2011 «Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
6. Методические указания МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха».
7. ГОСТ 17925-72 «Знак радиационной опасности».
8. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования».

References

1. Lobanov, D. V. Ventilation and air conditioning systems in reconstructed buildings of medical and preventive institutions / D. V. Lobanov, I. S. Kurasov, P. M. Grebenyuk // Urban development. Infrastructure. Communications. - 2024. - No. 2 (35). - P. 27-32.
2. SP 158.13330.2014 «Buildings and premises of medical organizations. Design rules».
3. SanPiN 2.6.1.1192-03 «Hygienic requirements for the design and operation of X-ray rooms, devices and the conduct of X-ray studies».
4. Pershin, A. COVID -19. On the «benefits» of ventilation in infectious boxes and wards / A. Pershin // High-tech buildings. - 2020. - No. 2. - P. 20-23.
5. GOST 30494-2011 «Interstate standard. Residential and public buildings. Microclimate parameters in premises».
6. Methodical instructions MUK 4.3.1675-03 «General requirements for monitoring the aeroionic composition of air».
7. GOST 17925-72 «Radiation hazard sign».
8. GOST 12.1.004-91 «OSBT Fire safety. General requirements».

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.386

*Воронежский государственный
технический университет
кандидат технических наук, доцент кафед-
ры «Жилищно-коммунального хозяйства»
Воробьева Юлия Александровна
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: cccp38@yandex.ru
магистрант кафедры Жилищно-
коммунального хозяйства
Исакова Виолетта Андреевна
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-53-62
e-mail: isakova.vi05@yandex.ru*

*Voronezh State Technical University
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Housing and
Communal Services
Vorobjeva Yulia Aleksandrovna
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: cccp38@yandex.ru
Master's student of the Department of Housing
and Communal Services
Isakova Violetta Andreyevna
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-53-62
e-mail: isakova.vi05@yandex.ru*

Ю.А. Воробьева, В.А. Исакова

НОРМАТИВНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Проведен анализ методов организации и технических решений при обращении с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в жилой застройке, выявлены основные проблемы сбора, в том числе раздельного, и вывоза отходов. Приводятся результаты исследований по определению морфологического состава ТКО в многоквартирном доме, установлены расходы массы и объемы основных фракций коммунальных отходов, приходящихся на человека. Проведен обзор основных положений нормативных документов, регламентирующих требования к проектированию контейнерных площадок и установлены фактические данные по размещению площадок при различных вариантах формирования жилых групп в городской застройке с выявлением их главных недостатков. Предложены организационно-технические решения по модернизации системы сбора твердых коммунальных отходов на площадках.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, сортировка отходов, обработка и утилизация отходов, экологическая безопасность, нормы размещения.

Yu.A. Vorobjeva, V.A. Isakova

REGULATORY AND ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SOLUTIONS WHEN ORGANIZING THE COLLECTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN URBAN DEVELOPMENT

The methods of organization and technical solutions for the management of municipal solid waste in residential buildings are analyzed, the main problems of collection, including separate collection, and waste disposal are identified. The results of research on the determination of the morphological composition of municipal solid waste in an apartment building are presented, and the cost of the mass

and volume of the main fractions of municipal waste per 1 person are established. An overview of the main provisions of regulatory documents regulating the requirements for the design of container sites has been conducted and actual data on the placement of sites in various variants of the formation of residential groups in urban development has been established, identifying their main disadvantages. Organizational and technical solutions for the modernization and renovation of the MSW collection system at container facilities are proposed.

Keywords: municipal solid waste, separate collection, waste treatment and disposal, environmental safety, standards of placement.

Твердые коммунальные отходы – любые виды отходов, образованные в процессе потребления или использования физическими лицами или подобные по составу отходы, возникшие в процессе деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Сбор ТКО в настоящее время в большинстве случаев осуществляется смешанный. Все отходы собирают в единую массу и выносят в общий контейнер. Далее содержимое контейнеров перевозится на полигон захоронения отходов или на сортировочный комплекс.

Принятые в последнее время нормативно-правовые документы в области обращения с отходами определили государственными приоритетами повышение ресурсного потенциала и извлечения ценных компонентов из отходов [1,2]. При этом заметных изменений в системе сбора и вывоза ТКО с территорий жилой застройки не произошло. Помимо контейнеров для смешанных отходов в ряде дворов появились только контейнеры для сбора пластика. Часть многоквартирных домов имеют систему мусоропроводов, использование которой сводит возможность сортировки отходов к нулю. Контейнеры для крупногабаритных отходов присутствуют лишь в части дворовых пространств. Нехватка емкостей или не обоснованный расчет вместимости площадок, а также нерегулярность вывоза ТКО приводит в ряде случаев к скоплению содержимого и переполнению контейнеров, загрязнению территории. Расположение площадок и их удаленность от жилых домов приводят также к конфликтам интересов граждан, а расходы на эксплуатацию оборудования ложатся на плечи жильцов неравномерно.

Исходя из перечисленных проблем с размещением и обслуживанием площадок для сбора отходов, целью данной работы является анализ нормативных и организационно-технических решений по сбору ТКО в городской застройке и разработка предложений по улучшению сложившейся ситуации.

Создание и содержанием мест накопления твердых коммунальных отходов, а также определение схемы размещения площадок и ведение их реестра относится к полномочиям органов местного самоуправления в силу требований ст. 8 Федерального закона «Об отходах производства и потребления от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025).

Согласно СанПиНом 2.1.3684-2 при размещении контейнерных площадок нужно учитывать ряд требований:

- контейнерные площадки, независимо от видов мусоросборников (контейнеров и бункеров) должны иметь подъездной путь, твердое (асфальтовое, бетонное) покрытие с уклоном для отведения талых и дождевых сточных вод, а также ограждение, обеспечивающее предупреждение распространения отходов за пределы контейнерной площадки;

- расстояние от контейнерных и (или) специальных площадок до многоквартирных жилых домов, индивидуальных жилых домов, детских игровых и спортивных площадок, зданий и игровых, прогулочных и спортивных площадок организаций воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи должно быть не менее 20 м, но не более 100 м; до территорий медицинских организаций в городских населенных пунктах - не менее 25 м, в сельских населенных пунктах – не менее 15 м;

- в случае раздельного накопления отходов расстояние от контейнерных и (или) специальных площадок до многоквартирных жилых домов, индивидуальных жилых домов, детских игровых и спортивных площадок, зданий и игровых, прогулочных и спортивных площадок организаций воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи должно быть не менее 8 м, но не более 100 м; до территорий медицинских организаций в городских населенных пунктах - не менее 10 м, в сельских населенных пунктах – не менее 15 м.

Рассмотрим различные схемы установки контейнерных площадок для жилых застройки с учетом данных об источниках образования отходов:

- площадка для сбора ТКО от источников в виде индивидуальной застройки и многоквартирных зданий с разными управляющими компаниями (рис. 1);
- площадка только для индивидуальной застройки (рис. 1);
- площадка для сбора ТКО от многоквартирных зданий с одной управляющей компанией (рис. 2);
- для каждого здания своя площадка, независимо от источника образования отходов (рис. 3).

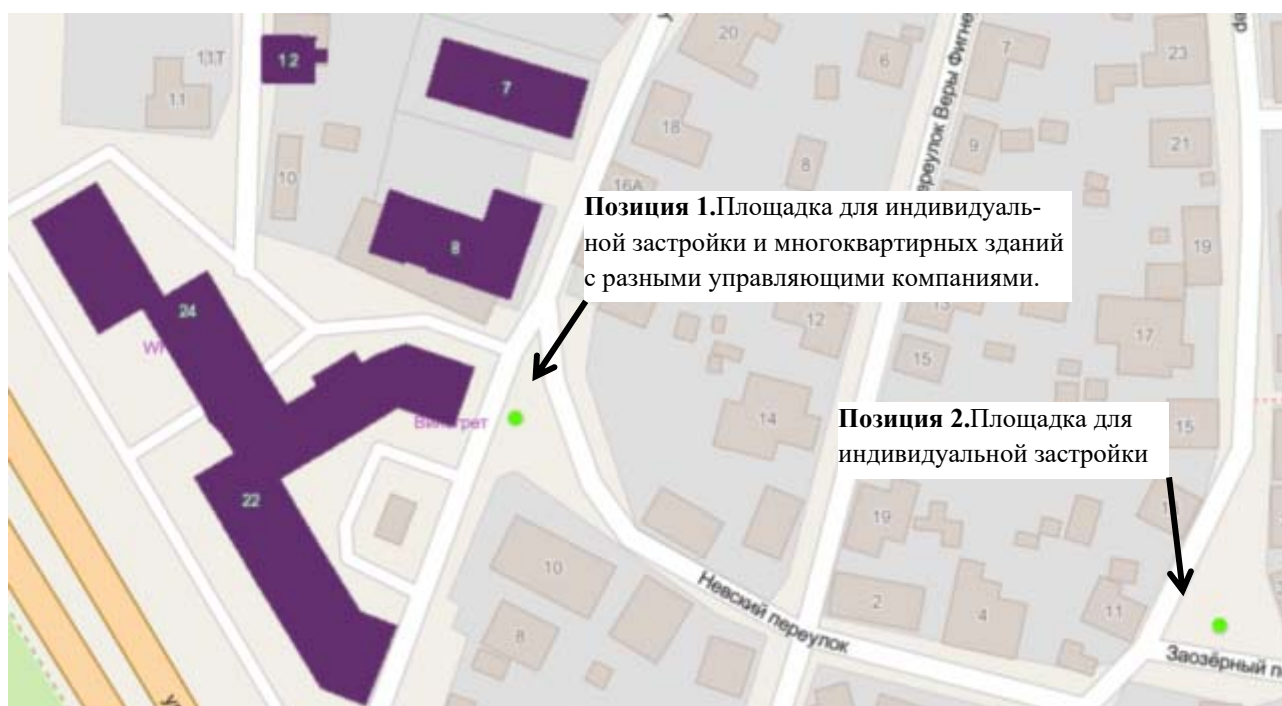


Рис. 1. Фрагмент карты градостроительной деятельности г Воронеж с размещением площадок для сбора ТКО (позиция 1 и 2 в таблице 1)

На рис. 1 представлен фрагмент карты градостроительной деятельности г Воронеж с размещением площадок для сбора ТКО с вариантом зоны обслуживания индивидуальной жилой застройки и многоквартирных домов с разными управляющими компаниями одновременно (поз.1. таблицы 1). Такой случай является наиболее сложным с точки зрения зоны ответственности и содержания оборудования. Площадка оборудована 11 контейнерами для сбора смешанных отходов, одним контейнером для сбора пластика и одним контейнером для крупногабаритных отходов (КГО). Исходя из того, что в частном секторе возникает необходимость утилизации таких отходов, как, например, спил деревьев, и на других ближайших площадках отсутствуют контейнеры для КГО, то можно предположить, что контейнеры будут переполнены, а расходы по вывозу крупногабаритных отходов лягут только на собственников рассматриваемой зоны обслуживания. Также возникает аналогичная проблемная ситуация с содержанием оборудования и уборкой территории.

Таблица 1

**Данные о площадках ТКО предоставленные управлением
жилищно-коммунального хозяйства администрации городского округа город Воронеж**

позиция	Адрес размещения	Сведения об используемом покрытии,	Площадь (кв.м.)	Количество размещенных контейнеров (шт.)	Объем размещенных контейнеров (куб.м.)	Сведения о собственнике земельного участка,	Сведения о собственнике оборудования накопления ТКО,	Данные об источниках образования ТКО
1	ул. 20 - летия Октября, д. 24	твердое покрытие, ограждение (бетон)	10	12	11 шт. - 0,75, 1 шт. - 8	ул. пер. Невский, д. 8; ул. Марата, 20 лет Октября, д. 24; 20 лет Октября, д. 22	ООО УК «Стройтехника», ООО «Воронежская управляющая компания»	ул. пер. Невский, д. 8; ул. Марата, 20 лет Октября, д. 24; 20 лет Октября, д. 22
2	ул. В. Фигнер, 13	Не оборудована	12	2	0,75	земли, права собственности на которые не разграничены	ул. В. Фигнер № домов 30-40, 11-23	ул. В. Фигнер № домов 30-40, 11-23
3	ул. 20 - летия Октября, д. 36	твердое покрытие (грунт)	10	5	0,75	ул. 20 - летия Октября, д. 36	АО "УК Ленинского района"	ул. 20 - летия Октября, д. 36
4	ул. 20 - летия Октября, д. 38	твердое покрытие, ограждение (бетон)	10	3	0,75	ул. 20 - летия Октября, д.д. 38а, 38	АО "УК Ленинского района", УК "Семья"	ул. 20 - летия Октября, д.д. 38а, 38
5	пер. Алтайский, д. 26	твердое покрытие (грунт)	10	5	0,75 и 3	пер. Алтайский, д.д.26, 28	АО "УК Ленинского района"	пер. Алтайский, д.д.26, 28
6	ул. Театральная, 34	твердое	6	2	0,75	уточняется	АО "УК Центрального района" ИНН 3666177285 пл. Ленина, 8Б	Собственники помещений МКД № 34 по ул. Театральная
7	ул. Театральная, 36	асфальт	2	2	0,75	Центральный банк РФ	Центральный банк РФ ОГРН 1037700013020 ул. Театральная, 36	Центральный банк РФ
8	пр-т Революции, 53	твердое	7	2	0,75	Собственник МКД № 53 по пр-ту Революции	АО "УК Центрального района" ИНН 3666177285 пл. Ленина, 8Б	МКД 53 по пр-ту Революции; ИП Горохов А.А.; ИП Саванеев В.В.; ООО Алькор и Ко; ООО АМ ВОРОНЕЖ; ООО Квадрат действ.; ООО Культура; ООО Самурай
9	пр-т Революции, 49	твердое	11	3	0,75	Территория неразграничена	АО "УК Центрального района" ИНН 3666177285 пл. Ленина, 8Б	МКД 47,49,52,54 по пр-ту Революции; ИП ЛИТАВРИНА; ИП Сабутис; ООО ПРОВАНС; ООО ФАРМИЯ; Хезер Н. И.
10	пр-т Революции, 51	твердое	6	2	0,75	Земли запаса (пр-т Революции, 51А)	АО "УК Центрального района" ИНН 3666177285 пл. Ленина, 8Б	Собственники помещений МКД №51 по пр-ту Революции; ИП Баринов В.В.; Нотариус Макарова О.В.
11	ул. Театральная, 32А	твердое	3	1	0,75	Д/С № 32	Д/С № 32	Д/С № 32
12	ул. Театральная, 26	твердое	9	3	0,75	Территория неразграничена	ООО "РЭК ЦЕНТРАЛЬНЫЙ" ИНН 3663080655 пл. Ленина, 8Б	Собственники помещений МКД № 26 по ул.Театральная, ООО Жемчужное; ООО Фреш; ИП Субботин М.С.
13	ул. Театральная, 28	твердое	7	2	0,75	Собственники помещений МКД № 28 по ул. Театральная	АО "УК Центрального района" ИНН 3666177285 пл. Ленина, 8Б	Собственники помещений МКД поул.Театральная №28; ИП Ишутин В.Б.; ИП Рожнин И.Б.; ООО ДИК-тур; ООО Русская пирамида; ООО Фреш
14	ул. Театральная, 30	твердое	6	1	0,75	36:34:0607022:17	ИП Ишутин Вадим Борисович	ИП Ишутин Вадим Борисович

Для второго варианта на рис. 1, при размещении площадки сбора ТКО, обслуживающей только группу домов индивидуальной жилой застройки (поз. 2. Таблицы 1) вопросы по зонам ответственности не возникают.

Наиболее обоснованный вариант размещения площадки сбора ТКО представлен на рис. 2.

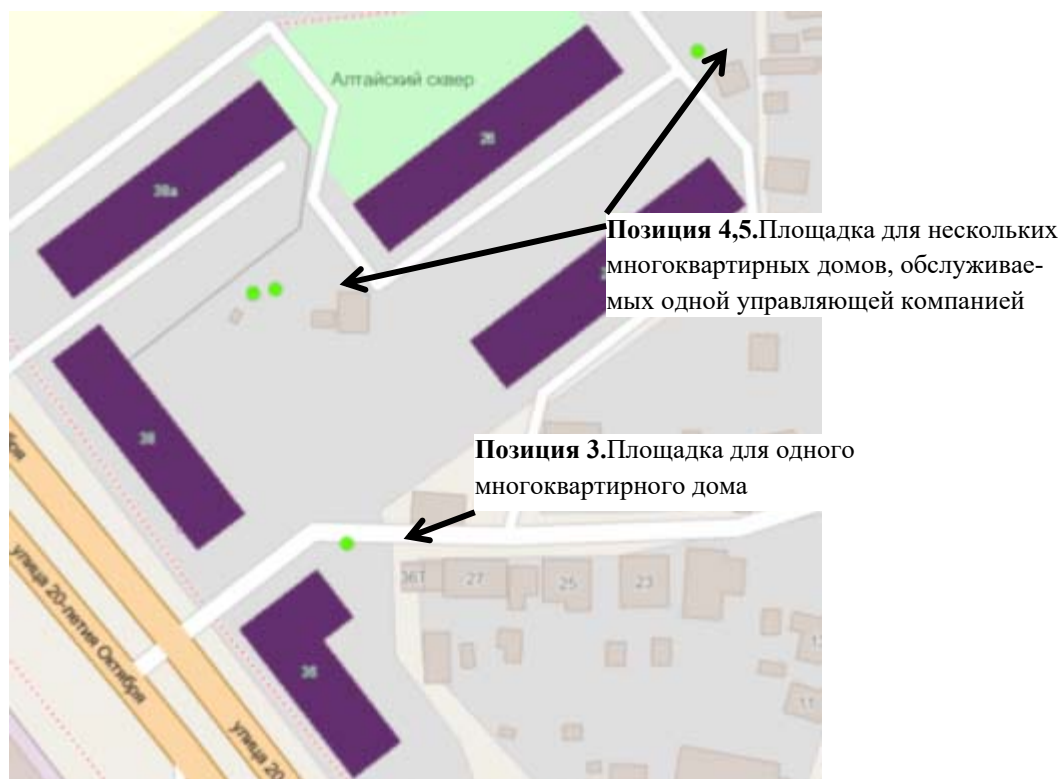


Рис. 2. Фрагмент карты градостроительной деятельности г. Воронеж с размещением площадок для сбора ТКО (позиции 3-5 в таблице 1)

В случае, если площадка предусмотрена только на один обособленный дом (поз. 3. Таблицы 1), организовать место для сбора ТКО с учетом требований нормативной документации, доступности и безопасности следует по фактической ситуации. Все решения по данному вопросу принимает общее собрание жителей рассматриваемого дома. С точки зрения договорных отношений между собственниками, управляющей компанией и региональным оператором данный вариант так же является наиболее прозрачным.

Немного сложнее организовать размещение площадок с учетом их доступности на группу зданий (поз. 4,5 таблицы 1). При таком варианте, чтобы соблюсти нормы удаленности, как правило, предусматривают несколько площадок. Так как обслуживание и эксплуатация оборудования обеспечивается одной управляющей компанией, распределение финансовой нагрузки происходит равномерно для всех собственников этих зданий.

Следующий вариант для плотной застройки с жилыми и общественными зданиями, где предусмотрены контейнерные площадки для каждого объекта с учетом размещения офисов юридических компаний рис.3 (поз 6-13 таблицы 1). В таком случае усложняются договорные отношения между всеми участниками накопления отходов. Размещение контейнеров для сортировки ТКО при рассматриваемом варианте может быть наиболее востребованным.

И отдельный случай - площадка для юридического лица (поз.14. таблицы 1). Организация сбора и вывоза происходит согласно законодательству. Количество мусоросборников, устанавливаемых на контейнерных площадках, определяется в соответствии с установленными нормативами накопления ТКО

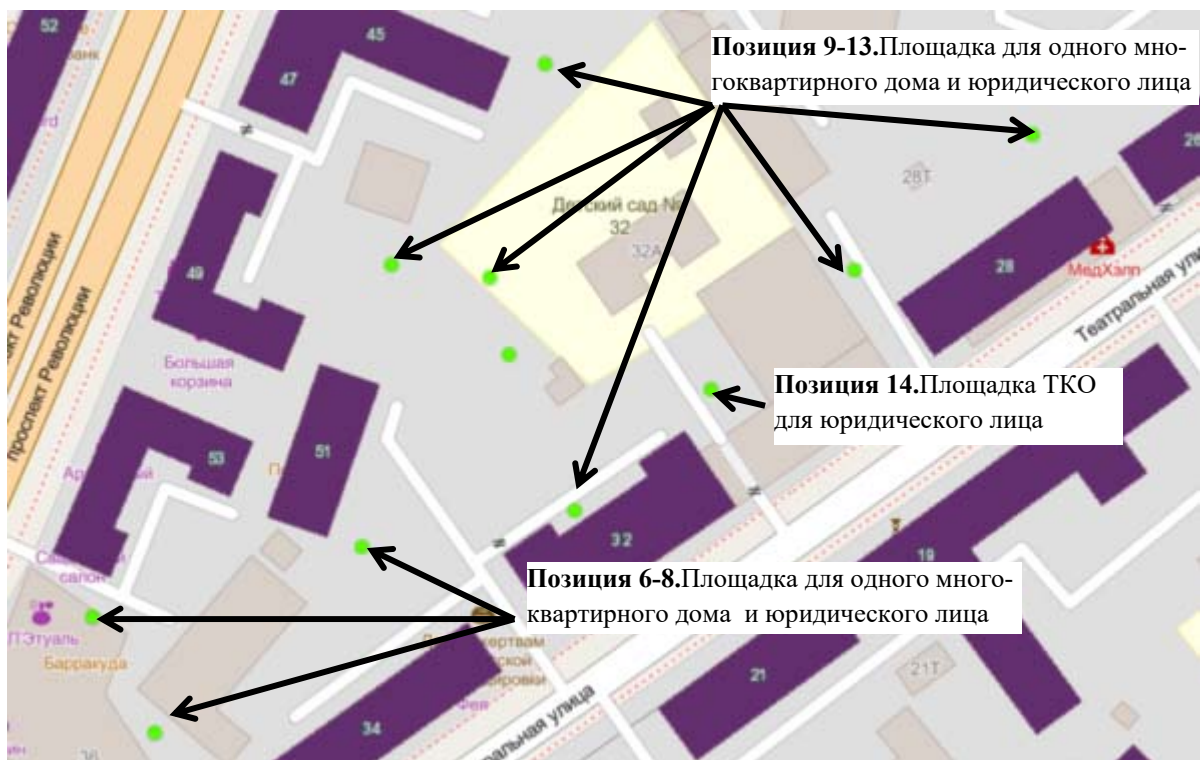


Рис. 3. Фрагмент карты градостроительной деятельности г Воронеж с размещением площадок для сбора ТКО (позиция 6-14 в таблице 1)

В случае раздельного накопления отходов на контейнерной площадке их владельцем должны быть предусмотрены контейнеры для каждого вида отходов, исключающие смешивание различных видов отходов. Чтобы обосновать необходимость размещения дополнительных контейнеров для сбора и сортировки отходов проанализируем их морфологический состав на примере г. Воронеж (Таблица 2). Этот показатель меняется в зависимости от развития и благосостояния общества. Также он будет различен для разных городов. Анализируя нормы по различным регионам РФ объем образования отходов отличается почти в 2,5 раза.

Средний морфологический состав твердых бытовых отходов представлен в таблице 2. При этом установлено, что большая часть компонентов может подлежать переработке. Использование системы смешанного сбора отходов усложняет их переработку из-за трудности выделения некоторых фракций, повышенной влажности и слеживаемости массы.

При анализе морфологического состава ТКО были выделены пять основных категорий, возможных к сортировке: пластик, металл, бумага, стекло и пищевые и растительные отходы. Следовательно, следующим этапом в изменении системы сбора отходов будет установка контейнеров под перечисленные виды компонентов. Опасные отходы, такие как батарейки, аккумуляторы, лампочки и подобные ТКО не учитывались в исследованиях, потому что периодичность их утилизации очень большая и их утилизация требует отдельного рассмотрения.

Расчет необходимого количества контейнеров, требуемых для установки на контейнерной площадке, произведем по стандартной методике с учетом суточного накопления каждого вида отходов C , $\text{м}^3/\text{сут}$, по формуле [4]

$$C = P K_n \cdot N,$$

где P – количество людей, которые будут пользоваться этим контейнером, чел.;
 N – норма накопления ТКО на 1 жителя, $\text{м}^3/\text{чел}$ (кг/чел);
 K_n – коэффициент, учитывающий неравномерность накопления отходов,
 $K_n = 1,25$.

Исходя из анализа результатов сортировки для дома, в котором предполагается проживание 100 человек, прогнозируется следующее суточное накопление ТКО:

Сполимер=0,117 м³/сут;
 Сметалл=0,001 м³/сут;
 Сбумага=0,06 м³/сут;
 Сстекло=0,02 м³/сут;
 Сбиоотходы=0,07 м³/сут.

Таблица 2

Средний морфологический состав твердых бытовых отходов (% от общей массы) [3]

№ пп	Компонент	Содержание
1	Бумага и картон	18%
2	Пищевые и растительные отходы	25%
3	Стекло	10%
4	Камень и керамика	1,6%
5	Металл цветной	0,4%
6	Металл черный	4%
7	Полимеры	10%
8	Элементы питания и радиодетали	0,3%
9	Кожа, резина	2%
10	Текстиль	5%
11	Дерево	2%
12	Медицинские отходы	0,02%
13	Крупногабаритные отходы	0,3%
14	Прочее	11%
15	Отсев (менее 16 мм)	10%
	Итого	100%

Исходя из полученных расчетов и объема стандартного контейнера 0,75 м³, обоснованно можно установить дополнительные контейнеры для раздельного сбора пластика с периодичностью вывоза 1-2 раза в неделю. Для остальных компонентов следует установить более длительный период накопления или же для данного количества жителей этот способ является неэффективным и может быть использован для более населенных территорий или зданий.

Вывод

Проведен обзор основных положений нормативных документов, регламентирующих требования к проектированию контейнерных площадок и установлены фактические данные по размещению площадок при различных вариантах формирования жилых групп в городской застройке с выявлением их главных недостатков. В работе рассмотрены схемы размещения контейнерных площадок при разных вариантах зон обслуживания застройки и источниках образования отходов. Выявлено, что наиболее сложным вариантом организации при обращении с твердыми коммунальными отходами (ТКО) является обслуживание одной площадкой нескольких многоквартирных домов с разными управляющими компаниями и частного сектора одновременно. Наиболее простой и удобный вариант размещения - каждому адресу своя площадка с предусмотренным раздельным сбором ТКО. Приводится расчет количества контейнеров для селективного сбора отходов на 100 жителей, который можно использовать для приблизительной оценки вместимости контейнеров, но при этом нужно учитывать особенности каждого дома, его территориальное расположение, климат и др.

Библиографический список

1. Ишков, А.Н. Организация комфортного селективного сбора ТБО в жилых зданиях Ишков А.Н., Малева Н.А., Мальцев В.О., Чурсин А.Е. Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2 (5). – С. 18-25.
2. Гаев, Ф.Ф. Экономические и организационные аспекты раздельного сбора твердых коммунальных и крупногабаритных отходов / Ф. Ф. Гаев, М. Л. Рахманов, С. И. Шканов, А. М. Якушина, Э. С. Цховребов, Е. Г. Величко // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – № 1(8). – С. 96-108.
3. Мизилина, Е.Г. Внедрение селективного сбора отходов в России/ Е.Г. Мизилина, Ю.А. Воробьева// Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1 (22). – С. 101-105.
4. Малева, Н.А. Накопление ТКО на душу населения в г. Воронеж. Подсчёт объёмов контейнеров для селективного сбора отходов/ Н.А. Малева, А.Н. Ишков// В сборнике: Научная опора Воронежской области. Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж. – 2019. – С. 184-186.

References

1. Ishkov A.N., Maleva N.A., Maltsev V.O., Chursin A.E. Organization of comfortable selective collection of solid waste in residential buildings. Housing and communal infrastructure. – 2018. – № 2 (5). – P. 18-25.
2. Gaev F. F., Rakhmanov M. L., Shkanov S. I., Yakushina A. M., Tskhovrebov E. S., Velichko E. G. Economic and organizational aspects of separate collection of solid communal and large-sized waste. Housing and utilities infrastructure. 2019. No. 1(8). Pp. 96-108. (in Russian)
3. Mizina E.G. Vorobyova Yu.A. Introduction of selective waste collection in Russia/ E.G. Mizina, // Engineering systems and structures. – 2016. – № 1 (22). – Pp. 101-105.
4. Maleva N.A., Ishkov/A.N. Accumulation of MSW per capita in Voronezh. Calculating the volume of containers for selective waste collection/ In the collection: Scientific support of the Voronezh region. A collection of works by the winners of the VSTU student and graduate research competition on priority areas of science and technology development. Voronezh, . – 2019. .P 184-186.

УДК 699.86

*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.Д. Горборукова
Россия, г.Воронеж, тел. +79616155035
e-mail: s_poolg@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.D. Gorborukova
Russia, Voronezh, tel. +79616155035
email: s_poolg@mail.ru*

А.Д. Горборукова, Э.Е. Семенова

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В данной статье рассмотрен анализ проектирования зданий с повышенной энергоэффективностью, учитывающие современные требования в данной сфере строительства. Энергоэффективность становится ключевым аспектом современного строительства, в условиях устремления к устойчивому развитию и борьбе с изменением климата.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, принципы энергоэффективности, потребление энергии.

A.D. Gorborukova, E.E. Semenova

ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE IN DESIGNING ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

This article analyzes the design of buildings with increased energy efficiency, taking into account modern requirements in this field of construction. Energy efficiency is becoming a key aspect of modern construction, in the context of striving for sustainable development and combating climate change.

Keywords: energy efficiency of buildings, principles of energy efficiency, energy consumption.

Концепция энергоэффективности становится ключевым элементом в современном архитектурно-строительном проектировании. Учитывая растущие требования к устойчивому развитию и сокращению негативного воздействия на окружающую среду, проектирование энергоэффективных зданий приобретает всё большую актуальность как в России, так и за рубежом.

Представление отечественного и зарубежного опыта проектирования энергоэффективных зданий, а также в выявлении Best Practices, которые могут быть адаптированы и внедрены в широкий круг архитектурных решений. В отличие от традиционного подхода, который часто сосредотачивается на снижении затрат в процессе эксплуатации зданий, современный подход включает интеграцию инновационных технологий, использование возобновляемых источников энергии и эффективных систем управления ресурсами.

Термин «энергоэффективность» введён СП. Новый СП50.13330.2024 «Тепловая защита зданий. Нормы данного СП предусматривают введение нового показателя энергоэффективности зданий, а именно, удельная потребность в тепловой энергии на отопление, а также устанавливают классы энергоэффективности зданий, показатели энергоэффективности и их правила оценки как при проектировании и строительстве, так и при эксплуатации.

Критерием для классификации таких домов является энергопотребление и разработан специальный индекс, который обозначает класс энергоэффективности на рис.1. Если затраты на отопление помещений в год составляют:

1. 90 кВтч/м² - дом считается не энергоэффективным;
2. 45 кВтч/м² - энергопассивным;
3. 10-20 кВт ч/м² - нулевого энергопотребления энергоэффективным (на отопление ничего не тратится, но требуется энергия для подготовки горячей воды).

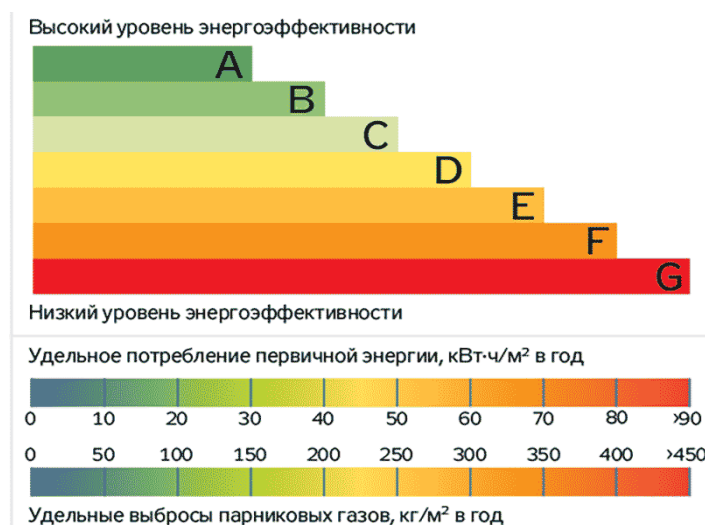


Рис. 1. Индекс энергоэффективности

Российская наука эволюционировала в отношении требований к энергоэффективности зданий, начиная с осознания необходимости повышения тепловой защиты и заканчивая признанием энергетической эффективности как одного из приоритетных направлений в строительстве.

Ключевое значение в этом процессе имеет опыт развитых стран, поскольку зарубежные нормативные документы служат основой для формирования нормативно-правовой базы энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России. В советское время основной целью строительной науки была экономия по срокам и стоимости строительства, поэтому вопросам энергетической эффективности зданий уделялось недостаточно внимания, и акцент делался только на тепловую защиту.

Ведущие ученые и политические деятели пришли к единодушному выводу о тесной взаимосвязи между техническими, экономическими, экологическими и социальными аспектами реализации этих принципов. С этого момента началась масштабная международная научно-исследовательская программа, направленная на улучшение энергоэффективности как в строительстве, так и в методологии строительного процесса.

Изначально энергоэффективные здания являлись демонстрационными проектами и пилотными испытаниями, в которых архитектурные, конструктивные и инженерные решения были объединены для минимизации энергопотребления на отопление, вентиляцию и поддержание комфортного микроклимата.

Рассмотрим некоторые примеры современного энергоэффективного строительства. Одним из таких является Норвежский Центр по Климату, расположенный в поселке Каутокейно, что находится к северу от Полярного круга, является примером современного энергоэффективного строительства. Архитектурное бюро Snøhetta разработало проект этого центра с учетом экстремальных климатических условий, в которых температура может опускаться до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. (рис.2).



Рис. 2. Норвежский Центр по Климату

В результате компания создала прочное деревянное здание. Здание на 90% обеспечивает себя энергией для отопления и охлаждения благодаря 40 геотермальным скважинам, пробуренным на глубину около 250 м. Скважины питают два тепловых насоса, которые обеспечивают как отопление, так и охлаждение, а теплообменники для геотермальных скважин возвращают излишки тепла обратно. В самые холодные зимние дни система дополняется электрическим котлом.

Так же примером энергоэффективного здания в России является многофункциональный комплекс "Сколково», который представляет собой современный проект, расположенный в инновационном центре Сколково, недалеко от Москвы. Он был создан с целью поддержки стартапов и разработки новых технологий, а также является примером энергоэффективного строительства, ориентированного на устойчивое развитие (рис.3).

Пассивные и активные системы отопления. Энергоэффективные фасады обеспечивают высокую теплоизоляцию и минимизируют теплопотери. Модернизированные системы отопления и вентиляции эффективно распределяют тепловую энергию и поддерживают комфортный микроклимат.

Системы солнечной энергии. Солнечные панели на крыше и фасадах генерируют электроэнергию, уменьшая зависимость от внешних источников.

Умные технологии управления. Интеллектуальные системы контроля позволяют управлять освещением, отоплением и вентиляцией в зависимости от реальных потребностей. Мониторинг потребления ресурсов помогает отслеживать и анализировать использование воды и электроэнергии для повышения эффективности.

Регенерация и повторное использование ресурсов. Системы сбора дождевой воды позволяют использовать осадки для технических нужд, что способствует экономии ресурсов. Системы рекуперации тепла возвращают часть выделяемого тепла обратно в систему отопления.



Рис. 3. Многофункциональный комплекс «Сколково»

Принципы энергоэффективности за рубежом:

1.1. Интеграция возобновляемых источников энергии

Солнечные панели: Использование солнечной энергии для отопления и производства электроэнергии.

Геотермальные системы: Применение теплоемкости земли для обогрева и охлаждения зданий.

1.2. Использование высокоэффективных строительных материалов

Улучшенная теплоизоляция: Применение высокоэффективных теплоизоляционных материалов для снижения теплопотерь.

Стеклопакеты с низкой проводимостью: Уменьшение теплопотерь через окна.

1.3. Умные технологии зданий

Системы автоматизации: Внедрение технологий «умного дома» для управления различными системами здания.

Мониторинг энергоресурсов: Использование сенсоров для анализа потребления энергии.

1.4. Нормативные рамки и стандарты

LEED и BREEAM: Международные сертификаты, оценивающие экологическую устойчивость и энергоэффективность зданий.

Национальные кодексы: Регулирующие акты, определяющие требования к энергоэффективности.

Принципы энергоэффективности в России:

2.1. Улучшение нормативного регулирования

Федеральный закон о энергосбережении: Установление стандартов для повышения энергоэффективности.

Технические регламенты: Обновление строительных норм с учётом пеши современных требований.

2.2. Использование отечественных технологий

Новые строительные материалы: Разработка энергоэффективных бетонов и других материалов.

Энергоаудит: Внедрение процедур для повышения энергоэффективности.

2.3. Программа поддержки и стимулирования

Государственные субсидии: Поддержка проектирования энергоэффективных зданий.

Региональные программы: Местные инициативы по повышению энергоэффективности.

2.4. Образование и просвещение

Образование: Подготовка специалистов в области энергоэффективного проектирования.

Информационные кампании: Программы по информированию населения о преимуществах.

Выводы

Энергоэффективность в современном архитектурно-строительном проектировании является не только необходимостью, но и важным приоритетом для достижения устойчивого развития. Внедрение эффективных технологий и использование лучших практик, как отечественных, так и зарубежных, позволит значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду. Устойчивое архитектурное проектирование гарантирует создание комфортного и безопасного пространства для жизни и работы, тем самым улучшая на качество жизни людей. Эффективная реализация принципов энергоэффективности требует комплексного подхода, включая развитие нормативной базы, внедрение новейших технологий и просвещение населения.

Библиографический список

1. Архитектурное проектирование жилых зданий / Под ред. М.В. Лисициана, Е.С. Пронина. – Стер. изд. Рек. УМО. – М.: Архитектура-С, 2010. – 488 с.
2. Скороходова А.А. Повышение энергоэффективности зданий и сооружений / А.А. Скороходова, Э.Е. Семенова // В сборнике: Будущее науки -2020. Сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции, в 5-х томах. Курск, 2020. С. 127-130.
3. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций здания // Труды 1 Всероссийской научно-технической конференции 26-27 июня 2008 года. Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования.
4. Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК, 2009. – №5.
5. Технологии для экологического строительства [Электронный ресурс]. URL: <https://green-life.livejournal.com/273817.html> (дата обращения 01.06.2019)
6. Рубцова М. В. Учет влияния формы здания на его энергоэффективность / М.В. Рубцова, Э.Е. Семенова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. №2 (36). С. 10-15.

References

1. Architectural design of residential buildings / Edited by M.V. Lisitsian, E.S. Pronin. – Ster. ed. Rec. UMO. – M.: Architecture, 2010. – 488 p.
2. Skorokhodova A.A. Improving the energy efficiency of buildings and structures / A.A. Skorokhodova, E.E. Semenova // In the collection: The Future of science 2020. Collection of scientific articles of the 8th International Youth Scientific Conference, in 5 volumes. Kursk, 2020. pp. 127-130.
3. Gagarin V.G. Economic analysis of increasing the level of thermal protection of building enclosing structures // Proceedings of the 1st All-Russian Scientific and Technical Conference on June 26-27, 2008. Construction heat engineering: current issues of rationing.
4. Tabunshchikov Yu.A., Livchak V.I., Gagarin V.G., Shilkin N.V. Ways to improve the energy efficiency of operated buildings // AVOK, 2009, No. 5.
5. Technologies for ecological construction [Electronic resource]. URL: <https://green-life.livejournal.com/273817.html> (accessed 06/01/2019)
6. Rubtsova M.V., Semenova E.E. Accounting the influence of the form of a building on its energy efficiency // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region. 2021. No. 2 (36). pp. 10-15.

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
факультет Р.О. Федотов,
e-mail: roma.fedotov.03@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) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport
Faculty R.O. Fedotov,
e-mail: roma.fedotov.03@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) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

Р.О. Федотов, Р.А. Жилин

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И МАШИН

В статье рассматриваются причины, по которым гибридные двигатели и машины набирают всё большую популярность в наши дни, а также рассматриваются последние тенденции и инновации в области гибридных двигателей и машин.

Ключевые слова: тенденции развития, гибридные двигатели, гибридные автомобили.

R.O. Fedotov, R.A. Zhilin

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF HYBRID ENGINES AND MACHINES

This article identifies the reasons why hybrid engines and vehicles are gaining more and more popularity these days, and discusses the latest trends and innovations in hybrid engines and vehicles.

Keywords: development trends, hybrid engines, hybrid vehicles.

Гибрид – это автомобиль, в котором есть и двигатель внутреннего сгорания (ДВС), и электродвигатель. Многие считают, что появление гибрида произошло в 21-м веке, но на самом деле гибриды существуют с самого начала машиностроения. Ещё в начале 20-го века гибридные авто сконструировали инженеры Генри Пайперу и Фердинанд Порше. Конструкция была очень перспективная, но дорогостоящая. С массовым развитием ДВС про гибридные силовые установки на время забыли, так как при дешёвом топливе в разработке технически сложных гибридов просто не было смысла. В начале 70-х годов 20-го века интерес к гибридам вернулся. Стимулом стало повышение требований к экологическим характеристикам транспорта. Особенно активно над конструированием и выпуском автомобилей с гибридной установкой стали думать в Германии и Японии.

Первый массовый выпуск автомобилей с агрегатом, который сейчас и принято называть устройством гибрида, был сделан в Японии. Но произошло это не в семидесятых, а уже в девяностых годах прошлого века. Первым транспортным средством, представляющим автомобили с гибридным двигателем, стала легковая машина Toyota Prius. Определённая аудитория с настороженностью отнеслась к тому, что бензиновый двигатель транспортного

средства имел ограниченный диапазон оборотов. Однако по факту проблемой это не стало. Ведь при необходимости автомобилист получил возможность подключить электродвигатель для тяги. А вот батареи с низкой ёмкостью оказались проблемой, впрочем, как и стимулом для дальнейшего развития. Теперь, когда на рынке авто присутствует уже 4 поколения гибридных авто, те же Toyota Prius с гибридной установкой оснащаются емкими эффективными никель-металлогидридными батареями.

Одна из главных особенностей гибридов – компромиссность. Автомобилисты отмечают эффективное объединение преимуществ автомобилей с ДВС и транспортных средств с электромотором. Гибридные транспортные средства помогают сэкономить на топливе. Сильно экономия ощутима при езде в условиях интенсивного городского трафика, наличия пробок. Особенно это заметно у транспортных средств с системой рекуперации. А она есть у большинства современных гибридов. С помощью системы рекуперации можно возвращать энергию. Например, когда авто постоянно тормозит, мотор выполняет функцию генератора, осуществляет зарядку батареи.

Существует несколько типов гибридных автомобилей. Чаще всего сегодня встречаются параллельные гибриды. При такой схеме электромотор не участвует во вращении колес. Он соединен с трансмиссией и помогает двигателю внутреннего сгорания, создавая дополнительную мощность в наиболее сложных, тяжелых ситуациях. Именно такой машиной и была первая Toyota Prius 1997 года выпуска.

Самыми современными считаются последовательные гибриды – это когда электромотор вращает колеса, а двигатель внутреннего сгорания используется как генератор для подзарядки батарей. С колесами он никак не связан. Пример: Chevrolet Volt 2012 года выпуска.

Существуют и промежуточные схемы. Например, последовательно-параллельные гибриды – здесь электромотор и ДВС могут работать как вместе, так и по отдельности. Автомобиль движется на электричестве, но большие расстояния преодолевает на бензине. Их самая популярная разновидность – так называемые подзаряжаемые гибриды, или плагин-гибриды (plug-in hybrid или PHEV). В этой схеме всё работает, как и в последовательно-параллельных гибридах, однако есть возможность зарядить батарею от розетки или зарядной станции. Примеры: Volvo V60 первого и второго поколения, Audi e-tron первого поколения.

Иногда гибриды делят просто на HEV (гибридное электрическое транспортное средство) и PHEV (подключаемое гибридное транспортное средство). Второй вариант от первого отличается наличием дополнительной батареи в первоначальном варианте такого автомобиля. То есть за PHEV стоят гибриды, которые в первой типологии называются подзаряжаемыми гибридами, а за термином HEV стоят параллельные и последовательные гибриды.

Некоторые направления развития гибридных двигателей:

1. Повышение топливной эффективности. Оптимизация взаимодействия между ДВС и электромоторами позволяет использовать электропривод в городских условиях, где расход топлива традиционно выше, а ДВС подключается на трассовых маршрутах для поддержания высокой мощности.

2. Развитие подключаемых гибридов (PHEV). Возможность заряжать аккумуляторы от внешних источников позволяет проезжать значительные расстояния на чистой электрической тяге, снижая потребление топлива и выбросы в атмосферу.

3. Инновации в аккумуляторных технологиях. Использование литий-ионных батарей нового поколения, увеличение их ёмкости и сокращение времени зарядки способствуют росту популярности гибридов. Также исследуются технологии твердотельных аккумуляторов, которые обещают ещё большую эффективность и безопасность. Более того, новые достижения в области свинцово-кислотных аккумуляторов позволили исследователям из Австралии и Японии значительно улучшить старую технологию свинцово-кислотных батарей. Эти исследователи создали UltraBattery. В UltraBattery используются суперконденсаторы - электрические устройства, которые обеспечивают гибридным автомобилям мощные импульсы энер-

гии, необходимые для ускорения, без износа аккумулятора. Такой аккумулятор имеет больший срок службы и является дешевым в сравнении с другими аналогами.

4. Снижение экологической нагрузки. Гибридные автомобили уменьшают загрязнение воздуха и шумовое загрязнение благодаря возможности работы на электрической тяге в условиях плотного городского движения.

5. Применение альтернативных видов топлива. Некоторые гибридные автомобили разрабатываются с возможностью использования альтернативных видов топлива, таких как биодизель, сжиженный природный газ и водород. Это расширяет их функциональность и способствует снижению углеродного следа. В будущем ожидается увеличение доли гибридов, использующих водородные топливные элементы, что откроет новые перспективы для развития этой технологии и создаст дополнительную конкуренцию на рынке для традиционных электромобилей.

6. Развитие систем рекуперации. Гибридные приводы могут регенерировать лишь 25% энергии торможения и накапливать ее в АКБ. Этот малый процент обусловлен невозможностью установки более емких батарей, так как резко уменьшится грузоподъемность машины, а также значительно вырастет ее цена из-за дополнительного высокотехнологичного узла. По этой причине вместо традиционных комбинированных конструкций, автопроизводители недавно стали внедрять необычные проекты гибридных транспортных средств. Так, корпорация EATON запустила в серийное производство аккумулирующую гидравлическую систему Hydraulic Launch Assist (HLA), которая может быть встроена в шасси грузового автомобиля, благодаря чему он станет гибридным транспортным средством. Как и другие автогибриды, параллельная дизель/гидравлическая система HLA регенерирует энергию торможения в сумматоре (гидроаккумулятор), после чего сохраненная мощность используется для ускорения машины. Гидро-гибридная технология Eaton может улавливать около 75% кинетической энергии торможения, что выглядит куда привлекательнее, чем 25%, регенерированные дизель/электрическими гибридами. Продолжая перечислять преимущества HLA, надо отметить, что гидроузлы системы можно вмонтировать в стандартное автомобильное шасси, к тому же цена встраиваемых компонентов будет намного дешевле, чем различные альтернативные ДВС/электрические приводы. Этим уже воспользовалась фирма Peterbilt Motors Company, выпустившая тяжелый мусоровоз Model 320 Hybrid. Дорожные испытания коммунального грузовика показали, что мусоровоз Peterbilt Model 320 Hybrid потребляет на 30% меньше топлива и выделяет на 40% меньше вредных отработанных газов. Кроме этого, применение регенеративной тормозной системы способствует тому, что дизель/гидравлический гибрид почти не истирает тормозные колодки, а это, в свою очередь, ведет к снижению (более чем в два раза) затрат на техническое обслуживание всего транспортного средства.

7. Использование суперконденсаторов. Суперконденсаторы можно считать ярчайшей разработкой последних лет. В сравнении с обычными конденсаторами они, при тех же габаритах, отличаются на три порядка большей емкостью. За малый промежуток времени они могут отдавать огромное количество энергии. Широкое применение они находят в гибридных авто, где генератором управляет ДВС, а электрический мотор (или моторы) приводят автомобиль в движение, т.е. суперконденсатор (энергетический кэш) используется в качестве источника тока при ускорении и начале движения, а во время торможения происходит его «подзарядка». Перспективно применение их не только в легковом, но и в городском транспорте, поскольку новый вид конденсаторов позволяет на 50% сократить потребление топлива и на 90% сократить выброс вредных газов в окружающее пространство. Заменить полностью батарею суперконденсаторы пока не могут, но это только вопрос времени. Использовать суперконденсатор вместо аккумулятора – вовсе не фантастика. Если ученые — нанотехнологи из университета QUT идут по правильному пути, то в скором будущем это станет реальностью. Выступать в качестве аккумуляторов смогут панели кузова, внутри которых стоят суперконденсаторы последнего поколения. Сотрудникам этого университета удалось объеди-

нить в новом устройстве преимущества батарей литий-ионных и суперконденсаторов. Стоит новый тонкий, легкий и мощный суперконденсатор из карбоновых электродов, находящегося между ними электролита. Новинку, как утверждают ученые, устанавливать можно в любом месте кузова.

Рассматривая причины, почему гибриды станут популярными у потребителей в ближайшее время, аналитики указали на три основных фактора. Это повышающаяся урбанизация, увеличение интенсивности грузоперевозок и связанные с этим проблемы дорожных заторов, а также сохраняющаяся высокая стоимость топлива. Однако гибриды не являются идеальным решением для всех транспортных задач. К примеру, в дальнобойном сегменте никто пока что не ожидает прорыва. Тут можно вспомнить, как компания Peterbilt создала гибридный седельный тягач Peterbilt Hybrid Model 386. Опытная эксплуатация гибридного прототипа продемонстрировала лишь 8,5% экономию топлива. Можно отметить, что магистральный автопоезд пока что не может достичь экономии топлива, сопоставимой с показателями развозного автомобиля. Ведь большую часть времени дальнобойщики проводят на длинных перегонах, где им постоянно необходима максимальная мощность основного силового агрегата, и там не так много участков «разгон-торможения». Именно поэтому все, чего сумели достичь гибридные тяжеловозы, это экономия топлива в пределах 8,5-10%, и то, благодаря движению по холмистым участкам, там, где гибридная трансмиссия может что-нибудь поднакопить. В противовес этому у развозных гибридных транспортных средств, работающих в основном в городах с частыми разгонами и торможениями, экономия топлива достигает 25-35%.

Вывод

В связи с повышением требований к экологическим характеристикам транспорта гибридные машины становятся всё более востребованными в наши дни. Гибридные двигатели сочетают в себе два источника энергии - электрический и традиционный двигатель внутреннего сгорания. Это позволяет им снизить выбросы вредных веществ и уменьшить потребление топлива, что в свою очередь способствует сокращению зависимости от нефтепродуктов и снижению вредного воздействия на окружающую среду, а также даёт возможность уменьшить уровень шума за счёт использования электромотора во время движения в городе. Развитие технологий гибридных машин и двигателей включает в себя улучшение аккумуляторных батарей, электромоторов, систем рекуперации энергии и управления энергопотреблением. Гибридные двигатели и машины играют важную роль в будущем автомобильной индустрии, поскольку они представляют собой компромисс между эффективностью и экологической устойчивостью, что делает их всё более привлекательными для потребителей и автопроизводителей.

Библиографический список

1. Филькин Н.М. Гибридный автомобиль: основы проектирования, конструирования и расчета / Н.М. Филькин – Москва : Спутник, 2016. – 121 с. – ISBN 978-5-91134-865-6.
2. Ми Крис. Гибридные электромобили. Принципы и применение с практической точки зрения / Крис Ми – Хобокен : Wiley, 2018. – 71 с. – ISBN 978-1-11897-053-9.
3. Фукс Аллен. Гибридные транспортные средства: и будущее личного транспорта / Аллен Фукс – Бока-Ратон : CRC Press, 2008. – 34 с. – ISBN 978-1-42007-534-2.
4. Франк Бенджамин. Гибридные системы, оптимальное управление и гибридные транспортные средства / Бенджамин Франк – Нью-Йорк : Springer, 2017. – 27 с. – ISBN 978-3-31951-315-7.

5. Джонс Оуэн. Гибридные автомобили / Оуэн Джонс – Монтефранко : Tektime, 2023. – 87 с. – ISBN 978-1-11897-053-9.

6. 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.

References

1. Filkin N.M. Hybrid automobile. Fundamentals of design, construction and calculation / N.M. Filkin – Moscow : Sputnik, 2016. – 121 p. – ISBN 978-5-91134-865-6.

2. Mi Chris. Hybrid Electric Vehicles. Principles and Applications with Practical Perspectives / Chris Mi – Hoboken : Wiley, 2018. – 71 p. – ISBN 978-1-11897-053-9.

3. Fuhs Allen. Hybrid Vehicles: And the Future of Personal Transportation / Allen Fuhs – Boca Raton : CRC Press, 2008. – 34 p. – ISBN 978-1-42007-534-2.

4. Frank Benjamin. Hybrid Systems, Optimal Control and Hybrid Vehicles / Benjamin Frank – New York : Springer, 2017. – 27 p. – ISBN 978-3-31951-315-7.

5. Jones Owen. Hybrid Cars / Owen Jones – Montefranco : Tektime, 2023. – 87 p. – ISBN 978-1-11897-053-9.

6. Goryachev O.V., Efromeev A.G., Stepochkin 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.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 677.021.6

*Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
Д. т. н., проф. кафедры производства
и ремонта автомобилей и дорожных машин
В.А. Зорин
Магистрант Н.Ж. Маба
Россия, г. Москва, тел. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: madi-dm@list.ru,
mabanobel0@gmail.com*

*Moscow State Automobile
and Road Technical University
Prof. D.Sc., Department of Production and
Repair of Automobiles and Road Machines
V.A. Zorin
Master's Student N.J. Maba
Russia, Moscow, Tel. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: madi-dm@list.ru,
mabanobel0@gmail.com*

В.А. Зорин, Н.Ж. Маба

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ STATISTICA 13

В данной статье представлена разработка новых композитных материалов с использованием методов факторного анализа и планирования экспериментов на основе программного обеспечения STATISTICA 13. Исследуются ключевые факторы, влияющие на механические свойства композитов, такие как состав и режимы обработки. Проведённые эксперименты позволяют оптимизировать параметры, что способствует улучшению прочностных характеристик и стойкости материалов. Результаты работы могут быть применены в различных отраслях, включая производство высоконагруженных изделий и технических систем.

Ключевые слова: Композитные материалы, испытания на растяжение, предел прочности, планирование экспериментов, статистические методы, деформационные характеристики, нелинейная квадратичная модель, коэффициенты регрессии, доверительные интервалы, машиностроение, метод симметричных композиционных ортогональных планов.

V.A. Zorin, N.J. Maba

DEVELOPMENT OF NEW COMPOSITE MATERIALS: FACTORIAL ANALYSIS USING SOFTWARE STATISTICA 13

This article presents the development of new composite materials using methods of factorial analysis and experimental planning based on the software STATISTICA 13. Key factors influencing the mechanical properties of composites, such as composition and processing modes, are investigated. The conducted experiments allow for the optimization of parameters, which contributes to the improvement of strength characteristics and durability of materials. The results of this work can be applied in various industries, including the production of high-load products and technical systems.

Keywords: Composite materials, tensile testing, ultimate strength, experimental design, statistical methods, deformation characteristics, nonlinear quadratic model, regression coefficients, confidence intervals, mechanical engineering, method of symmetrical composite orthogonal designs.

Вводная часть: в условиях быстрого развития технологий и растущих требований к материалам разработка новых композитов становится актуальной задачей. В рамках данного проекта мы сосредоточили усилия на испытаниях образцов новых полимерных композитных материалов (ПКМ) на растяжение для оценки их прочности. Эти стандартизированные и недорогие испытания идеально подходят для глубокого анализа. Испытания на растяжение — один из самых распространенных типов механических испытаний, где предел прочности материала на разрыв является ключевым показателем его прочности и удлинения.

Для изучения влияния состава композитного материала на прочностные свойства был запланирован эксперимент по выявлению оптимального набора контролируемых переменных, при котором целевая функция достигает экстремального значения. Такой подход позволяет улучшить характеристики новых композитов и расширить их применение в различных отраслях, подчеркивая важность данного исследования [1, 2].

На первом этапе исследования была проанализирована зависимость предела прочности $\sigma_{рм}$ для пластмасс в МПа. Использовались методы испытаний на растяжение Ш – L – t, учитывающие ширину (x_1), толщину (x_2) и температуру (x_3).

Испытания проводились по ГОСТ 11262-2017, что позволяет оценить прочность и деформационные характеристики материала, важные при разработке изделий [3]. Стандарт требует указания количества образцов; при отсутствии указаний рекомендуется испытывать не менее пяти образцов. Исходные данные для анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний на растяжение новых композитных материалов

образец	Ширина мм	Толщина мм	Температура испытания С°	Предел прочности МПа
образец 1	3,76	5,08	20	18,4
образец 2	4,05	5,01	25	18,4
образец 3	4,14	6,08	30	20,3
образец 4	3,09	4,71	35	18,8
образец 5	5,14	5,52	40	18,4
образец 6	4,78	5,78	45	16,9
образец 7	5,13	4,85	50	23,1
образец 8	5,01	6,07	55	20,4

На втором этапе производится процедура планирования для удобного кодирования факторов. Все факторы могут принимать три значения: нулевое (центр эксперимента), значение +1, соответствующее верхнему уровню, и значение –1 — нижнему уровню. Кодированное значение будет

$$X_{\text{код}} = \frac{X_i - X_0}{\Delta X_i}, \quad (1)$$

где X_i – значение фактора на основном уровне.

После этого, на третьем этапе, производится построение таблицы проведения эксперимента. Задавая значения $X_i = X_0 + \Delta X_i$ и $X_i = X_0 - \Delta X_i$, в формуле (1) получаем для верхнего и нижнего уровней ± 1 [4].

Таблица 2

Условия испытаний образцов

№ п/п	Наименование фактора	ΔX	-1	0	+1
x1	Ширина, мм	1,025	3,09	4,115	5,14
x2	Толщина, мм	0,68	4,71	5,39	6,07
x3	Температура испытания С°	17,5	20	37,5	55

На третьем этапе исследования мы сосредоточились на выборе величины звездного плеча, что критически важно для ортогональности плана эксперимента. В процессе расчетов была создана матрица планирования, которая стала основой для дальнейшего анализа с использованием метода симметричных композиционных ортогональных планов [4].

Для формирования нелинейной квадратичной модели матрица была дополнена звездными точками и тремя опытами в центре, что позволяет учесть дополнительные факторы влияния. Величина звездного плеча рассчитывается по формуле, обеспечивая гибкость и точность моделирования для успешной разработки новых композитных материалов [4].

$$\alpha^2 = \frac{\sqrt{(N_1 + 2k + n_0)N_1 - N_1}}{2}, \quad (2)$$

где $\alpha = 1,681$ ($\alpha^2 = 2,828$).

Эта величина α будет варьироваться в зависимости от числа опытов в ядре (N_1) и в центре плана (n_0), а также будет различной для задач с различным числом факторов k . Для того чтобы сделать матрицу ортогональной, введены столбцы переменных. В табл. 3 приведена матрица планирования с результатами промежуточных расчетов [4].

Таблица 3

Матрицы планирования и результаты промежуточных расчетов

№ п/п	X_1	X_2	X_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
1	-1	-1	-1	1	1	1	18,4
2	-1	-1	1	1	1	1	18,4
3	-1	1	-1	1	1	1	20,3
4	-1	1	1	1	1	1	18,8
5	1	-1	-1	1	1	1	18,4
6	1	-1	1	1	1	1	16,9
7	1	1	-1	1	1	1	23,1
8	1	1	1	1	1	1	20,4
9	-1,681	0	0	2,828	0	0	16,9
10	1,681	0	0	2,828	0	0	22,3
11	0	-1,681	0	0	2,828	0	21,5
12	0	1,681	0	0	2,828	0	17,3
13	0	0	-1,681	0	0	2,828	22,9
14	0	0	1,681	0	0	2,828	17,6
15	0	0	0	0	0	0	21,1
16	0	0	0	0	0	0	17,9

По результатам семнадцати опытов матрицы планирования рассчитаны коэффициенты регрессии, их дисперсии и среднеквадратичные ошибки (см. рис. 1). В работе представлены характеристики большинства статистических методов, реализованных в программе STATISTICA 13.0, необходимых для решения научных задач, возникающих в процессе проведения исследований [5].

Фактор	Effect	Std.Err.	t(1)	p	-95,% Cnf.Limit	+95,% Cnf.Limit	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limit	+95,% Cnf.Limit
	Mean/Interc.	13,21384	1,490755	8,86386	0,071520	-5,7280	32,15567	13,21384	1,490755	-5,7280
(x1)Ширина, мм(L)	9,51669	2,098366	4,53529	0,138160	-17,1456	36,17896	4,75835	1,049183	-8,5728	18,08948
(x1 ²)Ширина, мм(Q)	2,33677	2,766371	0,84470	0,553467	-32,8133	37,48684	1,16838	1,383185	-16,4067	18,74342
(x2)Толщина мм (L)	-3,48141	1,166067	-2,98560	0,205754	-18,2977	11,33487	-1,74070	0,583033	-9,1488	5,66744
(x2 ²)Толщина мм(Q)	13,98895	2,688323	5,20360	0,120869	-20,1694	48,14733	6,99447	1,344161	-10,0847	24,07366
(x3)Температура испытания(L)	-6,76877	2,681210	-2,52452	0,240103	-40,8368	27,29923	-3,38439	1,340605	-20,4184	13,64961
(x3 ²)Температура испытания(Q)	1,46174	1,650499	0,88564	0,538564	-19,5098	22,43332	0,73087	0,825249	-9,7549	11,21666

Рис. 1. Результаты построения уравнения регрессии (STATISTICA 13.0)

В исследовании, посвященном разработке новых композитных материалов, представлена таблица, в которой в столбце coeff содержатся оценки коэффициентов линейного уравнения прогноза, основанные на перекодированных значениях факторов. Проведенное сравнение абсолютных значений рассчитанных коэффициентов с их доверительными интервалами позволяет выделить статистически значимые параметры. Эти величины легли в основу нашего уравнения модели, что дало возможность предсказать значения переменной «предел прочности». Таким образом, мы можем с уверенностью утверждать, что полученные результаты имеют практическое значение для дальнейших исследований в области композитных материалов.

$$Y_{\text{орм}} = 13,21 + 4,75X_1 + 1,68X_1^2 - 1,74X_2 - 6,99X_2^2 - 3,38X_3 + 0,73X_3^2, \quad (3)$$

В дисперсионном анализе (ANOVA) используются обозначения df, ss, Ms и F, каждое из которых имеет свое значение. df (степени свободы) указывает на количество независимых значений; SS (сумма квадратов) отражает общую вариацию данных; MS (средний квадрат) — отношение суммы квадратов к степеням свободы; F (статистика F) показывает отношение вариации между группами к вариации внутри групп. Все эти параметры визуально представлены на рисунке 2, что облегчает интерпретацию результатов [6, 7].

ANOVA; Var.: Предел прочности МПа; R-sqr=,97538; Adj.:82763 3 Фактор, 1 блок, 8 Runs; MS Residual=,6108503 DV: Предел прочности МПа					
Фактор	SS	df	MS	F	p
(1)Ширина ,мм(L)	12,56447	1	12,56447	20,56882	0,138160
Ширина , мм(Q)	0,43586	1	0,43586	0,71353	0,553467
(2)Толщина, мм(L)	5,44500	1	5,44500	8,91380	0,205754
Толщина, мм(Q)	16,54025	1	16,54025	27,07743	0,120869
(3)Температура испытания(L)	3,89308	1	3,89308	6,37321	0,240103
Температура испытания(Q)	0,47912	1	0,47912	0,78435	0,538564
Error	0,61085	1	0,61085		
Total SS	24,80691	7			

Рис. 2. значение критерия Фишера и сравнивается с табличным: (ANOVA)

Анализ, проведенный с использованием карты Парето (см. рис.3), позволяет визуально выделить наиболее значимые факторы, влияющие на исследуемую проблему. На данной карте представлены данные в виде столбцов, которые демонстрируют относительное влияние каждого фактора на общий результат [7, 8, 9].

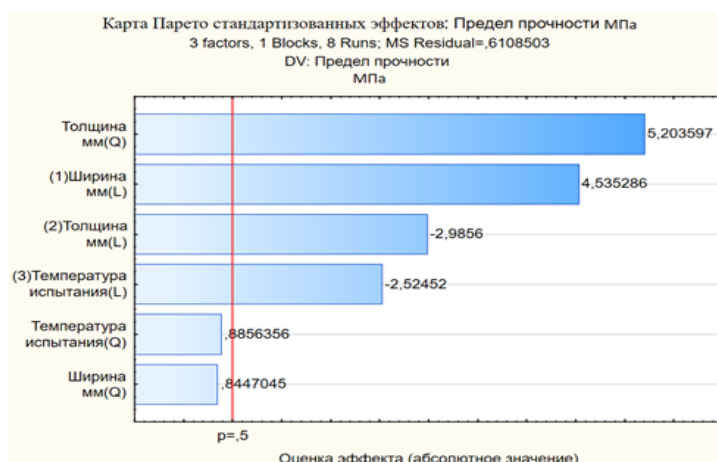


Рис. 3. График Карта Парето зависимой переменной предел прочности (STATISTICA 13.0)

На графике (рис. 3.) видно, что на "Предел прочности" оказывают значительное влияние основные параметры: Толщина (X_2) = 5,2035, Ширина (X_1) = 4,5352, Толщина (X_2) = -2,9856 и Температура (X_3) = 2,5245. Эти результаты подчеркивают важность фокусирования исследований на этих факторах для оптимизации характеристик композитов. Понимание их влияния открывает новые горизонты для дальнейших разработок в материаловедении. Модель адекватна при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Зависимость расчетных и экспериментальных значений предела прочности (y) представлена на рис. 4.

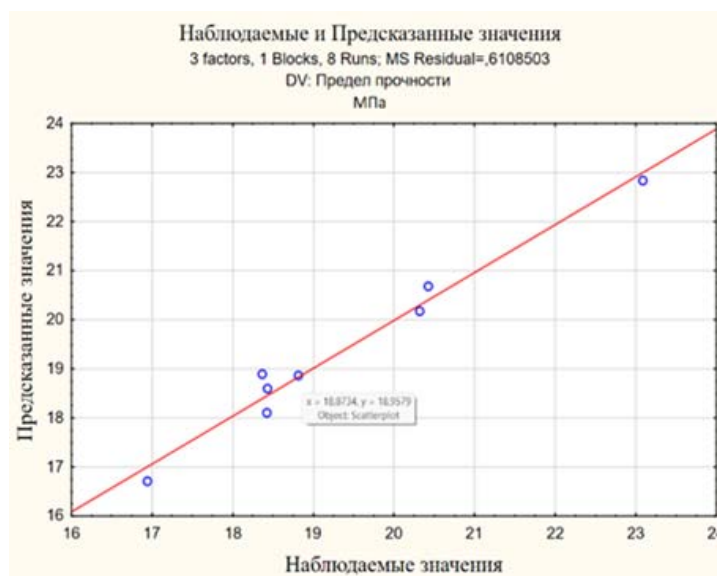


Рис. 4. Экспериментальные данные предела прочности $\sigma_{рм}$, МПа

В нашем исследовании мы проанализировали соотношение между расчетными и экспериментальными значениями предела прочности $\sigma_{рм}$, измеряемого в мега паскалях (МПа), для различных типов пластмасс. Для проведения эксперимента использовались методы испытаний на растяжение, обозначаемые как III – L – t.

Поверхности отклика показателя ударной вязкости приведены на рис. 5.

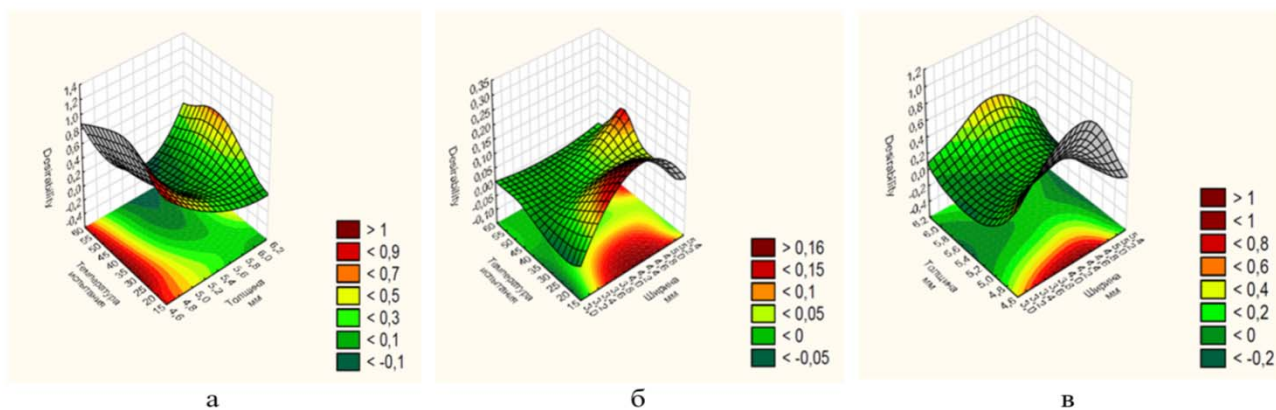


Рис. 5. Первая (а), вторая (б) и третья (в) поверхности отклика

Первая поверхность отклика – зависимость показателя предела прочности образца от толщины и температуры испытания заполнения (Рис. 5.а). Зависимость времени от толщины и ширины образца. Анализируя поверхность отклика, можно сделать вывод, что экстремум показателя предела прочности образца достигается при значениях фактора «Толщина» от 4,6 до 6,2 мм и значениях фактора «Температура испытания» от 15 до 50 °С.

Вторая поверхность отклика – зависимость показателя предела прочности образца от ширины и температуры испытания заполнения (Рис. 5.б). Зависимость времени от температуры испытания и ширины: анализируя поверхность отклика, можно сделать вывод, что экстремум показателя предела прочности образца достигается при значениях фактора «Ширина» от 3,6 до 5,40 мм и значениях фактора «Температура испытания» от 30 до 55 °С.

Третья поверхность отклика – зависимость показателя предела прочности образца от ширины и толщины заполнения (Рис. 5.в). Зависимость времени от ширины и толщины: Анализируя поверхность отклика, можно сделать вывод, что экстремум показателя предела прочности образца достигается при значениях фактора «Ширина» от 3,20 до 5,2 мм и значениях фактора «Толщина» от 4,60 до 6,20 мм.

Выводы

В результате проведенного исследования была достигнута значительная оптимизация процесса испытаний на растяжение композитных материалов. Полученные данные подтвердили, что использование стандартизированных методов испытаний позволяет точно оценить прочностные характеристики и деформационные свойства материалов. Планирование экспериментов, выполненное с учетом ортогональности, дало возможность выявить значимые факторы, влияющие на предел прочности композитов.

Разработанная нелинейная квадратичная модель, основанная на полученных коэффициентах регрессии, открывает новые горизонты для дальнейших исследований в области создания новых ПКМ. Статистический анализ, проведенный с использованием программного обеспечения STATISTICA 13.0, подтвердил надежность полученных результатов и их практическую применимость.

Библиографический список

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие. — М.: МАДИ, 2016, 264 с.
2. Косенко Е.А., Баурова Н.И., Зорин В.А. Природоподобные материалы и конструкции в машиностроении: монография. — М.: МАДИ, 2020, 304 с.
3. ГОСТ 11262-2017, Пластмассы. Методы испытаний на растяжение. — М.: ГОСТ Р - национальные стандарты РФ, 2017.
4. Юдин Ю.В., Майсурадзе М.В., Водолазский Ф.В. Организация и математическое планирование эксперимента: учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018, 124 с.
5. Штефан Ю.В., Зорин В.А., Баурова Н.И. Управление качеством машин и технологических процессов: учеб. пособие. — М.: МАДИ, 2016, 120 с.
6. Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 408 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Академия, 2007, 576 с.
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для студентов вузов. — М.: Высшее образование, 2008, 479 с.
9. Кингман Дж., Пуассоновские процессы: пер. с англ.; под ред. А.М. Вершика. — М.: МЦНМО, 2007, 136 с.

References

1. Baurova N.I., Zorin V.A. Application of polymer composite materials in machine manufacturing and repair: tutorial / N.I. Baurova, V.A. Zorin. — Moscow: MADI, 2016, 264 sec.
2. Kosenko E.A., Baurova N.I., Zorin V.A. Nature-like materials and structures in mechanical engineering: monograph. Moscow: MADI, 2020, 304 sec.
3. GOST 11262-2017, Plastics. Methods for tensile testing, Moscow: GOST R - National Standards of the Russian Federation, 2017.
4. Organization and Mathematical Planning of Experiments: tutorial / Y.V. Yudin, M.V. Maisuradze, F.V. Vodolazsky. — Yekaterinburg: Publishing House of Ural University, 2018, 124 sec.
5. Stefan Y.V., Zorin V.A., Baurova N.I. Quality management of machines and technological processes: tutorial / Y.V. Stefan, V.A. Zorin, N.I. Baurova. — Moscow: MADI, 2016, 120 sec.
6. Bulinsky A.V., Shiryayev A.N. Theory of Random Processes / A.V. Bulinsky, A.N. Shiryayev. Moscow: Fizmatlit, 2005, 408 sec.
7. Ventsel E.S. Probability Theory / E.S. Ventsel. Moscow: Academia, 2007, 576 sec.
8. Gmurman V.E. Probability Theory and Mathematical Statistics: textbook for university students / V.E. Gmurman. Moscow: Higher Education, 2008, 479 sec.
9. Kingman J.F.C., Poisson Processes: translated from English / J.F.C Kingman; edited by A.M. Vershik. Moscow: MCNMO, 2007, 136 sec.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. тех. наук, доцент кафедры
строительства и эксплуатации автомо-
бильных дорог Ф.В. Матвиенко
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (910) 732-43-03
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры
строительства и эксплуатации автомо-
бильных дорог Н.И. Паневин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (903) 858-70-67
e-mail: panevinn@mail.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строи-
тельства и эксплуатации автомобильных
дорог А.С. Строкин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (915) 547-97-10
e-mail: alexmech23@gmail.com
Воронежский государственный лесотехни-
ческий университет имени Г.Ф. Морозова
Аспирант кафедры промышленного транс-
порта, строительства и геодезии
Н.И. Шамарин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (908) 135-87-76
e-mail: shnwr@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment of Automobile Road Construction and
Operation F.V. Matvienko
Russia, Voronezh, tel. +7 (910) 732-43-03
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment of Automobile Road Construction and
Operation N.I. Panevin
Russia, Voronezh, tel. +7 (903) 858-70-67
e-mail: panevinn@mail.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment of Automobile Road Construction and
Operation A.S. Strokin
Russia, Voronezh, tel. +7 (915) 547-97-10
e-mail: alexmech23@gmail.com
Voronezh State Forestry Engineering Universi-
ty named after G.F. Morozov
PhD student of the Department of Industrial
Transportation, Construction and Geodesy
N.I. Shamarin
Russia, Voronezh, tel. +7 (908) 135-87-76
e-mail: shnwr@mail.ru*

Ф.В. Матвиенко, Н.И. Паневин, А.С. Строкин, Н.И. Шамарин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЛАБОРАТОРНОГО ПОДБОРА УКРЕПЛЕННЫХ ЦЕМЕНТОМ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ

В статье рассмотрен вопрос совершенствования методик лабораторного подбора, укрепленных цементом грунтов и материалов, для повышения долговечности и надежности дорожных одежд. Представлен подход к проведению лабораторных испытаний наиболее полно отражающий работу, укрепленного цементом дорожного основания в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: водопоглощение, морозостойкость, долговечность и надежность дорожной одежды, укрепленное цементом основание, конструирование дорожных одежд, физико-механические свойства.

F.V. Matvienko, N.I. Panevin, A.S. Strokin, N.I. Shamarin

IMPROVEMENT OF LABORATORY SELECTION METHODS CEMENT-REINFORCED SOILS AND MATERIALS FOR CHARACTERISTICS OF THEIR WATER ABSORPTION AND FROST RESISTANCE

The article considers the issue of improving the methods of laboratory selection of cement-reinforced soils and materials to increase the durability and reliability of road clothes. An approach to conducting laboratory tests is presented that

most fully reflects the work of a cement-reinforced road base in real-world operating conditions.

Keywords: water absorption, frost resistance, durability and reliability of road clothing, cement-reinforced base, construction of road clothing, physical and mechanical properties.

Совершенствование методик определения физико-механических характеристик, укрепленных цементом грунтов и материалов, применяемых для устройства оснований дорожных одежд является важной научной и практической задачей для развития дорожного хозяйства [2, 3].

В действующих нормативных требованиях ГОСТ Р 70452-2022 [5] при определении характеристик прочности на сжатие и растяжение при раскалывании, образцы грунтов, укрепленные цементом, подвергаются водонасыщению по двум возможным методикам:

1) Капиллярное водонасыщение. Водонасыщение образцов проводят в установках для капиллярного водонасыщения. Водонасыщение образцов, укрепленных цементом материалов производят через слой мелкого песка одной фракции толщиной (15 ± 2) см в течение (72 ± 1) ч. Для предотвращения высыхания образцов насыщение проводят в ваннах с гидравлическим затвором.

2) Полное водонасыщение. Образцы ставят в емкость с водой до уровня $1/3$ высоты образцов и выдерживают их в данных условиях (24 ± 1) ч. Для предотвращения высыхания образцов, насыщение проводят в ваннах с гидравлическим затвором. Далее, через сутки добавляют в емкость воду до отметки не менее чем на 2 см выше верхних торцов образцов и выдерживают их в данных условиях (48 ± 1) ч.

Выбор способа водонасыщения образцов выбирается исходя из принципа дорожно-климатического районирования места строительства или ремонта автомобильной дороги. Для дорожно-климатических зон I, II и III рекомендуется проводить полное водонасыщение. Для дорожно-климатических зон IV и V рекомендуется проводить капиллярное водонасыщение.

Методика насыщения водой образцов, укрепленных цементом материалов, по ранее разработанному ГОСТ 23558-94 [4] имеет аналогичный характер, за исключением времени воздействия влаги на испытываемые образцы. При проведении полного водонасыщения образцы погружают на $1/3$ высоты в воду на 6 часов и далее погружают полностью в воду на 42 часа. При испытании образцов методом капиллярного водонасыщения образцы насыщают водой в течение 72 часов.

Описанные выше способы водонасыщения образцов имеют ряд недостатков, а именно: не отражают характера увлажнения, укрепленного цементом основания дорожной одежды в реальных условиях работы дорожной одежды. При капиллярном водонасыщении не учитывается количество влаги, проникающей сверху, через слои дорожной одежды, устроенные над укрепленным цементом основанием, в том числе через имеющиеся дефекты, в виде трещин и выбоин, появляющиеся в период эксплуатации автомобильной дороги. Схема полного насыщения образцов в воде имеет не типичный характер для работы основания из материала или грунта, укрепленного цементом, ввиду того, что полное погружение, укрепленного цементом основания в воду может произойти при отдельных обстоятельствах, когда сверху слоя основания не имеется замыкающего слоя, что противоречит нормам конструирования современных дорожных одежд, а снизу и с боков слоя имеется свободная вода, например, как при полном затоплении автодороги водой в случае наводнения, что также не является типовым случаем эксплуатации автомобильной дороги.

В работе [1] описана методика определения капиллярного водонасыщения, в соответствии с которой образцы, взвешенные на воздухе и в воде, помещают в сосуд с водой при температуре $18-20$ °С. Вода в сосуде должна закрывать нижнюю часть образца на 3 мм. Сосуд с образцами помещают в ванну с гидравлическим затвором и выдерживают в ней 3 суток. После этого образцы вынимают из воды, вытирают и взвешивают. Величину капиллярного водопоглощения по объему вычисляют по формуле

$$W = \frac{P3 - P1}{P1 - P2} \times 100,$$

где $P1$ – вес образца на воздухе до водонасыщения, грамм;
 $P2$ – вес образца в воде до водонасыщения, грамм;
 $P3$ – вес образца на воздухе после водонасыщения, грамм;

Данный способ определения капиллярного водонасыщения применим для смесей, содержащих органическое вяжущее, но сам принцип определения водопоглощения для определения физико-механических и гидрофильных свойств материалов может быть применен для грунтов и материалов, укрепленных неорганическими вяжущими при соответствующей переработке.

В связи с этим предлагается разработка альтернативного способа проведения насыщения водой образцов. При этом предлагается использование термина «водопоглощение».

Данная методика является гармонизированной с действующими нормативными документами ГОСТ 23558-94 [4] и ГОСТ Р 70452-2022 [5].

Предлагается следующий порядок проведения насыщения образцов водой:

1. Образцы подготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 23558-94 [4] или ГОСТ Р 70452-2022 [5] в необходимом объеме.

2. Образцы испытываются для определения прочности при сжатии в сухом состоянии.

3. Образцы для определения прочности при сжатии и образцы для определения растяжения при раскалывании взвешиваются на лабораторных весах и помещаются на 1/3 высоты образца в воду. При этом емкость, в которую помещаются образцы закрывается крышкой для предотвращения испарения влаги.

4. Через 24 ± 1 часа образцы переворачиваются обратной стороной на 1/3 высоты образца в воду и помещаются еще на 24 ± 1 часа в воду.

5. Образцы повторно взвешиваются на лабораторных весах для определения массы поглощенной воды в образце, которая будет являться характеристикой гидрофильных свойств образца, как значение % водопоглощения, относительно первоначальной массы образца.

6. Образцы, замоченные в воде с двух сторон на 1/3 высоты образца в течение 48 часов, испытывают по показателям прочности на сжатие и растяжение при раскалывании.

7. Рассчитывается коэффициент водостойкости равный отношению прочности на сжатие насыщенных водой образцов к прочности на сжатие сухих образцов.

При этом необходимо совершенствование методологии определения морозостойкости грунтов и материалов, укрепленных цементом в целях приведения лабораторных условий проведения испытаний к реальным условиям работы конструктивного слоя дорожной одежды. Существующий метод испытаний на морозостойкость в соответствии с ГОСТ Р 70452-2022 [5] аналогичен ГОСТ 23558-94 [4] и предполагает оттаивание образцов после их замораживания либо во влажном песке, либо в ванне с водой. Оттаивание во влажном песке возможно только для образцов, подвергшихся капиллярному водонасыщению и данный подход предполагает, что автодорога будет проходить в районах с дорожно-климатическими условиями, в которых морозостойкость материала не будет являться определяющим критерием надежности и долговечности в период ее эксплуатации.

Определение морозостойкости по второму методу через оттаивание образцов в ванне с водой корректно для работы бетонов в строительных конструкциях зданий и сооружений, но не соответствует характеру работы дорожных одежд с укрепленным цементом оснований.

При испытании на морозостойкость лабораторные образцы, укрепленных цементом материалов дорожных одежд не находятся в условиях полного замачивания водой, как для бетонов внешних конструктивных элементов зданий и сооружений. Нахождение образцов, укрепленных цементом грунтов в воде при проведении испытаний на морозостойкость, в значительной мере ведет к снижению их прочности вследствие размокания, а не действию циклов попеременного замораживания и последующего оттаивания. Существующий метод ис-

пытаний на морозостойкость материалов, укрепленных цементом, в большей мере определяет не количество циклов морозостойкости, которые способны выдержать образцы в реальных условиях эксплуатации, а определяет способность материала к потере прочности в виде размокания грунта после его замораживания.

Для количественной оценки циклов морозостойкости, в целях прогнозирования оценки долговечности конструктивных слоев дорожных одежд из укрепленных цементом грунтов, необходима переработка методики определения морозостойкости с привязкой к реальным условиям эксплуатации автодорог в зимний и весенний периоды.

Приближенным методом определения морозостойкости для реальных условий работы дорожных одежд с конструктивным слоем из укрепленного цементом грунта может быть следующий подход.

Испытания на морозостойкость проводятся по условиям действующих нормативных документов ГОСТ 23558-94 [4] или ГОСТ Р 70452-2022 [5] за исключением того, что образцы изначально насыщаются водой по предлагаемой выше методике, как 1/3 образца с двух сторон по 24 часа с каждой стороны и данная прочность является базовой для всех дорожно – климатических зон. В дальнейшем испытания для определения морозостойкости (коэффициента морозостойкости), производится путем оттаивания образцов в нормальных условиях, при температуре +5⁰С, при нахождении образца на 1/3 в воде, при этом на каждом цикле оттаивания верх и низ образцов меняются местами. Такой подход более приближен к реальным условиям эксплуатации, в том числе учитывает не равномерность капиллярной влаги, поступающей как сверху так и снизу в различные периоды эксплуатации к конструктивному слою из укрепленного цементом грунта, учитывает в том числе, что центральная 1/3 образца может не замачиваться водой и минимизирует потерю прочности из за фактического размокания образцов при нахождении их в воде при их оттаивании. При этом в целях прогнозирования прочности в длительной перспективе эксплуатации необходимо оценивать прочность образцов после испытаний их на морозостойкость по критерию того, что прочность образцов должны быть не ниже требуемых показателей для данной марки, укрепленного цементом основания. Данные методы испытаний предлагается использовать, как универсальный метод определения физико-механических характеристик, укрепляемых цементом материалов и грунтов для всех дорожно-климатических зон.

Выводы

1. Проведение исследований и разработка методик, определяющих возможность определения фактического количества циклов замерзания и оттаивания, укрепленного цементом грунта или материала для условий реальной эксплуатации является актуальной научной и практической задачей. Определение фактического количества циклов в лабораторных условиях для прогнозирования срока службы основания из укрепленного цементом грунта или материала позволит достоверно определять долговечность и срок службы конструктивного слоя дорожной одежды.

2. Морозостойкость, укрепленного цементом грунта или материала основания дорожной одежды, зависит от качественных свойств самого материала заполнителя, количества и качества цемента, но основной характеристикой, определяющей морозостойкость, будет являться структура и количество пор. Для повышения морозостойкости, укрепленного цементом грунта или материала, в целях снижения влияния открытого порового пространства материала необходимо: повышать коэффициент уплотнения конструктивного слоя, укрепленного цементом, вводить добавки, снижающие температуру замерзания, применять гидрофобизирующие и кольматирующие добавки, снижающие возможность проникания воды внутрь порового пространства.

Библиографический список

1. Безрук В.М. Еленович А.С. Дорожные одежды из укрепленных грунтов. М.: высшая школа, 1969. – 330 с.
2. Васильев А.П. Справочная энциклопедия дорожника. Т. II: Ремонт и содержание автомобильных дорог / А.П. Васильев, [и др.] – М.: Информавтодор, 2004. – 505 с.
3. Васильев Ю.М. Дорожные одежды из укрепленных материалов / Васильев Ю.М. Агафонцева В.П., Исаев В.С. и др. – М.: Транспорт, 1989. – 191 с.
4. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия: дата введения 2005. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.
5. ГОСТ Р 70452-2022. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия: дата введения 01.01.2023. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 20 с.

References

1. Bezruk V.M. Elenovich A.S. Road construction from reinforced soils. Moscow: higher school, 1969. 330 p.
2. Vasiliev A.P. Reference encyclopedia of a road worker. Vol. II: Repair and maintenance of automobile and mobile roads / A.P. Vasiliev, [et al.] – M.: Informavtodor, 2004. – 505 p.
3. Vasiliev Yu.M. Road construction made of reinforced materials / Vasiliev Yu.M. Agafontseva V.P., Isaev V.S. et al. - Moscow: Transport, 1989. – 191 p.
4. GOST 23558-94. Mixtures of crushed stone-gravel-sand and soils treated with non-organic binders for road and airfield construction. Technical conditions: date of introduction 2005. Moscow: Standartinform, 2005. 12 p.
5. GOST R 70452-2022. The soils are stabilized and reinforced with inorganic binders. General technical conditions: date of introduction 01.01.2023. – Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. – 20 p.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

УДК 620.19

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности
С.Д. Николенко
Россия, г. Воронеж, тел. +79507571637
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
Студент гр. мКНС-241 П.А. Чистохин*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Technosphere and Fire Safety S.D. Nikolenko
Russia, Voronezh, tel. +7 9102444159
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. Shchienko
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29
e-mail: a.n.shienko@mail.ru
Student gr. mKNS-241 P.A. Chistokhin*

С.Д. Николенко, А.Н. Щиенко, П.А. Чистохин

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭСТАКАД ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СТАРОЙ ПОСТРОЙКИ

В данной работе приведен анализ результатов обследования технологических эстакад промышленных объектов старой застройки применительно к обследованию технического состояния для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости их восстановления и усиления конструкций. Даны рекомендации по устранению дефектов и повреждений.

Ключевые слова: результаты обследования, технологические эстакады, техническое состояние, дефекты и повреждения.

S.D. Nikolenko, A.N. Shchienko, P.A. Chistokhin

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE SURVEY OF TECHNOLOGICAL OVERPASSES OF INDUSTRIAL FACILITIES OF OLD CONSTRUCTION

This paper presents an analysis of the results of the survey of technological overpasses of industrial facilities of old buildings in relation to the survey of the technical condition to assess the possibility of their further trouble-free operation or the need for their restoration and strengthening of structures. Recommendations are given for the elimination of defects and damage.

Keywords: survey results, technological overpasses, technical condition, defects and damages.

Введение

Статья 53 Градостроительного кодекса РФ обязывает осуществлять контроль качества строительных работ при возведении любых объектов [1]. Основу контроля качества составляет строительный контроль. Предметом строительного контроля является проверка выполнения работ при строительстве объектов капитального строительства на соответствие требованиям проектной и подготовленной на ее основе рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям технических регламентов в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Строительный контроль может проводиться подрядчиком и заказчиком. Разновидностью строительного контроля является технический контроль, обычно проводимый только заказчиком. Строительный контроль, осуществляемый подрядчиком, включает проведение следующих контрольных мероприятий [1]:

а) проверка качества строительных материалов, изделий, конструкций, поставленных для строительства объекта капитального строительства;

б) проверка соблюдения установленных норм и правил складирования и хранения применяемой продукции;

в) проверка соблюдения последовательности и состава технологических операций при строительстве объекта капитального строительства;

г) совместно с заказчиком освидетельствование работ, скрываемых последующими работами (скрытые работы), и промежуточная приемка возведенных строительных конструкций, влияющих на безопасность объекта капитального строительства, участков сетей инженерно-технического обеспечения;

д) приемка законченных видов (этапов) работ;

е) проверка совместно с заказчиком соответствия законченного строительством объекта требованиям проектной и подготовленной на ее основе рабочей документации, результатам инженерных изысканий, технических регламентов.

Однако кроме контроля нового строительства, проводится контроль состояния конструкций зданий и сооружений, построенных ранее. К такому контролю относят работы по:

- комплексному обследованию технического состояния зданий или сооружений для проектирования их реконструкции или капитального ремонта, включая потери тепла зданиями [2];

при комплексном обследовании проверяются инженерные системы включая газоснабжение [3];

- обследованию технического состояния зданий и сооружений для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости их восстановления и усиления конструкций; в частности, обследование промышленных зданий и сооружений [4];

- общему мониторингу технического состояния зданий и сооружений для выявления объектов, конструкции которых изменили свое напряженно-деформированное состояние и требуют обследования технического состояния;

- мониторингу технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, для обеспечения безопасной эксплуатации этих зданий и сооружений;

- мониторингу технического состояния зданий и сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, для оценки их текущего технического состояния и проведения мероприятий по устранению аварийного состояния;

- мониторингу технического состояния уникальных, в том числе высотных и большепролетных, зданий и сооружений для контроля состояния несущих конструкций и предотвращения катастроф, связанных с их обрушением.

Целью работы является анализ результатов обследования различных технологических эстакад промышленных сооружений для оценки возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации.

Основные дефекты и повреждения технологических эстакад промышленных объектов старой постройки

Все здания и сооружения старой постройки делятся на две большие группы: жилые и общественные, и промышленные. При этом особую группу составляют промышленные сооружения старой постройки, находящиеся в эксплуатации, технологические эстакады.

Ввиду большого количества промышленных объектов старой постройки, находящихся в эксплуатации, вопрос определения их эксплуатационных качеств является актуальным.

Одним из уязвимых мест технологических эстакад промышленных зданий являются железобетонные опоры. Поэтому их обследование играет важную роль в обеспечении их безопасной эксплуатации [5]. Основными дефектами железобетонных опор являются: разрушение защитного слоя бетона, оголение поверхностная коррозия арматуры и др.

На рис. 1, 2 показаны дефекты и повреждения в виде трещин в защитном слое бетона и оголения, и коррозии арматуры железобетонных опор эстакад.



Рис. 1. Вид трещин в защитном слое бетона



Рис. 2. Вид оголения и коррозии арматуры

На стальных опорах основными дефектами являются: трещины в сварных швах крепления пластин, отрыв соединительных пластин соединения ветвей колонн, коррозия металлических конструкций (рис. 3-5).



Рис. 3. Вид трещин в сварных соединениях



Рис. 4. Вид отрыва планок на металлических опорах



Рис. 5. Отсутствие защитного антикоррозионного покрытия, и как следствие, коррозия элементов пролетных конструкций между опорами

Наиболее часто применяемые схемы армирования железобетонных опор эстакад показаны на рис. 6, 7.

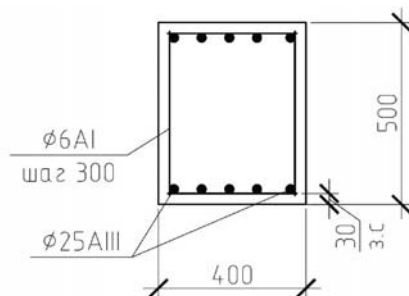


Рис. 6. Схема расположения рабочей арматуры в железобетонных опорах сечением 400х500 мм

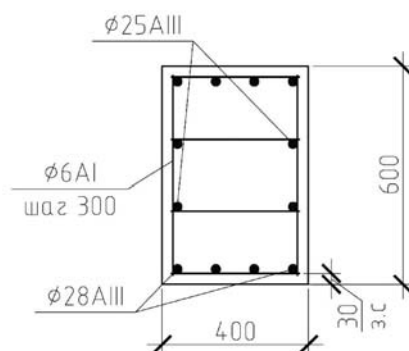


Рис. 7. Схема расположения рабочей арматуры в железобетонных опорах сечением 400х600 мм

Предложения по устранению дефектов и повреждений

Так как выявленные дефекты не являются неустраняемыми, то в качестве предложений по их устранению могут быть стягивание обойм дополнительными хомутами (рис. 8). При этом если применяется сварка, необходимо контролировать качество сварки [6].



Рис. 8. Вид вариантов усиления железобетонных и кирпичных опор технологических эстакад

Опоры технологических эстакад иногда могут подвергаться динамическим воздействиям. Поэтому в качестве предложений по улучшению качества вновь возводимых и ремонтируемых эстакад можно рекомендовать применение дисперсного армирования бетона. То есть армирование отрезками металлической проволоки (фибрами). В исследованиях [7] показано, что дисперсное армирование увеличит прочность и трещиностойкость железобетонных конструкций.

Выводы

Проведен анализ результатов обследования технологических эстакад промышленного объекта. Даны предложения по устранению дефектов и повреждений.

Библиографический список

1. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025).
2. Процесс тепловизионного обследования ограждающих конструкций здания. Игнатьюк А.С., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование систем и процессов. 2019. Т. 12. № 4. С. 66-72.
3. Численная апробация математических моделей мониторинга безопасного функционирования систем газоснабжения. Сазонова С.А., Николенко С.Д., Манохин В.Я., Манохин М.В. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (35). С. 255-264.
4. Анализ дефектов несущих конструкций производственного здания. Афанасьева В.В., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование систем и процессов. 2022. Т. 15. № 1. С. 14-24.
5. Оценка технического состояния оснований, фундаментов и железобетонных колонн каркасного здания. Сазонова С.А., Николенко С.Д., Осипов А.А. Моделирование систем и процессов. 2022. Т. 15. № 2. С. 67-83.
6. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений Николенко С.Д., Сазонова С.А., Акамсина Н.В. Моделирование систем и процессов. 2020. Т. 13. № 3. С. 76-85.
7. Экспериментальное исследование работы фибробетонных конструкций при знакопеременном малоцикловом нагружении. Николенко С.Д., Ставров Г.Н. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1986. № 1. С. 18-22.

References

1. «Urban Planning Code of the Russian Federation» dated 29.12.2004 N 190-FZ (as amended on 26.12.2024) (as amended and supplemented, entered into force on 01.01.2025).
2. The process of thermal imaging inspection of building enclosing structures. Ignatyuk A.S., Nikolenko S.D., Sazonova S.A. Modeling of systems and processes. 2019. Vol. 12. No. 4. P. 66-72.
3. Numerical testing of mathematical models for monitoring the safe operation of gas supply systems. Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Manokhin V.Ya., Manokhin M.V. News of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. No. 1 (35). P. 255-264.
4. Analysis of defects in load-bearing structures of an industrial building. Afanasyeva V.V., Nikolenko S.D., Sazonova S.A. Modeling of systems and processes. 2022. Vol. 15. No. 1. P. 14-24.
5. Assessment of the technical condition of foundations, foundations and reinforced concrete columns of a frame building. Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Osipov A.A. Modeling of systems and processes. 2022. Vol. 15. No. 2. P. 67-83.
6. Automation of the quality control process of welded joints Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Akamsina N.V. Modeling of systems and processes. 2020. Vol. 13. No. 3. P. 76-85.
7. Experimental study of the performance of fiber-reinforced concrete structures under alternating low-cycle loading. Nikolenko S.D., Stavrov G.N. News of higher educational institutions. Construction and architecture. 1986. No. 1. P. 18-22.

УДК 628.12

*Воронежский государственный
технический университет,
Канд. тех. наук, доцент кафедры
жилищно-коммунального хозяйства
И.Ю. Пурусова
Россия, г. Воронеж,
тел.: +7-952-541-3448, vps_na@list.ru
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет,
Канд. тех. наук, доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения
К.И. Чижик
Россия г. Москва, тел.: +7-958-565-3441,
irkyt-44@yandex.ru*

*Voronezh State Technical University
Ph.D. (Engineerin), Assoc Prof. of the
department of housing and communal
services
I.Y. Purusova
Russia, Voronezh,
tel.: +7-910-249-29-85, vps_na@list.ru
National research Moscow
state university
of civil engineering,
Ph.D. (Engineerin), Assoc Prof.
of the department water supply and sanitation
K.I. Chizhik
Russia, Moscow, tel.: +7-958-565-3441, irkyt-
44@yandex.ru*

И.Ю. Пурусова, К.И. Чижик

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА ПУТЁМ ОБТОЧКИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА

В статье рассмотрен наиболее распространённый способ регулирования режима работы центробежного насоса. Обточка (обрезка) рабочего колеса применяется для снижения напора одноступенчатого насоса. Обточка рабочего колеса насоса уменьшает его наружный диаметр по внешнему обводу, а ширина колеса остаётся неизменной. Приведены данные эксплуатации в течении двух лет насосного агрегата на действующей водоподъёмной станции.

Ключевые слова: обточка рабочего колеса, насосный агрегат, напор насоса, число оборотов.

I.Y. Purusova, K.I. Chizhik

REGULATION OF THE PUMPING UNIT OPERATION MODE BY TURNING THE IMPELLER

The article discusses the most common method of regulating the operating mode of a centrifugal pump. Turning (trimming) of the impeller is used to reduce the pressure of a single-stage pump. Turning the pump impeller reduces its outer diameter along the outer rim, while the wheel width remains unchanged. The data on the operation of a pumping unit at an operating water lifting station for two years are given.

Keywords: impeller turning, pumping unit, pump head, number of revolutions.

Для обеспечения требуемых параметров функционирования насосных станций систем водоснабжения и водоотведения – используют регулирование режима работы насосного агрегата [1-4]. Центробежный насосный агрегат на действующей водоподъёмной станции, показан на рисунке 1.



Рис. 1. Центробежный насосный агрегат на водоподъёмной станции

Напор насоса на действующей насосной станции является приращение энергии каждого кубометра перекачиваемой жидкости между входным и напорным патрубком. Рабочее колесо может создавать радиальный, диагональный или осевой поток, образованный лопастями рабочего колеса при его вращении.

Наиболее распространённым способом регулирования режима работы центробежного насоса, работающего с постоянной частотой вращения, является обточка рабочего колеса. Обточка (обрезка) рабочего колеса применяется для снижения напора одноступенчатого насоса. При этом изменяется напорная характеристика насосного агрегата, а характеристика сети остаётся неизменной.

На действующих насосных станциях систем водоснабжения и водоотведения обточку рабочих колес применяют для центробежных насосов в связи с требуемыми условиями эксплуатации [5-8]. Обточка рабочего колеса уменьшает его наружный диаметр по внешнему обводу, а ширина колеса остаётся неизменной, рисунок 2, при этом становится больше расстояние между рабочим колесом и спиральным отводом.

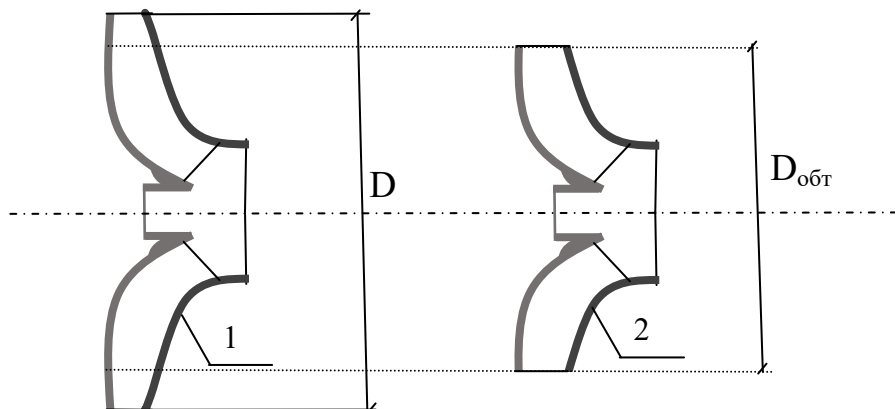


Рис. 2. Меридиальное сечение рабочего колеса центробежного насоса:

1 – рабочее колесо эксплуатируемого насоса; 2 – рабочее колесо после обрезки лопатки;
 D – наружный диаметр рабочего колеса; $D_{обт}$ – наружный диаметр после обрезки лопатки рабочего колеса

Увеличение зазора приводит к выравниванию потока жидкости за рабочим колесом насоса. Это ведёт к снижению силового взаимодействия потока с элементами рабочего колеса. При уменьшении наружного диаметра рабочего колеса понижается окружная скорость насоса. В итоге после обточки рабочего колеса напор насоса снижается. Обточка рабочего колеса насоса приближает напор насоса к требуемым параметрам действующей насосной станции и уменьшает потребляемую мощность, рисунок 3.



Рис. 3. Рабочее колесо центробежного насоса после обрезки лопатки

Напор насоса с обточенным рабочим колесом можно определить по уравнениям закона подобия центробежных насосов при условии, что частота вращения и ширина рабочего колеса постоянны, равенство

$$\frac{H}{H_{обт}} = \left(\frac{D}{D_{обт}} \right)^2,$$

где $H_{обт}$ – напор насоса с обточенным рабочим колесом;
 H – номинальный напор насоса, соответствующий диаметру рабочего колеса D ;
 $D_{обт}$ – диаметр обточенного рабочего колеса;
 D – номинальный диаметр рабочего колеса насоса.

Из уравнения подобия определяем

$$H_{обт} = H \times \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^2$$

Номинальный режим работы насоса находится в пределах Q - H характеристики насоса и обеспечивает заданные технологические параметры эксплуатации.

Изменение КПД насоса с обточенным рабочим колесом рассчитывается по формуле Муди

$$\eta_{обт} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D_{обт}}{D} \right)^4,$$

где η – КПД насоса с обточенным рабочим колесом;
 $\eta_{обт}$ – номинальный КПД насоса.

Эксплуатация действующих насосных станций показала, что при обточке рабочего колеса КПД насоса уменьшается в зависимости от удельного числа оборотов [5], определяемых по формуле

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H_{обт}^{3/4}}, \text{ 1/мин,}$$

где n – число оборотов насоса, об/мин;
 Q – номинальная подача насоса, м³/с.

При обточке диаметра рабочего колеса насоса снижении КПД агрегата должно быть не более 20%. Незначительные конструктивные изменения рабочего колеса, позволяют эксплуатировать насосный агрегат в определенных условиях действующей насосной станции. Ряд фирм-изготовителей производят центробежные насосы с уменьшенным на 10 мм диаметром с рабочего колеса от паспортного значения. Это обеспечивает снижение напора насоса, при этом параметры подачи не изменяются.

В таблице приведены данные эксплуатации в течении двух лет насосного агрегата марки 1К 80-50-200 производитель АО «ГМС Ливгидромаш», на действующей водоподъемной станции.

Таблица

Параметры насосного агрегата 1К 80-50-200 до и после изменения диаметра рабочего колеса

Насосный агрегат 1К 80-50-200	Диаметр рабочего колеса, мм	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Снижение напора, %
Паспортные данные	200	50	50	-
После обточки рабочего колеса	180	50	44	10
	140	49	32	30

Выводы

Обточка рабочего колеса приближает напор насоса к требуемому режиму работы насосной станции, а также уменьшает потребляемую агрегатом мощность. Подрезка лопастей равноценна уменьшению углов установки лопастей на входе и выходе для получения необходимого напора насоса.

На действующих насосных станциях систем водоснабжения и водоотведения обточка рабочего колеса является наиболее доступным и экономичным способом изменения рабочих характеристик насоса до требуемых эксплуатационных параметров.

Библиографический список

1. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуховодных установках. Москва: Энергопромиздат. 2006. 360 с.
2. Пурусова И. Ю. Причины снижения производительности скважинных насосов в системах водного хозяйства / И. Ю. Пурусова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 4(31). – С. 51-58.
3. Пурусова И. Ю. Фактическая производительность погружных насосов // Энергосбережение и водоподготовка. 2019. № 4 (120). С. 26-28.
4. Николенко И. В. Анализ энергетической эффективности силовых агрегатов насосных станций систем водоснабжения и водоотведения по удельным показателям / Николенко И.В. // Строительство и техногенная безопасность. – 2020. – № 18 (70). – С. 143-148.
5. Ломакин Д. А. Корректировка характеристик центробежных насосов за счёт подрезки рабочего колеса / Д. А. Ломакин, В. В. Коротков // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 4-3. – С. 51-55.
6. Пурусова И. Ю. Эксплуатация действующих насосных станций / И. Ю. Пурусова // Учебно-методическое пособие. Электронный ресурс. – Воронеж. - 2023. - С.68.

7. Purusova I. Simulation of water supply control on water intakes facilities from underground sources / I. Purusova, K. Chizhik, M. Tolstoy, E. Popova // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 141. – P. 03018.

8. Фисенко В.Н. О показателях экологической ответственности бизнеса в промышленных и коммунальных системах с насосами в низкоуглеродной экономике // В сборнике: Яковлевские чтения. Сборник докладов XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Москва. 2021. С. 237-244.

References

1. Leznov B.S. Energy saving and adjustable electric drive in pumping and blower installations. Moscow: Energopromizdat. 2006. 360 p.

2. Purusova I. Y. Reasons for the decrease in productivity of borehole pumps in water management systems / I. Y. Purusova // Housing and communal infrastructure. – 2024. – № 4(31). – Pp. 51-58.

3. Purusova I. Y. Actual performance of submersible pumps // Energy saving and water treatment. 2019. No. 4 (120). pp. 26-28.

4. Nikolenko I. V. Analysis of the energy efficiency of power units of pumping stations of water supply and sanitation systems by specific indicators / Nikolenko I.V. // Construction and technogenic safety. – 2020. – № 18 (70). – Pp. 143-148.

5. Lomakin D. A. Correction of the characteristics of centrifugal pumps by trimming the impeller / D. A. Lomakin, V. V. Korotkov // Actual problems of the humanities and natural sciences. – 2017. – № 4-3. – pp. 51-55.

6. Purusova I. Y. Operation of existing pumping stations / I. Y. Purusova // Educational and methodical manual. Electronic resource. – Voronezh. - 2023. - p.68.

7. Purusova I. Simulation of water supply control on water intakes facilities from underground sources / I. Purusova, K. Chizhik, M. Tolstoy, E. Popova // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 141. – P. 03018.

8. Fisenko V.N. On indicators of environmental responsibility of business in industrial and communal systems with pumps in a low-carbon economy // In the collection: Yakovlev readings. Collection of reports of the XVI International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovlev. Moscow. 2021. pp. 237-244.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

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 3 курса Дорожно-транспортного
факультета*

Д.Р. Бахметьев

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

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Студент 3 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

*Third 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

*Third 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 НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье представлен анализ практического применения нейронных сетей при трассировки автомобильных дорог.

Ключевые слова: нейронные сети, проектирование дорог, трассировка, RoadTracer, сверточные нейронные сети(CNN), рекуррентные сети (RNN), глубокие нейронные сети (DNN).

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

THE USE OF NEURAL NETWORKS IN THE DESIGN OF HIGHWAYS

The article presents an analysis of the practical application of neural networks in highway tracing.

Keywords: neural networks, road design, tracing, RoadTracer, convolutional neural networks (CNN), recurrent networks (RNN), deep neural networks (DNN).

Проектирование автомобильных дорог представляет собой сложный многофакторный процесс, требующий учета множества параметров. Традиционные методы расчета, хотя и доказали свою эффективность, обладают определенными ограничениями в условиях растущей сложности современных транспортных систем.

Нейронные сети, как один из ключевых инструментов искусственного интеллекта, демонстрируют значительный потенциал в решении сложных инженерных задач.

Архитектура современных нейросетевых решений включает несколько типов сетей, каждый из которых выполняет специфические функции:

- сверточные нейронные сети (CNN) эффективно обрабатывают пространственные данные, что особенно важно при анализе топографии местности и планировании трассы;
- рекуррентные сети (RNN) позволяют работать с временными рядами, что необходимо для прогнозирования транспортных потоков и износа дорожного покрытия;
- глубокие нейронные сети (DNN) обеспечивают комплексное моделирование всех аспектов проектирования.

Одним из ключевых направлений применения нейронных сетей является автоматизация процесса трассировки. Современные алгоритмы способны:

- анализировать большие массивы геодезических данных;
- учитывать экологические ограничения и природоохранные зоны;
- прогнозировать экономические показатели проекта;
- оптимизировать затраты на строительство.

Особого внимания заслуживает разработанная MIT нейросеть RoadTracer, которая представляет собой инновационное решение для автоматической трассировки автомобильных дорог.

Данная нейросеть использует комбинацию свёрточных и рекуррентных слоёв, что позволяет эффективно обрабатывать как пространственные данные, так и последовательности точек маршрута. Система анализирует пространство вокруг участка дороги, обозначенного на карте, с которого начинается маршрут, и, определив, где вероятнее всего будет пролегать следующая часть дороги, прокладывает возможные пути от этого места до пункта назначения. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет создана дорожная сеть.

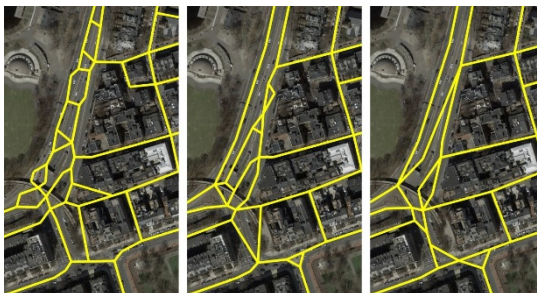


Рис. Автоматическая трассировка автомобильных дорог нейросетью RoadTracer

Подводя итог, можно говорить о том, что применение нейронных сетей для автоматизации процесса трассировки автомобильных дорог демонстрирует значительный потенциал для повышения эффективности проектирования. Внедрение нейросетевых технологий позволяет существенно оптимизировать процесс трассировки, учитывая множество факторов и обеспечивая высокое качество проектных решений.

Библиографический список

1. [Нормативный документ] - ГОСТ Р 59611-2021 «Дороги автомобильные общего пользования...».
2. [Электронный ресурс] - <https://roadmaps.csail.mit.edu/>.

References

1. [Regulatory document] - GOST R 59611-2021 «Public roads...».
2. [Electronic resource] - [https://roadmaps.csail.mit.edu /](https://roadmaps.csail.mit.edu/).

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 3 курса Дорожно-транспортного
факультета*

Д.Р. Бахметьев

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

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Студент 3 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

*Third 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

*Third 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

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РОССИИ

В статье представлен анализ практического применения интеллектуальных транспортных систем в различных государствах мира, включая материал по реализации подобных проектов в России.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, технологии Vehicle-to-everything (V2X), система Sitraffic Fusion, система ГЛОНАСС.

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

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS ON HIGHWAYS: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR RUSSIA

The article presents an analysis of the practical application of intelligent transport systems in various countries of the world, including material on the implementation of similar projects in Russia.

Keywords: intelligent transportation systems, Vehicle-to-everything (V2X) technologies, the Sitraffic Fusion system, the GLONASS system.

В современных условиях стремительной урбанизации и роста транспортных потоков особую актуальность приобретает внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) как ключевого элемента «умных» городов. Глобальный рынок таких решений демонстрирует впечатляющие темпы роста: если в 2022 году его объем превысил 0,5 трлн долларов, то в ближайшие пять лет ожидается достижение отметки в 1 трлн долларов.

Одним из наиболее успешных примеров внедрения ИТС является Сеул, где благодаря интеллектуальным системам удалось увеличить долю пассажиров общественного транспорта с 20% до 70%. Город активно развивает инфраструктуру 5G и технологии Vehicle-to-everything (V2X), создавая экосистему взаимосвязанного транспорта. Такая система позволяет транспортным средствам в реальном времени обмениваться данными с другими автомобилями дорожной инфраструктурой.

Схема устройства технологии V2X представлена на рисунке 1.

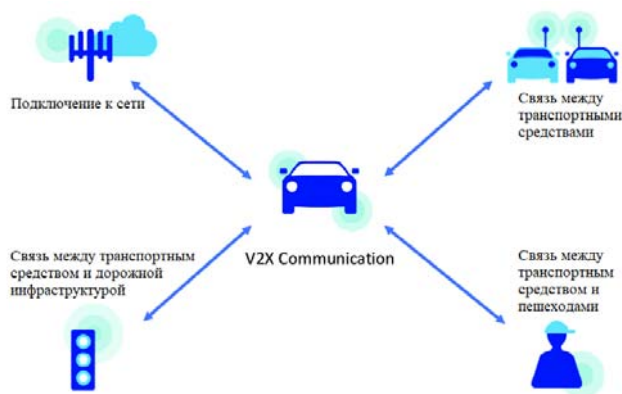


Рис. 1. Схема устройства технологии V2X

В России первые попытки создания ИТС были предприняты в начале 2000-х годов, но масштабное внедрение началось ближе к 2020-м. В рамках национального проекта «Безопасные и качественные дороги» системы внедряются в различных городах. Например, в Тульской и Орловской областях реализованы проекты по модернизации светофоров с установкой детекторов транспорта и новых контроллеров.

ИТС в России – это инновационные решения, направленные на повышение эффективности и безопасности транспортных потоков, снижение экологической нагрузки и улучшение качества обслуживания пассажиров и грузов.

Современные российские ИТС включают:

- автоматизированное управление светофорами;
- системы раннего выявления ДТП;
- метеостанции для мониторинга состояния дорожного покрытия;
- информационные табло на остановках;
- камеры видеонаблюдения;
- кнопки экстренного вызова.

Схема устройства ИТС в России представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Схема устройства ИТС в России

Развитие интеллектуальных транспортных систем является ключевым фактором повышения эффективности транспортной инфраструктуры и безопасности дорожного движения. Российский опыт внедрения ИТС демонстрирует значительный потенциал для масштабирования успешных практик и интеграции передовых технологий. При этом важно учитывать международный опыт и адаптировать лучшие решения под специфику российских городов.

Подводя итог, можно говорить о том, что успешная реализация проектов в области ИТС требует комплексного подхода, включающего развитие инфраструктуры, подготовку кадров и формирование нормативно-правовой базы. При правильном подходе внедрение интеллектуальных транспортных систем может стать катализатором развития современных «умных» городов в России и существенно повысить качество жизни горожан.

Библиографический список

[Нормативный документ]- ГОСТ Р 56294-2014 «Интеллектуальные транспортные системы». Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: доклад Минтранса РФ. М., 2023.

References

[Normative document] - GOST R 56294-2014 "Intelligent transport systems". Development of intelligent transport systems in Russia: report of the Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, 2023.

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 3 курса Дорожно-транспортного
факультета
Д.Р. Бахметьев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 420-06-64
e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru
Студент 3 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
Third 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
Third 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

РОБОТЫ ДЛЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ: РЕВОЛЮЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье представлена история создания роботов для кирпичной кладки, технические характеристики, принцип работы, а также преимущества использования и перспективы развития.

Ключевые слова: роботы-каменщики, автоматизация строительства, оптимизация кладки, стабилизация работы, пилотные проекты.

О.А. Volokitina, D.R. Bakhmetev, V.A. Gelunov

ROBOTS FOR BRICKLAYING: A REVOLUTION IN CONSTRUCTION

The article presents the history of the creation of robots for bricklaying, technical characteristics, the principle of operation, as well as the advantages of use and development prospects.

Keywords: robot bricklayers, construction automation, masonry optimization, work stabilization, pilot projects.

В последние годы строительная индустрия активно внедряет роботизированные решения, и одним из самых впечатляющих достижений стала разработка роботов-каменщиков. Эти инновационные машины способны значительно повысить эффективность и качество кирпичной кладки.

Разработка роботов для кирпичной кладки началась в США около 10 лет назад. Компания Construction Robotics потратила около 900 тысяч долларов и шесть лет на создание первого прототипа полуавтоматического робота-каменщика SAM 100. В 2013 году был представлен первый работающий образец, а в 2014 году робот дебютировал на выставке World of Concrete, вызвав большой интерес специалистов отрасли.

Современные роботы-каменщики способны укладывать до 350 кирпичей в час, что значительно превышает производительность человека. Основные компоненты системы включают:

- конвейер для подачи кирпичей;
- бункер для цементного раствора;
- роботизированную руку для укладки;
- лазерную систему позиционирования;
- программное обеспечение для проектирования.

Схема устройства робота-каменщика представлена на рисунке 1.

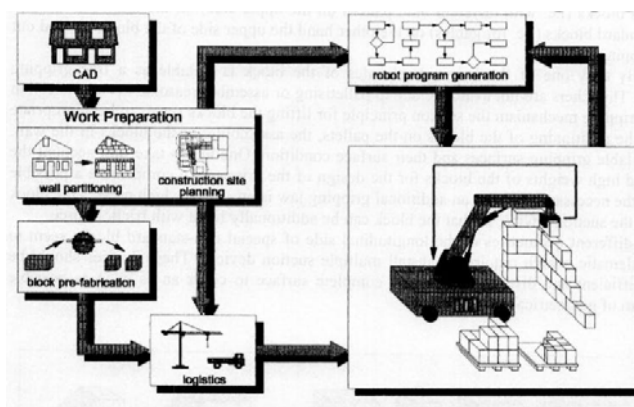


Рис. 1. Схема устройства робота-каменщика

Процесс работы робота достаточно прост:

- 1.Кирпичи подаются на конвейер;
 - 2.Раствор заливается в специальный бункер;
 - 3.Роботизированная рука захватывает кирпич;
 - 4.Наносится необходимое количество раствора;
 - 5.С помощью лазера и программного обеспечения кирпич устанавливается в точное место.
- Полуавтоматический робот-каменщик SAM 100 представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Полуавтоматический робот-каменщик SAM 100

Для работы с роботом требуется всего один оператор, который выполняет следующие функции:

- подача кирпичей на конвейер;
- замешивание и подача раствора;
- контроль качества кладки;
- удаление излишков раствора.

В настоящее время роботы-каменщики уже активно используются в США, и ведутся переговоры о поставках в другие страны.

Подводя итог, можно говорить о том, что роботы для кирпичной кладки представляют собой важное технологическое достижение в строительной отрасли. Они не только повышают эффективность строительных работ, но и открывают новые возможности для реализации сложных архитектурных проектов. По мере совершенствования технологий и снижения стоимости оборудования, роботизированные системы кладки станут неотъемлемой частью современного строительства.

Библиографический список

Таджиев Н. Р. Автоматизация работ по устройству каменной кладки // Инженерные исследования. 2023. № 1 (11). С. 38–45. EDN: TWMVKR. Столярова Т. А., Ломиногин А. С., Туковская Л. А., Коротаев В. С. Зарубежный опыт разработок роботов для применения в строительстве // Строительство и недвижимость.

References

Tajiev N. R. Automation of masonry construction // Engineering research. 2023. No. 1 (11). pp. 38-45. EDN: TWMVKR. Stolyarova T. A., Lominogin A. S., Tukovskaya L. A., Korotaev V. S. Foreign experience in developing robots for use in construction // Construction and Real Estate.

*Воронежский государственный
технический университет
аспирант, кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог
А.В. Жабцев
e-mail: zhabtsev@mail.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строи-
тельства и эксплуатации автомобильных
дорог А.С. Строкин
Россия, г. Воронеж,
e-mail: alextech23@gmail.com
Канд. тех. наук, доцент кафедры
строительства и эксплуатации
автомобильных дорог Ф.В. Матвиенко
Россия, г. Воронеж,
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
аспирант, кафедры строительства
и экс-плуатации автомобильных дорог
Г.А. Сапиго
e-mail: 89204185333@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
A.V. Zhabtsev
e-mail: zhabtsev@mail.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the
Department of Automobile Road Construction
and Operation A.S. Strokin
Russia, Voronezh,
e-mail: alextech23@gmail.com
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the
Department of Automobile Road Construction
and Operation F.V. Matvienko
Russia, Voronezh,
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
Ph.D student of Pulpit construction
and usages of the car roads
G.A. Sapigo
e-mail: 89204185333@mail.ru
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89*

А.В. Жабцев, А.С. Строкин, Ф.В. Матвиенко, Г.А. Сапиго

ПРИНЦИП РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ КОЛИЕОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ НА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТАХ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ

Повышения долговечности асфальтобетонного покрытия на автодорож-
ных мостах является одной из важнейших задач. Отличительной особенностью
асфальтобетонных покрытий является значительное изменение их характери-
стик в течение срока службы вследствие влияния климатических факторов,
процессов усталости и старения. Эта особенность асфальтобетона требует уг-
лубленного анализа его деформационного поведения при различных режимах
действия климатических условий и транспортных нагрузок.

Ключевые слова: битум, конструкции дорожной одежды, остаточные деформации, колея, колееобразование, пластического деформирования, транспортный поток.

A.V. Zhabtsev, A.S. Strokin, F.V. Matvienko, G.A. Sapigo

THE PRINCIPLE OF CALCULATING THE STABILITY OF THE RUTTING OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT ON ROAD BRIDGES WITH REINFORCED CONCRETE SLAB

Improving the durability of asphalt concrete pavement on road bridges is
one of the most important tasks. A distinctive feature of asphalt concrete pave-
ments is a significant change in their characteristics during their service life due to

the influence of climatic factors, fatigue and aging processes. This feature of asphalt concrete requires an in-depth analysis of its deformation behavior under various operating conditions of climatic conditions and transport loads.

Keywords: bitumen, road surface structures, residual deformations, track, track formation, plastic deformation, traffic flow.

Проблемы повышения долговечности асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах одной из важнейших задач считают сохранение ровности покрытия. Исследованиями состояния асфальтобетонного покрытия показывает, что образование колеи является опасной, глубины составляет до 30 % всех причин снижения транспортно-эксплуатационного качества автодорожных мостов и дорог. Поэтому предупреждение образования колеи является чрезвычайно важной задачей, которая предстает перед дорожниками. Расчетного срока службы никак не связывается с объемом разрушений, неизвестно, какая будет средняя глубина колеи. Предложен метод по прогнозированию остаточных пластических деформаций в асфальтобетоне, которые проявляются в виде колеи на покрытии автодорожных мостов от действия колес транспортных средств и температуры. Исследования образования колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах обусловлены совместным воздействием основных факторов:

- накопление остаточных (пластических) деформаций в асфальтобетоне под действием вертикального давления колеса, в первую очередь, грузовых транспортных средств при высоких летних температурах. Этот фактор действует в основном на правых полосах проезжей части моста, где в основном движется тяжелых транспортных средств. Особенно значительное влияние этого фактора в южной регионах, где существенно действует долговременная высокая летняя температура. Температура покрытия в полосе наката повышается за счет трения колеса транспортного средства с увеличением интенсивности движения.

- истирания асфальтобетона при проскальзывании деформированной шины в плоскости ее контакта с покрытием. Правомерно говорить не об износе, а преимущественно о истирание асфальтобетона не шипованными резиновыми шинами транспортных средств всех типов. Этот фактор действует постоянно, на всех полосах движения и в разных климатических условиях. Интенсивность истирания асфальтобетона зависит не только от его состава, а также от температуры.

- износ асфальтобетона шипованными шинами в зимних условиях, истирание асфальтобетона шипами при проскальзывании деформированной шины. Этот фактор действует преимущественно на левых полосах проезжей части, где преобладает движение легковых транспортных средств, которые имеют шипованные колеса. Интенсивность износа асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах металлическими шипами зависит не только от его состава, а также от температуры.

- образование интенсивной колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах также происходит из-за недостаточного сцепления между слоями асфальтобетона.

Идея метода является оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию пути на стадии проектирования и во время его эксплуатации с учетом особенностей конструкции дорожной одежды, обуславливающих напряженно-деформированное состояние покрытия за счет взаимосвязи покрытия с жесткой основой автодорожного моста и зависят от термореологических свойств асфальтобетона и параметров воздействия транспортного и климатического факторов.

Метод является теоретическим, в основах колеобразование в асфальтобетонных покрытиях на автодорожных мостах. Оценка колеиности заключается в аналитическом прогнозировании образования колеиности во времени на основе математической модели, параметры

которой устанавливаются экспериментально и корректируются на основе измерения параметров колеечности в процессе эксплуатации.

В основе теории колееобразования используется уравнение состояния, связывающее геометрические размеры пятна контакта распределения давления, реакцию пневматики и основы в упругих материалах.

Теоретический анализ развития процессов пластического деформирования тел с вязкой реологией показал свою полезность для разработки соответствующей теории для асфальтобетона, а переход от модели упругости к модели вязко-упругости осуществляется через установку соответствующей функции релаксации. Необратимые деформации учитываются при замещении модулей упругости показателями, описывающими пластическую реакцию среды. Для учета температурного воздействия на вязко-упругие характеристики материалов выполняется адаптация функции релаксации т.к. температурно-зависимой функцией релаксации на принципах температурно-временной аналогии. Все указанные моменты позволяют реализовать аналитическую модель относительно прогноза глубины пути в заданных режимах эксплуатации асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах, температурных полей, характеристик состава и интенсивности транспортного потока. Температурно-временные условия деформирования асфальтобетонного покрытия определяют климатом региона и характером интенсивности движения транспортных средств. Интенсивность воздействия транспортных средств на асфальтобетонное покрытие мостов характеризуется приведенной интенсивностью действия подвижной нагрузки или суммарным расчетным числом приведенной расчетной нагрузки (автомобилей за сутки), что ожидается на полосе наката, за срок службы покрытия. Нарушение поперечной ровности асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах в виде образования колеи приводит к опасным условиям для движения транспортных средств, а именно:

- повышается риск потери управления транспортным средством при выезде из колеи или въезде в колею во время выполнения маневра.

- в случае отсутствия угла наклона вдоль или поперек асфальтобетонного покрытия на мосту приводит к застаиванию воды в колее, что может привести к аквапланированию колеса транспортного средства и как следствие к потере управления транспортным средством. Помимо снижения безопасности движения, застой воды в колее приводит к более интенсивному развитию разрушений.

- в зимний период ухудшается эффективное удаление из колеи снежно-ледового отложения, увеличивающего зимнюю скользкость в полосе наката, а также ухудшается безопасность движения.

В связи с опасной глубиной пути установлены ограничения для асфальтобетонного покрытия по параметру допустимой глубины колеи.

Асфальтобетонное покрытие на автодорожных мостах с глубиной колеи более предельно допустимых значений относится к опасным для движения транспортных средств и требует немедленного проведения ремонтных работ по устранению пути. Поэтому в качестве предельного состояния асфальтобетонного покрытия принята предельно допустимая глубина колеи. Это означает, что образованная по расчетный срок службы максимальная глубина колеи в асфальтобетонном покрытии не должна превышать предельного значения.

Проектирование дорожной одежды на мостах представляет собой единый процесс конструирования и расчета асфальтобетонного покрытия на колеестойкость, долговечность с технико-экономическим обоснованием вариантов с целью выбора наиболее экономичного при данных условиях.

Расчет асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах осуществляется по группам нагрузки на одну наиболее загруженную ось дорожно-транспортного средства в соответствии с учетом технической категории автомобильной дороги.

Расчет асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах содержит в себе: обоснование гидроизоляционного материала; выбор асфальтобетона в зависимости от его гранулометрии и материала; определения количества слоев асфальтобетона, оценка необходимости назначения мероприятий по повышению колеестойкости конструкции покрытия.

При конструировании асфальтобетонного покрытия необходимо руководствоваться следующими принципами:

- конструкцию дорожной одежды и вид асфальтобетонного покрытия назначают исходя из транспортно-эксплуатационных требований, интенсивности движения и состава транспортного потока, климатических условий района проектирования, требований безопасности и комфортности движения,

- асфальтобетонное покрытие на автодорожных мостах должно обеспечить колеестойкость и эксплуатационную надежность, экономичность; удовлетворять требованиям транспортно-эксплуатационного состояния покрытия автодорожных мостов автомобильной дороги соответствующей категории с ожидаемым в перспективе ростом и интенсивностью движения, с учетом изменения интенсивности в течение заданного срока службы и предполагаемых условий ремонта и содержания;

- конструкция покрытия, толщина и материалы слоев должны обеспечивать твердость, колеестойкость, ровность и шероховатость покрытия под воздействием нормативной расчетной нагрузки и природно-климатических факторов в течение расчетного срока службы;

- конструкция дорожной одежды на автодорожных мостах может быть принята типовой или разработана индивидуально.

Для оценки показателя устойчивости к накоплению остаточных деформаций асфальтобетона в качестве предельного состояния предложено, что накопленная за расчетный срок службы остаточная деформация как сумма площадей максимальной глубины колеи в покрытии не должна превышать предельного значения. Предлагается оценивать по теории вероятности процессы колееобразования в асфальтобетонном покрытии с целью установления предельных состояний деградации покрытие на автодорожных мостах.

Выводы

1. Предложены принципы расчета асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах;
2. Для расчета устойчивости асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах с железобетонной плитой проезжей части предложено условие предельного состояния, которая проверяется по суммарной остаточной деформацией в виде колеи, накопленной за расчетный срок службы асфальтобетонного покрытие.

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. Золотарев В. А. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы с добавками в дорожном строительстве /В. А. Золотарев, В. И. Братчун.// Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги». – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 229 с.

9. Горельшев Н.В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы / Н.В. Горельшев. – 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. Gorelyshev N. V. asphalt Concrete and other bituminous materials / N. V. Gorelyshev. - M.: Mozhaisk-Terra, 1995. - 176 p.

9. Zolotarev V. A. Testing of road construction materials: laboratory practice / V. A. Zolotarev, V. I. Bratchun, A.V. Kosmin et al.; ed. By V. A. Zolotarev, A.V. Kosmin. - Kharkiv: khnadu, 2012. - 368 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.

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Студент 2 курса магистратуры
Дорожно-транспортного факультета,
В.А. Жук
Россия, г. Воронеж, тел. +7-958-649-84-96
e-mail: vasilii.zhuk.2001@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент
Н.Ю. Алимова
Россия, г. Воронеж, тел. +7-920-405-10-25
e-mail: natalimowa@ya.ru
Канд. техн. наук, доцент
О.В. Гладышева
Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-738-56-89
e-mail: ov-glad@ya.ru*

*Voronezh State
Technical University
Second year Master's student of the Faculty
of Road Transport,
V.A. Zhuk
Russia, Voronezh, tel. +7-958-649-84-96
e-mail: vasilii.zhuk.2001@mail.ru
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
N.Y. Alimova
Russia, Voronezh, tel. +7-920-405-10-25
e-mail: natalimowa@ya.ru
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
O.V. Gladysheva
Russia, Voronezh, tel. +7-910-738-56-89
e-mail: ov-glad@ya.ru*

В.А. Жук, Н.Ю. Алимова, О.В. Гладышева

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

В данной статье рассматриваются методы мониторинга современных технологий и состояния дорожного покрытия, являющиеся ключевыми факторами гарантированно обеспечиваемого комфорта и безопасности движущихся. Описаны основные методы мониторинга состояния дорожных покрытий применительно традиционные и инновационные методы, методы физического обследования и методики применения телематических технологий на базе дистанционного зондирования и анализе больших данных. Основное внимание уделено преимуществам и недостаткам данных методов, а также средствам, позволяющим интегрировать их в единую систему управления движением.

Ключевые слова: дорожное покрытие, мониторинг, диагностика, традиционные методы, большие данные, обследование дорог, безопасность дорожного движения, дистанционное зондирование.

V.A. Zhuk, N.Y. Alimova, O.V. Gladysheva

EFFECTIVE METHODS FOR MONITORING AND DIAGNOSING THE CONDITION OF THE ROAD SURFACE

This article discusses methods for monitoring modern technologies and the condition of the road surface, which are key factors in ensuring the comfort and safety of those moving. The main methods of monitoring the condition of road surfaces are described in relation to traditional and innovative methods, methods of physical examination and methods of applying telematics technologies based on remote sensing and big data analysis. The main focus is on the advantages and disadvantages of these methods, as well as the means to integrate them into a single motion control system.

Keywords: road surface, monitoring, diagnostics, traditional methods, big data, road survey, road safety, remote sensing.

Качество дорожного покрытия значительно влияет на безопасность дорожного движения, срок службы транспортных средств и уровень комфорта водителей и пассажиров. Участки с разрушенным покрытием, особенно в населенных пунктах могут спровоцировать заторы и дорожно-транспортные происшествия, поэтому постоянный контроль состояния покрытия и в целом дорожной одежды становится необходимостью как для городской, так и региональной властей. В данной статье анализируются эффективные методы мониторинга и диагностики, применяемые в современных условиях.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог важно проводить анализ технического состояния как покрытия, так и других компонентов дорожной конструкции и инфраструктуры. Для эффективного распределения финансовых ресурсов следует своевременно выявлять всевозможные деформации дорожного полотна и определять участки, требующие ремонта. [1].

Основной задачей данного исследования является разбор теоретических основ современных методов диагностики автодорог, изучение главенствующих технологий в данной области и оценка возможностей их применения для повышения безопасности дорожного движения.

Диагностика представляет собой науку, занимающуюся оценкой технических, эксплуатационных и коммуникативных характеристик автодорог. Она направлена на выявление причин возникновения проектных, строительных и эксплуатационных дефектов, а также обоснование мер по поддержанию дорожных сооружений в надлежащем состоянии или определение экономически оправданных методов восстановления и ремонта. Следует обратить внимание на ряд теоретических концепций, которые формируют основу современной диагностики и имеют значение при исследовании этой темы [2]:

- Теория прочности: расчетом нормальных деформаций, нормальных и касательных напряжений, энергии изменения форм и др.
- Теория надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, срок службы дороги.
- Измерения и оценка погрешностей: прямое, косвенное, совокупное, совместное, однократное, многократное, статическое, динамическое и др.

Цель диагностики и оценки состояния автомобильных дорог состоит в получении полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог, условиях их функционирования и степени соответствия фактических потребительских свойств, параметров и характеристик требованиям движения.

Регулярный мониторинг – основа управления состоянием дорожной сети для действенного распределения средств и материальных ресурсов, предназначенных для реконструкции, ремонта и содержания автодорог.

Обследование и оценка состояния автомобильных дорог и инженерных сооружений проводятся регулярно с определенной периодичностью на протяжении всего периода их эксплуатации [3].

Некоторые традиционные методы мониторинга состояния дорожного покрытия автомобильных дорог включают в себя:

- Использование дорожной рейки. Инструмент представляет собой двух или зачастую трехметровую рейку с размеченной шкалой и оснащен прибором для измерения уклона. Дорожная рейка устанавливается на поверхность дорожного покрытия, в тех местах, которые будут обследоваться. Обычно рейку укладывают на ровной и горизонтальной поверхности. Используя рейку, фиксируются направления и глубина неровностей. Это позволяет определить степень отклонения от нормативных параметров.
- Визуальный мониторинг. Этот метод включает в себя визуальную оценку состояния дорожного покрытия. Специалисты осматривают дороги для выявления трещин, ям,

деформаций и других повреждений. Используются специальные контрольные таблицы и бланки, что позволяет систематизировать информацию.

- Использование толчкомеров. Толчкомеры устанавливаются на определенных участках дороги, где возможно наличие неровностей или дефектов на уровне покрытия. Толчкомеры проводят замеры вибрации и колебаний дороги, что позволяет получать данные о колесной нагрузке и реакции покрытия на движения автомобилей. Устройство автоматически фиксирует изменения, которые потом можно использовать для анализа состояния дорожного покрытия.

- Применение многоколесной диагностической станции. Многоколесные диагностические станции используются для комплексной диагностики состояния дорожного покрытия. Они оснащены набором датчиков и измерительных систем, позволяющих оценивать различные параметры дорожного полотна в динамическом режиме, то есть во время движения. Основные параметры, которые измеряются такими станциями: ровность покрытия, коэффициент сцепления, прочность покрытия, видеофиксация, а также геометрические параметры.

С развитием новых компьютерных технологий и автоматизаций различных процессов также происходит развитие в мониторинге и диагностике покрытия автомобильных дорог. Появляются так называемые инновационные методы мониторинга, которые позволяют сделать процесс более эффективным:

- Дистанционное зондирование. Использование спутниковых и авиационных технологий для получения данных о состоянии дорог с высоты. Данные могут обрабатываться с использованием специализированных программ, что позволяет быстро выявлять проблемы. К тому же происходит внедрение дронов для контроля качества трасс, предоставляющее множество преимуществ. С их помощью можно быстро и точно выявить трещины, выбоины и прочие повреждения дорожного покрытия. Дроны оснащены камерами, выполняющими съемку в высоком разрешении, и тепловизорами. Работа с высоты в разы быстрее наземного обследования. Аэросъемка позволяет получать подробные изображения территории, что упрощает анализ состояния дороги. Эти изображения могут быть обработаны с помощью программного обеспечения для анализа данных и создания карт состояния покрытия.

- Системы на основе IoT. Внедрение датчиков, размещённых на дорогах и транспортных средствах, позволяет в реальном времени собирать данные о состоянии дорожного покрытия (напряжение, деформация и температура). Эти системы могут интегрироваться с другими электронными системами управления traffic-менеджмента. Одно из самых эффективных решений – это весовые датчики, встроенные в асфальт. Данные устройства позволяют фиксировать вес проезжающих транспортных средств и проводят анализ характерных нагрузок, что очень важно для оценки состояния материалов дорожной одежды.

- Анализ больших данных и присутствие искусственного интеллекта в диагностике дорог. Внедрение ИИ значительно повышает точность оценки состояния дорожного покрытия. Одно из главных преимуществ – это способность безошибочно и бесперебойно работать с большим объемом данных. Обученная модель при достаточном количестве исходных данных, собранных с сенсоров, видеокамер и дронов, способна в кратчайшие сроки провести глубокий анализ и выдать результаты по состоянию автомобильной дороги. Применение алгоритмов глубокого обучения для обработки изображений позволяет составить автоматическую классификацию повреждений, что существенно сократит время на визуальную инспекцию. Также постоянное обучение и обновление моделей с ИИ повысит их адаптивность к новым условиям, что плодотворно скажется на оптимизации и планировании ремонта и правильном содержании различных автомобильных покрытий.

Еще хотелось бы рассказать о методах неразрушающего контроля для выявления дефектов. Для выявления дефектов в асфальтобетонных и бетонных покрытиях применяются такие виды контроля, как [4]:

- Ультразвуковой контроль, используемый для определения толщины слоя и выявления внутренних трещин. Получил широкое применение в сочетании с современными датчиками.
- Радиографический контроль, позволяющий провести визуализацию внутренней структуры материала с помощью рентгеновских или гамма-лучей. Эффективен для обнаружения трещин и пустот.
- Электромагнитный контроль – это метод, включающий использование разного рода электромагнитных полей для выявления дефектов (коррозия, трещины).
- Лазерная сканирующая технология. Используется для создания детализированных 3D-моделей покрытия, что помогает выявить неровности и просадки.

Вывод

Для обеспечения высокого качества дорожных покрытий необходим комплексный подход к их мониторингу, который должен включать как традиционные, так и современные методы. Интеграция различных технологий позволит повысить эффективность управления дорожным движением и снизить затраты на содержание инфраструктуры. Если провести краткое сравнение традиционных и современных методов, то можно сделать следующий вывод:

- Традиционные методы являются более доступными, но требуют больших затрат времени и труда. Они не всегда могут дать полное представление о состоянии покрытия.
- Инновационные методы обеспечивают широкий спектр данных и возможность реального времени, но могут требовать значительных первоначальных инвестиций в оборудование и программное обеспечение.

Библиографический список

1. Канищев А.Н. [и др.]. Диагностика автомобильных дорог: учебно-методическое пособие/ ФГБОУ ВО «ВГТУ». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 110 с.
2. Леонович И.И., Богданович С.В. Диагностика автомобильных дорог: учебно-методическое пособие. - Минск: БНТУ, 2012. — 226 с.
3. ОДН 218.0.0 06-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен. ВСН 6-90) / Росавтодор Минтранса России, – М.: Информавтодор, 2002. – 140 с.
4. [Электронный ресурс] - <https://adsk.kz/sovremennie-texnologii-dagnostiki-sostoyaniya-dorozhnogo-pokritiya/>

References

1. Kanishchev A.N. [and others]. Diagnostics of motor roads: an educational and methodical manual/ FSBEI VS «VSTU». – Voronezh: Publishing House VSTU, 2021. – 110 p.
2. Leonovich I.I., Bogdanovich S.V. Diagnostics of motor roads: an educational and methodical manual. – Minsk: BNTU, 2012. – 226 p.
3. IRR 218.0.0 06-2002 Rules for diagnostics and assessment of the condition of motor roads (instead of DBR 6-90)/ Rosavtdor of the Ministry of Transport of Russia – M.: Informavtdor, 2002. – 140 p.
4. [Electronic resource] - <https://adsk.kz/sovremennie-texnologii-dagnostiki-sostoyaniya-dorozhnogo-pokritiya/>

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Студент 2 курса магистратуры
Дорожно-транспортного факультета,
И.А. Зиборов
Россия, г. Воронеж,
тел. +7-909-221-40-29
e-mail: ivan.ziborov2001@yandex.ru
Канд. техн. наук, доцент
Н.Ю. Алимова
Россия, г. Воронеж,
e-mail: natalimowa@ya.ru*

*Voronezh State
Technical University
Second year Master's student of the Faculty
of Road Transport,
I.A. Ziborov
Russia, Voronezh,
tel. +7-909-221-40-29
e-mail: ivan.ziborov2001@yandex.ru
Cand. of Tech. Science, Associate prof.
N.Y. Alimova
Russia, Voronezh,
e-mail: natalimowa@ya.ru*

И.А. Зиборов, Н.Ю. Алимова

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ «УМНЫХ» ДОРОГ

В данной статье рассматривается концепция «умных» дорог как неотъемлемого компонента интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Анализируются ключевые технологии, лежащие в основе создания «умных» дорог, такие как датчики, системы связи, обработка больших данных и искусственный интеллект. Особое внимание уделяется перспективам внедрения «умных» дорог и их потенциальному влиянию на безопасность дорожного движения, эффективность транспортных потоков и экологическую обстановку.

Ключевые слова: «умные» дороги, интеллектуальные транспортные системы, ИТС, датчики, большие данные, искусственный интеллект, безопасность дорожного движения, автономные транспортные средства.

I.A. Ziborov, N.Y. Alimova

PROSPECTS FOR THE «SMART» ROADS DEVELOPMENT

This article examines the concept of «smart» roads as an integral component of Intelligent Transportation Systems (ITS). It analyzes the key technologies underlying the creation of «smart» roads, such as sensors, communication systems, big data processing, and artificial intelligence. Particular attention is paid to the prospects of implementing «smart» roads and their potential impact on road safety, traffic flow efficiency, and the environment.

Keywords: «smart» roads, Intelligent Transportation Systems, ITS, sensors, big data, artificial intelligence, road safety, autonomous vehicles.

Современный мир сталкивается с беспрецедентным ростом городов и, как следствие, увеличением количества транспортных средств на дорогах. Традиционные подходы к управлению дорожным движением, разработанные в эпоху меньшей интенсивности трафика,

оказываются все менее эффективными. Возникают заторы, увеличивается время в пути, растет количество дорожно-транспортных происшествий, ухудшается экологическая обстановка. Эти проблемы требуют принципиально новых решений, основанных на применении передовых информационных технологий.

Одним из наиболее перспективных направлений решения транспортных проблем является создание интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и их ключевого компонента – «умных» дорог [1, 2, 3].

Целью исследования является анализ концепции «умных» дорог, изучение ключевых технологий, лежащих в их основе, и оценка перспектив их внедрения для повышения безопасности и эффективности дорожного движения.

«Умные» дороги – это сложный технологический комплекс, представляющий собой дорожную инфраструктуру, оснащенную различными датчиками, системами связи и интеллектуальными системами управления. Датчики, встроенные в дорожное полотно или расположенные вдоль него (включая метеостанции, камеры видеонаблюдения, радары), собирают информацию о дорожных условиях, интенсивности и скорости движения, наличии препятствий, составе транспортного потока (легковые, грузовые автомобили, общественный транспорт) и других параметрах. Эти данные могут включать в себя:

- Данные о транспортном потоке: скорость, плотность, интервалы между транспортными средствами, классификация транспортных средств.
- Данные о состоянии дорожного покрытия: температура, наличие осадков (дождь, снег, гололед), коэффициент сцепления.
- Данные об окружающей среде: температура воздуха, влажность, видимость, и др.
- Данные о дорожно-транспортных происшествиях (ДТП): автоматическое обнаружение ДТП с помощью систем видеоаналитики и датчиков удара.
- Данные о парковках: наличие свободных мест, информация о тарифах.

Эта информация передается в реальном времени в центр управления ИТС по проводным или беспроводным каналам связи (например, 5G, LTE, Wi-Fi, специализированные протоколы для дорожной инфраструктуры). В центре управления данные обрабатываются с помощью алгоритмов искусственного интеллекта и систем поддержки принятия решений.

На основе анализа полученных данных система принимает решения по оптимизации дорожного движения:

- Адаптивное управление светофорами: изменение длительности фаз светофоров в зависимости от текущей дорожной обстановки.
- Информирование водителей: предоставление информации о заторах, ДТП, альтернативных маршрутах через информационные табло, мобильные приложения, навигационные системы.
- Управление скоростными ограничениями: динамическое изменение скоростных ограничений в зависимости от погодных условий [4], интенсивности движения и других факторов.
- Приоритетный проезд для общественного транспорта и спецслужб: создание «зеленой волны» для автобусов, трамваев, машин скорой помощи и пожарных.
- Автоматическое взимание платы за проезд: использование систем безбарьерного проезда (free-flow) на платных дорогах.
- Управление парковками: информирование водителей о наличии свободных мест, автоматизация оплаты.

Одним из ключевых преимуществ «умных» дорог является повышение безопасности дорожного движения. Системы мониторинга дорожных условий позволяют своевременно выявлять опасные участки (например, обледенение, повреждение дорожного покрытия) и предупреждать водителей о потенциальных рисках. Интеграция с системами

автоматического управления транспортом (ADAS – Advanced Driver-Assistance Systems) и, в перспективе, с автономными транспортными средствами, позволяет снизить вероятность возникновения аварий, связанных с человеческим фактором (усталость, невнимательность, нарушение правил дорожного движения). Системы видеоаналитики могут автоматически распознавать ДТП и оперативно передавать информацию экстренным службам.

Еще одним важным преимуществом «умных» дорог является повышение эффективности использования транспортной инфраструктуры. Оптимизация дорожного движения позволяет снизить количество пробок и сократить время в пути, что способствует экономии топлива и снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Внедрение «умных» дорог связано с рядом вызовов:

- Высокая стоимость развертывания инфраструктуры: установка датчиков, систем связи, центров управления требует значительных инвестиций.

- Необходимость обеспечения кибербезопасности: «умные» дороги являются сложными киберфизическими системами, уязвимыми для хакерских атак. Необходимо применять надежные методы защиты данных и систем управления.

- Решение вопросов стандартизации: для обеспечения совместимости различных компонентов «умных» дорог необходима разработка и внедрение единых стандартов.

- Защита персональных данных: системы «умных» дорог собирают большое количество данных о перемещениях транспортных средств, что вызывает вопросы о конфиденциальности. Необходимо разработать механизмы защиты персональных данных и обеспечить прозрачность использования собранной информации.

- Необходимость модернизации существующей инфраструктуры: интеграция «умных» технологий в существующую дорожную инфраструктуру может быть сложной и затратной задачей.

- Правовое регулирование: необходима разработка правовых норм, регулирующих использование «умных» дорог и автономных транспортных средств.

Однако, потенциальные выгоды от внедрения «умных» дорог значительно превышают затраты на их создание. Развитие «умных» дорог способствует созданию более эффективной, безопасной и экологически чистой транспортной системы. Они являются ключевым элементом концепции «умного» города, где различные городские системы (транспорт, энергетика, коммунальные услуги) интегрированы и управляются с помощью информационных технологий. Внедрение «умных» дорог позволит повысить качество жизни в городах, снизить транспортную нагрузку на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие городской инфраструктуры.

Перспективы развития «умных» дорог связаны с:

- Интеграцией с автономными транспортными средствами: «умные» дороги создают необходимую инфраструктуру для безопасного и эффективного движения автономных автомобилей. Обмен данными между автомобилями и дорожной инфраструктурой позволит повысить безопасность и оптимизировать движение.

- Развитием технологий V2X (Vehicle-to-Everything): технологии V2X позволяют автомобилям обмениваться данными с другими автомобилями, инфраструктурой и пешеходами, что повышает безопасность и эффективность дорожного движения.

- Использованием «интернета вещей» (IoT): интеграция «умных» дорог с другими городскими системами (например, системами управления освещением, системами мониторинга загрязнения воздуха) позволит создать более эффективную и удобную городскую среду.

- Применение блокчейн технологий: блокчейн может быть использован для обеспечения безопасности и прозрачности данных в системах «умных» дорог, а также для автоматизации процессов оплаты за проезд и парковку [5].

Вывод

«Умные» дороги представляют собой не просто эволюционное развитие дорожной инфраструктуры, а качественный скачок, открывающий новые возможности для решения сложных транспортных проблем современности. Они являются ключевым элементом концепции «умного» города, интегрируя передовые технологии для создания более эффективной, безопасной и экологически чистой транспортной системы.

Несмотря на высокую стоимость развертывания и необходимость решения ряда технических и правовых вопросов, потенциальные выгоды от внедрения «умных» дорог значительно превышают затраты. Дальнейшее развитие «умных» дорог связано с тесной интеграцией различных технологий, которые позволят создать полноценную инфраструктуру для «умных» городов будущего, где транспортная система будет функционировать эффективно, безопасно и с минимальным воздействием на окружающую среду.

Библиографический список

1. Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. – М.: Издательство Перо, 2015. – 132 с.
2. Горев А.Э. Информационные технологии на транспорте: учебник для вузов / А. Э. Горев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2025. — 314 с.
3. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.
4. Самодурова Т.В., Гладышева О.В., Алимова Н.Ю., Бакланов Ю.В. Перспективы использования технологий информационного моделирования при решении задач зимнего содержания автомобильных дорог. – М.: Дороги и мосты. 2021. № 1 (45). – С. 101-116.
5. [Электронный ресурс] - <https://www.secuteck.ru/articles/informacionnaya-bezopasnost-v-sfere-intellektualnyh-transportnyh-sistem>.

References

1. Evstigneev, I.A. Intelligent Transportation Systems on Federal Highways of Russia. – М.: Pero Publishing House, 2015. – 132 p.
2. Gorev, A.E. Information Technologies in Transport: A Textbook for Universities. 3rd ed., revised and enlarged. – М.: Yurait Publishing House, 2025. – 314 p.
3. Zhankaziev, S.V. Intelligent Transportation Systems: Textbook. – М.: MADI, 2016. – 120 p.
4. Samodurova T.V., Gladysheva O.V., Alimova N.Y., Baklanov Y.V. Prospects of using information modeling technologies in solving problems of winter maintenance of highways. – М: Roads and Bridges. 2021. N. 1 (45). – pp. 101-116.
5. [Electronic resource] - <https://www.secuteck.ru/articles/informacionnaya-bezopasnost-v-sfere-intellektualnyh-transportnyh-sistem>.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. тех. наук, доцент кафедры
строительства и эксплуатации автомо-
бильных дорог Ф.В. Матвиенко
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (910) 732-43-03
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строи-
тельства и эксплуатации автомобильных
дорог А.С. Строкин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (915) 547-97-10
e-mail: alexmech23@gmail.com
Канд. техн. наук, старший преподаватель
кафедры строительства и эксплуатации
автомобильных дорог А.Е. Борисов
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (910) 245-86-66
e-mail: A.borisov1990@yandex.ru
Воронежский государственный лесотехни-
ческий университет имени Г.Ф. Морозова
Аспирант кафедры промышленного транс-
порта, строительства и геодезии
Н.И. Шамарин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (908) 135-87-76
e-mail: shnwr@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment of Automobile Road Construction and
Operation F.V. Matvienko
Russia, Voronezh, tel. +7 (910) 732-43-03
e-mail: fmatvienko@yandex.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment of Automobile Road Construction and
Operation A.S. Strokin
Russia, Voronezh, tel. +7 (915) 547-97-10
e-mail: alexmech23@gmail.com
Ph. D. in Engineering, Senior lecturer of the
Department of Automobile Road Construction
and Operation A.E. Borisov
Russia, Voronezh, tel. +7 (910) 245-86-66
e-mail: A.borisov1990@yandex.ru
Voronezh State Forestry Engineering Universi-
ty named after G.F. Morozov
PhD student of the Department of Industrial
Transportation, Construction and Geodesy
N.I. Shamarin
Russia, Voronezh, tel. +7 (908) 135-87-76
e-mail: shnwr@mail.ru*

Ф.В. Матвиенко, А.С. Строкин, А.Е. Борисов, Н.И. Шамарин

РАЗРАБОТКА КОЭФФИЦИЕНТА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С УКРЕПЛЕННЫМ ЦЕМЕНТОМ ОСНОВАНИЕМ

В статье рассмотрена проблематика оценки долговечности и надежности дорожных одежд. Для оценки повышения межремонтных сроков дорожных одежд разработан коэффициент относительной долговечности и уровни градации относительной долговечности.

Ключевые слова: долговечность и надежность дорожной одежды, укрепленное цементом основание, конструирование дорожных одежд, физико-механические свойства межремонтный срок.

F.V. Matvienko, A.S. Strokin, A.E. Borisov, N.I. Shamarin

DEVELOPMENT OF A RELATIVE DURABILITY COEFFICIENT TO EVALUATE THE IMPROVEMENT OF THE SERVICE LIFE OF A ROAD SURFACE WITH CEMENT-REINFORCED BASE

The article discusses the issues of assessing the durability and reliability of road clothes. To assess the increase in the inter-repair time of road clothes, the coefficient of relative durability and the levels of gradation of relative durability have been developed.

Keywords: durability and reliability of road clothing, cement-reinforced base, construction of road clothing, physical and mechanical properties, inter-repair period.

Исследование возможности повышения прочности, и как следствие надёжности и долговечности дорожных одежд с основаниями, укрепленными цементом требует разработки новых подходов в их конструировании и совершенствовании имеющегося практического опыта в строительстве [1, 2, 3].

Под надёжностью понимается способность дорожной одежды выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации. Под долговечностью понимается способность дорожной одежды сохранять прочностные физико-механические параметры и другие свойства, устанавливаемые при ее расчете и конструировании и обеспечивающие ее нормальную эксплуатацию на протяжении расчетного срока службы.

При расчете и конструировании дорожной одежды учитываются величина нагрузки, расчетная модель нагружения и различные коэффициенты, но из-за сложности прогнозирования и возможного изменения влияния характеристик транспортного и климатического воздействия на дорожную конструкцию до настоящего времени отсутствует достоверный метод расчета межремонтного срока службы дорожной одежды [6,7]. В связи с этим требуется разработка коэффициента позволяющего учитывать величину снижения или увеличения срока службы в зависимости от физико-механических характеристик дорожной одежды и заданных условий эксплуатации.

Коэффициент относительной долговечности, позволяет давать оценку возможности увеличения срока службы дорожной одежды в зависимости от подходов и методов к ее конструированию, назначению характеристик применяемых материалов, технологий строительства и условий эксплуатации.

Рассматривая понятие надёжности необходимо обратить внимание на то, что дорожные одежды должны быть сконструированы, устроены и эксплуатироваться таким образом, чтобы быть пригодными в течение расчетного срока службы, в том числе в экономическом отношении.

В частности, с требуемой степенью надёжности конструктивные элементы дорожной одежды должны удовлетворять следующим требованиям:

- безопасно функционировать в условиях всех ожидаемых климатических и транспортных воздействий;
- выдерживать одиночные или редко повторяющиеся сверхнормативные воздействия, такие как не нормативная транспортная нагрузка и погодные катаклизмы, без утраты несущей способности.

Меры, принимаемые для достижения необходимой степени надёжности, должны включать в себя:

- выбор оптимальной конструкции дорожной одежды для проектирования и расчета;
- соблюдение нормативных требований при устройстве дорожной одежды;
- надлежащее содержание дорожной конструкции.

Для обеспечения долговечности дорожной одежды при ее конструировании необходимо учитывать: условия эксплуатации по транспортному воздействию; влияние природно-климатических факторов; свойства применяемых материалов, а также защитные мероприятия от негативных воздействий окружающей среды, учитывающие возможность деградации их свойств.

Таким образом, долговечность – это необходимое условие для выполнения требований заданной надёжности. Долговечность дорожной одежды должна быть такой, чтобы она оставалась пригодной для эксплуатации в течение всего расчетного срока службы при соответствующем нормативном содержании. При этом долговечность дорожной одежды будет значительно зависеть от условий ее эксплуатации в реальных погодноклиматических условиях и транспортного воздействия.

Для обеспечения необходимой долговечности дорожной одежды должны быть учтены следующие взаимосвязанные факторы:

- интенсивность движения;
- дорожно-климатическая зона;
- состав, свойства и эксплуатационные характеристики материалов;
- учет в составе движения автомобилей со сверхнормативной нагрузкой;
- качество устройства дорожной одежды;
- применение защитных слоев износа;
- содержание и ремонт конструктивных слоев в течение срока службы.

На сегодняшний день при расчете срока службы дорожной одежды отсутствует метод включающий в себя возможные факторы, влияющие на надежность и долговечность, указанные выше.

Согласно нормативным требованиям СП 34.13330.2021 [7] дорожные одежды рассчитывают по трем условиям, обеспечивающим требуемый уровень надежности и долговечности конструкции:

- по прочности;
- морозоустойчивости;
- осушению.

При расчете дорожных одежд на прочность используют расчетные значения прочностных и деформационных характеристик материалов и грунта конструктивных слоев.

Для определения показателя, определяющего долговечность конструктивного слоя из укрепленного цементом грунта или материала предлагается введение коэффициента относительной долговечности – *Котн.долг.*

Коэффициент относительной долговечности равен произведению показателей коэффициентов, повышающих прочность, морозостойкость и водостойкость материала относительно базовых характеристик материала, с которым не проводились дополнительные инженерные изменения на этапах конструирования дорожной одежды, лабораторном подборе составов и технологических операций при строительстве, повышающих качество конструктивного слоя.

$$Котн.долг = Кд.проч. \cdot Кд.морз. \cdot Кд.водост.$$

где *Кд.проч.* – коэффициент, равный отношению прочности при изгибе (раскалывании) материала с улучшенными прочностными показателями к базовой нормируемой прочности при изгибе (раскалывании), полученной без проведения специальных инженерных мероприятий;

Кд.морз. – коэффициент, равный отношению характеристики улучшенной морозостойкости к показателю базовой нормируемой морозостойкости, полученной без проведения специальных инженерных мероприятий;

Кд.водост. – коэффициент, равный отношению водостойкости материала с улучшенным показателем к базовой водостойкости, полученной без проведения специальных инженерных мероприятий.

Значения показателей прочности – предела прочности при изгибе; морозостойкости – коэффициента морозостойкости; водостойкости – отношение предела прочности при сжатии сухих образцов, твердевших 28 суток в нормальных условиях к прочности водонасыщенных образцов твердевших 28 суток в нормальных условиях.

Исходя из анализа требований ГОСТ 23558-94 [4] и ГОСТ Р 70452-2022 [5] по пределу прочности на растяжение при изгибе или раскалывании для укрепленного грунта с наиболее распространенной с марочной прочностью М40-М60, предлагается введение следующей градации коэффициента относительной долговечности – таблица.

Значения уровней относительной долговечности

Значение <i>K.отн.долг.</i>	Уровень повышения относительной долговечности
1,01 – 1,10	отсутствует
1,11 – 1,30	минимальный
1,31 – 1,50	средний
1,51 и выше	высокий

Значение коэффициента относительной долговечности до 1,10 не учитывается, из-за нестабильности результатов лабораторных испытаний материалов, погрешностей расчетов при конструировании дорожных одежд, а также допустимых отклонений по применяемым технологиям строительства и допускам к приемке законченных конструктивных элементов дорожных одежд.

Корреляции показателя относительной долговечности с конкретным временем увеличения срока службы дорожных одежд с укрепленным цементом основанием требует проведения большого объема лабораторных и опытно-экспериментальных исследований и требует проведения отдельного научного исследования.

Выводы

1. На данном этапе развития науки и практики дорожного строительства значение коэффициента относительной долговечности, с градацией его на уровни, может применяться для сравнительного анализа, выбираемых проектных решений, применяемых материалов и способов технологий строительства для повышения прочности, долговечности и сроков службы дорожных одежд из укрепленных цементом грунтов и материалов.

2. Для повышения долговечности и сроков службы дорожных одежд с укрепленными цементом основаниями основным условием является разработка методов, обеспечивающих повышение физико-механических показателей: прочности, морозостойкости и водостойкости укрепленного цементом грунта или материала.

Библиографический список

1. Безрук В.М. Еленович А.С. Дорожные одежды из укрепленных грунтов. М.: высшая школа, 1969. – 330 с.
2. Васильев А.П. Справочная энциклопедия дорожника. Т.П: Ремонт и содержание автомобильных дорог / А.П. Васильев, [и др.] – М.: Информавтодор, 2004. – 505 с.
3. Васильев Ю.М. Дорожные одежды из укрепленных материалов / Васильев Ю.М. Агафонцева В.П., Исаев В.С. и др. – М.: Транспорт, 1989. – 191 с.
4. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия: дата введения 2005. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.
5. ГОСТ Р 70452-2022. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия: дата введения 01.01.2023. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 20 с.

6. Матвиенко Ф. В. Прогнозирование величины необратимой деформации дорожной конструкции от воздействия транспортного потока / Ф. В. Матвиенко, А. Н. Канищев, В. Н. Мелькумов, В. В. Волков // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2010. – № 3 (19). С. 81-92.

7. СП 34.13330.2021. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. Дата введения 10.09.2021. – М.: Минстрой России, 2021. – 97 с.

References

1. Bezruk V.M. Elenovich A.S. Road construction from reinforced soils. Moscow: higher school, 1969. 330 p.

2. Vasiliev A.P. Reference encyclopedia of a road worker. Vol. II: Repair and maintenance of automobile and mobile roads / A.P. Vasiliev, [et al.] – М.: Informavtodor, 2004. – 505 p.

3. Vasiliev Yu.M. Road construction made of reinforced materials / Vasiliev Yu.M. Agafontseva V.P., Isaev V.S. et al. - Moscow: Transport, 1989. – 191 p.

4. GOST 23558-94. Mixtures of crushed stone-gravel-sand and soils treated with non-organic binders for road and airfield construction. Technical conditions: date of introduction 2005. Moscow: Standartinform, 2005. 12 p.

5. GOST R 70452-2022. The soils are stabilized and reinforced with inorganic binders. General technical conditions: date of introduction 01.01.2023. – Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. – 20 p.

6. Matvienko F. V. Forecasting the magnitude of irreversible deformation of the road structure from the effects of traffic flow / F. V. Matvienko, A. N. Kanishchev, V. N. Melkumov, V. V. Volkov // Scientific Bulletin of VGASU. Construction and architecture. – 2010. – № 3 (19). Pp. 81-92.

7. SP 34.13330.2021. A set of rules. Highways. Updated revision of SNiP 2.05.02-85*. Date of introduction: 09/10/2021. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2021. 97 p.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 629.01

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент факультета машиностроения и
аэрокосмической техники А.А. Андрейкин*

*Студент дорожно-транспортного
факультета А.И. Гетман*

*Студент дорожно-транспортного
факультета Д.С. Чередниченко*

*Студент факультета радиотехники
и электроники Д.Ю. Литвинов*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7 (960) 113-99-66
e-mail: info@vrtx-lab.ru*

Voronezh State

Technical University

*Student of the Faculty of Mechanical
and Aerospace Engineering A.A. Andreikin*

*Student of the Faculty of Roads and Transport
A.I. Getman*

*Student of the Faculty of Roads and Transport
D.S. Cherednichenko*

*Student of the Faculty of Radio Engineering
and Electronics D.U. Litvinov*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (960) 113-99-66
e-mail: info@vrtx-lab.ru*

А.А. Андрейкин, А.И. Гетман, Д.С. Чередниченко, Д.Ю. Литвинов

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ГОНОЧНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

В статье рассматриваются принципы и методы разработки пространственной рамы гоночного болида «Формулы Студент» инженерно-гоночной команды ВГТУ с учетом требований регламента, общепринятых инженерных практик и особенностей конкретного проекта.

Ключевые слова: Формула Студент, гоночный автомобиль, пространственная рама, крутильная жесткость.

A.A. Andreikin, A.I. Getman, D.S. Cherednichenko, D.U. Litvinov

DEVELOPMENT PRINCIPLES OF FORMULA STUDENT RACING CAR STRUCTURAL SYSTEM

The article discusses the principles and methods of developing the spatial frame of the Formula Student racing car of the VSTU engineering and racing team, considering the requirements of the regulations, generally accepted engineering practices and the specifics of a current project.

Keywords: Formula Student, racing car, space frame, torsional stiffness.

Наиболее развитым и широкомасштабным международным проектом по подготовке новых талантливых кадров для автомобильной и смежных отраслей промышленности сегодня является «Формула Студент». Это международные инженерные соревнования, в рамках которых студенческие команды самостоятельно проектируют, собирают и испытывают гоночные автомобили класса «Формула» в соответствии с ежегодно обновляемым международным регламентом. Такие соревнования проводятся более чем в 20 странах мира, в т. ч. и в России, а общее число команд-участниц насчитывает более 1000 [1].

Данный проект охватывает полный жизненный цикл гоночного автомобиля за исключением стадии утилизации, поэтому каждую составляющую его узел и систему необходимо рассматривать в качестве элемента сложной технической системы, разрабатываемого по единой методике [2].

В данной работе будут рассмотрены принципы разработки несущей системы (пространственной рамы) гоночного болида VRT1 студенческой инженерно-гоночной команды Воронежского государственного технического университета VRTx Lab, проектируемого для соревнований сезона-2025/26.

Рама должна иметь минимально возможный вес, при этом максимальную прочность, необходимую для эксплуатации болида на трассе, исходя из чего она имеет конструкцию, состоящую из стальных труб. Двигатель также участвует в придании жёсткости рамы, что влечёт за собой облегчение конструкции ввиду отсутствия дополнительных распорок [3]. Нужно учитывать, что в ходе эксплуатации необходимо производить регулировку автомобиля и исправлять возникающие поломки его компонентов. Обеспечение доступа к навесному оборудованию для ремонта и настройки является немаловажным аспектом, реализуемым в конструкции.

Также рама должна обеспечивать безопасность пилота: удобную и быструю посадку и высадку из болида, защиту в случае аварии (при лобовом столкновении, при боковом столкновении, при перевороте). Эти требования изложены в международном регламенте соревнований «Формула Студент» [4].

Рама должна включать следующие компоненты, обеспечивающие безопасность:

- главная дуга (main hoop), находящаяся над головой водителя и защищающая её от контакта с дорогой при опрокидывании болида;
- передняя дуга (front hoop), расположенная над коленями водителя, обеспечивающая защиту коленей и рук;
- передняя перегородка с защитной пластиной и закреплённым на ней поглотителем фронтального удара (front bulkhead, impact attenuator), которые обеспечивают безопасность ног пилота при лобовом столкновении и компенсируют энергию удара;
- боковые конструкции, защищающие водителя соответственно при боковых ударах.

Также в регламенте определен манекен человека, являющийся 95-м перцентилем мужчины, параметрами которого команды обязаны пользоваться при определении габаритов внутреннего пространства кокпита болида. Соответственно ему должны выполняться следующие условия:

- прямая линия, проведённая касательно к верхней кромке главной и передней дуг, должна находиться на расстоянии не менее чем в 50 мм от шлема манекена;
- прямая линия, проведённая касательно верху главной дуги и её распорки, должна находиться на расстоянии не менее чем в 50 мм от шлема манекена;
- шлем не должен выходить за пределы плоскости, проведённой вдоль задней части главной дуги в случае, если распорки расположены перед ней.

Пространственная рама является связующим элементом всех систем шасси, поэтому ее облик в первую очередь зависит от смежных компонентов. При этом болид должен обладать наименьшим весом, наименьшими моментами инерции, максимально низким центром тяжести и должен иметь максимальный стабильный контакт с дорожным полотном. Колесо является первостепенным элементом, контактирующим с дорогой, поэтому изначально стоит задача обеспечить максимально стабильное и постоянное пятно контакта шины с дорогой. Для этого проектируется подвеска (рис. 1), обладающая кинематикой, нивелирующей изменения пространственного положения поддрессоренной массы. Рама строится исходя из этого положения – ее конструкция должна учитывать точки крепления подвески и не должна ограничивать её работу и препятствовать размещению её элементов.

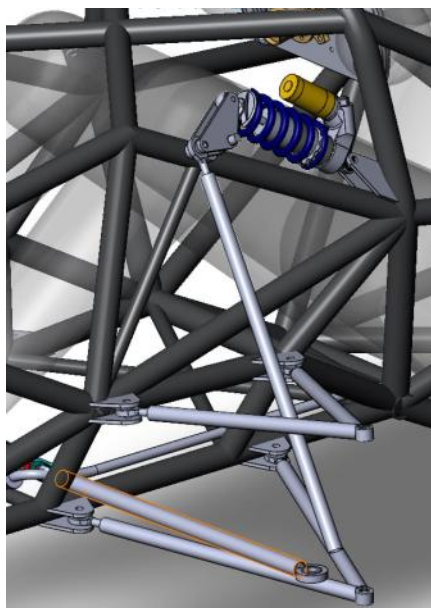


Рис. 1. Компонувочное решение передней подвески болида VRT1

Также пилот и двигатель с трансмиссией (рис. 2) являются важными аспектами в построении рамы, так как они имеют наибольший вес, следовательно, они должны располагаться как можно ближе к центру тяжести, но в то же время трансмиссия имеет привод к задним колёсам, поэтому для оптимальной работы её также следует разместить как можно ближе к задней оси, а посадка пилота должна обеспечивать ему удобное положение и достаточный обзор дороги.

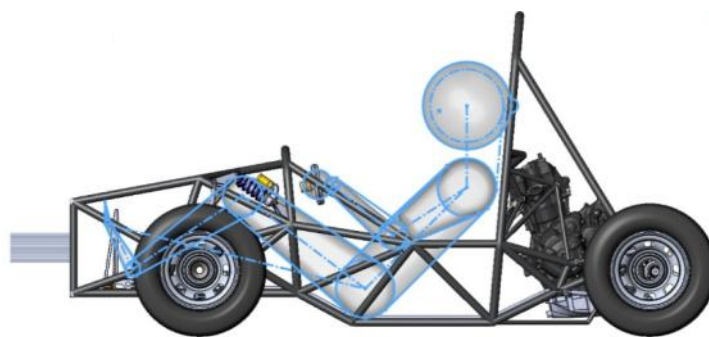


Рис. 2. Расположение пилота и двигателя относительно ключевых элементов пространственной рамы болида VRT1

При определении геометрических характеристик и подборе материала труб рамы необходимо также учитывать, что она влияет на следующие параметры:

1. Управляемость – уменьшается скручиваемость и деформация при движении, что позволяет точнее передавать усилие с руля на колеса, что даёт предсказуемое поведение автомобиля;
2. Эффективная работа подвески – если рама недостаточно жёсткая, то часть нагрузки от колеса идёт не только в подвеску, но и в кручение несущей конструкции, что не даёт подвеске оптимально обрабатывать рельеф;
3. Интерференции элементов – при низкой жёсткости рамы могут происходить случаи трения соседних деталей друг о друга – провода, трубки и элементы аэродинамики;
4. Безопасность пилота – рама должна максимально эффективно гасить удары для защиты пилота в случае аварии.

Процесс твердотельного моделирования рамы начинается после окончания проектирования всех смежных с ней систем. Первоначально определяются точки крепления подвески к раме. Как указывалось выше, автомобиль должна иметь наименее возможную массу, поэтому должны использоваться трубы разного сечения для достижения оптимальной жёсткости.

Также необходимо предполагать, как будет вести себя металл и сварные швы во время эксплуатации. Для этого требуется заранее продумать, как элементы будут свариваться, обеспечивая равномерный зазор между трубами и максимальную площадь сварки.

Помимо этого, для оптимизации и долговечности конструкции следует использовать метод триангуляции – когда конструкция строится с помощью условных треугольников. Метод позволяет избежать работы труб на изгиб и создаёт в них нагрузки на растяжение, которые наилучшим образом выдерживаются трубами круглого сечения.

На практике проектирование компонентов вызывает поиск компромиссных решений, возникающих в ходе разработки болида. Исходя из этого, рама должна гибко подстраиваться под все изменения, облегчая процесс её переопределения. Оптимизировать данный процесс помогает метод параметризации и контекстного моделирования [5].

Дальнейший этап – производство. Оно должно происходить с использованием высокоточного оборудования для обеспечения точности геометрии. Трубы рамы лучше всего производить на лазерном труборезе, в лучшем случае имеющим опцию наклона лазера для резания труб под углом, что придаёт большую площадь соприкосновения трубам и более простое выставление деталей перед сваркой.

Помимо этого, нужно учитывать, что в ходе сварки металл уводит от изначального положения, и трубы сложно держать под требуемым углом в пространстве. Чтобы избежать этих неудобств, применяются временные каркасы для сварки – стапели.

Производство рамы происходит по следующим этапам:

1. Нарезание труб;
2. Сборка стапеля;
3. Предварительная сборка и закрепление труб на стапеле;
4. Проварка рамы;
5. Разборка стапеля.

Таким образом, «Формула Студент» является проектом, обеспечивающим высокий уровень теоретической и практической подготовки автомобильных инженеров, уже в студенчестве приобретающих навыки создания систем и компонентов полноценных автомобилей. При этом вырабатываются такие принципы и методики, которые в полной мере соответствуют применяемым в массовой промышленности.

Библиографический список

1. 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.

2. 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.

3. Определение крутильной жесткости пространственной рамы гоночного болида класса «Формула Студент» / Н. С. Жидких, Д. С. Шапошников, В. А. Лобков [и др.] // Научная опора Воронежской области : Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий, Воронеж, 01–29 июня 2022 года / Отв. редактор И.Г. Дроздов. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2022. – С. 118-121. – EDN KYCYDY.

4. Formula Student Rules 2025 (Электронный ресурс). URL: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2025/rules/FS-Rules_2025_v1.1.pdf (дата обращения: 15.05.2025).

5. Андрейкин, А. А. Применение контекстного моделирования как инструмента повышения качества автомобиля на ранних стадиях его жизненного цикла / А. А. Андрейкин, А. И. Гетман, Н. С. Жидких // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17–18 октября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 230-236. – DOI 10.58168/DPIITT2024_230-236. – EDN VQFXMM.

References

1. 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.

2. 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. Potsebnova, A.V. Smolyaninov // Quality and life. – 2023. – № 2(38). – Pp. 3-9. – DOI 10.34214/2312-5209-2023-38-2-03-09. – EDN VMKICE.

3. Determination of the torsional stiffness of the spatial frame of a Formula Student class racing car / N. S. Zhidkikh, D. S. Shaposhnikov, V. A. Lobkov [et al.] // Scientific Support of the Voronezh Region : A collection of works by the winners of the VSTU student and postgraduate research competition on priority areas of science and technology development.gii, Voronezh, June 01-29, 2022 / Editor-in-chief I.G. Drozdov. Voronezh: Voronezh State Technical University, 2022. pp. 118-121. EDN KYCYDY.

4. Formula Student Rules 2025 (Electronic resource). URL: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2025/rules/FS-Rules_2025_v1.1.pdf (date of request: 05/15/2025).

5. Andreikin, A. A. The use of contextual modeling as a tool to improve the quality of a car at the early stages of its life cycle / A. A. Andreikin, A. I. Getman, N. S. Zhidkikh // Development prospects, innovations and information technologies in transport : Proceedings of the International Youth Scientific and Practical Conference, Voronezh, 17-18 October 2024. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. pp. 230-236. – DOI 10.58168/DPIITT2024_230-236. – EDN VQFXMM.

УДК 681.5

*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»
Канд. техн. наук, Н.И. Григоренко
Россия, г. Москва, тел. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru
ФГБУ ЦНИИП
Минстроя России,
Канд. техн. наук,
членкор. РААСН
В.А. Гутников
Россия, г. Москва, тел. +7 (499) 951-95-21
e-mail: lomonosov25@rambler.ru*

*All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials National Research Center
«Kurchatov Institute»
Candidate of Technical Sciences,
N.I. Grigorenko
Russia, Moscow, tel. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru
FSBI TSNIIP
of the Ministry of Construction of Russia,
Candidate of Technical Sciences, Member
of the Board of the Russian Academy of Sciences
V.A. Gutnikov
Russia, Moscow, tel. +7 (499) 951-95-21
e-mail: lomonosov25@rambler.ru*

Н.И. Григоренко, В.А. Гутников

ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫВОЗА БЫТОВЫХ (КОММУНАЛЬНЫХ) ОТХОДОВ ИЗ ЖИЛОГО РАЙОНА

В последние несколько лет применяются попытки практической реализации автономного вождения. Представляет интерес применение автономных транспортных средств в области вывоза отходов из жилых районов. Для распознавания окружения автомобиля и реагирования на различные ситуации, был оснащен различными датчиками и дополнительными устройствами, которые могут оповещать о состоянии автомобиля снаружи или управлять им в экстренных ситуациях. Проведенный эксперимент подтвердили, что автономного транспортное средство пригодно для применения по сбору мусора и способствует повышению эффективности работы.

Ключевые слова: автономное управление; автономные транспортные средства; аппаратные архитектуры и программные средства; мобильность и планирование движения; планирование пути и навигация.

N.I. Grigorenko, V.A. Gutnikov

TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS VEHICLES FOR THE REMOVAL OF HOUSEHOLD (COMMUNAL) WASTE FROM A RESIDENTIAL AREA

In the last few years, attempts have been made to implement autonomous driving in practice. The use of autonomous vehicles in the field of waste disposal from residential areas is of interest. To recognize the car's environment and respond to various situations, it was equipped with various sensors and additional devices that can notify about the condition of the car from the outside or control it in emergency situations. The experiment has confirmed that an autonomous vehicle is suitable for garbage collection applications and contributes to increased operational efficiency.

Keywords: autonomous control; autonomous vehicles; hardware architectures and software; mobility and traffic planning; path planning and navigation.

Необходимость в беспилотных транспортных средствах – одна из постоянно поднимаемых тем. Автономные транспортные средства могут применяться в различных областях. Его можно использовать для замены в транспортных средствах человека, для выполнения автономного вождения. Разработка автономного транспортного средства, возможно, применять для сбора мусора, вывоза бытовых отходов, в жилых районах. Система автономного вождения в сложных условиях, таких как жилые районы, должна быть более динамичной, чтобы реагировать на непредвиденные ситуации, которые возможно будут, происходят с большей вероятностью, чем на автомагистралях.

Распознавание окружающей среды вокруг автомобиля является неотъемлемым элементом для повсеместного внедрения автономного транспортного средства. Автономные транспортные средства оснащаются такими датчиками, как ультразвук, LiDAR, радар и камеры. С быстрым развитием технологии распознавания окружающей среды с помощью данных датчиков значительно расширилось. Эти технологии глубокого обучения обычно используются для распознавания полос движения через камеры [1] или для распознавания окружающих объектов [2], или как метод одновременного распознавания окружающих объектов с помощью камеры и лидара [3] в автономных транспортных средствах. Наряду с различными высокоточными датчиками и технологиями глубокого обучения, быстро прогрессируют коммерциализация автономных транспортных средств, способных автономно передвигаться по дорогам без участия человека. Некоторые мировые автопроизводители уже обладают высоконадежными технологиями автономного вождения и сосредотачивают свое внимание на коммерческих автомобилях для потребительского использования.

Для общих операций по сбору мусора обычно требуется два работника. Один наблюдает за вождением автомобиля по сбору мусора. В этом случае рабочую нагрузку можно сократить вдвое, поскольку работникам не придется водить транспортное средство, поэтому оба работника могут сосредоточиться на сборе мусора или оставить сбор мусора только одному работнику. Таким образом, автономные транспортные средства в идеале могут снизить затраты на рабочую силу и обеспечить экономическую целесообразность в жилых районах.

Для создания автономных транспортных средств необходимы различные технологии. Для создания автономных транспортных средств необходимо объединить ряд технологий: распознавание окружающей среды, оценка ситуации, создание пути и управление вождением. Обнаружения полосы движения системы автономного вождения происходит с помощью камеры, прикрепленной к транспортному средству точно так же, как человек определяет полосы движения, глядя на них глазами. Ряд технологий опираются на алгоритм обнаружения полосы движения с модельным прогнозирующим управлением для автономных транспортных средств на различных дорожных покрытиях, позволяющий преодолеть низкую точность обнаружения и отслеживания полосы движения [4].

Автономные транспортные средства распознают окружающую среду с помощью окружающих датчиков, как люди мгновенно распознают свое окружение как объекты или ситуации глазами. Наиболее используемым методом является семантическая сегментация, которая в последнее время достигла значительных улучшений благодаря глубокому обучению. Чтобы устранить случаи неправильной классификации при сетевой семантической сегментации с использованием изображений [5], представили обучение с подкреплением с учетом серьезности с использованием расстояния Вассерштейна между метками семантической сегментации изображения, извлеченного из симулятора [6].

Важным элементом автономного вождения является определение текущего местоположения автомобиля. Когда человек за рулем, он может определять местоположение транспортного средства и двигаться с помощью навигационной системы, установленной в автомобиле. В случае с беспилотным транспортным средством управлять автомобилем можно только тогда, когда точно определено местоположение. Однако для определения точного местоположения требуется ГЛОНАСС. Было проведено множество исследований для улучшения производительности за счет объединения ГЛОНАСС с датчиком камеры.

После понимания обстановки вокруг автомобиля и определения ее местоположения необходимо управлять автомобилем. Хотя человек может наблюдать за дорогой и интуитивно прокладывать путь движения, для автономной системы вождения путь движения должен быть создан для того, чтобы транспортное средство могло двигаться. В последнее время было проведено множество исследований по созданию маршрута путем его применения к транспортному средству. Продемонстрирован адаптивный круиз-контроль (ACC) в сочетании с функцией предотвращения препятствий, который позволяет автономным транспортным средствам передвигаться по обычным и извилистым дорогам [7]. Для управления автономным транспортным средством более динамично, разработали метод управления с прогнозированием нелинейной модели (НПУОС) на основе глубоких нейронных сетей (DNN), позволяющий автономному транспортному средству выполнять маневр дрейфа [8]. Помимо планирования и контроля, автономные транспортные средства должны обеспечивать безопасное вождение. С этой целью представили усовершенствованную систему экстренного торможения (EBS) с несколькими датчиками для торможения автомобиля во избежание или смягчения столкновения. Представлен метод планирования безопасного и плавного движения, сочетающий в себе метод конечных элементов (МКЭ) и нелинейную оптимизацию для автономных транспортных средств [9].

Для работы автономного транспортного средства для работы в жилом районе, состоящем из двухполосной дороги, движущейся в каждом направлении, была разработана методология по проведению натурного эксперимента. Жилой район были выбраны в качестве опытной зоны, на маршруте были организованы определенные точки, где автомобиль будет остановиться и забирать мусор.

В качестве опытного транспортного средства была выбрана отечественная модель мусоровоза с задней загрузкой. Мусоровоз был оборудован для автономного движения. Для понимания окружающей среды вокруг мусоровоза, был оснащен: шестью камерами, четырьмя радарными, одним LiDAR, восемь ультразвуковых датчиков и один кинематический датчик реального времени (RTK). Перед компоновкой установили и разместили рассматриваемые датчики с учетом поля зрения датчиков, как показано на рисунке 1. В качестве радара на каждом краю машины использовались четыре радара для обнаружения объектов со всех направлений. Был установлен только один датчик LiDAR (Velodyne, VLP-16), который был размещен на передней решетке автомобиля для обнаружения объектов и препятствий перед автомобилем. Ультразвуковые датчики (Sensortec, STP-313) были расположены вокруг автомобиля для обнаружения препятствий рядом с автомобилем и предотвращения столкновений. Антенну модуля RTK (Synereх, MRP-2000) установили на сборный ящик для приема сигнала максимальной силы.

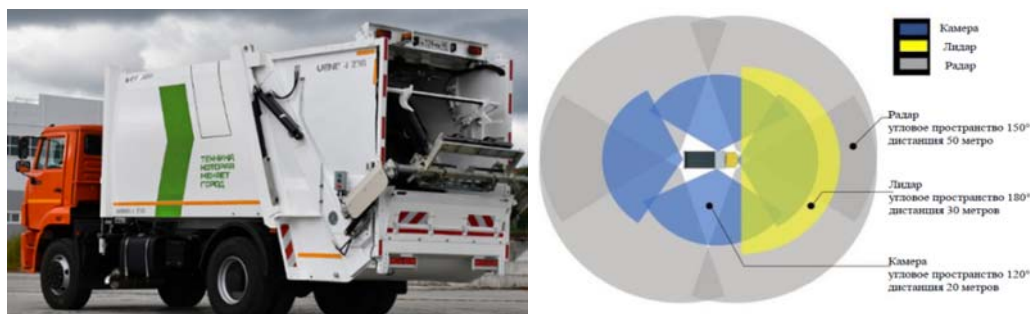


Рис. 1. Модель мусоровоза, оснащённая датчиками и зона покрытия датчиков

Автономное транспортное средство имеет два режима. Один из них – ручной режим, а другой – режим автономного вождения. В экспериментальном транспортном средстве режим автономного вождения должен настраиваться человеком с места водителя или пассажира че-

рез пользовательский интерфейс автономного вождения. Однако даже если установлен режим автономного вождения, транспортное средство не приступает к работе сразу, поскольку сотруднику может потребоваться некоторое время, чтобы выйти из транспортного средства и вернуться в прежнее положение. Поэтому была добавлена кнопка запуска/остановки, которую необходимо нажать, чтобы возобновить автономное вождение автомобиля, что дает сотрудникам полную гибкость в работе.

При обнаружении какой-либо опасной ситуации, система автономного вождения автоматически избегает или останавливает транспортное средство. Однако независимо от того, насколько хорошо работает беспилотное транспортное средство, всегда существует вероятность неправильной оценки системы или возникновения неисправности. Ни одна автомобильная система не является безупречной и не может гарантировать, что система автономного вождения всегда будет принимать точные решения и работать полностью, даже если окружающая среда полностью распознается. Безопасность должна быть главным приоритетом беспилотных транспортных средств. Вероятность несчастного случая невелика, т.к. транспортное средство движется с небольшой скоростью, вероятность аварии все же существует. На автомобиль установили дополнительные кнопки управления. Эти кнопки управления позволяют управлять автомобилем изнутри, снаружи и с помощью пульта дистанционного управления. В случае возникновения чрезвычайной ситуации человек может заранее предотвратить инциденты, связанные с безопасностью, нажав любую из дополнительных оборудованных кнопок.

В автомобиль установили предохранительный механизм и кнопки аварийной остановки. При нажатии кнопки аварийной остановки автомобиль немедленно выполняет аварийную остановку. Эта кнопка работает как в ручном, так и в автономном режимах вождения. Единственный способ выйти из этого аварийного состояния — через пользовательский интерфейс автономного вождения внутри автомобиля. Установили кнопку аварийного стояночного тормоза для предотвращения определенных аварийных ситуаций, при которых автомобиль теряет управление или функциональность. Эта кнопка физически подключена к сигнальной линии стояночного тормоза автомобиля, и стояночный тормоз включается сразу же при нажатии кнопки.

Наиболее важным фактором уведомления для окружающих, находящихся рядом с транспортным средством, является определение того, в каком режиме в данный момент находится транспортное средство. С этой целью были установлены маяки, предупреждающие окружающих. Маяк состоит из двух частей зеленого и оранжевого света и расположен на верхней части автомобиля так, чтобы его было хорошо видно с большого расстояния. Если режим автомобиля ручной, зеленый маячок гаснет; если режим автономного вождения, загорается зеленый маячок. Если транспортное средство находится в нормальном состоянии, оранжевый маяк остается выключенным, а если автомобиль находится в состоянии аварийной остановки, оранжевый маяк включается. Не всегда можно постоянно смотреть на маяк, поэтому трудно сразу определить, происходит ли аварийная остановка, когда не смотрят на маяк. При таком состоянии аварийной остановки необходимо обеспечить звуковой предупреждающий сигнал.

Разработана методология и проведены натурные испытания по автономному движению в жилом районе. По результатам проведенных натурных испытаний составлена база данных эксперимента. С учетом полученной информации натурных испытаний и разработанной методологии, было принято решение поэкспериментировать данную методику. Подготовлена экспериментальная модель области оперативного проектирования жилого массива, была составлена карта HD экспериментальной территории. На рисунке 2, представлен экспериментальный и реальный жилой массив. Экспериментальная модель состоит из жилого района, включая дорожное полотно, аналогичное скоростному шоссе и транспортные средства. Проводить эксперименты в жилом районе до проверки реальных характеристик системы автономного вождения, очень опасно. Поэтому провели эксперименты в контролируемой среде, которая повторяет реальные сценарии.

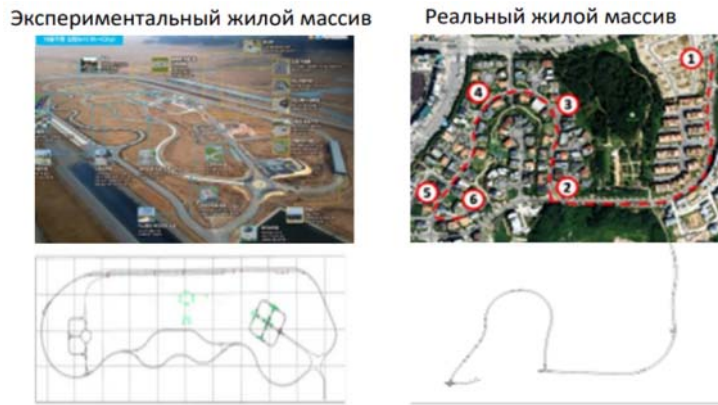


Рис. 2. Экспериментальный и реальный жилой массив

Поскольку автономное транспортное средство является экспериментальным, существует вероятность, что транспортное средство может действовать неожиданно и привести к непредвиденным опасным последствиям. Поэтому разработали дополнительный план безопасности для эксплуатации экспериментального автономного транспортного средства в жилом районе. На рисунке 3, показан план по обеспечению безопасности, размещены дополнительные транспортные средства и защитные приспособления.

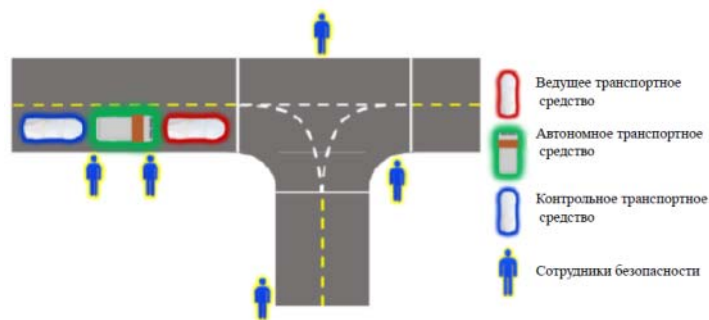


Рис. 3. План безопасности

При проведении натурного эксперимента ведущее транспортное средство перед беспилотным транспортным средством, заранее проезжает по планируемому маршруту и оповещает автономный автомобиль о начале движения и проверяет наличие значительных рисков на маршруте, а также отправляет аварийный сигнал удаленно при необходимости, контрольное транспортное средство следит за состоянием и окружающими. Рядом с беспилотным транспортным средством находятся два сотрудника, в случае беспрецедентной ситуации нажимают кнопку на боку автомобиля для аварийной остановки. Они информируют находящихся на маршруте людей и участников автомобильного движения, что на данном участке проходят испытание автономный автомобиль.

В ходе работы необходимо протестировать около шести сложнейшего функционала автономного средства. Помимо положения, рулевого управления и скорости, которые являются важными функциями для автономного движения транспортных средств по маршруту, также проводились эксперименты по распознаванию людей и контролю скорости. Важнейшая функция проведения эксперимента, по работе кнопки аварийной остановки (установленной в целях безопасности).

Для распознавания полос использовали комбинацию трех типов сенсорной информации. Сначала информация о полосе движения распознается из бинарного изображения [24].

Во-вторых, информация о полосе движения, получается, от камеры распознавания полосы движения и информация о полосе движения. Для распознавания полос в бинарном изображении использовался метод [10] выделения полиномиальных линий с использованием техники скользящего окна, после применения преобразования перспективы к бинарному изображению, полученному с передней камеры, показано на рисунке 4. При этом методе возникают случаи сбоя распознавания из-за интенсивности света и состояния разметки полосы движения. Если полоса имеет крутой поворот, это влияет на распознавание. Для лучшего распознавания полосы движения в каждом кадре, совместили всю полученную информацию, для получения максимального распознавания полосы движения.

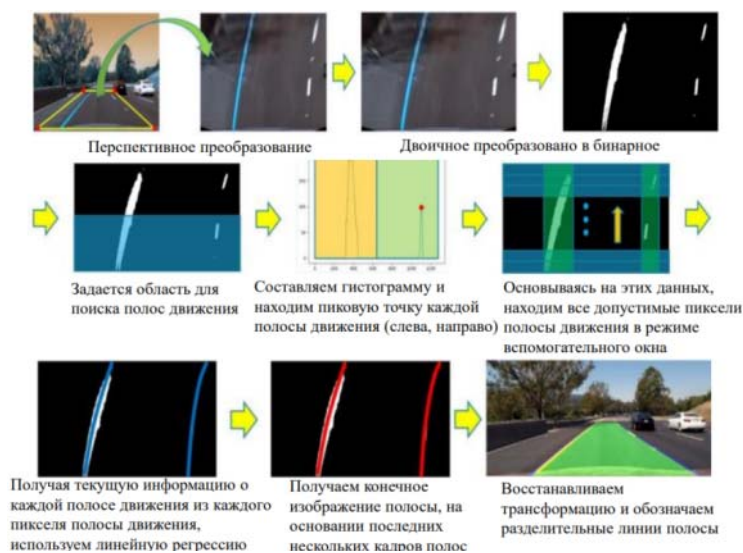


Рис. 4. Процесс распознавания полосы движения с использованием бинарных изображений

Для реализации автономного вождения мусоровоз был оснащен блоком автоматом движения. На рисунке 5 показан блок автомата движения. Он представляет собой поток состояний управления системы вождения с участием человека или автономной системы вождения. С помощью этого блока автомата можем эффективно управлять состоянием автономного транспортного средства и предотвращать исключения во время автономного вождения. При проведении данной работе считаем, транспортное средство имеет три состояния: ручное состояние, управляемое человеком и автоматическое состояние, в котором работает автономная система вождения, и аварийное состояние, в котором транспортное средство немедленно останавливается.



Рис. 5. Блок автомата движения

Ручное и автоматическое состояние изменяются человеком или с помощью кнопки запуска/остановки внутри автомобиля, на пульте дистанционного управления или в пользовательском интерфейсе. В автоматическом состоянии транспортное средство преобразуется в ручное состояние, когда блок автомата предполагает, что человек получает контроль над транспортным средством, например, нажимает ручку, педаль акселератора или педаль тормоза (перехват управления). Аварийное состояние переключается при нажатии аварийной кнопки, когда в системе автономного вождения обнаружен объект, находящийся в зоне обнаружения аварийной ситуации, или когда определено, что в системе автономного вождения во время движения автомобиля возникла неисправность (резервный режим) состояние. В этот момент состояние автомобиля сразу меняется с автоматического на аварийное. Затем система выполняет аварийную остановку, задавая максимальное значение замедления до тех пор, пока аварийное состояние не будет снято. Чтобы выйти из этого состояния, человек должен напрямую выйти из аварийного состояния, физически манипулируя пользовательским интерфейсом. Убедившись, что ситуация находится под контролем, человек сразу же выводит транспорт из аварийного состояния.

Выводы

Рассматриваемая разработка автономного автомобиля направлена для снижения нагрузки на затраты при максимальном повышении эффективности работы. При применении автономного транспортного средства возникает вопрос об эффективности процесса сбора мусора при задействовании одного или двух работников.

Итогами проведенной работы по переоборудованию штатного мусоровоза для сбора мусора в жилых районах, в автомобиль автономного вождения, следующие:

- ❖ Настроено аппаратное и программное обеспечение и проведены эксперименты для проверки его функциональности в экспериментальных и реальных ситуациях.

- ❖ Проведены эксперименты по оценке местоположения, рулевому управлению, регулированию скорости автомобиля, человеческому восприятию, функции аварийной остановки и эффективности работы, для подтверждения возможности применения автономного автомобиля для совершения поездок в жилых районах.

- ❖ На основе этих экспериментальных результатов подтверждается, что транспортное средство может плавно двигаться автономно в созданной среде области оперативного проектирования.

- ❖ Задачи по сбору мусора в реальном жилом районе с применением автономного транспортного средства достаточно эффективно.

Поскольку вывоз мусора осуществляется не только в жилых районах, но и на промышленных предприятиях, и в различных районах, возникает необходимость расширить сферу применения автономного вождения на других территориях, определив граничные условия программного продукта для оценки и восприятия окружающей среды. Помимо простого распознавания объектов, необходимо распознавать ситуацию вокруг текущего автомобиля посредством понимания возникшего сценария, чтобы можно было спланировать соответствующее поведение автомобиля. Из последних результатов исследований глубокого обучения отмечается развитие когнитивных технологий, благодаря которым, можно добиться более высокого уровня осведомленности.

Библиографический список

1. Neven, D.; De Brabandere, B.; Georgoulis, S.; Proesmans, M.; Van Gool, L. Towards End-to-End Lane Detection: An Instance Segmentation Approach. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, 8–13 July 2018; pp. 286–291.

2. Шелковников Е. Ю., Шляхтин К. А., Шелковникова Т. Е., Егоров С. Ф. Применение нейронной сети архитектуры U-Net для сегментации СТМ- изображений. // Химическая физика и мезоскопия. 2019. Том 21, №2. С. 330-336.

3. Старобыховская А. А., Лашманов О. Ю., Коротаев В. В. Алгоритм повышения пространственной плотности лидарного облака точек для решения задач автономного вождения автомобиля // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 559—566.
4. Waykole, S.; Shiwakoti, N.; Stasinopoulos, P. Performance Evaluation of Lane Detection and Tracking Algorithm Based on Learning-Based Approach for Autonomous Vehicle. Sustainability 2022, 14, 12100.
5. Соболев Б. В., Соловьев А. Н., Васильев П. В., Подколзина Л. А. Модель глубокой сверточной нейронной сети в задаче сегментации трещин на изображениях асфальта // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19, № 1. С. 63–73.
6. Dosovitskiy, A.; Ros, G.; Codevilla, F.; Lopez, A.; Koltun, V. Carla: An open urban driving simulator. arXiv 2017, arXiv:1711.03938.
7. Григоренко Н. И., Гутников В. А. Система распознавания объектов беспилотных автомобилей в условиях бездорожья // «Транспорт Российской Федерации». № 3–4 (106–107) 2023 г. С. 20 – 27.
8. Лебедев А. А. Исследование нейросетевых алгоритмов обнаружения объектов на видеоизображениях в медицинских системах прикладного телевидения: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 2.2.13. / Лебедев Антон Александрович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»]. - Ярославль, 2022. - 23 с. Электронный ресурс: <https://search.rsl.ru/ru/record/01011203731>
9. Diachuk, M.; Easa, S.M. Motion Planning for Autonomous Vehicles Based on Sequential Optimization. Vehicles 2022, 4, 344–374.
10. Udacity Self Driving Cars Nano Degree. Available online: <https://www.udacity.com/course/intro-to-self-driving-cars--nd113>

References

1. Neven, D.; De Brabandere, B.; Georgoulis, S.; Proesmans, M.; Van Gool, L. Towards End-to-End Lane Detection: An Instance Segmentation Approach. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, 8–13 July 2018; pp. 286–291.
2. Shelkovnikov E. Yu., Shlyakhtin K. A., Shelkovnikova T. E., Egorov S. F. Application of the neural network of the UNet architecture for segmentation of STM images. // Chemical Physics and mesoscopy. 2019. Volume 21, No. 2. С. 330-336.
3. Starobykhovskaya A. A., Lashmanov O. Yu., Korotaev V. V. Algorithm for increasing the spatial density of a lidar point cloud for solving problems of autonomous car driving // Izv. vuzov. Instrumentation. 2021. Vol. 64, No. 7. pp. 559-566.
4. Waykole, S.; Shiwakoti, N.; Stasinopoulos, P. Performance Evaluation of Lane Detection and Tracking Algorithm Based on Learning-Based Approach for Autonomous Vehicle. Sustainability 2022, 14, 12100.
5. Sobol B. V., Solovyov A. N., Vasiliev P. V., Podkolzina L. A. Deep convolutional neural network model in the problem of crack segmentation in asphalt images // Bulletin of the Don State Technical University. 2019. Vol. 19, No. 1. pp. 63-73.
6. Dosovitskiy, A.; Ros, G.; Codevilla, F.; Lopez, A.; Koltun, V. Carla: An open urban driving simulator. arXiv 2017, arXiv:1711.03938.
7. Grigorenko N. I., Gutnikov V. A. Object recognition system for unmanned vehicles in off-road conditions // "Transport of the Russian Federation". No. 3-4 (106-107) 2023, pp. 20-27.
8. Lebedev A. A. Research of neural network algorithms for detecting objects on video images in medical systems of applied television: abstract of the dissertation of the candidate of Technical Sciences: 2.2.13. / Lebedev Anton Alexandrovich; [Place of protection: Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov]. - Yaroslavl, 2022. - 23 p. electronic resource: <https://search.rsl.ru/ru/record/01011203731>
9. Diachuk, M.; Easa, S.M. Motion Planning for Autonomous Vehicles Based on Sequential Optimization. Vehicles 2022, 4, 344–374.
10. Udacity Self Driving Cars Nano Degree. Available online: <https://www.udacity.com/course/intro-to-self-driving-cars--nd113>

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. Андриюхов

Россия, г. 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»)

Канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

В.А. Кижапкин

Россия, г. Москва, тел. +7-916-444-69-64

e-mail: vladimir.kizhapkin@nami.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

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"),

Cand. of Tech. Science, Senior Researcher

V.A. Kizhapkin

Russia, Moscow, tel. +7-916-444-69-64

e-mail: vladimir.kizhapkin@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"),

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

ГАЗОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Рассмотрены характерные особенности, преимущества и недостатки газовых двигателей внутреннего сгорания, устанавливаемых на грузовые автомобили и тракторы. Приведены технические параметры и внешние скоростные характеристики современных отечественных газовых двигателей. Рассмотренные в статье материалы позволяют обоснованно выбрать газовый двигатель для использования его на строительной технике.

Ключевые слова: газовый двигатель внутреннего сгорания, газопоршневой двигатель, газодизель, строительная техника, грузовой автомобиль, трактор, внешние скоростные характеристики, мощность, крутящий момент.

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

GAS ENGINES FOR CONSTRUCTION MACHINERY

The characteristic features, advantages and disadvantages of gas internal combustion engines installed on trucks and tractors are considered. The technical parameters and external speed characteristics of modern domestic gas engines are given. The materials discussed in the article make it possible to reasonably choose a gas engine for use on construction equipment.

Keywords: gas internal combustion engine, gas piston engine, gas diesel, construction machinery, truck, tractor, external speed characteristics, power, torque.

Использование газового топлива для нашей страны имеет важное значение. Применение газового топлива не только позволяет экономить традиционное топливо и обеспечивает рациональное использование топливных ресурсов страны, но и снижается загрязнение окружающей среды. К важным преимуществам компримированного природного газа следует отнести и относительно невысокую его стоимость – в два с лишним раза дешевле дизельного топлива.

Газовое топливо не является плохим заменителем бензина или дизельного топлива, а наоборот по многим своим качествам оно значительно лучше жидкого топлива. Газовое топливо обладает более высоким октановым числом по сравнению с бензином, что дает возможность повысить степень сжатия, а, следовательно, и экономичность двигателя.

При использовании газа в качестве топлива для двигателей исключается возможность попадания жидкой фазы в цилиндры, вследствие чего снижается смывание масляной пленки со стенок цилиндров и замедляется изнашивание цилиндропоршневой группы. При этом не образуются лаковые отложения и отсутствует нагарообразование в цилиндре двигателя и в системе питания. В условиях эксплуатации это дает возможность увеличить сроки замены моторного масла и масляных фильтров.

При применении газового топлива увеличивается срок службы моторного масла в 1,5...2 раза, в результате чего расход его в эксплуатации уменьшается на 15...20 % (по сравнению с бензиновыми двигателями), а затраты сокращаются на 15...30 %; возрастает моторесурс двигателя; срок службы свечей зажигания увеличивается примерно на 40 %.

В зависимости от режима работы газовый двигатель из-за более «мягкого» протекания рабочего процесса обеспечивает снижение уровня шума на 8...9 дБ по сравнению с дизелем.

Еще весомыми достоинствами газовых двигателей, работающих на стехиометрической смеси, является их высокая детонационная стойкость, хорошее воспламенение и быстрое сгорание газозвушной смеси. Для соответствия двигателей жестким экологическим требованиям Евро-5 достаточно использовать трехкомпонентный каталитический нейтрализатор, снижающий одновременно выбросы CO, CH и NO_x.

Недостатки газовых двигателей тоже хорошо известны – это громоздкость и высокая масса баллонов для хранения сжатого природного газа, небольшой пробег на одной заправке, сложности с заправкой в местах, где газовых заправочных станций недостаточно, это и повышенные требования безопасности при работе с газообразным топливом. Но для коммерческих транспортных и строительных организаций на первый план выступает коммерческая целесообразность – высокий экономический эффект от использования газового топлива.

Переоборудование дизельных двигателей под использование газового топлива имеет свои особенности. Газ, при увеличении давления в цилиндре на такте сжатия, в отличие от дизельного топлива, не воспламеняется. Двигатель дооборудуют принудительной системой зажигания (свечами зажигания как у бензиновых моторов).

Газовые двигатели экологического класса Евро-5 для автомобильной и строительной техники в нашей стране серийно выпускают Ярославский моторный завод ПАО «Автомобильный завод ЯМЗ» (ЯМЗ) и Камский автомобильный завод (ПАО «КАМАЗ»). Газовые двигатели оснащены турбонаддувом, охлаждением наддувочного воздуха, электронным управлением и системами нейтрализации отработавших газов. Внешние скоростные характеристики (ВСХ) серийных газовых двигателей ЯМЗ и КАМАЗ приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

ВСХ газовых двигателей ЯМЗ

Модель двигателя	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при частоте вращения n , мин ⁻¹							
					800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
ЯМЗ-53444	103	2300	490	1200		44	61,5	71,8	82	92,4	102,6	108
ЯМЗ-53414	125	2300	590	1300	33	50	72	86,5	98,8	109	121	126
ЯМЗ-53504	154	2300	780	1200		56,5	97	114	130,7	143	150	153
ЯМЗ-53654	154	2300	800	1200		68	100	117	134	143	149	151
ЯМЗ-53644	192	2300	1099	1100	53	100	138	161	184	192	196	196
ЯМЗ-53624	211	2300	1148	1100	52	104,7	144	168	192	203,5	208	209,5
ЯМЗ-53604	229	2300	1236	1200	53	99,5	155	181	207	220	226	230

Таблица 2

ВСХ газовых двигателей ПАО «КАМАЗ»

Модель двигателя	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при частоте вращения n , мин ⁻¹							
					800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
КАМАЗ-445.551-160	118	2300	600	1300		44	73	88	100	109	115	117
КАМАЗ-445.550-185	136	2300	650	1400		48	78	95	109	117	126	134
КАМАЗ-667.551-260	191	2300	1000	1300		78	120	146,6	164	174	181	188
КАМАЗ-667.550-290	213	2300	1100	1300		72	128	161	183	194	205	211
КАМАЗ-820.92-300	221	2200	1226	1500		112	145,5	153	202	213	219	221
КАМАЗ-689.551-320	235	2300	1200	1300		83	140	176	200	213	224	231
КАМАЗ-689.550-340	250	2300	1400	1300		105	167	205	231	239	247	249
КАМАЗ-950.53-350	257	1900	1700	1100	109	169	214	249	265	264		
КАМАЗ-950.52-400	294	1900	1800	1100	109	176	226	264	297	299		
КАМАЗ-950.51-430	318	1900	1900	1100	109	184	239	278	313	318		
КАМАЗ-950.10-450	331	1900	1850	1100	116	184	232	271	298	320		
КАМАЗ-950.50-460	338	1900	2000	1100	109	194	251	293	331	337		

Минский моторный завод (ММЗ) совместно с компанией «РаритЭК» в прошлом году освоил серийное производство газовых двигателей MMZ-262NG, созданных на базе дизеля Д-262 и предназначенных для работы на сжатом или сжиженном природном газе. В мае 2024 г. завершились сертификационные испытания на соответствие требованиям ТР ТС 031/2012 двигателя MMZ-262NG в составе трактора Беларусь-1221GT. Двигатели MMZ-262NG оснащены турбонаддувом, охлаждением наддувочного воздуха, электронным управлением и соответствуют экологическим требованиям Stage 5. В августе 2024 г. сертификационные испытания также прошел трактор Беларусь-2022GT, оснащенный двигателем MMZ-262NG.3 мощностью 156 кВт (215 л. с.). ВСХ газовых двигателей семейства MMZ-262NG приведены в таблице 3.

Таблица 3

ВСХ газовых двигателей ММЗ

Модель двигателя	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при n , мин ⁻¹					
					1000	1200	1400	1600	1800	2000
MMZ-262NG	100	2100	568	1500	54,5	70	83	94	99	100
MMZ-262NG.1	116	2100	659	1500	61	78	96	109	114	116
MMZ-262NG.2	132	2100	780	1400	68	94	114	128	132	133
MMZ-262NG.3	156	2100	925	1400	81	113	136	150	154	157

В последнее время большое значение приобретает использование битопливных двигателей, работающие на двух видах топлива. Газодизельные и газобензиновые двигатели, кроме основного вида топлива, способны работать на компримированном природном (КПГ) или сжиженном нефтяном газе (СНГ). Наличие битопливных двигателей снижает зависимость автотранспорта и строительной техники от плотности размещения пунктов заправки газообразным топливом. Обычные серийные дизели [1, 2] становятся газодизелями после установки на машине и регулировки газовой топливной аппаратуры. В газодизельных двигателях для зажигания топливовоздушной смеси используется запальная порция дизельного топлива. Для дизелей, оснащенных современной топливной системой Common Rail, запальная порция дизтоплива составляет от 5-10 % на номинальном режиме до 30-40 % при малой нагрузке [3]. Широкое распространение газодизели и газовые двигатели получили на автомобильном транспорте в Аргентине, Пакистане и Бразилии [4] в виду низкой стоимости газомоторного топлива.

На Минском моторном заводе в 2016 году завершились эксплуатационные испытания газодизельных двигателей ГД-243, ГД-245.7, ГД-245.9, ГД-260.1 и MMZ-3LDG и освоено их серийное производство. Газодизельные двигатели ММЗ в газодизельном режиме в качестве газомоторного топлива используют КПГ (метан) с замещением на режиме номинальной мощности до 70 % дизельного топлива. Газодизельные двигатели ММЗ используются для установки на колесные тракторы, машины и оборудование для коммунального хозяйства. Малогабаритный двигатель MMZ-3LDG применяется на стационарных электроагрегатах, насосах и другом промышленном оборудовании. ВСХ газодизельных двигателей ММЗ приведены в таблице 4.

Таблица 4

ВСХ газодизельных двигателей ММЗ
при работе на дизельном топливе

Модель двигателя	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при n , мин ⁻¹									
					1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
MMZ-3LDG	26	3000	94	1800			12,2	15	17,7	19,7	21,7	23,6	25,2	25,7
ГД-243	60	2200	298	1600	24,6	33	42,5	50	54	57,5	60			
ГД-245.7	95,6	2200	422	1100	43,9	53	61,8	70,7	79,5	88,4	95,6			
ГД-245.9	100	2400	460	1400		54	67	77	85	91	96	100		
ГД-260.1	114	2100	622	1400	70	81	91	100	107	113				

Ульяновский моторный завод (УМЗ) для легких коммерческих автомобилей «Газель-Бизнес», «Газель-Некст» и «Соболь» выпускает битопливные (бензиново-газовые) рядные 4-цилиндровые двигатели 2,7-литровые А2755 Evotech и 3-литровые А3055 Evotech экологического класса Евро-5 с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием. ВСХ двигателей Ульяновского моторного завода приведены в таблице 5.

Таблица 5

ВСХ битопливных 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
А2755 Evotech	Бензин	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	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	
ЗМЗ-409052.10	Бензин	117,6	5000	245	4000	19	31,9	44,6	61,8	73,6	86	102,7	113

Заволжский моторный завод (ЗМЗ) выпускает битопливные двигатели – рядные 4-цилиндровые 16-клапанные двигатели ЗМЗ-409052.10 с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием, работающие на бензине и пропан-бутане и устанавливаемые на автомобили «Профи» Ульяновского автозавода, и V-образные 8-цилиндровые с распределенным впрыском ЗМЗ-5245.10, способные работать на бензине, КПГ или СНГ, которые устанавливают на автобусы ПАЗ-3205. ВСХ V-образных двигателей приведены в таблице 6.

Таблица 6

ВСХ битопливных V-образных двигателей ЗМЗ

Модель двигателя	Топливо	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при n , мин ⁻¹								
						1000	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2800	3000
ЗМЗ-5245.10	Бензин	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

Технические параметры отечественных битопливных и газовых двигателей, которые могут быть установлены на строительные машины, приведены в таблице 7.

Таблица 7

Технические параметры отечественных битопливных и газовых двигателей

Производитель, базовая модель	Число и положение цилиндров	Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	Рабочий объем, л	Номинальная эффективная мощность при частоте вращения			Максимальный крутящий момент при частоте вращения			Уд. расход Г/кВт·ч	Масса, кг
				кВт	л. с.	мин ⁻¹	Н·м	кгс·м	мин ⁻¹		
УМЗ А2755 Evotech	4РВ	96,5×92	2,69	78,5	107	4000	220	22,4	2500	250	178
УМЗ А3055 Evotech	4РВ	96,5×102	2,984	87,5	119	4000	250	25,5	2350	250	205
ЗМЗ-409052.10	4РВ	95,5×94	2,693	117,6	160	5000	245	25	4000	278,5	192
ЗМЗ-5245.10	8V90	92×88	4,67	101,8	138	3200	314	32	2600	283	268

Окончание табл. 7

MMZ-3LDG	3PB	87×90	1,6	26	35	3000	94	9,58	1700	84*	220
MMЗ ГД-243	4PB	110×125	4,75	60	81,6	2200	298	30,4	1600	68*	430
MMЗ ГД-245.7	4PB	110×125	4,75	95,6	130	2200	422	43	1100	66*	450
MMЗ ГД-245.9	4PB	110×125	4,75	100	136	2400	460	46,9	1400	66*	450
MMЗ ГД-260.1	6PB	110×125	7,12	114	155	2100	622	63,4	1400	66*	690
MMZ-262NG	6PB	110×140	7,98	100	136	2100	568	57,9	1500	194	900
MMZ-262NG.1	6PB	110×140	7,98	116	158	2100	659	67,2	1500	194	900
MMZ-262NG.2	6PB	110×140	7,98	132	180	2100	780	79,5	1400	194	900
MMZ-262NG.3	6PB	110×140	7,98	156	212	2100	925	94,3	1400	194	900
ЯМЗ-53444	4PB	105×128	4,43	103	140	2300	490	49,9	1200	179	460
ЯМЗ-53414	4PB	105×128	4,43	125	170	2300	590	60	1200	179	460
ЯМЗ-53504	4PB	110×135	5,13	154	210	2300	780	79,5	1200	210	540
ЯМЗ-53654	6PB	105×128	6,65	154	210	2300	800	81,5	1200	215,6	640
ЯМЗ-53644	6PB	105×128	6,65	192	261	2300	1099	112	1100	215,6	640
ЯМЗ-53624	6PB	105×128	6,65	211	287	2300	1148	117	1100	210,6	640
ЯМЗ-53604	6PB	105×128	6,65	229	311	2300	1236	126	1200	210,6	640
КАМАЗ-445.551-160	4PB	107×124	4,46	118	160	2300	600	61,2	1300	190	385
КАМАЗ-445.550-185	4PB	107×124	4,46	136	185	2300	650	66,3	1400	190	385
КАМАЗ-667.551-260	6PB	107×124	6,67	191	260	2300	1000	102	1300	190	575
КАМАЗ-667.550-290	6PB	107×124	6,67	213	290	2300	1100	112	1300	190	575
КАМАЗ-820.92-300	8V90	120×130	11,76	221	300	2200	1226	125	1500	204	860
КАМАЗ-689.551-320	6PB	114×144	8,88	235	320	2300	1200	122	1300	190	710
КАМАЗ-689.550-340	6PB	114×144	8,88	250	340	2300	1400	143	1300	190	710
КАМАЗ-950.53-350	6PB	132×158	12,97	257	350	1900	1700	173	1100	187	1130
КАМАЗ-950.52-400	6PB	132×158	12,97	294	400	1900	1800	183	1100	187	1130
КАМАЗ-950.51-430	6PB	132×158	12,97	318	430	1900	1900	194	1100	187	1130
КАМАЗ-950.10-450	6PB	130×150	11,95	331	450	1900	1850	189	1100	188	1170
КАМАЗ-950.50-460	6PB	132×158	12,97	338	460	1900	2000	204	1100	187	1130

Примечание: PB – рядное вертикальное; V90 – V-образное под углом 90°; уд. мин. расход – удельный минимальный расход СНГ; * – дизельного топлива при номинальной мощности в газодизельном режиме.

Важные преимущества и широкие перспективы строительные машины получают при установке на них газовых двигателей. Использование газовых двигателей обеспечивает снижение финансовых затрат в эксплуатации за счет более низкой стоимости газомоторного топлива и увеличение межсервисного интервала технического обслуживания. Ресурс двигателя, работающего на газе, увеличивается на 20-30 %. За счет более «мягкого» рабочего процесса уменьшается шум и вибрация. По сравнению с дизелем газовый двигатель обеспечивает значительное снижение выбросов вредных веществ в атмосферу с выхлопными газами.

Приведенные в статье технические параметры двигателей и их внешние скоростные характеристики при проектировании новой строительной техники позволяют обоснованно подобрать серийные современные экологически чистые газовые двигатели, рассчитать или подобрать агрегаты привода рабочего оборудования, определить кинематические и динамические параметры будущей машины в заданных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Данилов Р.Г., Андрюхов Н.М., Заколадкин В.И., Литвак П.И. Автотракторные двигатели строительных машин // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2024. – №2. –С. 41–51.
2. Данилов Р.Г., Заколадкин В.И., Малкин М.А., Литвак П.И., Заколадкин Е.И. Двигатели грузовых автомобилей и автобусов // Грузовик. – 2024. – № 11. –С. 3-10.
3. Синявский В.В., Шатров М.Г., Максимов И.В., Вакуленко А.В., Голубков Л.Н. Предложения по организации рабочего процесса автомобильного газодизеля // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 2 (36).
4. Юртаев Р.И. Применение газодизельных установок на дорожно-строительных машинах / Р.И. Юртаев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). –С. 275-277. – URL: <https://moluch.ru/archive/106/25105/> (дата обращения: 24.01.2025).

References

1. Danilov R.G., Andriukhov N.M., Zakolodkin V.I., Litvak P.I. Tractor engines of construction machinery // High technologies in the construction complex. – 2024. – No. 2. –pp. 41–51.
2. Danilov R.G., Zakolodkin V.I., Malkin M.A., Litvak P.I., Zakolodkin E.I. Engines of trucks and buses // Truck. – 2024. – № 11. –pp. 3–10.
3. Sinyavsky V.V., Shatrov M.G., Maksimov I.V., Vakulenko A.V., Golubkov L.N. Suggestions for organizing the workflow of an automobile diesel engine // Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura. – 2023. – № 2 (36).
4. Yurtaev R.I. Application of gas-diesel installations on road-building tires / R.I. Yurtaev. – Text: direct // Young scientist. – 2016. – № 2 (106). – Pp. 275-277. – URL: <https://moluch.ru/archive/106/25105/> (date of access: 24.01.2025).

УДК 621.436

*Воронежский государственный
технический университет
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
Студент дорожно-транспортного
факультета
Н.Т. Абдуллоев
Россия, г. Воронеж*

*Voronezh State
Technical University
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
Student of the Road and Transport
Faculty
N.T. Abdulloev
Russia, Voronezh*

Р.А. Жилин, Н.Т. Абдуллоев

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

В статье рассмотрены различные виды карьерных экскаваторов. Изложены характеристики данных машин, их конструктивные особенности и области применения. Описана значимость этих экскаваторов для развития промышленности и народного хозяйства. Проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных аналогов. Указаны моменты на которых стоит обратить внимание.

Ключевые слова: карьерные экскаваторы, одноковшовые экскаваторы, канатная система, гидравлическая система, гусеничный экскаватор, пневмоколесный экскаватор, драглайн, грейфер, производительность, безопасность жизнедеятельности.

R.A. Zhilin, N.T. Abdulloev

OVERVIEW OF MODERN MINING EXCAVATORS

The article examines various types of quarry excavators. The characteristics of these machines, their design features and areas of application are presented. The importance of these excavators for the development of industry and the national economy is described. A comparative analysis of domestic and foreign analogues is carried out. Points worth paying attention to are indicated.

Keywords: quarry excavators, single-bucket excavators, rope system, hydraulic system, crawler excavator, rubber-tired excavator, dragline, grab, productivity, life safety.

Важную роль на производстве земельных работ играют универсальные одноковшовые экскаваторы. Среди них особое положение занимает большая группа специальных горных и карьерных одноковшовых экскаваторов, которых применяют при разработки карьеров и добычи полезных ископаемых как подземным, так и открытым способом, для добычи сырья в энергетической отрасли, черной и цветной металлургии и других отраслей промышленности, а также для производства строительных материалов. Основные

конструктивные элементы рабочего оборудования экскаваторов являются общими, несмотря на немалое отличие в условиях использования. (рисунок 1)

Современное положение дел на рынке одноковшовых экскаваторов показывает устойчивый рост спроса на эту технику. Не смотря на это, следует отметить новые позитивные, с точки зрения рассматриваемого вопроса, тенденции, связанные с перераспределением спроса на вторичный рынок техники, развитие сервисных центров и интерес к специальному навесному оборудованию.[1]

Преимущественно популярными производителями карьерного оборудования, а именно производителей электрических канатных карьерных экскаваторов типа прямая лопата, предназначенных для выемки и погрузки в транспортные средства полезных ископаемых и пород на открытых разработках, считаются Caterpillar (США), P&H (США), Taiyuan Zhonggong (Китай), ПАО «Уралмашзавод» (Россия) и ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» (Россия).

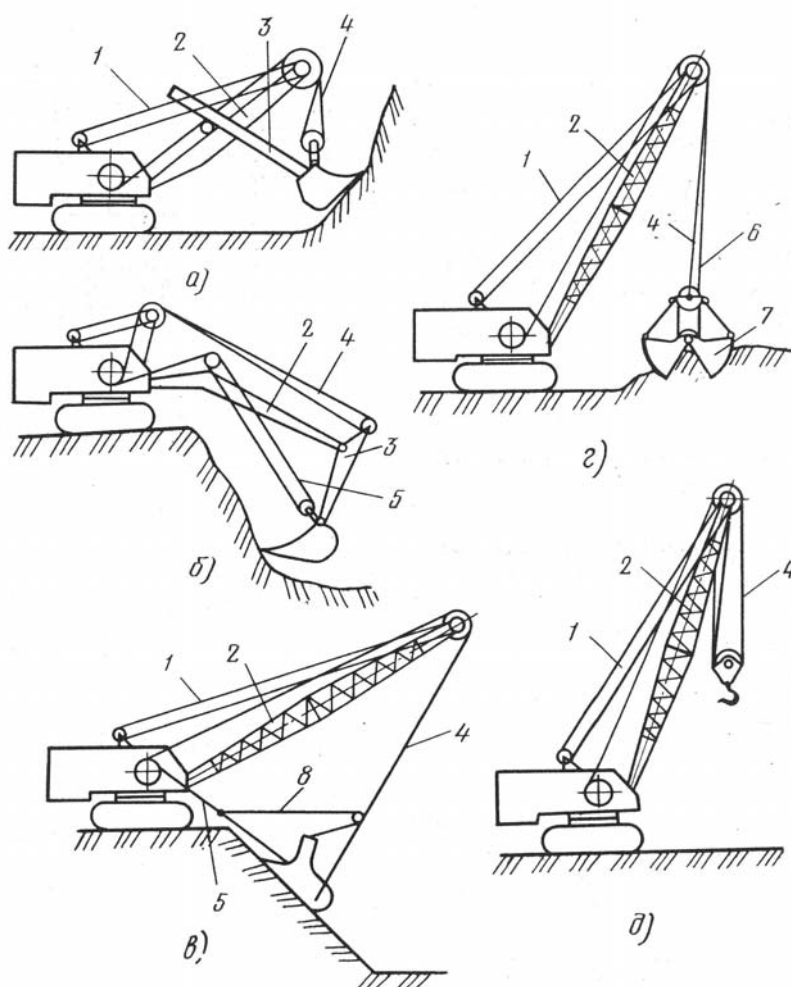


Рис. 1. Основные виды сменного оборудования одноковшовых экскаваторов с механическим приводом:
 а – прямая лопата; б – обратная лопата; в – драглайн; г – грейфер; д – кран;
 1 – стрелоподъемный канат; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 и 5 – подъемный и тяговый канаты;
 6 и 8 – замыкающий и опрокидной канаты; 7 – челюсти ковша грейфера

Назначение прямой лопаты: рыхлить, копать грунт (слои земли, горные породы и прочее) выше уровня расположения техники (рисунок 2).[2]

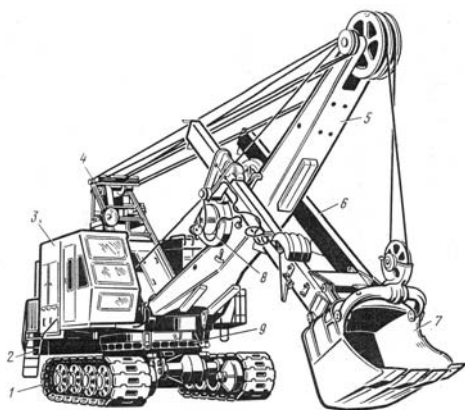


Рис. 2. Экскаватор Э-2503 (ЭО-7113)

Рабочее оборудование экскаватора состоит из стрелы, установленную на поворотной платформе и рукоять с ковшом. Ковш оборудован днищем с засовом, который через рычажную систему соединен с тросом, намотанным на барабан, установленный на валу электродвигатель. Применительно к типу привода, перемещение ковша и рукояти может быть:

- подвижным – опрокидывание ковша обеспечивают цилиндры (гидравлический);
- без движимым – выгрузка материала происходит через открывающееся днище ковша (механический).

Экскаватор с прямой лопатой. Этот вид землеройной машины особенно выгодно эксплуатировать при больших объемах работ. Без такой техники не будет эффективно работать ни одно горное предприятие. К преимуществам стоит назвать то, что при использовании этого вида экскаваторов, высота уступа может составлять десять-пятнадцать метров.[3]

Машины с прямой лопатой демонстрируют очень высокую эффективность, благодаря наличию надежной гидро-системы и высокому уровню прочности ковшей. Все это, дает возможность использовать эти машины в самых разных случаях, а именно, во время осуществления планировки, разработки и выравнивании площадок на всех видах грунтов.

Число выполняемых в одном цикле операций у прямой лопаты мало, а усилие копания – максимально среди всех видов основного рабочего оборудования, поэтому она считается наиболее производительной.

Основное использование прямой лопаты – разработка земных пород и загрузка материалов в технику.

Рабочий цикл прямой лопаты включает в себя:

- загрузку ковша материалом;
- поворот платформы по заданному вектору;
- подъем стрелы;
- выгрузку материала.

От экскаватора с обратной лопатой, эти машины отличаются тем, что у них на одну группу гидроцилиндров больше. А также тем, что их техническое обслуживание является более сложным.

Одноковшовый экскаватор является универсальной землеройной машиной, поэтому в его комплекте входит основное и дополнительное сменное рабочее оборудование.

Основным рабочим оборудованием одноковшового канатного экскаватора являются прямая и обратная лопаты, драглайн, кран, грейфер. Первые три типа рабочего оборудования – землеройные, причем главным из них является прямая лопата, а последние два используют для погрузочно-разгрузочных работ со штучными грузами (кран) и сыпучими материалами (грейфер).

Производить чистое срезание грунта на дне забоя, чтобы не планировать поверхность вспомогательными механизмами (бульдозерами и пр.), что ведет к существенным тратам времени;

Помимо прочего, экскаватор имеет весьма высокую ремонтпригодность, но ее ремонтом занимаются лишь специализированные сервисные центры, которые могут осуществить тщательное обследование электрической и механической составляющей экскаватора. При замене проблемных узлов и деталей не возникнет каких-либо проблем, поскольку все запасные части и съемные элементы конструкции довольно широко распространены.

Существенным недостатком одноковшовых горных экскаваторов безусловно является их сравнительно малая производительность, сравнивая, например, с многоковшовыми экскаваторами. Но данный тип горной машины, конечно же, отличается высокой мобильностью, малыми габаритами, что и делает одноковшовые экскаваторы востребованными повсеместно, какого бы вида работ не требовалось.

При создании и модернизации машин особое внимание уделяется повышению скорости и усилий рабочих органов, повышению производительности, снижению массы и металлоемкости [4-6].

Применяются экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, при планировке, разработке и выравнивании площадок на: слабых; средних; плотных грунтах.

В основном это такие виды разработок грунта в выемках, как:

- карьерные разработки и вскрышные работы;
- копание траншей.

Модель 2300ХРС (Рис. 4) с номинальной полезной нагрузкой 45 тонн применяется во всем мире для разработки медной и железной руды, угля, а также на золотых рудниках.

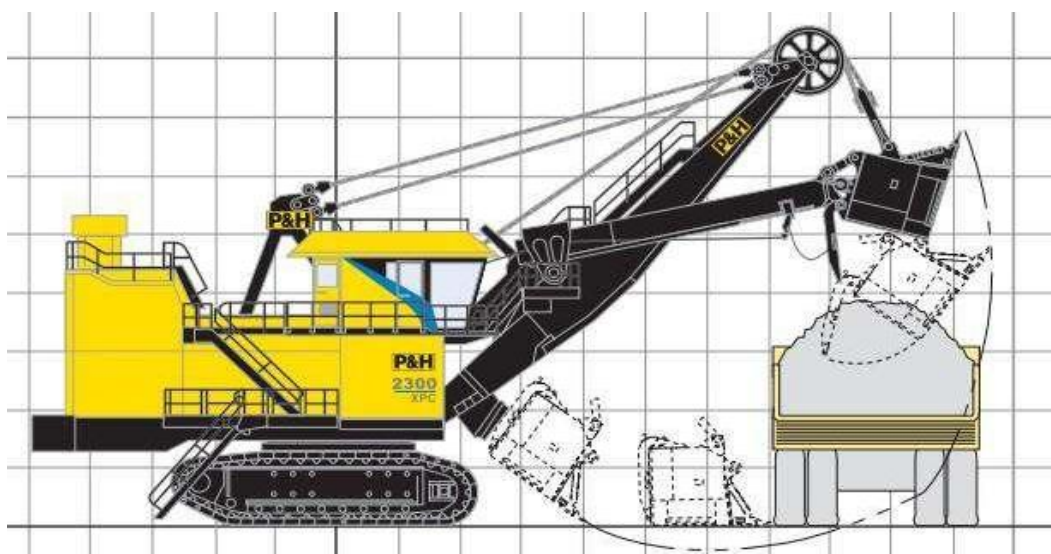


Рис. 4. Механизм открывания днища ковша (МОДК) карьерного экскаватора P&H 2300XPC Joy Global (США)

Ковши P&H Optima совмещают в себе неизменную производительность с большим сроком службы и легкостью в обслуживании. При помощи различных комбинаций конструкций корпуса и режущей кромки, а также других уникальных разработок P&H, ковши могут быть адаптированы к конкретным горно-геологическим и производственным требованиям предприятия. Дополнительно может быть заказан специальный комплект защиты от износа конструкций быстро изнашиваемых компонентов.

Регулируемый крутящий момент электродвигателя с приводом предназначены для надежного управления. Механизм открывания днища ковша данного экскаватора представляет собой однорычажную и безредукторную систему. Корпус рычагов приварен справа к корпусу рукояти. Имеет сварное днище ковша, за счет этого рычаг, расположенный на днище ковша, выходит за пределы петель днища,

Данная мера позволяет обеспечить необходимое передаточное отношение.

Достоинства:

- высокая надежность;
- простота конструкции;
- высокий срок службы

Недостатки:

- стальной канат;
- частая необходимость смазки оси рычагов;
- рукоять с приварным корпусом рычагов выходит за габаритные рамки транспортировки по ГОСТ 26653-2015.

Рассмотрим канатный одноковшовый карьерный экскаватор ЭКГ-10 (Рис. 3). Отличительными особенностями данной модели является следующее: в процессе подъема ковша усилие автоматически выравнивается. Благодаря подъемной лебедке стрелы, был существенно упрощен процесс ремонтно-монтажных работ. Главные механизмы экскаватора были оснащены колодочными тормозами, имеющими пневматический привод, который служит для разжатия колодок.



Рис. 3. Экскаватор ЭКГ-10

Экскаватор оснащен сварно-литым ковшом, имеющим самозатягивающиеся клиновые крепления зубьев, расположенных на передней режущей кромке. Днище ковша, свободно падающее с расставленными петлями, что исключает динамическое соприкосновение с рукояткой. Для повышения эффективности техники при отработке плохо взорванных и крупнокусковых пород из тяжелых скальных забоев, производитель оснастил модель реечным напорным механизмом с цельносварной стрелой коробчатого сечения и двух балочной рукояткой. Благодаря избыточному давлению в кузове, что достигается с помощью вентиляционных установок, все элементы и механизмы надежно защищены от пыли и других мелких частиц. Рукоятка и стрела экскаватора изготовлены из стали с повышенной прочностью, когда другие не менее важные элементы выполнены из легированной стали. В модели ЭКГ-10 была применена автоматическая система смазки, которая позволила существенно сократить затраты при техническом обслуживании техники. Главные механизмы экскаватора оснащены индивидуальным регулируемым электроприводом [7].

За рубежом отсутствуют нормативные документы, устанавливающие квалификационные признаки горных и карьерных экскаваторов. Там в основу выбора основных параметров положен принцип оптимального сочетания вместимости ковша с грузоподъемностью карьерного самосвала.

Однако современная мировая тенденция все же отдает предпочтение гидравлическим экскаваторам. Определим основные причины этого явления. На наш взгляд, это следующие:

- эргономика и дизайн. Компактность и конструкция гидравлического оборудования позволяют создавать эстетически более выигрышный внешний вид машины; технологические преимущества для производителей экскаваторов. Изготовление сложного гидравлического оборудования на специализированных предприятиях позволяет иметь изделия высокого качества и по достаточно низкой цене;

- удобство управления, возможность получения различных траекторий движения и точность позиционирования рабочего органа;

- возможность установки дополнительного оборудования динамического типа (гидромолот, ножницы и т.п.);

- более высокая производительность. При одинаковых объемах ковша, глубине копания и времени рабочего цикла дополнительная манипуляция непосредственно ковшом позволяет увеличить производительность экскаватора с рабочим органом прямая лопата, примерно, на 20 – 30% только за счёт более полного его наполнения.

В вопросах оценки конкурентоспособности одноковшовых экскаваторов отмечается, что конкурентоспособным будет тот экскаватор, который за счёт своих стоимостных и качественных характеристик в наибольшей мере соответствует требованиям рынка и потребительским оценкам. Оценка функционирования должна учитывать не только технические характеристики машины, но и экономические характеристики её функционирования. Для этого лучше всего подходит критерий удельных приведённых затрат. Для решения задачи повышения конкурентоспособности одноковшовых экскаваторов определены аргументы, которые влияют на минимизацию величины удельных приведённых затрат. К этим аргументам относится угол поворота ковша (угол, описывающий путь режущей кромки ковша при наполнении) и максимальная скорость движения режущей кромки ковша, то есть определяющими считаются аргументы, связанные с производительностью работы.

В рыночных условиях основным показателем является эффективность, поэтому предложено оценивать потенциал карьерного экскаватора через базовый коэффициент эффективности функционирования [Кэфф], который равен отношению полезной нагрузки в ковше к номинальному расходу экскаватора в нормальных условиях эксплуатации. Сравнивая экскаваторы по этому коэффициенту эффективности функционирования, следует выбирать модели с максимально высоким его значением. Данный коэффициент показывает количество выработанной горной массы посредством одной единицы энергии, затрачиваемой экскаватором при его работе. Очевидно, что для экскаваторов гидравлических, этот коэффициент определяется количеством топлива, расходуемого для выработки одной тонны. Предложенный коэффициент обратно пропорционален удельному расходу электроэнергии за цикл экскавации.

Однако стоимость энергии у автономных гидравлических экскаваторов (дизельное топливо) и канатных с электрическим приводом, подключаемых непосредственно к карьерной сети, имеет разную цену. Этот аспект необходимо учитывать при выборе модели карьерного экскаватора для конкретных условий эксплуатации. Коэффициент эффективности функционирования для гидравлических экскаваторов $K_{эфф}$ равен отношению полезной нагрузки в ковше к удельной энергоёмкости умноженной на объем ковша.

$$K_{эфф} = P_{ayload} / E_y V_k$$

где P_{ayload} – полезная нагрузка в ковше, т;

E_y – удельная энергоёмкость за цикл работы;

V_k – объем ковша.

Для расчета аналогичного коэффициента электрического экскаватора $K_{эфф.э}$, возьмем отношение полезной нагрузки в ковше, к номинальному расходу электроэнергии и определим его по формуле

$$K_{эфф.э} = P_{ayload} / W_{[о.н.]}$$

где: P_{ayload} – полезная нагрузка в ковше, т;

$[W_{о.н.}]$ – номинальный расход электроэнергии экскаватора в нормальных условиях эксплуатации.

Используя материалы исследований были получены интересующие нас значения базовых показателей эффективности функционирования карьерных экскаваторов

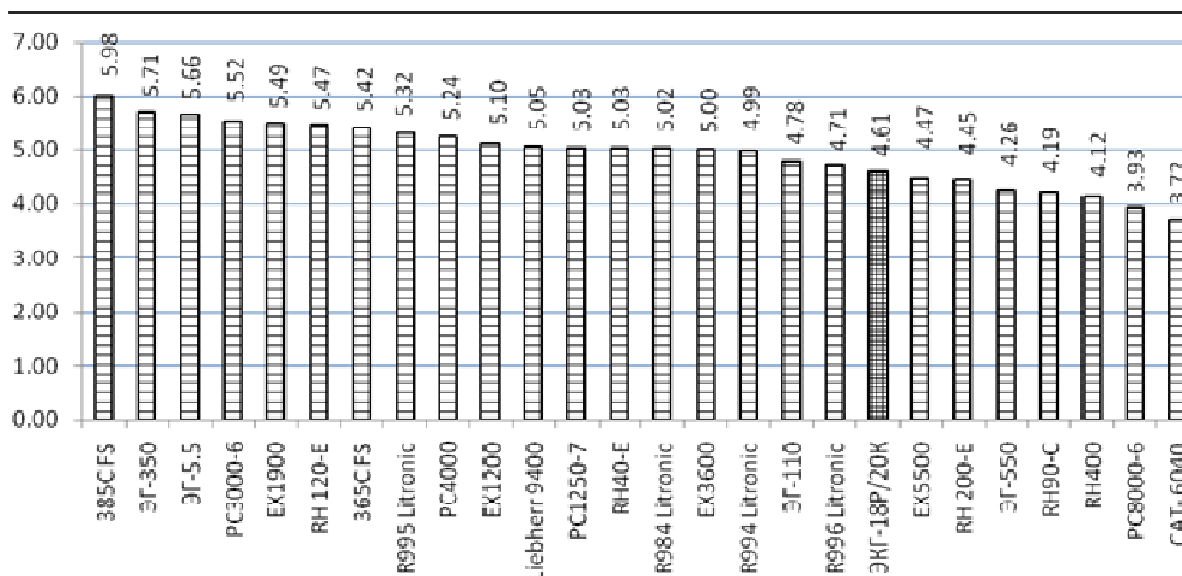


Рис. 4. Сравнение базовой эффективности функционирования экскаваторов

Сравнивая данные показатели, можно сделать вывод, что современные канатные экскаваторы линейки ЭКГ, Российского производства, в равных условиях эксплуатации способны конкурировать с экскаваторами импортного производства. При этом современный электрический карьерный экскаватор ЭКГ по этому показателю на 40 % уступает экскаватору ЭГ-150 и на 20 % превышает показатель экскаватора PC8000-6.

Очевидно, что для успешной конкурентной борьбы необходимо проведение модернизации канатных экскаваторов с рабочим органом обратная лопата. Источниками инновации в процессе модернизации канатного экскаватора могут быть:

- улучшение дизайнерской проработки конструкции.
- разработка системы управления поворотом ковша относительно рукоятки;
- разработка схемы дополнительного манипулирования ковшом (включая адаптацию траектории движения обратной лопаты к внешним условиям, как на участке копания, так и на участке разгрузки).

Решение этих вопросов позволит не только сохранить имеющуюся нишу экскаваторов с тросовой подвеской, но и значительно увеличить её границы [8].

Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций (газопроводов, электрокабелей и др.) допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций. До начала работ необходимо установить знаки, указывающие место расположения подземных коммуникаций.

Библиографический список

1. Соин, А. М. Исследование работы карьерных экскаваторов и разработка средств оценки изменения ресурса их деталей при модернизации : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Соин Алексей Михайлович. – Владикавказ, 2012. – 24 с.
2. Машины для разработки грунтов: лаб. практикум / Ю.М. Бузин, В.Л. Тюнин, Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015. – 66 с.
3. Макаров, В. В. Повышение эффективности работы мощных экскаваторно-автомобильных комплексов карьеров на базе экспертных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.22 / Макаров Владимир Валерьевич. – Екатеринбург, 2006. – 24 с.
4. Строительная энциклопедия. Конструкции цепного экскаватора [Электронный ресурс] - Режим доступа : bibliotekar.ru
5. Жулай В. А., Тюнин В. Л., Щиенко А. Н. Аналитическое определение положения максимума тяговой мощности колесной землеройно-транспортной машины // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 1. С. 325-331.
6. Нилов В. А., Жулай В. А., Тюнин В. Л. Разгрузка рабочего оборудования прямая лопата гидравлического экскаватора при копани грунта // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 1. С. 332-338.
7. Рабочее оборудование экскаватора [Электронный ресурс] - Режим доступа : втораяиндустриализация.рф
8. Безопасность при работе с экскаваторами <https://tech-rent.ru/tehnika-bezopasnosti-pri-rabote-na-ekskavatore/>

References

1. Soin, A. M. Study of quarry excavator operation and development of tools for assessing changes in the service life of their components during modernization: author's abstract. dis. ... candidate of technical sciences: 05.05.06 / Soin Aleksey Mikhailovich. - Vladikavkaz, 2012. - 24 p.
2. Soil development machines: lab. workshop / Yu. M. Buzin, V. L. Tyunin, Voronezh GASU. - Voronezh, 2015. - 66 p.
3. Makarov, V. V. Improving the efficiency of powerful excavator-automobile complexes of quarries based on expert systems: author's abstract. dis. ... candidate of technical sciences: 25.00.22 / Makarov Vladimir Valerievich. - Ekaterinburg, 2006. - 24 p.
4. Construction encyclopedia. Chain excavator designs [Electronic resource] - Access mode: bibliotekar.ru
5. Zhulai V. A., Tyunin V. L., Shchienko A. N. Analytical determination of the maximum traction power position of a wheeled earthmoving and transport vehicle // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2025. No. 1. pp. 325-331.
6. Nilov V. A., Zhulai V. A., Tyunin V. L. Unloading of working equipment with a straight shovel of a hydraulic excavator when digging soil // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2025. No. 1. pp. 332-338.
7. Excavator working equipment [Electronic resource] - Access mode: втораяиндустриализация.рф.
8. Safety when working with excavators <https://tech-rent.ru/tehnika-bezopasnosti-pri-rabote-na-ekskavatore/>

*Воронежский государственный
технический университет
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
Магистранты дорожно-транспортного
факультета Г.М. Картавцев, В.С. Ходцев
Россия, г. Воронеж*

*Voronezh State
Technical University
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
Master's students of the Road and Transport
Faculty G.M. Kartavcev, V.S. Hodcev
Russia, Voronezh*

Р.А. Жилин, Г.М. Картавцев, В.С. Ходцев

ПОРТАТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА

В статье изложены основные моменты истории модернизации двигателя Стирлинга. В статье рассматриваются перспективы и актуальность применения двигателя Стирлинга. Представлена модернизация действующей модели. Выявлены достоинства и недостатки изобретения.

Ключевые слова: двигатель Стирлинга, двигатель внешнего сгорания, модернизация Стирлинга.

R.A. Zhilin, G.M. Kartavcev, V.S. Hodcev

PORTABLE STIRLING ENGINE

The article outlines the main points of the history of modernization of the Stirling engine. The article discusses the prospects and relevance of using the Stirling engine. The modernization of the current model is presented. The advantages and disadvantages of the invention are revealed.

Keywords: Stirling engine, external combustion engine, Stirling modernization.

Двигатели внешнего сгорания известны уже более 200 лет. В сентябре 1816 года был впервые запатентован шотландским священником Робертом Стирлингом (английский патент № 4081). КПД двигателя Стирлинга различных модификаций обычно не превышало 7 процентов. Поэтому гонку в повышении мощности эти двигатели с оглушительным треском проиграли еще в конце 19 века, когда при попытке увеличения мощности была создана машина с диаметром цилиндра 4,2 метра. Испытание показало, что создаваемая мощность составляет менее 100 лошадиных сил, при этом огневые камеры уже прогорели, а судно, на котором были установлены эти двигатели, затонуло.

В настоящее время о двигателях внешнего сгорания стали говорить, как о реальной альтернативе двигателям внутреннего сгорания. Этому есть вполне обоснованные предпосылки. Согласно теоретическим расчетам КПД двигателя Стирлинга может достигнуть 70 процентов. Использование новых материалов, правильный выбор параметров, современная обработка и доводка каждой детали позволили уже на экспериментальных образцах обеспечить КПД 39 процентов. Для сравнения, КПД современных бензиновых двигателей 28–30, а дизелей – 32–35 процентов.

Первоначальный вариант, представленный Стирлингом, несравним с современными двигателями внутреннего сгорания. Это действительно так, но его модернизация позволяет найти своё применение в настоящем, меняя наше представление о будущем.

В предыдущих исследованиях была подробно рассмотрена работа двигателя внешнего сгорания [1–3]. Была создана действующая модель, обеспечивающая постоянный поток воздуха вблизи установки (Рис. 1). В процессе моделирования наряду с рядом достоинств – доступность материалов и дешевизна, выявились и трудности – герметизация рабочих элементов для снижения потерь и сложность подбора достаточно эластичного материала для вакуумной мембраны.

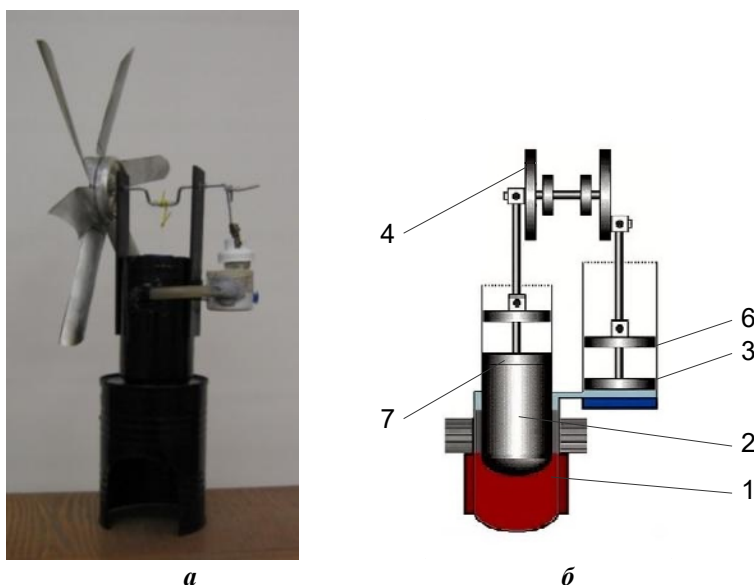


Рис. 1. Двигатель Стирлинга: а – лабораторная модель; б – схема двигателя;
1 – источник тепла, 2 – рабочее тело первого контура, 3 – регенератор, 4 – кривошип,
5 – маховое колесо, 6 – мембрана, 7 – поршень

Дальнейшая модернизация должна была нивелировать недостатки данной модели и подразумевала включение в конструкцию электрогенератора, работающего от момента вращения кривошипа (Рис. 2, 3).

В конструкцию модернизированного двигателя Стирлинга включены (Рис. 2): 1) подставка двигателя, 2) концентратор тепла, 3) поршень, 4) каркас поршня, 5) заглушка цилиндра, 6) резервуар для охлаждающей жидкости, 7) цилиндр 8) соединительные трубки, 9) подставка рабочего цилиндра, 10) рабочий цилиндр, 11) вакуумная мембрана, 12) шатун поршня, 13) шатун рабочего цилиндра, 14) подшипник, 15) маховик, 16) вал, 17) приводной ремень, 18) мотор-генератор, 19) подставка мотор-генератора.

Полученная модель двигателя подходит для преобразования любого вида тепловой энергии в электрическую. Так же применение данной модели может даже составить в некоторых случаях конкуренцию существующим в настоящее время тепловым генераторам.

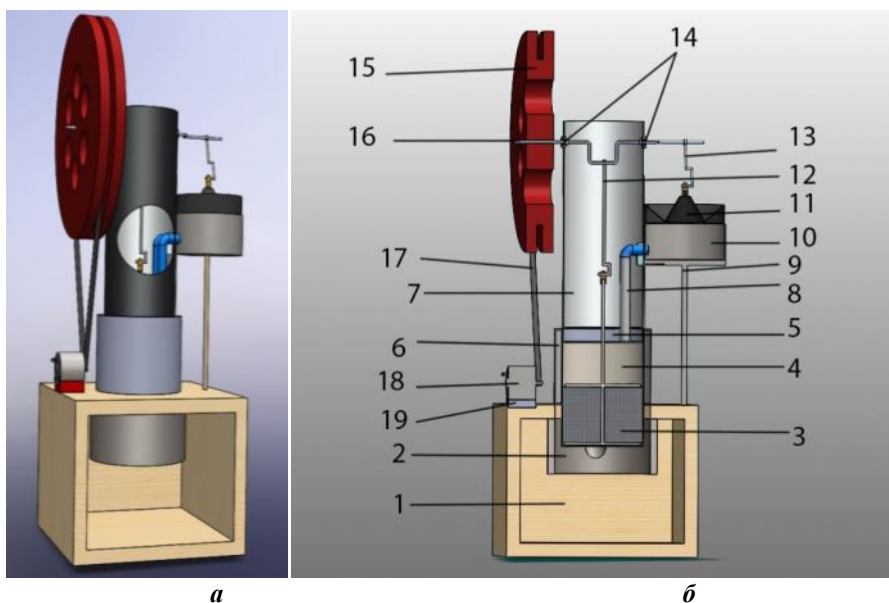


Рис. 2. Модель модернизированного двигателя Стирлинга: общий вид (а), вид в разрезе (б)

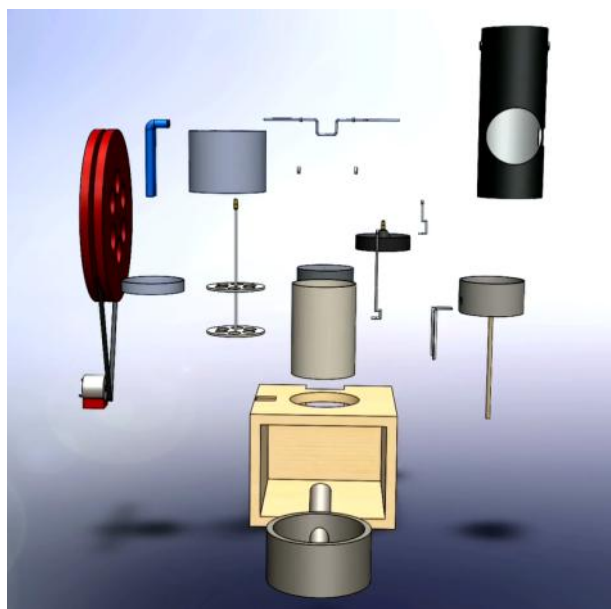


Рис. 3. Детализовка модернизированного двигателя Стирлинга

Область применения представленного модернизированного двигателя Стирлинга относится в первую очередь к использованию в качестве генератора в местах, где получение электроэнергии сопряжено с определёнными трудностями. Например, экспедициях, туристических походах, а также в условиях, не позволяющих применение других видов компактных генераторов.

К основным достоинствам проекта относятся: экономичность и более высокая, чем у двигателей внутреннего сгорания экологичность (рабочим телом двигателя может служить любая жидкость или газ, движущийся в замкнутом объёме); хорошая реакция на низкие температуры; компактность и бесшумность работы; имеется возможность повышения мощности устройства при наращивании количества цилиндров или сделать механизм модульным и увеличивая число двигателей увеличивать мощность; можно использовать различные источники тепла, начиная с традиционного органического топлива и заканчивая энергией радиоактивного распада и солнечной радиации.

Библиографический список

1. Жилин Р.А. Особенности моделирования двигателя Стирлинга / Жилин Р.А., Картавец Г.М., Ходцев В.С. // Высокие технологии в строительном комплексе. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2022. № 1. С. 64-67.
2. Современный двигатель Стирлинга: историческая справка, серийные генераторы – <https://dzen.ru/media/alter220/sovremennyi-dvigatel-stirlinga-5ea70424007c871a15903471>.
3. Сравнительный анализ применения двигателя Стирлинга и дизельного генератора в системах электроснабжения – <https://moluch.ru/archive/112/28503/>.
4. Кириллов Н.Г. Новое перспективное направление в области двигателестроения – <https://www.sovmash.com/node/98html>.
5. Агуреев И.Е., Ахромешин А.В. Моделирование межциклового неидентичности рабочих процессов в поршневых двигателях внутреннего сгорания // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 1. С. 229–235.
6. Петраков Д., Принцип работы электрогенератора на базе двигателя Стирлинга – <https://www.youtube.com/watch?v=gr33Src7M0Y>.

References

1. Zhilin R.A. Peculiarities of Stirling engine modeling / Zhilin R.A., Kartavtsev G.M., Khodtsev V.S. // High Technologies in Building Complex. Voronezh: Voronezh State Technical University. 2022. № 1. С. 64-67.
2. Modern Stirling engine: historical background, serial generators - <https://dzen.ru/media/alter220/sovremennyi-dvigatel-stirlinga-5ea70424007c871a15903471>.
3. Comparative analysis of the use of a Stirling engine and a diesel generator in power supply systems - <https://moluch.ru/archive/112/28503/>.
4. Kirillov N.G. A new promising direction in the field of engine building – <https://www.sovmash.com/node/98html>.
5. Agureev I.E., Akhromeshin A.V. Modeling of inter-cycle non-identity of work processes in reciprocating internal combustion engines // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2010. No. 1. pp. 229-235.
6. Petrakov D., The principle of operation of an electric generator based on a Stirling engine – <https://www.youtube.com/watch?v=gr33Src7M0Y>.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р. техн. наук, проф. заведующий кафедрой
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
В.А. Жулай,
студент группы НТС-231 А.И. Гетман
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5286
e-mail: zhulai@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Doctor of technical sciences, professor, head of
the chair of construction machinery and engi-
neering mechanics of a name of professor
N.A. Ulyanov V.A. Zhulai,
student of the NTS-231 group A.I. Getman
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 207-22-20
доб. 5286
e-mail: zhulai@cchgeu.ru*

В.А. Жулай, А.И. Гетман

КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

В статье проведён анализ универсальных рабочих органов одноковшовых экскаваторов, предназначенных для разработки грунтов. Выявлена наиболее рациональная конструкция рабочего органа, состоящая из ковша двустороннего действия и шарнирно закреплённой задней стенки.

Ключевые слова: одноковшовый экскаватор, рабочий орган.

V.A. Zhulai, A.I. Getman

DESIGNS OF UNIVERSAL WORKING EQUIPMENT FOR HYDRAULIC EXCAVATORS

The article analyzes the universal working bodies of single-bucket excavators designed for soil mining. The most rational design of the working body, consisting of a double-acting bucket and a hinged rear wall, has been identified.

Keywords: hydraulic excavator, working body.

Тенденция расширения области использования гидравлических экскаваторов реализуется в основном за счёт применения различных видов сменного рабочего оборудования [1, 2]. Применение различных сменных рабочих органов оказывается целесообразно при реализации возможности быстрой замены одного органа другим. В настоящее время эта операция отнимает не менее 30-40 минут и осуществляется в основном вручную.

Развитие рабочего оборудования гидравлических экскаваторов показывает, что можно ожидать преимущественного развития адаптирующегося оборудования. Целью установки такого оборудования является механизация труда и уменьшение времени перехода с одной технологической операции на другую. Это оборудование имеет традиционные рабочие органы, но с возможностью их переналадки применительно к конкретному виду земляных работ.

Рассмотрим имеющиеся патенты и технические решения по развитию универсальных рабочих органов землеройных машин многоцелевого назначения.

Известна конструкция рабочего органа двухстороннего действия (патент Японии № 50-25242) который состоит из ковша 1, без задней стенки, смонтированного на рукояти 2 (рис. 1.)

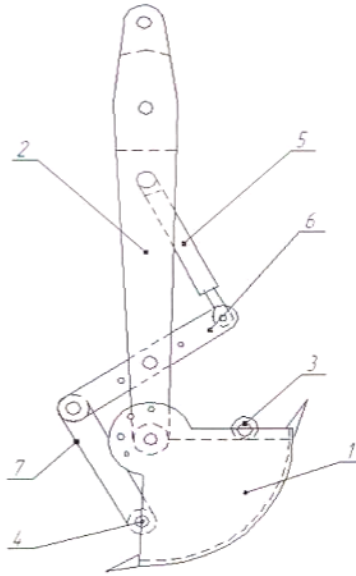


Рис. 1. Конструкция рабочего органа двухстороннего действия

Задняя стенка сделана подвижной относительно ковша 1 и может фиксироваться в зависимости от назначения рабочего органа при помощи проушин 3 и 4.

Управление ковшом 1 производится гидроцилиндром 5 через двухплечий рычаг 6 тягу 7. Тяга 7 при работе оборудованием прямой лопаты фиксируется проушиной 3 вместе с задней стенкой, или на проушине 4 при работе оборудованием обратной лопаты.

К недостаткам данной конструкции следует отнести невозможность работы ее в грейферном режиме, и захвата штучных грузов.

Известно рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора по патенту на полезную модель RU 189553 [5] (рис. 2), содержащее рукоять 5, шарнирно соединенный с ней ковш 1, имеющий с двух сторон рабочие кромки и выполненный монолитно с рычагами 2, а также, гидроцилиндр поворота ковша 4, тяги 3, шарнирно соединенные с гидроцилиндром поворота ковша и рукоятью.

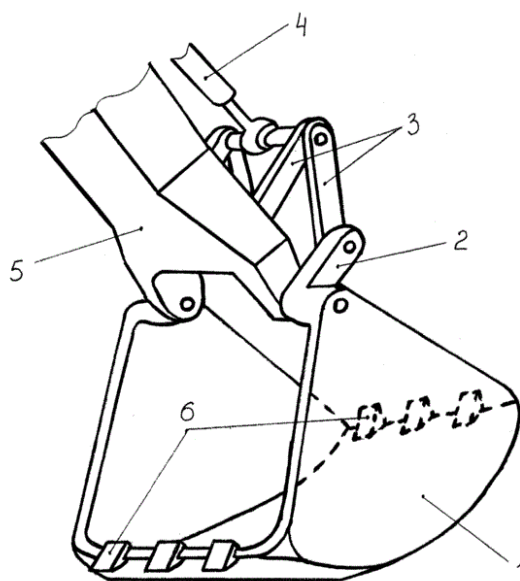


Рис. 2. Универсальный ковш

Недостатком данной конструкции является отсутствие задней стенки ковша, что не позволяет полностью использовать объем ковша при погрузочных работах.

Известно рабочее оборудование экскаватора по патенту на полезную модель RU 110389 [6] (рис. 3), содержащее стрелу 1, рукоять 2, ковш 3, выполненный с шарнирно установленной на оси 4 и размещенной между боковыми стенками 5 подвижной задней стенкой 6, перемещение которой ограничивается упорами 7, закрепленными на боковых стенках, причем днище 8 ковша имеет округлую форму и оснащено двумя режущими кромками 9, закрепленными на торцах днища, гидроцилиндры поворота стрелы 10, рукояти 11 и ковша 12, а также тяги 13 и 14.

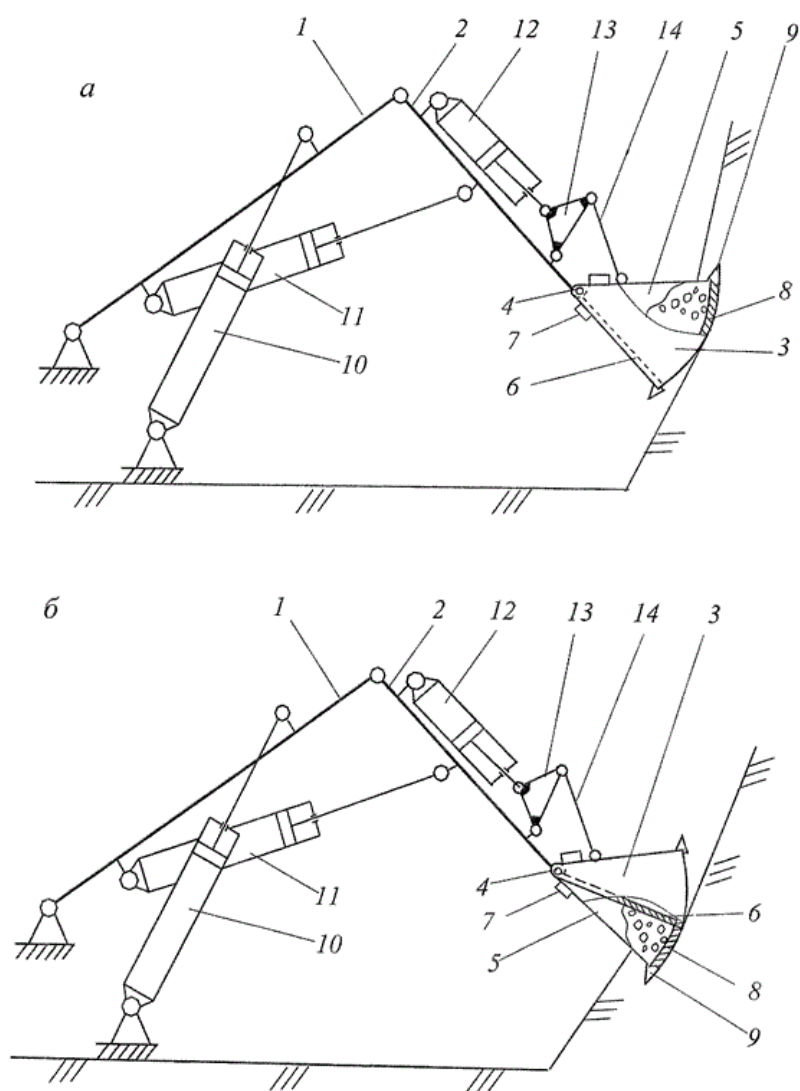


Рис. 3. Универсальный ковш с подвижной задней стенкой

Недостатком данного устройства является высокая вероятность заклинивания подвижной задней стенки ковша вследствие деформации ее при загрузке твердых пород, а также, вероятность налипания влажного грунта, что также способствует заклиниванию подвижной задней стенки, тем самым уменьшая объем грунта, перемещаемого ковшом.

Технической задачей следующего изобретения является повышение производительности одноковшового гидравлического экскаватора путем создания универсального рабочего оборудования, объединяющего в себе свойства прямой и обратной лопат и исключая возможность налипания грунта на днище и заднюю стенку ковша.

Предложенная конструкция рабочего оборудования одноковшового экскаватора [7] (рис. 4) выполнено с возможностью работы в качестве прямой и обратной лопат. В верхней части ковша между боковыми стенками расположена ось, на которой размещена задняя стенка, выполненная в виде поворотной рамки. Днище 4 выполнено из цепных звеньев. Оно состоит из нескольких цепей, соединенных между собой и с рамкой в продольном и поперечном направлениях таким образом, чтобы образовывать гибкое полотно.

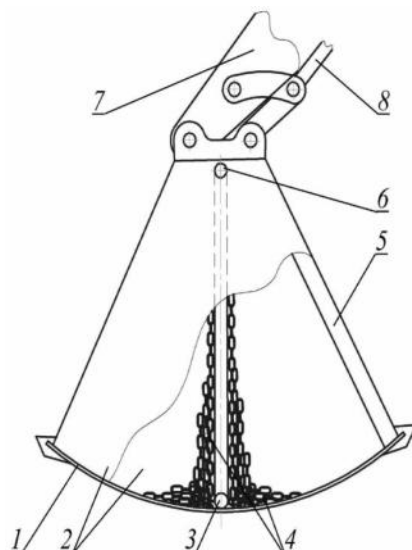


Рис. 4. Универсальное рабочее оборудование одноковшового экскаватора

Недостатками такого универсального ковша являются невозможность работы со скальными грунтами и неполное использование рабочего объема ковша.

Следующее универсальное рабочее оборудование (рис. 5) включает в себя: рукоять 1 и ковш, содержащий боковые стенки 6, козырек 7 на котором с двух сторон расположенные зубья 8, задней стенки 9, которая крепится на боковых стенках и приводится в движение гидроцилиндром 2 закрепленном на стреле.

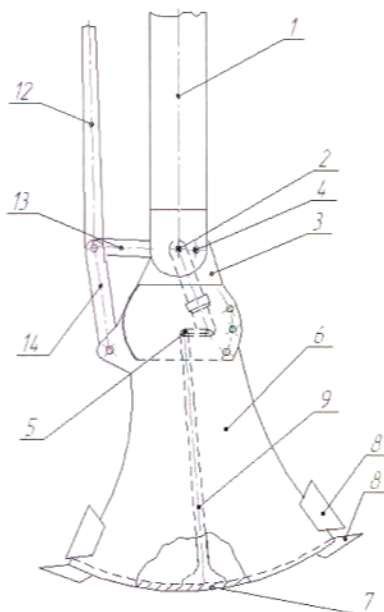


Рис. 5. Предложенная конструкция рабочего органа

Из всех рассмотренных технических решений наибольший интерес представляет рабочий орган, изображенный на рис. 5. Он выполнен в виде экскаваторного ковша двухстороннего действия. Такой ковш без переналадки может работать как прямой, так и обратной лопатой. Но и он в свою очередь имеет негативные моменты, выражающиеся в следующем:

- низкая эффективность при работе с липкими грунтами
- просыпание грунта в виду отсутствия днища
- затирание тыльной стороной козырька о разрабатываемую среду
- невозможность захвата штучных грузов, а также сменных рабочих органов и работа с ними.

Указанные недостатки устраняет предлагаемая конструкция рабочего органа двухстороннего действия, конструкция которого представлена на рис. 1.8.

Предлагаемое рабочее оборудование включает в себя: рукоять 1 и ковш, который содержит боковые стенки 2, козырек 3 на котором с двух сторон расположенные зубья 4, задней стенки 5 которая крепится на боковых стенках и приводится в движение гидроцилиндром 6 закрепленном на стреле.

Предлагаемое рабочее оборудование является оборудованием многоцелевого назначения и служит для расширения технологических возможностей одноковшовых гидравлических экскаваторов. Оно может быть использовано при выполнении следующих технологических операций:

- работа обратной лопатой;
- работа прямой лопатой;
- захват штучных грузов;
- захват разрыхлительного грунта.

Предлагаемое техническое решение может существенно повысить эффективность использования рабочего оборудования гидравлических экскаваторов: ликвидировать затирание тыльной стороной козырька о поверхность грунта; работать с захваченным сменным рабочим органом; осуществлять захват штучных длинномерных грузов; производить принудительную выгрузку грунта; осуществлять чистку боковых стенок и козырька ковша от налипшего грунта.

Ознакомление с тенденциями развития конструкций универсальных рабочих органов одноковшовых экскаваторов, предназначенных для разработки грунтов, показало, что перспективным является разработка адаптирующегося оборудования.

Исходя из этого, был проведен анализ технических решений по данному направлению, который показал, что показал широкое разнообразие подходов, решающих проблему многоцелевого оборудования. Все они направлены на расширение технологических возможностей гидравлических экскаваторов и совершенствование их рабочего оборудования.

Выводы

Однако в ходе анализа использования универсальных рабочих органов одноковшовых экскаваторов, предназначенных для разработки грунтов, выявлены ряд недостатков, которые сводятся к следующему:

- усложнению конструкции;
- снижению срока эксплуатации;
- увеличению массы рабочего оборудования;
- снижению эффективности при работе с липкими грунтами;
- продолжительной переналадке при смене рабочего оборудования.

Библиографический список

1. Хмара Л.А. Синтез новых технических решений рабочих органов землеройных машин интенсифицирующего действия. В сборнике: Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. Материалы международной научно-технической конференции. 2008. С. 196 - 198.
2. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Щетилов К.С., Жидких Н.С. Варианты технических решений рабочего оборудования прямая лопата одноковшовых экскаваторов. Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. №2. С. 107 - 112.
3. Нилов В.А., Жулай В.А., Тюнин В.Л., Е.В. Федоров Устройство для разгрузки металлоконструкции стрелы гидравлического экскаватора. Известия ТулГУ. Технические науки. – 2024. – Вып. 5. – С. 508 – 512.
4. Нилов В.А., Жулай В.А., Тюнин В.Л., Е.В. Федоров Напряженно-деформированное состояние стрелы гидравлического экскаватора при работе с управляемой опорой. Известия ТулГУ. Технические науки. – 2024. – Вып. 7. – С. 511 – 514.
5. Патент на полезную модель RU 189553. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора. Архипов В.В. Опубл. 28.05.2019. Бюл. № 16.
6. Патент на полезную модель RU 110389. Рабочее оборудование экскаватора. Кожушко Г.Г., Комиссаров А.П., Шестаков В.С. Опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32.
7. Пат. RU 2 783 447. Универсальное рабочее оборудование одноковшового экскаватора. Маслеников О.А. Опубл. 14.11.2022 Бюл. № 32.

References

1. Khmara L.A. Synthesis of new technical solutions for the working bodies of earthmoving machines of intensifying action. In the collection: Problems of operation and maintenance of transport and technological machines. Materials of the international scientific and technical conference. 2008. pp. 196-198.
2. Zhulai V.A., Tyunin V.L., Ishchenko A.N., Shchetilov K.S., Zhidkikh N.S. Variants of technical solutions for working equipment straight shovel of single-bucket excavators. High technologies in the construction complex. 2019. No.2. pp. 107 - 112.
3. Nilov V.A., Zhulai V.A., Tyunin V.L., E.V. Fedorov Device for unloading the metal structure of the boom of a hydraulic excavator. Tula State University Bulletin. Technical sciences. - 2024. - Issue 5. - P. 508 - 512.
4. Nilov V.A., Zhulai V.A., Tyunin V.L., E.V. Fedorov Stress-strain state of the hydraulic excavator boom when working with a controlled support. Bulletin of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - Issue. 7. - P. 511 - 514.
5. Utility model patent RU 189553. The working equipment of a single-bucket hydraulic excavator. Arkhipov V.V. Publ. 05.28.2019. Issue No. 16.
6. Utility model patent RU 110389. The working equipment of the excavator. Kozhushko G.G., Komissarov A.P., Shestakov V.S. Publ. 11.20.2011. Byul. No. 32.
7. Pat. RU 2 783 447. Universal working equipment of a single-bucket excavator. Maslennikov O.A. Publ. 11.14.2022 Issue No. 32.

УДК 621.878.25

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
В.А. Жулай;
Ст. преп. кафедры строительной техники
и инженерной механики имени профессора
Н.А. Ульянова
Е.В. Кожакин;
студент гр. ПТС-211, С.С. Москалев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90,
e-mail: kozhakin-e@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., head of the chair of con-
struction machinery and engineering mechan-
ics of a name of professor N.A. Ulyanov
V.A. Zhulai;
Chief lecturer of the chair of construction ma-
chinery and engineering mechanics of a name
of professor N.A. Ulyanov
E.V. Kozhakin;
a student gr. PTS-211, S.S. Moskalev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-70-66-90,
e-mail: kozhakin-e@mail.ru*

В.А. Жулай, Е.В. Кожакин, С.С. Москалев

НАВЕСНОЙ РАБОЧИЙ ОРГАН АВТОГРЕЙДЕРА

В статье рассмотрено устройство для повышения силы тяги и производительности автогрейdera за счет применения навесного сменного рабочего органа, представляющего собой ротор, состоящий из цилиндрического барабана, на поверхности которого равномерно по окружности размещены лопатки-грунтозацепы, как дополнительный к ведущим колесам тяговый механизм.

Ключевые слова: автогрейдер, ходовое оборудование.

V.A. Zhulai, E.V. Kozhakin, S.S. Moskalev

DETERMINATION OF BASIS FUNCTIONS TO CALCULATE THE MODE TRANSVERSE VIBRATIONS SILENUS WHOLE AUTONOMOUS OTORA

A device for increasing the traction force and performance of a motor grader through the use of a hinged replaceable working body, which is a rotor consisting of a cylindrical drum, on the surface of which blades-lugs are evenly placed around the circumference, as an additional traction mechanism to the driving wheels.

Keywords: motor grader, running equipment.

Технико-экономические показатели автогрейdera в большей степени зависят от эффективности взаимодействия пневматических шин колесного движителя с обрабатываемой средой, так как 80–85 % общего времени работы машины приходится на наиболее тяжелый – тяговый режим, результативность которого в свою очередь, определяется, геометрическими параметрами шин.

Тягово-сцепные качества колесных машин зависят от таких показателей как: размеры, расположение и насыщенность грунтозацепов, диаметр наружный и внутренний, ширина профиля, основные виды деформаций, давление воздуха [1, 2].

В ряде случаев для повышения силы тяги колесного движителя, машины оборудуются сдвоенными колесами, однако сдваивание колес вызывает дополнительные потери энергии на преодоление сопротивлений качению. Ввиду разных сопротивлений при качении колес на поворотах и разных радиусов из-за износа шин и давления воздуха в них возникает кинематическое несоответствие. Вследствие этих и ряда других причин сдвоенные колеса не нашли применения на автогрейдерах. Некоторые колесные тяговые машины для защиты и повышения сцепления шин с опорной поверхностью оснащаются цепями противоскольжения и зацепами. Шины оснащенные цепями, применяются, главным образом на карьерной пневмоколесной спецтехнике, эксплуатируемой в специфических условиях – погрузчиках, автосамосвалах, работающих на твердых абразивных поверхностях. Использование цепей противоскольжения и защиты от абразивного износа на автогрейдерах не практикуется, за исключением тех случаев, когда они работают в забоях, рудниках и бездорожье[3,4].

В результате интенсивного взаимодействия шин с опорной поверхностью они подвергаются быстрому износу и снижению сил сцепления, что приводит к сокращению срока службы, увеличению расхода топлива, снижению производительности и других технико-экономических показателей машины. Стоит отметить, что стоимость шин в общих эксплуатационных расходах составляет значительную часть.

Один из возможных способов, способствующих увеличению срока службы и силы тяги шин автогрейдера за счет снижения буксования может быть реализован с помощью сменного рабочего органа, содержащего ротор с лопатками-грунтозацепами (в дальнейшем – грунтозацепы), устанавливаемого консольно на переднем мосту машины (рис. 1).

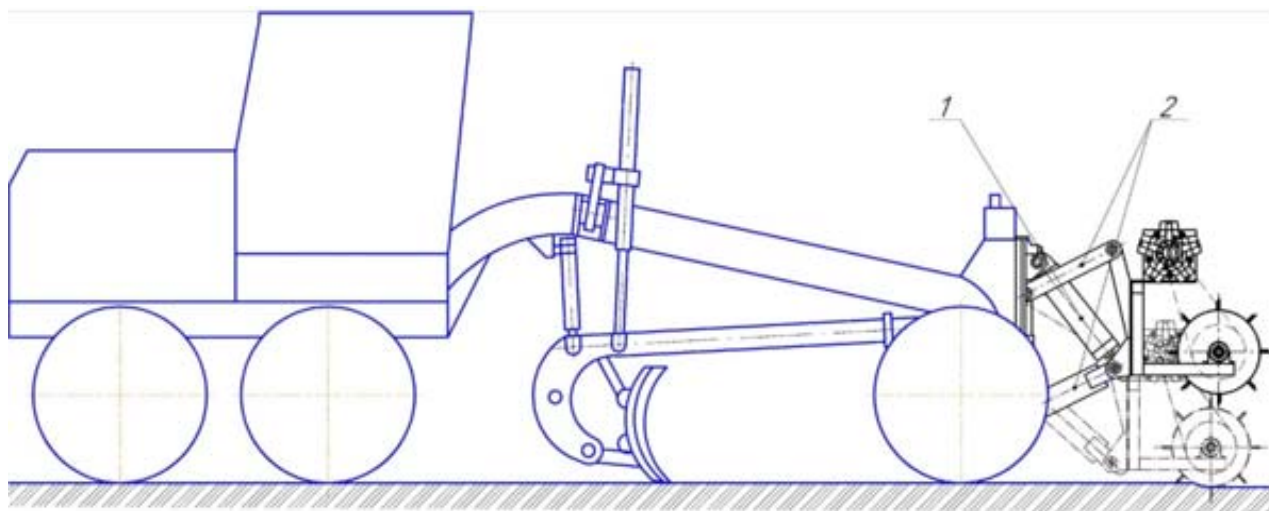


Рис. 1. Автогрейдер с навесным оборудованием:
1 – силовой гидроцилиндр; 2 – система рычагов

Рабочий процесс автогрейдера с навесным оборудованием происходит следующим образом: включается первая рабочая передача, и, при максимальной подаче топлива в цилиндры двигателя, автогрейдер начинает движение и после завершения разгона начинается рабочий процесс – резание и перемещение грунта отвалом совместно с приведенным в действие ротором, создающим грунтозацепами эффект тягача.

Так как радиусы взаимодействия грунтозацепов ведущего колеса автогрейдера и грунтозацепов ротора разнятся, то для работы рабочего органа, как тягача, окружная скорость грунтозацепов v_2 принимается такой, чтобы условная поступательная скорость v_o оси ротора была несколько выше скорости v_a движения автогрейдера. При такой скорости v_2 происходит срыв грунта грунтозацепами, обеспечивая этим максимальную силу тяги и активное рыхление грунта. Рассматривая ротор, как дорожную фрезу, можно, задаваясь значениями v_2 и v_o в зависимости от грунтовых условий, регулировать высоту грунтозацепов (глубину погружения) и, следовательно, величину тягового усилия, развиваемого ими.

При $v_2 > v_a$, высоту h грунтозацепов рассчитывают по формуле, m

$$h = \frac{36v_o}{n \cdot i}, \quad (1)$$

где n – частота вращения грунтозацепов, c^{-1} ;

i – количество грунтозацепов.

Отсюда следует: чем меньше значение отношения v_o/n или v_o/v_2 , тем меньше величина глубины погружения грунтозацепов; если скорость движения автогрейдера постоянна, глубина погружения грунтозацепов уменьшается при увеличении частоты вращения ротора и числа грунтозацепов.

Для создания грунтозацепами наибольшей силы тяги значение отношения v_a/v_o должно быть максимальным.

Мощность, Bm , необходимая для привода ротора складывается из двух основных составляющих: мощности N_1 , расходуемой на резание грунта грунтозацепами и мощности N_2 , потребляемой на перемещение ротора

$$N_1 = l \cdot h \cdot v_a \cdot k_p, \quad (2)$$

где l – длина грунтозацепа, m ;

v_o – скорость поступательного движения ротора (автогрейдера), m/c ;

k_p – сопротивление грунта резанию, H/m^2 .

Значение коэффициента сопротивления грунта резанию в расчетах принимают в пределах: 0,7 – 0,8; 1,3 – 1,4; 2,0 – 2,2 соответственно для грунтов I, II, III категорий.

$$N_2 = 0.7 \cdot k_n \cdot N_1, \quad (3)$$

где k_n – поправочный коэффициент, принимаемый в пределах 0,15 – 0,2.

Суммарная мощность, с учетом потерь на преодоление сил трения и привод ротора, может быть определена приближенно по формуле, Bm ,

$$N = \frac{0.8(N_1 + N_2)}{\eta}, \quad (4)$$

где η – КПД передачи, равный 0,95 – 0,98.

Библиографический список

1. Илларионов С. Г., Бакатин Ю.П. Инновации в конструкциях автогрейдеров и их влияние на эффективность работы // Наука и техника в дорожной отрасли, № 2. 2014, С. 37 – 41.
2. Мукушев Ш.К., Филиппи В.В. Обзор конструкций современных автогрейдеров. Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". № 6(46)2015 С. 24-28.

3. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Митяев А.В., Князев С.Б. Модернизация ходового оборудования тягача полуприцепного грейдер-элеватора // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 195-201.

4. Жулай В.А., Устинов Ю.Ф., Тюнин В.Л., Кожакин Е.В. Датчик осевого усилия в конструкциях с шаровым шарниром строительных машин // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях. 2020. С.169-173.

References

1. Illarionov S. G., Bakatin YU.P. Innovatsii v konstruktsiyakh avtogreyderov i ikh vliyaniye na effektivnost' raboty // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli, № 2. 2014, S. 37 – 41.

2. Mukushev SH.K., Filippi V.V. Obzor konstruktsiy sovremennykh avtogreyde-rov. Nauchnyy retsenziruyemyy zhurnal "Vestnik SibADI". № 6(46)2015 S. 24-28

3. Zhulay V.A., Tyunin V.L., Mityayev A.V., Knyazev S.B. Modernizatsiya khodovogo oborudovaniya tyagacha polupritsepnogo greyder-elevatora // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokiye tekhnologii. Ekologiya. 2017. № 1. S. 195-201.

4. Zhulay V.A., Ustinov YU.F., Tyunin V.L., Kozhakin Ye.V. Datchik oseвого usiliya v konstruktsiyakh s sharovym sharnirom stroitel'nykh mashin // Energo-resursosberegayushchiye tekhnologii i oborudovaniye v dorozhnoy i stroitel'noy otraslyakh. 2020. S.169-173.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строи-
тельной техники и инженерной механики
В.А. Жулай;
Канд. техн. наук, доцент,
декан дорожно-транспортного факультета
В.Л. Тюнин;
Магистр дорожно-транспортного
факультета А.А. Давыдов;
Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29*

*Voronezh State
Technical University Dr.Sci.Tech., prof., head
of the chair of building engineering
and engineering mechanics
V.A. Zhulai;
Cand. of Tech. Science, Associate prof.,
dean of the Faculty of Road Transport
V.L. Tyunin;
Master of the road and transport faculty
A.A. Davydov;
Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29*

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.А. Давыдов

ПРИМЕНЕНИЕ СДВОЕННЫХ КОЛЁС НА ТЯГАЧЕ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований с колёсным тягачом землеройно-транспортной машины при работе в тяговом режиме на различных грунтовых опорных поверхностях со сдваиванием ведущих колёс. Сделан вывод о том, что использование сдваивания ведущих колёс целесообразно в тяговом режиме работы на слабонесущих грунтах.

Ключевые слова: сдвоенные колёса, тягач, тяговая характеристика.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.A. Davidov

THE USE OF TWIN WHEELS ON A TRACTOR OF AN EARTH-MOVING VEHICLE

The article presents the results of experimental studies with a wheeled tractor of an earthmoving and transport vehicle when operating in traction mode on various ground bearing surfaces with twin driving wheels. It is concluded that the use of twin driving wheels is advisable in traction operation on low-bearing soils.

Key words: twin wheels, tractor, traction characteristics.

В конструкции землеройно-транспортных машинах (ЗТМ) используются два типа ходового оборудования: колёсное и гусеничное. Колёсные машины имеют ряд преимуществ перед гусеничными: высокий ресурс, возможность развивать высокие транспортные скорости, значительное снижение металлоёмкости конструкции и эксплуатационных расходов. Кроме того, колёсное оборудование позволяет перемещаться машине по дорогам общего пользования при перебазировке. Однако у колёсного ходового оборудования есть и недостаток: невозможность полного использования сцепного веса из-за малого пятна контакта с опорной поверхностью.

Сдваивание ведущих колёс - один из способов повысить тяговую способность колёсных машин. Исследования показывают, что использование сдвоенных колёс на сельскохозяйственных тракторах позволяет улучшить тяговые показатели, снизить расход топлива и уменьшить уплотнение почвы [2, 3, 4]. Однако у такого решения есть и недостатки: сдваивание колёс увеличивает габариты машины, радиус поворота и износ шин.

Чтобы сохранить преимущества сдвигания ведущих колёс и минимизировать негативные факторы, предлагается устанавливать дополнительные колёса меньшего диаметра (рис. 1).

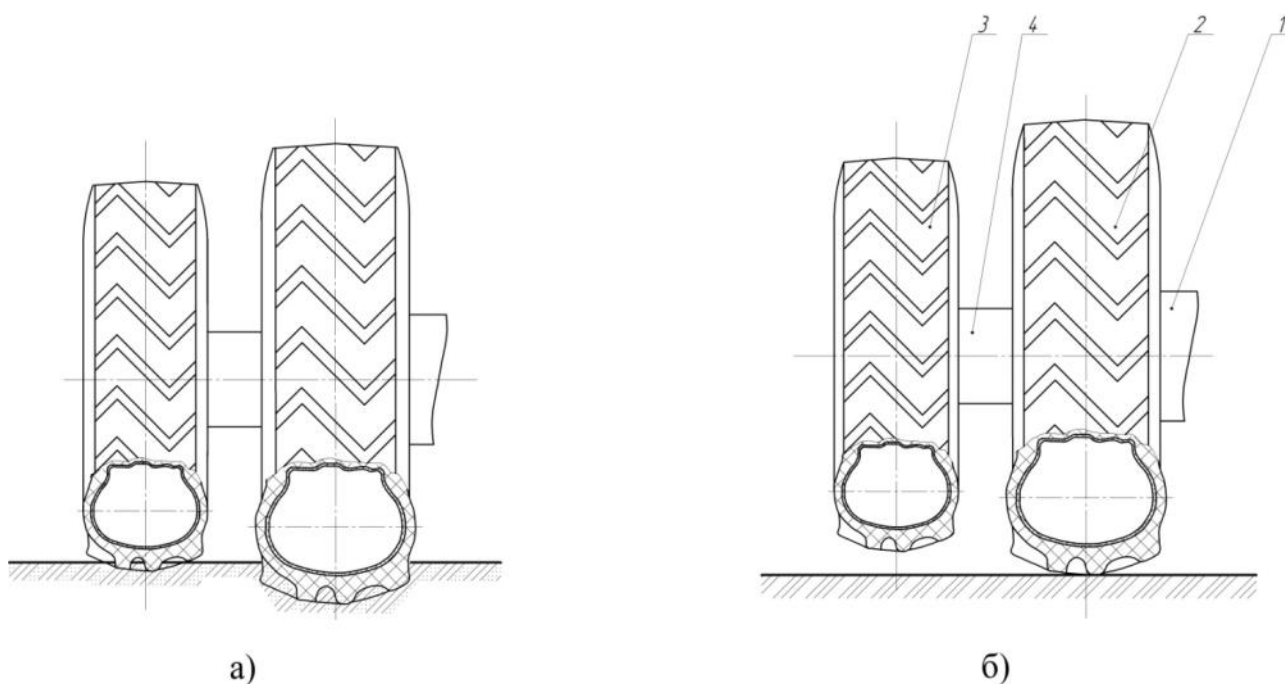


Рис. 1. Сдвоенные ведущие колёса разного диаметра при движении по деформирующейся а, и твёрдой опорной поверхности б: 1 – ступица колеса; 2 – основное колесо с пневматической шиной; 3 – дополнительное колесо с пневматической шиной меньшего диаметра; 4 – соединительный диск.

При движении по деформирующейся опорной поверхности (рис. 1, а) основное ведущее колесо «закапывается» в грунт, и в контакт с опорной поверхностью вступает дополнительное колесо, что увеличивает силу тяги ЗТМ. При движении по твёрдой опорной поверхности (рис. 1, б) не соприкасается с ней, что снижает сопротивление качению и устраняет износ дополнительного колеса.

В ходе проведения экспериментальных исследований были изучены тяговые характеристики и топливная экономичность колесного трактора Т-150К, который применяется как базовая машина для агрегатирования различного прицепного и навесного оборудования землеройно-транспортной техники. В ходе эксперимента на заднюю ось трактора были смонтированы дополнительные колеса меньшего диаметра. При этом передний ведущий мост был отключён. Управление торможением осуществлялось с помощью специальной динамометрической тормозной установки [5], которая позволила точно контролировать процесс буксования и проводить необходимые измерения тяговых характеристик. Такая конфигурация позволила исследовать эффективность работы трактора как с дополнительными колёсами, так и в штатном режиме, что дало возможность получить сравнительные данные о тяговых и топливно-экономических показателях машины.

Оценка тяговых качеств проводилась как с дополнительными колёсами, так и без них (штатные колёса с шинами 21.3-24Р мод. ФД-14А с наружным диаметром 1400 мм, дополнительные – 14.00-20 мод. Я-307 с наружным диаметром 1220 мм). Для измерения показателей использовался комплект мобильной цифровой аппаратуры разработанной для проведения экспериментальных исследований динамических процессов в ЗТМ [6, 7, 8], состоящий из: системы датчиков; модуля ввода L-CARD E14-140; узла коммутации с автономным источником питания и энергонезависимого персонального компьютера типа notebook с «жестким» диском формата SDD.

В качестве опорных поверхностей выступали: песок (1...2 ударов, массовая влажность 9,8...12,3 %); рыхлый грунт (3...5 ударов, массовая влажность 15,5...16,0 %); плотный грунт (12...14 ударов ударником ДОРНИИ, массовая влажность 11,3...12,7 %).

На песке (рис. 2), где дополнительные колёса сразу входят в контакт с грунтом ($\delta = 0$, $T = 0$), параметры тяговой характеристики тягача с дополнительными колёсами выше, чем без дополнительных колёс. Максимальная сила тяги по сцеплению T_{max} больше на 13%, тяговая мощность N_{max} больше на 25%, тяговый КПД η_{max} больше на 9,4%, удельный тяговый расход топлива g_{Tmax} меньше на 21%.

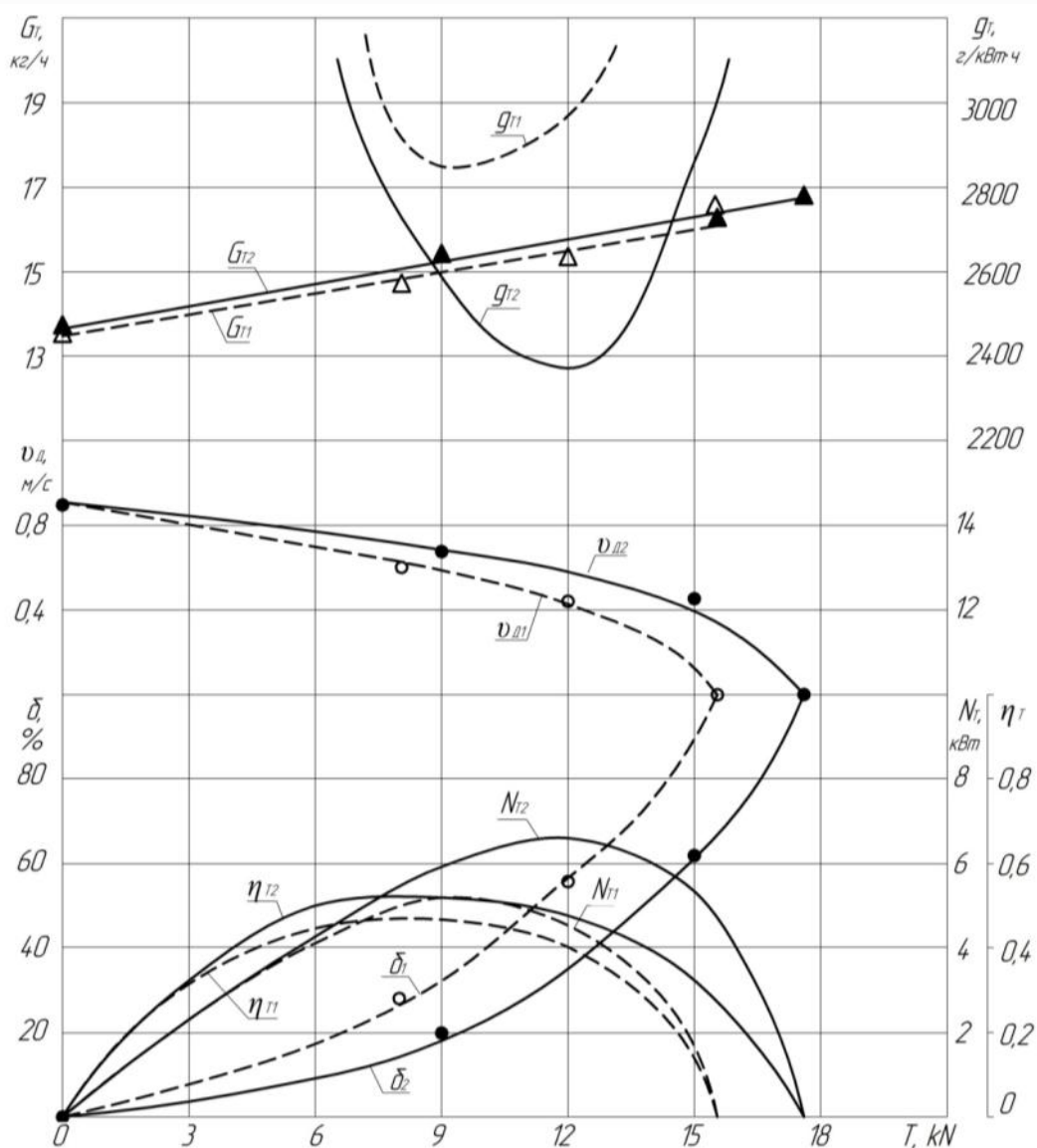


Рис. 2. Экспериментальная тяговая характеристика тягача на песке без дополнительных колёс (индекс 1) и с дополнительными колёсами (индекс 2)

На рыхлом грунте (рис. 3) дополнительные колёса меньшего диаметра входят в контакт с грунтом при буксовании $\delta = 2,5\%$ или при силе тяги $T = 6$ кН, поэтому все параметры тяговой характеристики выше чем без них.

Так максимальная сила тяги по сцеплению T_{max} больше на 7,7%, максимум тяговой мощности N_{max} больше на 14%, максимум тягового КПД η_{max} больше на 3,5%, а минимум удельного расхода топлива g_{Tmax} меньше на 13%.

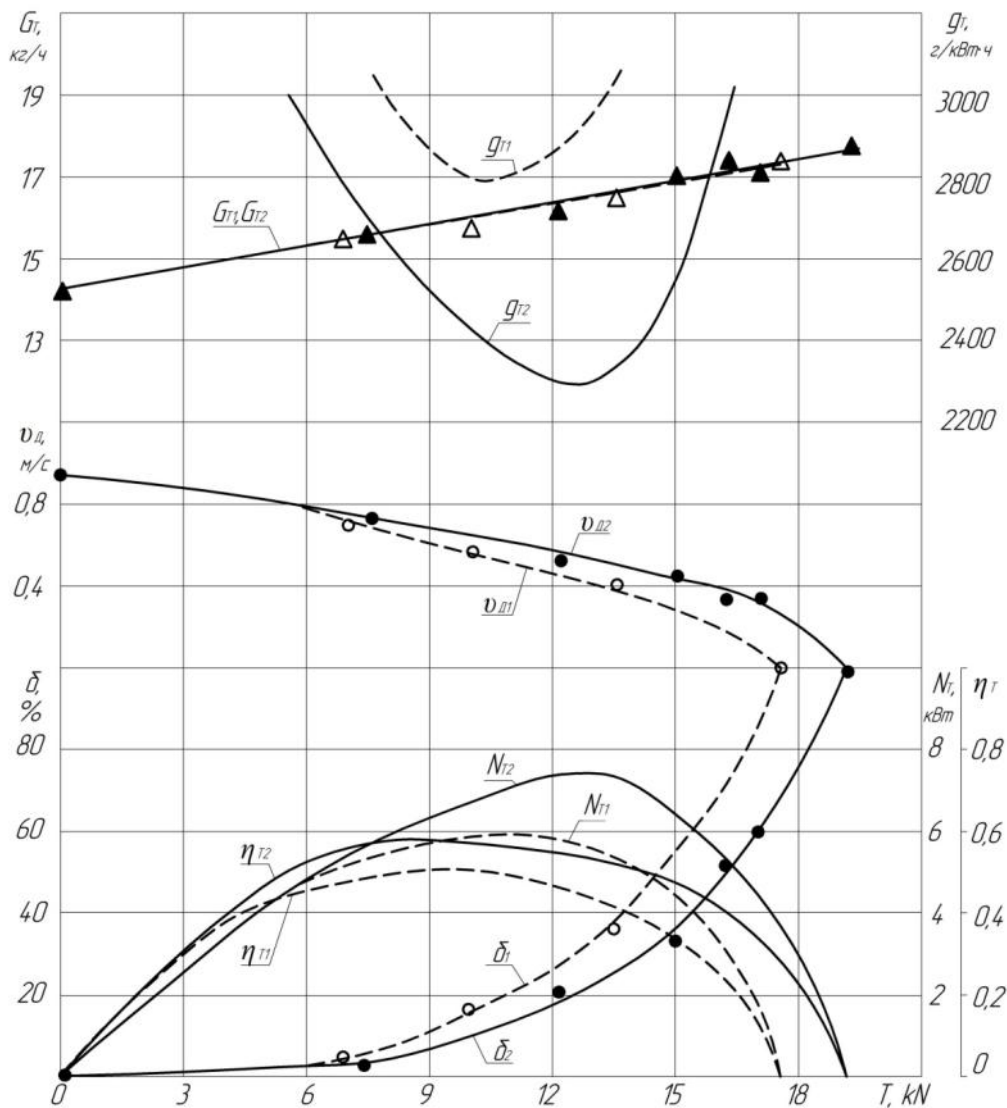


Рис. 3. Экспериментальная тяговая характеристика трактора на рыхлом грунте без дополнительных колёс (индекс 1) и с дополнительными колёсами (индекс 2)

На плотном грунте (рис. 4) основные параметры тяговой характеристики трактора с дополнительными колёсами практически равны параметрам характеристики трактора без дополнительных колёс. Тяговая мощность N_{max} , тяговый КПД η_{max} и удельный тяговый расход топлива g_{max} у трактора с дополнительными колёсами и без них равны. Только максимальная сила тяги по сцеплению T_{max} больше на 4,7%.

Полученные результаты показывают что дополнительные колеса меньшего диаметра начинают входить в контакт с грунтом только при буксовании δ около 20% и силе тяги $T \approx 13$ кН, и с дальнейшим увеличением силы тяги пятно контакта меньших шин увеличивается, что приводит к увеличению силы тяги по сцеплению движителя в целом.

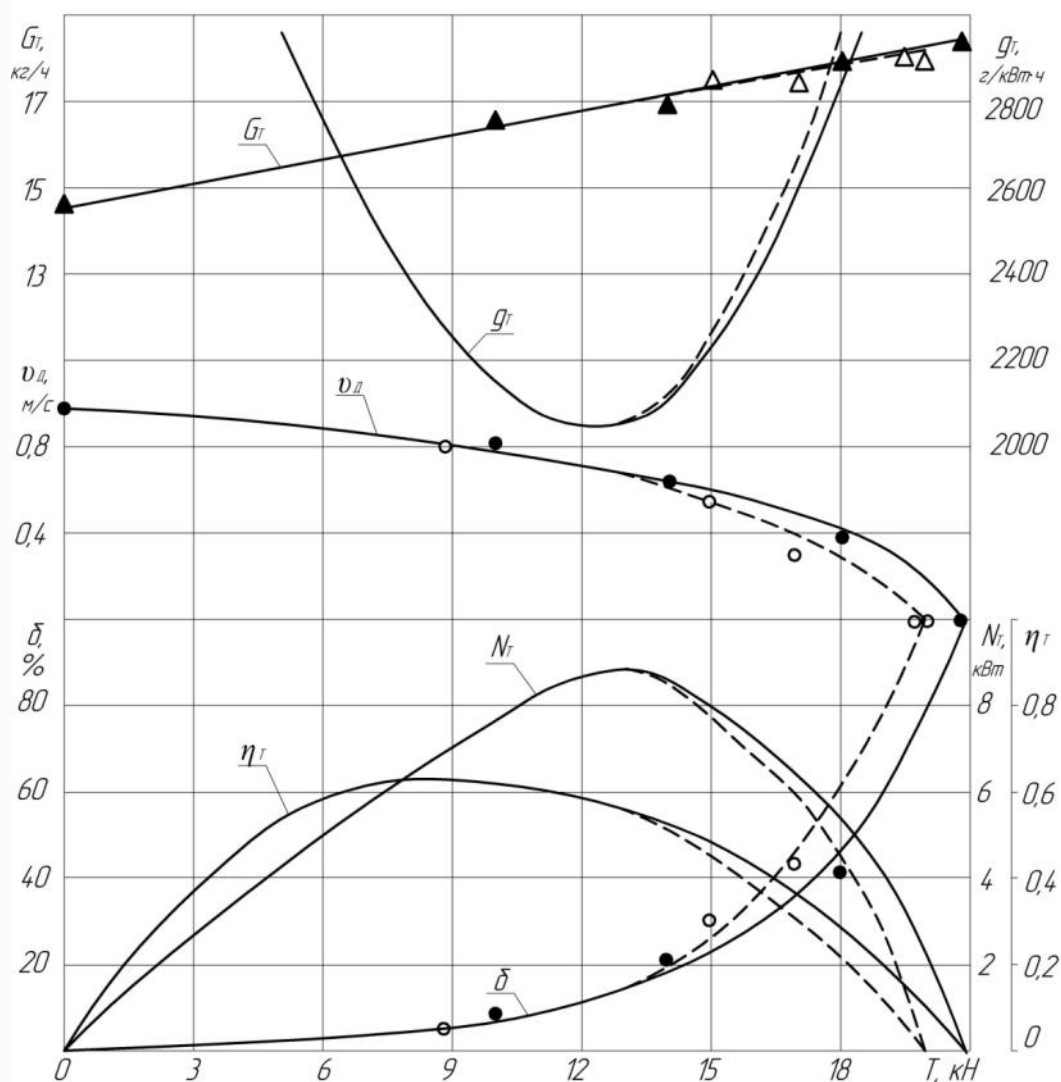


Рис. 4. Экспериментальная тяговая характеристика на плотном грунте без дополнительных колёс (индекс 1) и с дополнительными колёсами (индекс 2)

Модернизация ходовой части землеройно-транспортных машин путем установки дополнительных колес меньшего диаметра на ведущие мосты позволяет не только увеличить тяговые свойства за счёт увеличения площади контакта с грунтом, но и существенно улучшить эксплуатационные характеристики: более эффективно распределить вертикальную нагрузку, повысить устойчивость на различных типах опорных поверхностей, улучшить управляемость при неравномерном нагружении на рабочем органе.

Таким образом, использование дополнительных и сдвоенных колес представляет собой эффективное техническое решение, позволяющее значительно расширить возможности землеройно-транспортных машин и повысить качество выполняемых работ.

Библиографический список

1. Доценко А.И. Машины для земляных работ: учебник для студентов вузов / А.И. Доценко, Г.Н. Карасёв, Г.В. Кустарёв, К.К. Шестопапов. – М.: «Издательский Дом «БАСТЕТ», 2012. – 688 с.

2. Фролова Г.Н. Исследование тягово-сцепных свойств трактора МТЗ-82 со сдвоенными колёсами при криволинейном движении в условиях Дальнего Востока. Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – Благовещенск, 2004.
3. Кузнецов Н.А. Повышение эффективности использования агрегатов с трактором РТ-М-160 путем улучшения его тягово-сцепных свойств. Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – Челябинск, 2007.
4. Андрианов А.В. Повышение технико-экономических показателей колёсного трактора совершенствованием движителя при выполнении весенних полевых работ (на примере ХТЗ-150К-09). Дисс. ...канд. техн. наук. – Челябинск, 2015.
5. Ульянов Н.А. Тормозная установка для тяговых испытаний землеройно-транспортных машин / Н.А. Ульянов, Л.Х. Шарипов. – В кн.: Исследование и расчёт строительных и дорожных машин, вып. 2. Воронеж, Изд-во ВГУ, 1975, с. 114-118.
6. Жулай В.А. Комплект мобильной цифровой аппаратуры для обеспечения проведения экспериментальных исследований землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, А.В. Василенко, В.Л. Тюнин, А.В. Крестников // Механизация строительства. 2015 № 8. с. 14-16.
7. Никулин П.И. Исследование колесного движителя с крупногабаритными шинами на специальном стенде / П.И. Никулин, В.Л. Тюнин, Р.С. Солодов // Механизация строительства. 2007, №4. с. 8-10.
8. Жулай В.А. Экспериментальные исследования тяговых качеств колесного тягача землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко // Строительные и дорожные машины. 2019, №12. с. 20-23.

References

1. Dotsenko A.I. Machines for earthworks: a textbook for university students / A.I. Dotsenko, G.N. Karasev, G.V. Kustarev, K.K. Shestopalov. Moscow: BASTET Publishing House, 2012– 688 p.
2. Frolova G.N. Investigation of traction properties of MTZ-82 tractor with twin wheels during curved movement in the conditions of the Far East. The abstract. diss. ...Candidate of Technical Sciences. Blagoveshchensk, 2004.
3. Kuznetsov N.A. Improving the efficiency of using units with the RT-M-160 tractor by improving its traction properties. The abstract. diss. ...Candidate of Technical Sciences. Chelyabinsk, 2007.
4. Andrianov A.V. Improving the technical and economic performance of a wheeled tractor by improving the propulsion system during spring field work (using the example of KHTZ-150K-09). Diss. ...Candidate of Technical Sciences. Chelyabinsk, 2015.
5. Ulyanov N.A. Braking system for traction testing of earthmoving and transport vehicles / N.A. Ulyanov, L.H. Sharipov. – In: Research and calculation of construction and road machinery, vol. 2. Voronezh, VSU Publishing House, 1975
6. Zhulai V.A., Vasilenko A.V., Tyunin V.L., Krestnikov A.V. A set of mobile digital equipment for conducting experimental studies of earthmoving and transport vehicles. Mechanization of construction. 2015 No. 8. pp. 14-16.
7. Nikulin P.I. Investigation of a wheeled propulsion system with oversized tires on a special stand / P.I. Nikulin, V.L. Tyunin, R.S. Solodov // Mechanization of construction. 2007, No. 4. pp. 8-10.
8. Zhulai V.A. Experimental studies of traction qualities of a wheeled tractor of earthmoving and transport vehicles / V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchiyenko // Construction and road vehicles. 2019, No. 12. pp. 20-23.

*Тверской государственной
технической университет
Д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительных и дорожных машин
и оборудования А.В. Кондратьев
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительных и дорожных машин
и оборудования С.М. Кочкян
студент гр. С.НТС.СДСО.20.03
Д.В. Оганесов
студент гр. С.НТС.СДСО.20.03
Г.А. Молостов
Магистрант кафедры технологии
металлов и материаловедения
Д.И. Вельдяков
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 construction and road machinery
and equipment A.V. Kondratiev
Cand. of Tech. Sciences, Associate prof.
of the chair of construction and road
machinery and equipment S.M. Kochkanyan
a student gr. S.NTS.SDSO.20.03
D.V. Oganegov
a student gr. S.NTS.SDSO.20.03
G.A. Molostov
Mastert of the Department of Metal
Technology and Materials Science
D.I. Veldyakov
Russia, Tver, tel. +7(4822) 78-55-19,
e-mail: avkondr@ya.ru*

А.В. Кондратьев, С.М. Кочкян, Д.В. Оганесов, Г.А. Молостов, Д.И. Вельдяков

ВАЛКОВО-ДИСКОВЫЙ ГРОХОТ ДЛЯ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Представлена новая конструкция валково-дискового грохота для фракционирования щебня на дробильно-сортировочных комплексах дорожно-строительных машин. Описываются конструктивные особенности разделительного устройства, позволяющие исключить заклинивание зерен каменного материала лещадной (пластинчатой) формы. Предполагается повышение надежности работы валково-дискового грохота за счет устранения прерываний процесса грохочения, связанных с устранением последствий заклиниваний. Планируется увеличение просеивающей способности грохота вследствие интенсификации процесса сегрегации и удлинения отверстий сита за счет промежутка между ступицами многогранных дисков.

Ключевые слова: Валково-дисковый грохот, валы, круглые диски, многогранные диски, ступицы, щебень, заклинивание, лещадная форма камня.

A.V. Kondratiev, S.M. Kochkanyan, D.V. Oganegov, G.A. Molostov, D.I. Veldyakov

ROLLER-DISC SCREEN FOR CRUSHING AND SCREENING SYSTEMS

A new design of a roller-disk screen for fractionation of crushed stone at crushing and sorting complexes of road-building machines is presented. Structural features of the separating device are described, which make it possible to exclude jamming of grains of stone material of a flaky (plate-like) shape. It is planned to improve the reliability of the roll-disc screen by eliminating the interruptions in the screening process associated with the elimination of the consequences of jams. It is planned to increase the screening capacity of the screen due to the intensification of the segregation process due to the elongation of the screen holes due to the gap between the hubs of the polyhedral disks.

Keywords: Roller-disk screen, shafts, round disks, polyhedral disks, hubs, crushed stone, jamming, flaky stone shape.

Валково-дисковые устройства достаточно широко используются для разделения сыпучих смесей в различных отраслях экономики: горноперерабатывающей и химической индустрии, торфяной и сельскохозяйственной сфере, производстве нерудных строительных материалов и переработке твердых бытовых отходов [1, 2]. Применение валково-дисковых сит обусловлено сравнительно высокими показателями качества и производительности разделительных процессов по сравнению с другими сортирующими устройствами [3]. Данное обстоятельство объясняется достаточно эффективным воздействием вращающихся многогранных или зубчатых дисков на фракционируемый материал, вследствие чего на поверхности сита создается виброкипящий слой, способствующий ускоренному прохождению мелких частиц в отверстиях устройства.

Вместе с тем эксплуатация этих разделительных устройств показала низкую их надежность из-за заклинивания твердых включений в промежутке между торцом многогранного или зубчатого диска и рядом стоящим валом. Этот недостаток вызван тем, что при вращении валов сепаратора расстояние между торцом многогранного диска и рядом стоящим валом периодически меняется от максимального (расстояние от радиуса вписанной окружности многогранного диска до соседнего вала) до минимального (расстояние от радиуса описанной окружности многогранного диска до соседнего вала) [4]. Вследствие чего просеиваемое зерно камня, размер которого равен или чуть меньше максимального промежутка между диском и соседним валом, попав в него, будет неизбежно заклиниваться, из-за сокращения этого интервала за счет приближения вершины многогранного диска к соседнему валу. Заклинивание камня, в свою очередь, приводит к остановке процесса грохочения, связанного часто с поломкой рабочих элементов разделительного устройства. Таким образом, было установлено, что для исключения заклинивания необходимо, чтобы наименьшее расстояние между торцом многогранного диска и рядом стоящим валом было больше максимальной длины просеиваемого зерна твердого материала, например, щебня. Достичь такого соотношения конструктивных параметров на традиционных схемах валково-дисковых устройствах с шахматным расположением многогранных дисков на валах практически невозможно, в особенности для грохочения щебня, который в своей массе может содержать до 30...50% зерен лещадной (пластинчатой) формы, у которых отношение большего размера (длина) зерна к меньшему (толщина) составляет более 3 и может достигать 5...7 единиц. Поэтому была поставлена задача по изысканию новой конструкции грохота валкового типа, обеспечивающего надежное фракционирование дробленного каменного материала без его заклинивания между диском и рядом стоящим валом.

Проведя патентные исследования и анализ применяемых дисковых устройств, была предложена новая конструкция валково-дискового грохота (рис.). Просеивающая поверхность устройства выполнена из набора секций по три вала 1, причем на крайних валах 1 закреплены круглые диски 2, а на среднем валу 1 многогранные диски 3. На боковых поверхностях каждого диска 3 с двух сторон установлены круглые ступицы 4, к которым с зазором установлены по два приближенных круглых диска 2, охватывающих с зазором боковые поверхности многогранного диска 3. При этом круглые диски 2 каждого крайнего вала 1 секции попарно размещены в промежутках между дисками 3 среднего вала 1. Одновременно каждые два приближенных круглых диска 2 крайних валов 1 каждой секции установлены с перекрытием в промежутках между парными круглыми дисками 2 крайних валов 1 смежных секций.

В представленной схеме устройства просеивающее отверстие a , это расстояние между смежными парными круглыми дисками 2 крайних валов 1 секции и промежутком между ступицами 4 соседних дисков 3. Наименьшее расстояние b от торца диска 3 до рядом стоящего вала 1 существенно больше промежутка a_0 между приближенными круглыми дисками 2. Причем в предлагаемой конструкции отношение b/a_0 не зависит от выбранной величины просеивающего отверстия a сита, а определяется только промежутком a_0 между приближенными круглыми дисками 2, формой многогранного диска 3 и диаметром вала 1.

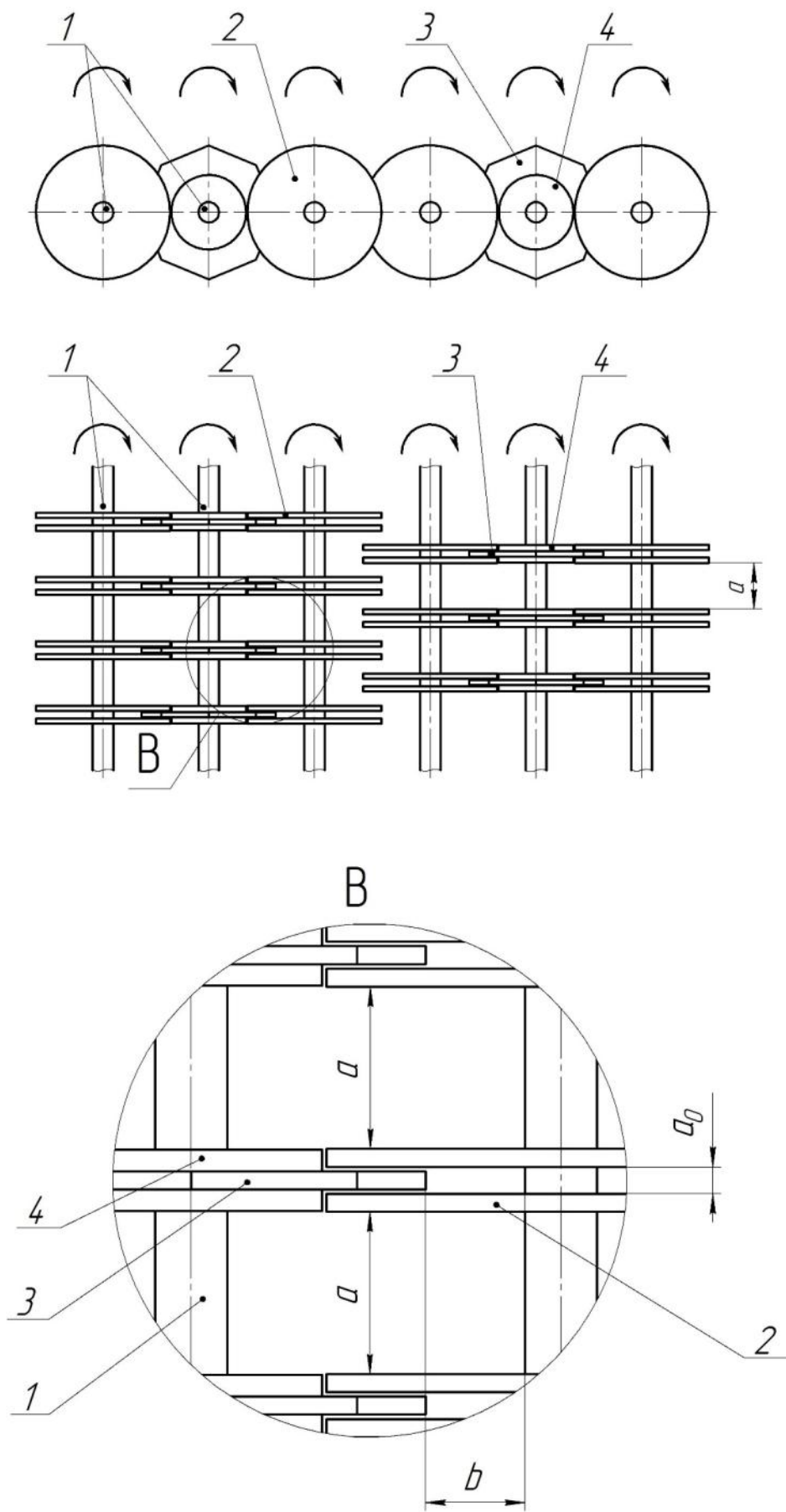


Рис. Конструктивная схема валково-дискового грохота

Работает устройство следующим образом. Измельченный в дробилке материал поступает на вращающиеся в одном направлении валы 1 с питателя, например, с ленточного транспортера (не показано). Диски 2 и 3 подхватывают и транспортируют разделяемый материал по направлению вращения валов 1. По мере продвижения каменистой смеси по ситы мелкие зерна материала просеиваются в промежутках a между круглыми дисками 2 крайних валов 1 каждой секции и между ступицами 4 многогранных дисков 3. Одновременно многогранные диски 3 интенсивно ворошат (перемешивают) каменистую массу, ускоряя продвижение мелких частиц к просеивающим отверстиям сита. При этом зерна щебня лещадной (пластинчатой) формы, попавшие в промежуток a_0 между приближенными круглыми дисками 2, беспрепятственно просеиваются без заклинивания между торцом многогранного диска 3 и валом 1 с круглыми дисками 2. Это объясняется тем, что наименьшее расстояние b между торцом диска 3 и рядом стоящим валом 1 существенно больше (в 5...7 раз и более) промежутка a_0 между приближенными круглыми дисками 2 (рис.). Поскольку расстояние b превышает длину просеиваемой частицы щебня лещадной (пластинчатой) формы заклинивание твердого включения между диском 3 и рядом стоящим валом 1 полностью исключается. Такое выполнение разделительного устройства повышает надежность его работы, устраняя остановки процесса грохочения сыпучего материала связанные с ликвидацией последствий заклинивания твердых включений.

Установка на боковых поверхностях каждого многогранного диска 3 с двух сторон круглых ступиц 4, напротив которых с зазором расположены торцы круглых приближенных друг к другу дисков 2 крайних валов 1, обеспечивает постоянное соотношение b к a_0 практически для любых значений просеивающих промежутков a валковых разделительных устройств. Кроме того, наличие круглых ступиц 4 на боковых поверхностях многогранных дисков 3, позволяет продлить длину просеивающего промежутка a между парными круглыми дисками 2, что увеличивает рабочий "просвет" сита, повышая тем самым его просеивающую способность.

Размещение же приближенных круглых дисков 2 крайних валов 1 каждой секции с перекрытием в промежутках между парными круглыми дисками 2 крайних валов 1 смежных секций, с одной стороны, обеспечивает очистку просеивающих отверстий сита от застрявших там включений, а, с другой, способствует надежному транспортированию зерен материала по поверхности устройства.

Таким образом, совокупность конструктивных признаков новой схемы валково-дискового грохота позволяет существенно повысить надежность работы разделительного устройства за счет предотвращения заклинивания твердых включений между торцами многогранных дисков и рядом стоящими валами. Одновременно данное разделительное устройство позволяет существенно повысить производительность процесса грохочения щебня как за счет исключения его остановки из-за заклиниваний, так и за счет удлинения просеивающих промежутков путем установки ступиц. В дополнение к этому многогранные диски, расположенные на средних валах каждой секции, ускоряют процессы сегрегации зерен материала с последующим увеличением просеивающей способности устройства. Перечисленные особенности новой конструкции сита для грохочения сыпучих материалов позволяют использовать валково-дисковое решето на дробильно-сортировочных комплексах дорожно-строительной техники.

Библиографический список

1. Михайлова Н.В., Бизяев О.Ю. Сепарация твердых коммунальных отходов в технологиях их обогащения // Обогащение руд. – 2017. № 5 (371) – С. 59-63. Обогащение руд. 2017. № 5 (371). С. 59-63.
2. Бондарев Ю.Ю., Звонарев И.Е., Иванов С.Л. и др. Валково-дисковый сепаратор автономного модульного комплекса добычи и переработки торфяного сырья на топливо // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. № 14. С. 73-81.
3. Абдуллах А.К. Обоснование конструкции и параметров валкового грохота для сортировочных комплексов дорожно-строительных машин: дис. канд. техн. наук. – М: МАДИ, 2014. – 118 с.
4. Кондратьев А.В., Кочкянян С.М., Павлов Ю.Н. Валковые сепараторы. Научные основы проектирования: монография. Тверь: ТГТУ, 2007. 136 с.

References

1. Mikhailova N.V., Bizyaev O.Yu. Separation of municipal solid waste in their enrichment technologies. – 2017. No. 5 (371)– pp. 59-63. Ore enrichment. 2017. No. 5 (371). pp. 59-63.
2. Bondarev Yu.Y., Zvonarev I.E., Ivanov S.L. and others. Roller-disc separator of an autonomous modular complex for extraction and processing of peat raw materials for fuel // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. 2015. No. 14. pp. 73-81.
3. Abdullah A.K. Substantiation of the design and parameters of a roller screen for sorting complexes of road construction machines: dis. candidate of Technical Sciences. Moscow: MADI, 2014. 118 p.
4. Kondratiev A.V., Kochkanyan S.M., Pavlov Yu.N. Roller separators. Scientific foundations of design: a monograph. Tver: TSTU, 2007. 136 p.

УДК 625.768.5, 629.464.2

*Тюменский индустриальный университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры
транспортных и технологических систем
В.В. Конев
Россия, г. Тюмень, тел. +7(912) 9265673
e-mail: konevvv@tyuiu.ru*

*Tyumen Industrial University
Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the
Department of Transport and Technological
Systems V.V. Konev
Russia, Tyumen, tel. +7(912) 9265673
e-mail: konevvv@tyuiu.ru*

В.В. Конев

АДАПТИВНОСТЬ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Анализ проведения снегоуборочных работ машинами, оснащенных отвалами показывает, что эффективность уборки снега с автомобильных дорог определяется факторами природно-климатических, дорожных, транспортных условий. В различных условиях факторы имеют значение, находящиеся в определённых пределах, которые необходимо учитывать в режимных условиях работы, конструктивных исполнениях снегоуборочных машин, оснащенных адаптивными системами.

Ключевые слова: отвал снегоуборочной машины, уборка снега с автодорог, условия работы снегоочистителей, факторы, влияющие на процесс уборки снега.

V.V. Konev

ADAPTABILITY OF WORKING EQUIPMENT OF SNOW-REMOVING MACHINES

Analysis of snow removal operations by machines equipped with blades shows that the efficiency of snow removal from motorways is determined by factors of natural and climatic, road and transport conditions. In various conditions, factors are important within certain limits, which must be taken into account in the operating conditions, design versions of snow removal machines equipped with adaptive systems.

Keywords: snowplow blade, snow removal from highways, working conditions of snowplows, factors influencing the snow removal process.

В современных условиях изменяются дорожные и транспортные условия работы снегоуборочной техники в городских режимах ее передвижения. На это влияют природно-климатические факторы (количество снега, сила и направление ветра, температура), изменяется интенсивность движения и скорость автомобилей и снегоуборочной техники на разных участках автодороги. Это определяет производительность снегоуборочной техники. Поэтому возникает необходимость совершенствования конструкций рабочих органов данных машин [1].

При перепадах температур происходит повышение скользкости на автодорогах, поэтому снижаются сцепные показатели автотранспорта. Это приводит к уменьшению скоростных режимов автотранспортных средств, увеличивается количество «пробок» на автодорогах. Возникают затруднения всех участников движения при их передвижении. Это приводит к повышенной утомляемости и, как следствие, увеличивается количество ДТП. Определяются основные факторы влияния на изучаемый процесс [2]. Указанное выше подтверждает актуальность вопроса по повышению эффективности уборки снега с автодорог. Поэтому ставится цель – повышение производительности снегоуборочных машин с отвалами за счет использования адаптивных систем.

Снегоуборочные работы проводятся различной техникой и комплектами машин, реализующих, в зависимости от условий работ, и различные схемы передвижения техники. Это определяет производительность работ.

Основными машинами, осуществляющими уборку снега с автодорог являются машины с отвалами на базе тракторов и автомобилей, также используются автогрейдеры.

В соответствии с изложенным выше возникает задача по совершенствованию отвалов снегоуборочных машин.

На машины устанавливают прямой, полусферический, сферический, скоростной, V и U-образный отвал. Также используют в конструкциях уширители и боковые отвалы. Машина комплектуется щетками цилиндрическими, коническими для сметания остатков снега после прохода машины.

При повышении скорости снегоуборочной машины снежная масса поднимается вверх по отвалу и может забрасываться вверх на кабину. Совершенствование рабочих органов снегоуборочных машин в существующих конструкциях осуществляют за счет изменения размеров, форм, геометрии отвалов, углов установки отвалов. Это позволяет изменять ширину прохода, рабочую скорость, работу комплектов снегоуборочных машин.

Предлагается на основе проведенного анализа условий работы снегоуборочных машин и их конструкций исследовать адаптивные конструкции отвалов, имеющих повышенную подвижность его элементов. Это позволит учитывать изменение значений факторов влияния в различных условиях работы снегоуборочных машин [3].

Схема взаимодействия снежной массы с цилиндрическим отвалом показана на рис. 1 [4].

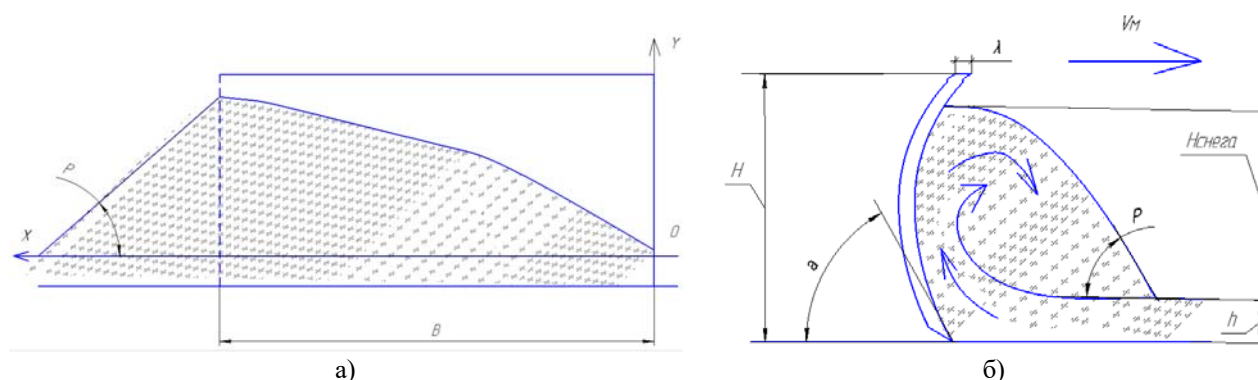


Рис. 1. Схема взаимодействия снежной массы с цилиндрического отвала:

а) образование призмы снега перед отвалом (вид спереди); б) образование призмы снега (вид сбоку)

При проведении работ снегоуборочной машины с цилиндрическим отвалом, установленным в плане под углом φ к оси движения машины формируется призма снега, которая увеличивается при продвижении машины и сгребании снега отвалом. В результате при сходе снега с отвала происходит образование снежного вала, который представляет собой в сечении треугольную форму как показано на рис. 1, а [5].

Из представленных данных по графику (рис. 2) следует рассмотреть плотность снега $150-200 \text{ кг/м}^3$. Это то свойство снега, которое преобладает при уборке его машина.

Площадь поперечного сечения призмы снега перед отвалом определяется из условия образования стружки снега по формуле

$$0,5 Hnp^2 \operatorname{ctg} \rho = B h, \quad (1)$$

где Hnp – высота призмы снега перед отвалом, м;

ρ – угол внутреннего трения снега, примерно соответствует углу естественного откоса снега f_2 (принимается для снега плотностью $150-200 \text{ кг/м}^3$ равным $0,36$ (рис. 3);

h – толщина очищаемого слоя снега, м.

Показателем угла δ является коэффициент внешнего трения $f_1 = \operatorname{tg} \delta$, который зависит от плотности снега и температуры. При плотности снега 150 - 200 кг/м³, и температуре минус (16-30) °С коэффициента внешнего трения снега $f_1=0,1$ (рис. 2).

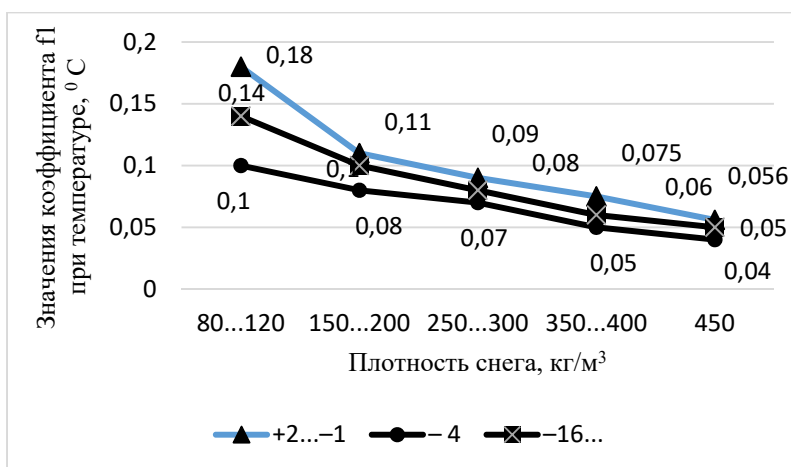


Рис. 2. Зависимость значения коэффициента f_1 при разных температуры от плотности снега

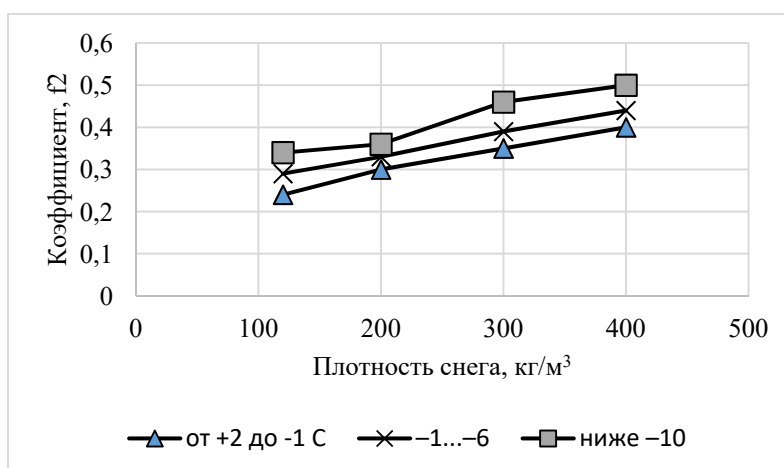


Рис. 3. Зависимость значения коэффициента f_2 при разных температуры от плотности снега

Из уравнения (1) высота призмы снега определяется

$$H_{пр} = \sqrt{\frac{2Bh}{ctg p}} \text{ или } H_{пр} = (2B h f_2)^{1/2}, \quad (2)$$

По формуле (2) определяется высота призмы, которая составит $H_{пр} = (2 \times 3 \times 0,36)^{1/2} = 0,33$ м.

Результаты расчетов по формуле (2) показывают, что при небольших скоростях (примерно менее 20 км/час), штатных отвалов (с небольшой высотой отвала) вполне достаточно для уборки снега с автодорог.

С увеличением скорости снегоуборочной машины увеличивается и подъемная сила очищаемого с автодороги снега вверх по отвалу. Также скорость перемещения призмы волочения снега вдоль отвала ($\vartheta_{пр}$) зависит от скорости машины ϑ_m и угла внешнего трения снега по металлу и неизменна по его длине, м/с

$$\vartheta_{пр} = \vartheta_m \cos(\varphi + \delta) / \cos \delta, \quad (3)$$

где φ – угол установки отвал в плане относительно продольной оси движения машины;

ϑ_m – скорость машины, м/с;

δ – угол внешнего трения снега по стали, град ($\delta = \operatorname{arctg} f_1$).

В расчетах приняты скорости машины (20, 40, 60) км/час, соответственно данным значениям при переводе в СИ (5,6; 11; 16,7) м/с).

На рис. 4 представлен отвал 1 с подвижным козырьком 2, который перемещается от действия гидроцилиндров 3 по отвалу в зависимости от условий работы снегоуборочной машины. Работа гидроцилиндров 3 привода козырька 2 имеет следящий режим действия в зависимости от изменения условий работы снегоуборочной машины [6].

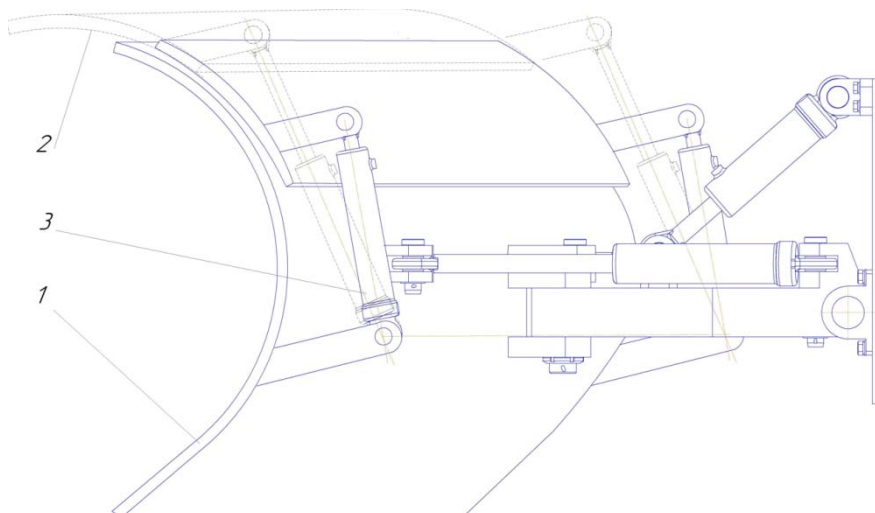


Рис. 4. Отвал с подвижным козырьком

Результаты расчетов скорости снежной массы вдоль отвала от скорости снегоуборочной машины, углов установки отвала представлены в виде графика (рис. 5).

График зависимости (рис. 5) имеет нелинейный вид. При повышении угла установки отвала скорость перемещения призмы волочения снега вдоль отвала уменьшается, до полной остановки при параметрах отвала $\varphi = (\pi/2 - \delta)$. Очевидно, что при большем приближении параметра отвала к указанному значению будет интенсивнее возрастать призма снега перед отвалом. Изменение объема призмы снега перед отвалом осуществляется по следующей зависимости, м³

$$V_{np} = (B^2 h \cos \delta) / (2 \sin \varphi \cos(\varphi + \delta)), \quad (4)$$

Результаты расчетов по формуле (5) объема призмы снега представлено графически (рис. 6).

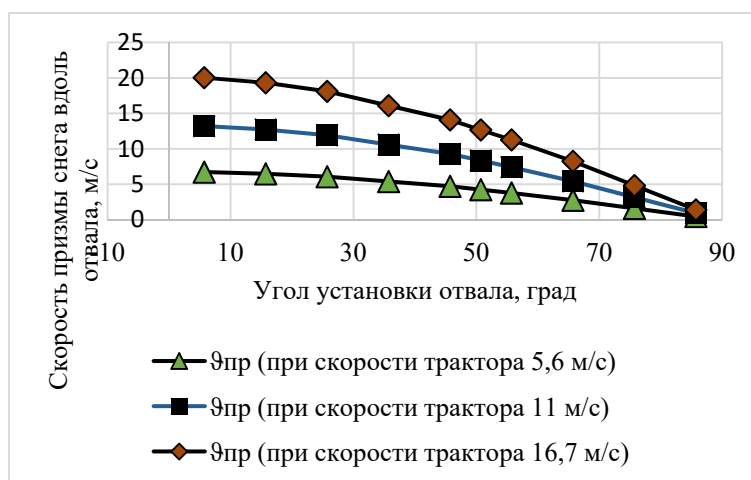


Рис. 5. Зависимость скорости перемещения призмы волочения снега вдоль отвала от угла его установки

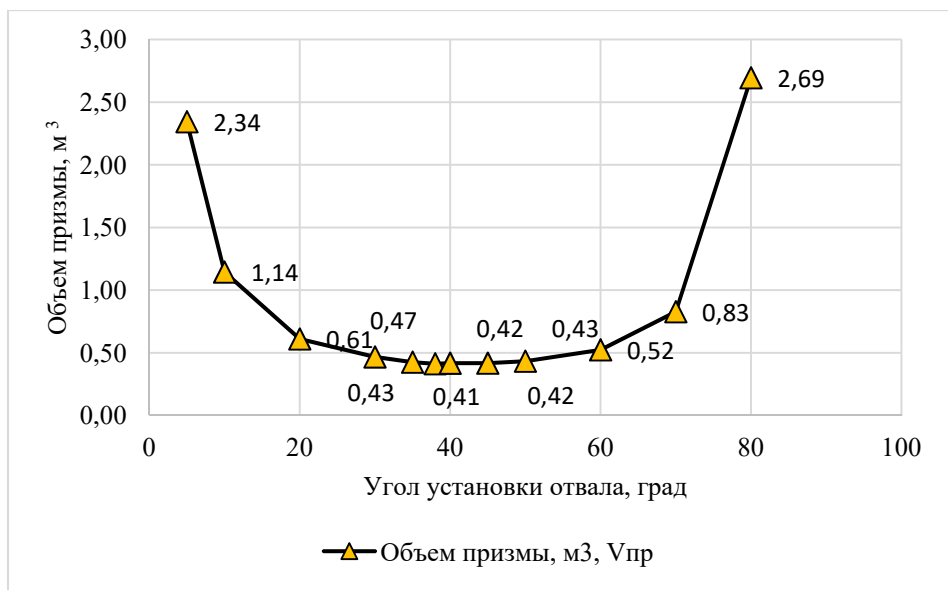


Рис. 6. Изменение объема призмы снега перед отвалом в зависимости от угла установки отвала

По формуле (4) проведены расчеты построена зависимость изменения объема призмы снега от угла установки отвала. В результате анализа графика определено, что резкое возрастание призмы снега перед отвалом происходит при угле установки отвала более 60° . Таким образом, это необходимо учитывать в работе настройки работы выдвижного козырька отвала.

Выводы

1. Расчетные данные показали, что у штатных цилиндрических отвалов при работе снегоуборочной машины на повышенных скоростях происходит повышенное образование призмы волочения снега. Это приводит к подъему снега вверх по отвалу и его забрасывание на кабину машины.

2. Разработана конструкция рабочего оборудования снегоуборочных машин (отвала) позволяют повысить их производительность, снизить энергоемкость за счет автоматизации управления режимами работы в зависимости от изменяющихся параметров внешних факторов. Для этого, в зависимости от скорости происходит движение козырька отвала вверх.

Библиографический список

1. Мерданов Ш.М. Ресурсосбережение при уборке снега в городских условиях/ Мерданов Ш.М., Конев В.В., Ефимова В.Л., Балин А.В. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона, 2015 – № 1 (часть 2) – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2803 (дата обращения : 06.04.2024).

2. Райшев Д.В. Учет влияния внешних условий на функционирование машин и оборудования отрасли методом априорного ранжирования Электронное учебное пособие / Д.В. Райшев, В.В. Конев Государственная регистрация базы данных № 2014620452. от 19.03.2014 г.

3. Конев В.В. Энергосберегающие технологии в эксплуатации машин для земляных работ : монография / В. В. Конев ; ТИУ. - Тюмень : ТИУ, 2023. - 253 с. - Текст : электронный.

4. Павлов, С. А. Техника и технология содержания аэродромов в зимний период: учеб. пособие / С. А. Павлов, А. М. Погонина. – М.: МАДИ, 2021. – 246 с. - Текст : непосредственный.
5. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ : учебное пособие для вузов / А. Н. Зеленин. – Москва : Машиностроение, 1975. - 422 с. - Текст : непосредственный.
6. Развитие транспортно-технологических систем: учебное пособие / Ш. М. Мерданов, В. В. Конеv, Н. Н. Карнаухов [и др.] ; под общей ред. доктора технических наук, профессора Ш. М. Мерданова ; ТИУ. - Тюмень : ТИУ, 2021. - 272 с. - Текст : непосредственный.

References

1. Merdanov S.M. Resource conservation during snow removal in urban conditions/ Merdanov Sh.M., Konev V.V., Efimova V.L., Balin A.V. – Text : electronic // Engineering Bulletin of the Don, 2015 – No. 1 (part 2) – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2803 (date of access : 04/06/2024).
2. Raishev D.V. Accounting for the influence of external conditions on the functioning of machinery and equipment in the industry by a priori ranking Electronic textbook / D.V. Raishev, V.V. Konev State registration database No. 2014620452. from 19.03.2014.
3. Konev V.V. Energy-saving technologies in the operation of machines for earthworks : a monograph / V. V. Konev ; TIU. - Tyumen : TIU, 2023. - 253 sec.
4. Pavlov, S. A. Technique and technology of maintenance of airfields in the winter period: textbook. manual / S. A. Pavlov, A.M. Pogonina. – М.: МАДИ, 2021. – 246 sec.
5. Zelenin A. N. Machines for earthworks : a textbook for universities / A. N. Zelenin. Moscow : Mashinostroenie Publ., 1975. - 422 sec.
6. Development of transport and technological systems: a textbook / Sh. M. Merdanov, V. V. Konev, N. N. Karnaukhov [et al.] ; under the general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor Sh. M. Merdanov ; TIU. - Tyumen : TIU, 2021. - 272 sec.

УДК 005.8

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты и магистранты
дорожно-транспортного факультета
В.А. Лобков,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
В.В. Щербинин,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
Д.В. Будковой,
e-mail: stepanoff.mish2014@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 and Master student of the Faculty
of Road Transport Faculty
V.A. Lobkov,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
V.V. Shcherbinin,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
D.V. Budkovoy,
e-mail: dimabudkovoy@gmail.com
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering me-
chanics 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.М. Волков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЯ

Рассматривается использование искусственного интеллекта в определении технического состояния диагностики автомобиля. Подготовлен анализ различных алгоритмов и методов, применяемых для автоматизации диагностики, включая их преимущества и недостатки, а также влияние на эффективность и точность диагностики автомобилей в условиях сервисных центров.

Ключевые слова: ИИ, диагностика.

V.A. Lobkov, V.V. Shcherbinin, N.M. Volkov

USING AI IN DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION AND DIAGNOSTICS OF THE CAR

The use of artificial intelligence in determining the technical condition of vehicle diagnostics is considered. An analysis of various algorithms and methods used to automate diagnostics is prepared, including their advantages and disadvantages, as well as the impact on the efficiency and accuracy of vehicle diagnostics in service centers.

Keywords: AI, diagnostics.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в определении технического состояния и диагностике автомобилей стало важным шагом в развитии автомобильной промышленности. Современные технологии позволяют значительно повысить точность диагностики, снизить время, необходимое для выявления неисправностей, а также улучшить качество обслуживания клиентов. Этот процесс включает в себя использование различных алгоритмов, машинного обучения и аналитики данных для создания более надежных и эффективных систем диагностики.

Одним из основных направлений применения ИИ является предиктивная диагностика. Благодаря анализу больших объемов данных, собранных из различных датчиков автомобиля, и информации о его предыдущих поломках, ИИ может определить вероятность возникновения той или иной неисправности в будущем. Например, с использованием алгоритмов машинного обучения системы могут распознавать аномалии в данных о работе двигателя, трансмиссии и других системах, и, таким образом, предупредить водителя о необходимости технического обслуживания до того, как произойдет серьезная поломка.

Машинное зрение, подкрепленное ИИ, также находит широкое применение в диагностике. Например, визуальная диагностика повреждений кузова или стекол автомобиля может быть выполнена с помощью специализированных камер и алгоритмов распознавания изображений. Эти системы способны автоматически оценить степень повреждений, что значительно ускоряет процесс оценки ущерба и необходимого ремонта. Автосервисы могут использовать такие технологии для улучшения процесса взаимодействия с клиентами, предоставляя точные данные о необходимости ремонта и соответствующие расценки.

Также стоит отметить, что системы ИИ могут быть интегрированы в бортовые компьютеры автомобилей, что позволяет отслеживать параметры работы различных систем в реальном времени. Такие технологии могут учитывать не только стандартные данные, но и параметры, специфичные для стиля вождения каждого водителя. Например, если водитель часто превышает рекомендованные режимы работы двигателя, система может предложить профилактическое обслуживание или более рациональные рекомендации по эксплуатации автомобиля.

Другим значимым примером использования ИИ в диагностике автомобилей является анализ поведения водителей и условий эксплуатации. С помощью встроенных датчиков и систем GPS можно собирать данные о том, как используется автомобиль, в каких условиях он эксплуатируется и сколько времени проводит в пробках. Эти данные могут быть использованы для создания профилей пользователей и адаптации рекомендаций по техническому обслуживанию, а также для оптимизации графиков обслуживания в зависимости от реальных условий эксплуатации. Современные компании, такие как Tesla, прекрасно иллюстрируют использование ИИ в автомобильной диагностике и мониторинге состояния. Автомобили Tesla постоянно собирают и анализируют данные от миллионов машин по всему миру, что позволяет улучшать программное обеспечение для диагностики и предотвращать возможные неисправности. Эта информация также используется для создания обновлений системы управления и обеспечения безопасности, что делает автомобили более надежными.

В США для диагностики автомобилей также используют сканер UVEye, разработанный на основе ИИ. Автомобиль проезжает под специальной рамкой, в которую встроены камеры. Они фотографируют машину со всех сторон, включая днище, после чего снимки загружаются в компьютер и обрабатываются с помощью ИИ. ИИ способен выявить различные дефекты в экстерьере, износ или проколы шин, а также проблемы с любыми другими наружными компонентами.

С учетом того, что ПО ИИ постоянно обновляется и обучается на новых данных, производители автомобилей могут не только предугадывать неисправности но и разрабатывать новые методы повышения надежности и безопасности своих автомобилей. Это, в свою очередь, может служить основой для разработки новых стандартов безопасности в автомобильной промышленности.

Логичным представляется вопрос, можно ли говорить о том, что ИИ способен заменить человеческого специалиста и профессия автомеханик перестанет быть актуальна. Искусственный интеллект (ИИ) значительно расширяет возможности в диагностике и обслуживании автомобилей, но полная замена автомехаников маловероятна. ИИ преуспевает в анализе данных и автоматизации, однако ручные навыки, интуиция и опыт механиков остаются незаменимыми, особенно в диагностике проблем, проявляющихся через звуки, вибрации или другие неочевидные признаки. Но, стоит отметить, что и эти проблемы можно диагностировать путем интеграции датчиков которые ИИ может использовать для диагностики.

Важен и человеческий фактор: механики общаются с клиентами, объясняют проблемы и предлагают решения, строя доверительные отношения, чего ИИ не способен достичь. Автоматизация приведет скорее к трансформации роли механиков, которые будут работать вместе с ИИ, выполняя сложные задачи, например, обслуживание электромобилей.

В будущем ожидается синергия между ИИ и опытными специалистами: технологии повысят эффективность диагностики, а механики обеспечат качественный сервис и анализ, сохраняя свою ключевую роль. Полная замена автомехаников ИИ не предвидится.

Вывод

Использование ИИ в определении технического состояния и диагностике автомобилей меняет подход к обслуживанию и эксплуатации транспортных средств. Инновации в этой сфере открывают новые возможности для повышения качества услуг, улучшения безопасности и продления срока службы автомобилей. Технологический прогресс в сочетании с ИИ приводит к тому, что диагностика становится более проактивной и надежной, что выгодно как для потребителей, так и для производителей автомобилей. Это демонстрирует, как современные технологии меняют наш привычный мир, делая его более безопасным и удобным. Внедрение этой диагностики необходимо осуществлять на стадии проектирования и производства. Начинать следует с легковых автомобилей, но рекомендуется продолжить внедрение на грузовых авто и тракторах.

Библиографический список

1. Диагностика и консультация с искусственным автоэлектриком. — Текст : электронный // Drive2.ru : [сайт]. — URL: <https://www.drive2.ru/l/676526756865261635/> .
2. ИИ поможет в диагностике машин и заменит автомехаников. — Текст : электронный // TimeWeb : [сайт]. — URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/ii-pomozhet-v-diagnostike-avto-i-zamenit-avtomexanikov> .
3. Колпаков В. Е. Искусственный интеллект в определении технического состояния диагностируемого объекта // Известия СПбГАУ. 2014. №36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-opredelenii-tehnicheskogo-sostoyaniya-diagnostiruемого-obekta> .
4. Нгуен, Минь Тиен. Диагностика автомобильного двигателя на основе нейронной сети / Минь Тиен Нгуен. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 26 (264). — С. 76-81.
5. Посмотрите на сканер с ИИ, который за минуту находит поломку в автомобиле. — Текст : электронный // motor : [сайт]. — URL: <https://motor.ru/news/super-scanner-24-06-2024.htm> .
6. Проверьте свой автомобиль за минуту: как AI-диагностика поможет выявить неисправности с точностью!. — Текст : электронный // Дзен.ру : [сайт]. — URL: <https://dzen.ru/a/Z4VlrQYSLyYMX9Hr> .

References

1. Diagnostics and consultation with an artificial auto electrician. — Text: electronic // Drive2.ru: [site]. — URL: <https://www.drive2.ru/l/676526756865261635/> .
2. AI will help in diagnostics of cars and replace auto mechanics. — Text: electronic // TimeWeb: [site]. — URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/ii-pomozhet-v-diagnostike-avto-i-zamenit-avtomexanikov> .
3. Kolpakov V. E. Artificial intelligence in determining the technical condition of the diagnosed object // Izvestiya SPbSAU. 2014. No. 36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-opredelenii-tehnicheskogo-sostoyaniya-diagnostiruемого-obekta> .
4. Nguyen, Minh Tien. Diagnostics of a car engine based on a neural network / Minh Tien Nguyen. - Text: direct // Young scientist. - 2020. - No. 26 (264). - P. 76-81.
5. Look at the scanner with AI that finds a breakdown in a car in a minute. - Text: electronic // motor: [site]. - URL: <https://motor.ru/news/super-scanner-24-06-2024.htm> .
6. Check your car in a minute: how AI diagnostics will help to identify faults with accuracy! - Text: electronic // Zen.ru: [site]. - URL: <https://dzen.ru/a/Z4VlrQYSLyYMX9Hr> .

*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*

*Сибирский федеральный университет
Канд. техн. наук, доцент Г.А. Кузнецов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391)291-20-19
e-mail: gkuznecov@mail.ru*

*Сибирский федеральный университет
Магистрант А.Д. Люкшин
Россия, г. Красноярск, тел. +7(950)425-93-72
e-mail: a-lyukshin@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*

*Siberian Federal University
Cand. tech. sciences, docent G.A. Kuznetsov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391)291-20-19
e-mail: gkuznecov@mail.ru*

*Siberian Federal University
Magistrant A.D. Lyukshin
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(950)425-93-72
e-mail: a-lyukshin@mail.ru*

В.В. Минин, Г.А. Кузнецов, А.Д. Люкшин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ МАШИНИСТА ЭКСКАВАТОРА

Представлены результаты экспериментальных исследований по определению возможности приобретения курсантами компетенции «управление экскаватором». Предлагается применение методов планирования экспериментов для определения трудоемкости освоения учебных материалов. Сделан вывод об актуальности индивидуального подхода для приобретения навыков управления машиной на стендах-тренажерах.

Ключевые слова: экскаватор, управление, стенд-тренажер, количество опытов, коэффициент детерминации.

V.V. Minin, G.A. Kuznetsov, A.D. Lyukshin

IMPROVEMENT OF TRAINING IN THE PROFESSIONAL PROGRAM OF EXCAVATOR OPERATOR

The article presents the results of experimental studies to determine the possibility of cadets acquiring the competence of "excavator control". It is proposed to use the methods of experiment planning to determine the labor intensity of mastering educational materials. A conclusion is made about the relevance of an individual approach to acquiring machine control skills on simulators.

Keywords: excavator, control, simulator, number of experiments, determination coefficient.

Навыки и умения управления экскаватора [1] (одной из самых распространённых машин на строительных площадках) при их приобретении требуют помимо профессиональных качеств и опыта работы обладанием человеческих качеств. Таких, как: эмоциональная устойчивость, высокая работоспособность, наблюдательность, способности к быстрому переключению внимания к (многозадачности). Программы производственного и теоретического обучения машинистов [2] регулярно корректируются и дополняются учебным материалом о новых технологических процессах и оборудовании, передовых методах труда, используемых в отечественной, а также зарубежной производственной практике. Количество часов, отводимых на

изучение отдельных тем программы, последовательность их изучения, в случае необходимости, разрешается изменять при условии, что программа будет выполнена полностью по содержанию и общему количеству часов. Обязательным к изучению является понятие о статической устойчивости экскаватора. Теоретические предельные углы продольной и поперечной статической устойчивости машины. Этим обеспечивается требование охраны труда и техники безопасности на строительной площадке. Учебным планом профессиональной подготовки предусмотрено освоение основных приемов управления навесными и полноповоротными экскаваторами. Основные приемы управления базовыми экскаваторами. Порядок трогания экскаватора с места на горизонтальной площадке, на подъеме и на уклоне, движение трактора в транспортном и рабочем режиме работы. Управление экскаватором при преодолении подъема и спуска, при изменении направления движения. Повороты трактора в транспортном и рабочем режиме с большим и минимальным радиусом, разворот на месте и т.п. Программами подготовки (для приобретения компетенции и управление экскаватором) предусмотрены отработка приемов вождения базовых машин передним ходом на разных передачах по прямой, кругу, овалу, зигзагу и восьмерке. Вождение задним ходом. Отработка въезда в ворота передним и задним ходом. В учебном процессе СФУ для приобретения навыков управления машиной применяется (рис. 1) оборудование «Универсальный тренажер одноковшового экскаватора», а также «Тренажер мини-погрузчик» (ООО «ПК Форвард», г. Новосибирск). Индивидуальная способность каждого из курсантов различна. Изучение правил управления для каждого занимает разное количество времени (различны трудоемкость приобретения компетенции «управление экскаватором»), на приобретения устойчивых навыков.



Рис. 1. Тренажер одноковшового гусеничного экскаватора:
а – снимок экрана с видом из кабины; б – с видом сверху

Экспериментальное исследование проводилось на тренажере (рис. 1), где машинисты, не имеющие опыта управления экскаватором, выполняли заезды на трал под двумя углами обзора: с видом из кабины и в плане (вид сверху). Данные замеры фиксировали по времени успешного заезда. Для оценки проводились расчеты процентного соотношения положительных результатов (рис. 2).

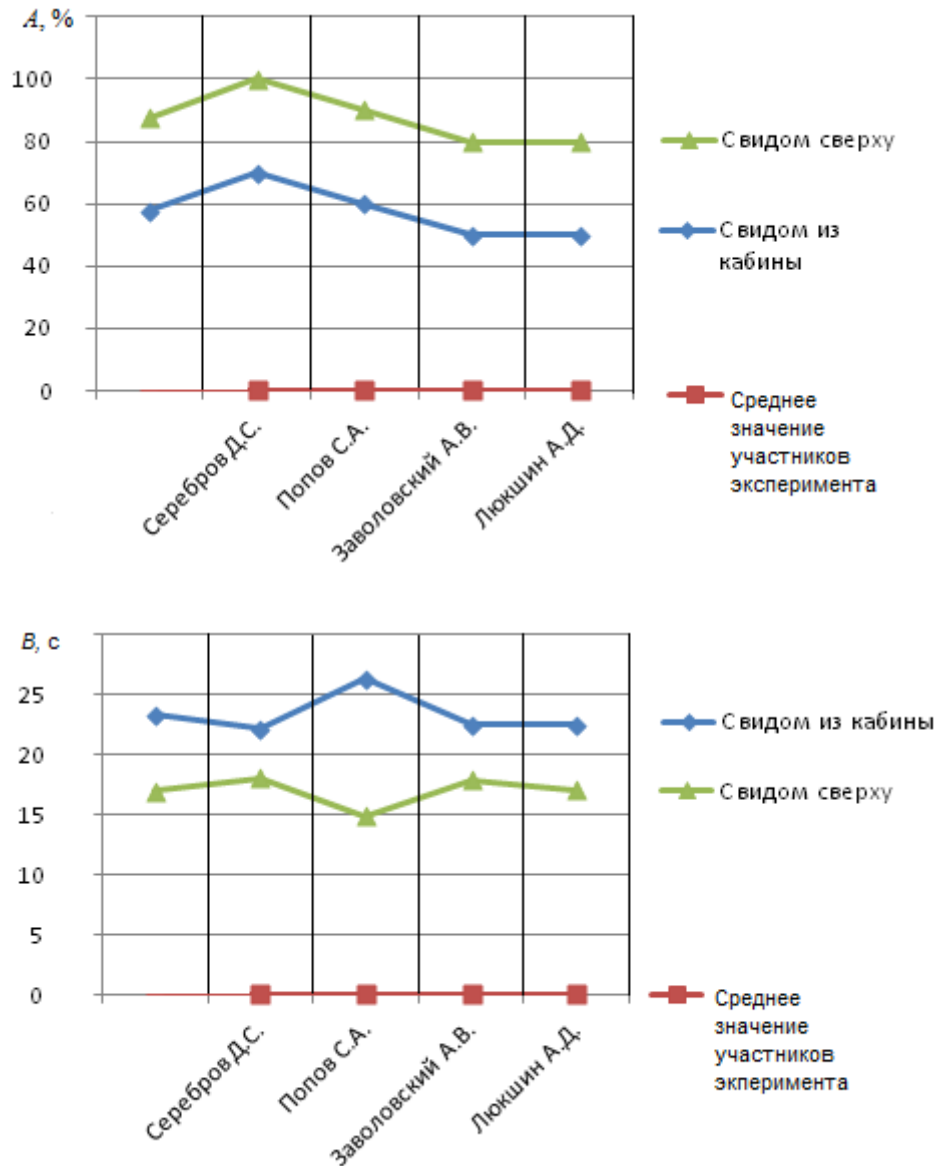


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований заезда экскаватора на трал: *A* – среднее значение вероятности «удачных заездов»; *B* – среднее время на попытку заезда

При заезде в плане (с видом сверху) экспериментально установлено, что вероятность успешной погрузки возросла на 30%, а среднее время заезда сократилось на 6 секунд по сравнению с подходом из кабины. Гистограмма, представленная на рисунке 2, иллюстрирует устойчивые преимущества визуализации, способствующие снижению нагрузки на оператора и улучшению точности маневра.

Повысить эффективность выше названной компетенции возможно за счёт использования методов планирования экспериментов. В случае принятия гипотезы о нормальности распределения (Гаусса) результатов успешных опытов по управлению машиной мы рекомендуем известную методику, представленную на рисунке 3. Если закон распределения не установлен, возможна оценка на основе выборочного коэффициента детерминации [4 – 6].

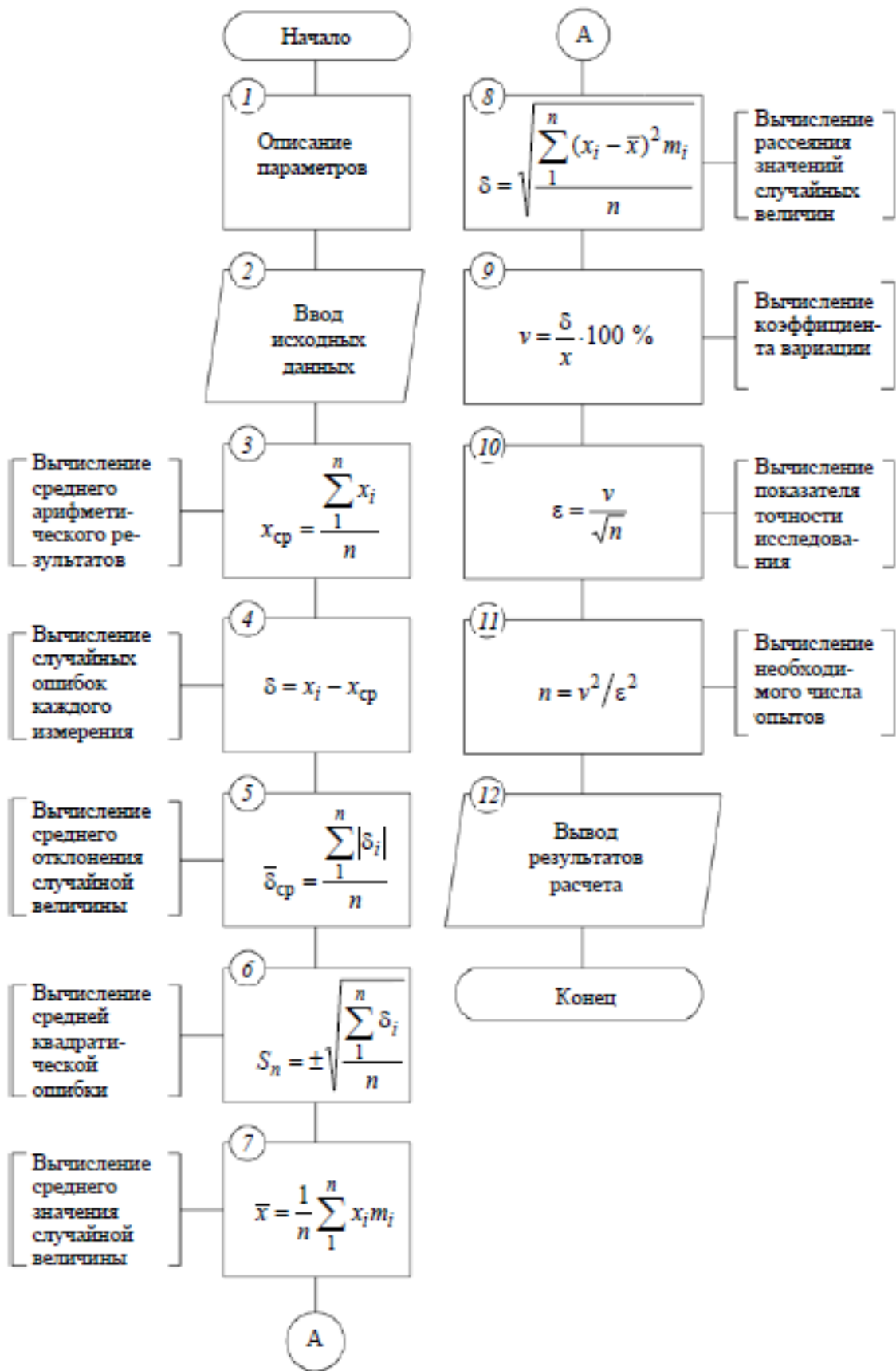


Рис. 3. Блок-схема определения необходимого количества опытов [3]

Для каждого курсанта требуется индивидуальный подход по количеству часов на приобретение навыков управления экскаватором. Выборочный коэффициент детерминации r^2 , который вычисляется по формуле

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i} = \frac{s_2^2}{s^2},$$

где s^2 – оценка полной выборочной дисперсии;

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2.$$

Чтобы разобраться со смыслом коэффициента детерминации, обратимся к одной из важнейших формул дисперсионного анализа

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2.$$

Или $s^2 = s_1^2 + s_2^2$.

Из равенства $s^2 = s_1^2 + s_2^2$ видно, что полная выборочная дисперсия состоит из двух слагаемых s_1^2 и s_2^2 , причем s_1^2 – это средняя величина групповых дисперсий, а s_2^2 – дисперсия групповых средних. Величина s_1^2 характеризует изменчивость, обусловленную случайными факторами, а величина s_2^2 определяет разброс средних значений в каждой группе около среднего значения всей выборки, т.е. зависит от различий параметров a_i . И понятно, что коэффициент детерминации r^2 показывает, какую часть в общей дисперсии величин x_{ij} , составляет часть, обусловленная зависимостью от фактора.

Опытные машинисты экскаватора отмечают, что для многих людей эта профессия не просто работа, а настоящее искусство, требующее отличной координации, т.е. способностью управлять одновременно различными механизмами машины.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что освоение компетенции «управление экскаватора» имеет стохастический характер.
2. Для каждого курсанта требуется индивидуальный подход по количеству часов по приобретению навыков управления экскаватором.
3. Выявлены направления дальнейших исследований: установление вида распределения стохастических процессов управления машиной; оценка возможности применения разработанного метода для других типов строительных и дорожных машин необходимо получение математических моделей в регрессионном виде для расчетов коэффициентов детерминации с целью подтверждения надежности результатов и их воспроизводимости.
4. Используемый в данном исследовании метод визуализации (практический аспект) в значительной степени может повлиять на оптимизацию процесса погрузки экскаваторов на трал, обеспечивая более высокий уровень безопасности. Учитывая, что такой подход уже успешно применяется в гражданских автомобилях премиум-класса, его интеграция в сферу строительной-дорожной техники считаем крайне актуальной и перспективной.

Библиографический список

1. Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник / В. И. Баловнев, С. Н. Глаголев, Р. Г. Данилов и др.; под общ.ред. д-ра техн. наук, проф. В. И. Баловнева, д-ра экон. наук, проф. С. Н. Глаголева. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 526 с.
2. В. В. Минин. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография / В.В. Минин. — Красноярск :Сиб. федер. ун.-т, 2012. — 304 с. — ISBN 978-5-7638-2529-9
3. Социальная и образовательная инклюзия: стратегии, практики, ресурсы: сборник статей по материалам VIII Международной научнопрактической конференции, 30-31 мая 2024 года. / Под науч. ред. Богинской Ю. В. – Симферополь :ИТ «АРИАЛ», 2024. – 352 с.
4. Кудрявцев Е.М. Mathcad 11. Справочник. –М.: ДМК Пресс, 2006. -186 с.
5. Mathcad. Математический практикум для инженеров и экономистов [Электронный ресурс] : Учеб.пособие./Плис А.И., Сливина Н.А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ФЛИНТА, 2003.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025617816 Российская Федерация. Программа установления вида зависимости между двумя переменными величинами : № 2025616128 : 24.03.2025 : опубл. 28.03.2025 / В.В. Минин, А.Д. Мальков ; ФГАОУ ВО «СФУ».

References

1. Road-construction machines and complexes: textbook / V. I. Balovnev, S. N. Glagolev, R. G. Danilov et al.; edited by Dr. of Technical Sciences, Professor V. I. Balovnev, Dr. of Economic Sciences, Professor S. N. Glagolev. - Belgorod: Publishing house of BSTU, 2020. - 526 p.
2. V. V. Minin. The concept of increasing the efficiency of universal small-sized loaders: monograph / V. V. Minin. - Krasnoyarsk: Sib. federal. un.-t, 2012. - 304 p. — ISBN 978-5-7638-2529-9
3. Social and educational inclusion: strategies, practices, resources: a collection of articles based on the materials of the VIII International scientific-practical conference, May 30-31, 2024. / Under the scientific editorship of Boginskaya Yu. V. - Simferopol: IT "ARIAL", 2024. - 352 p.
4. Kudryavtsev E.M. Mathcad 11. Handbook. -M. : DMK Press, 2006. -186 p.
5. Mathcad. Mathematical workshop for engineers and economists [Electronic resource]: Textbook. / Plis A.I., Slivina N.A. - 2nd ed., revised. and add. - M. : FLINTA, 2003.
6. Certificate of state registration of computer program No. 2025617816 Russian Federation. Program for establishing the type of relationship between two variables: No. 2025616128: 24.03.2025: published 28.03.2025 / V.V. Minin, A.D. Malkov; FGAOU VO «SibFU».

*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
Сибирский федеральный университет
Канд. техн. наук, доцент Г.А. Кузнецов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391)291-20-19
e-mail: gkuznecov@mail.ru
Сибирский федеральный университет
Магистрант А.Д. Мальков
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391)047-78-04
e-mail: AMalkov2000@yandex.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
Siberian Federal University
Cand. tech. sciences, docent G.A. Kuznetsov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391)291-20-19
e-mail: gkuznecov@mail.ru
Siberian Federal University
Magistrant A.D. Malkov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 047-78-04
e-mail: AMalkov2000@yandex.ru*

В.В. Минин, Г.А. Кузнецов, А.Д. Мальков

ИССЛЕДОВАНИЕ БАРАБАНОВ БЫТОВЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

Проведены исследования смесительных барабанов бытовых гравитационных бетоносмесителей китайского производства и разработанных в Сибирском федеральном университете. Определены наиболее эффективные типоразмеры барабанов, доказаны их конкурентные преимущества по сравнению с зарубежными аналогами.

Ключевые слова: смесительный барабан, бытовой гравитационный бетоносмеситель, модельный ряд, импортозамещение.

V.V. Minin, G.A. Kuznetsov, A.D. Malkov

RESEARCH OF HOUSEHOLD DRUMS GRAVITY CONCRETE MIXERS

Research has been carried out on the mixing drums of household gravity concrete mixers made in China and developed at the Siberian Federal University. The most effective drum sizes have been determined and their competitive advantages compared to foreign analogues have been proven.

Key words: mixing drum, household gravity concrete mixer, model range, import substitution.

В настоящее время наблюдается стремительное насыщение строительного рынка гравитационными бетоносмесителями различных типоразмеров отечественного и китайского производства бытового и профессионального назначения. Однако бытовые гравитационные бетоносмесители в России не производят. Считается, что экономически нецелесообразно изготавливать гравитационные бетоносмесители с объемом барабана менее 100 л.

В данной статье представлены исследования смесительных барабанов бытовых гравитационных бетоносмесителей китайского производства и разработанные в Сибирском федеральном университете (СФУ).

В СФУ работают над созданием модельного ряда циклических гравитационных бетоносмесителей бытового назначения [1] с применением инновационного проектирования [2], а также с применением методов поиска новых технических решений, включая функционально-стоимостный анализ [3]. Бытовые бетоносмесители создаются с использованием блочно-модульного принципа проектирования с высокой унификацией узлов и деталей отечественного производства.

Анализ российского рынка строительного оборудования показал, что на нём присутствуют бытовые гравитационные бетоносмесители китайского производства под торговыми марками: Forza БСМ-46, Prorab ЕСМ-46, Тор 46, Ferrua СМ5020, Tsunami RM-63, Тор 63, Сибртех БСЛ-63, «Калибр» БСЭ-63, Forza БСМ-63, «Вихрь» БМ-63, «Земляк 63», Kronwerk МС-63, Redverg RDCM-63, «Парма» БСЛ-65, Сибртех СТ-65, Belamos ВХ-65, Park СМ-70, Eco СМ-70, Skiper СМ-70, Kraton 70, «Варяг» Б-70 и др. Исследование смесительных барабанов данных бетоносмесителей показало, что на российском рынке присутствуют бытовые гравитационные бетоносмесители только двух типоразмеров с объёмом барабана 46 и 63 л.

Барабаны бытовых бетоносмесителей китайского производства изготавливаются штамповкой из стального листа. Верхняя конусная часть барабана выполняется толщиной 1 мм, нижняя цилиндрическая часть барабана – 1,5 мм. Технологический процесс изготовления барабанов очень трудоёмкий и энергозатратный. Стальной барабан имеет большую массу: 10 кг у барабана объёмом 46 л и 12 кг у барабана объёмом 63 л, что составляет примерно половину массы бытовых бетоносмесителей.

Смесительные барабаны современных бытовых бетоносмесителей должны обладать следующими конкурентными преимуществами:

- меньшей массой;
- меньшей стоимостью изготовления;
- простой технологией изготовления;
- простотой эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Для насыщения отечественного рынка и обеспечения строительной отрасли современными бытовыми бетоносмесителями необходимо создать модельный ряд бетоносмесителей с широким диапазоном барабанов различного объёма.

Одним из способов уменьшения массы барабанов является применение нетрадиционных материалов, например пластмассы. В последнее время наблюдается широкое применение пластмасс при изготовлении снеговых лопат, метел, вёдер, тазов и другого инструмента и оборудования садово-огородного, дорожно-строительного, бытового назначения.

При создании смесительных барабанов бытовых гравитационных бетоносмесителей использовались пластмассовые тазы объёмом 19, 26, 30, 32 и 40 литров, широко применяемые в строительстве при перемешивании бетонных и растворных смесей. Они выполнены из полиамида толщиной от 2 до 2,6 мм. Тазы широким основанием фланцуются друг к другу, а со стороны горловины в днище таза фрезеруется отверстие для выгрузки готовой смеси.

Полученные в результате компоновки из отечественных тазов смесительные барабаны отличаются не только своим объёмом, но и большим разнообразием форм и размеров. На рис.1 представлены компоновки 6 моделей смесительных барабанов с объёмом 70, 64, 60, 52, 40 и 38 л. Технические параметры этих моделей барабанов представлены в табл.

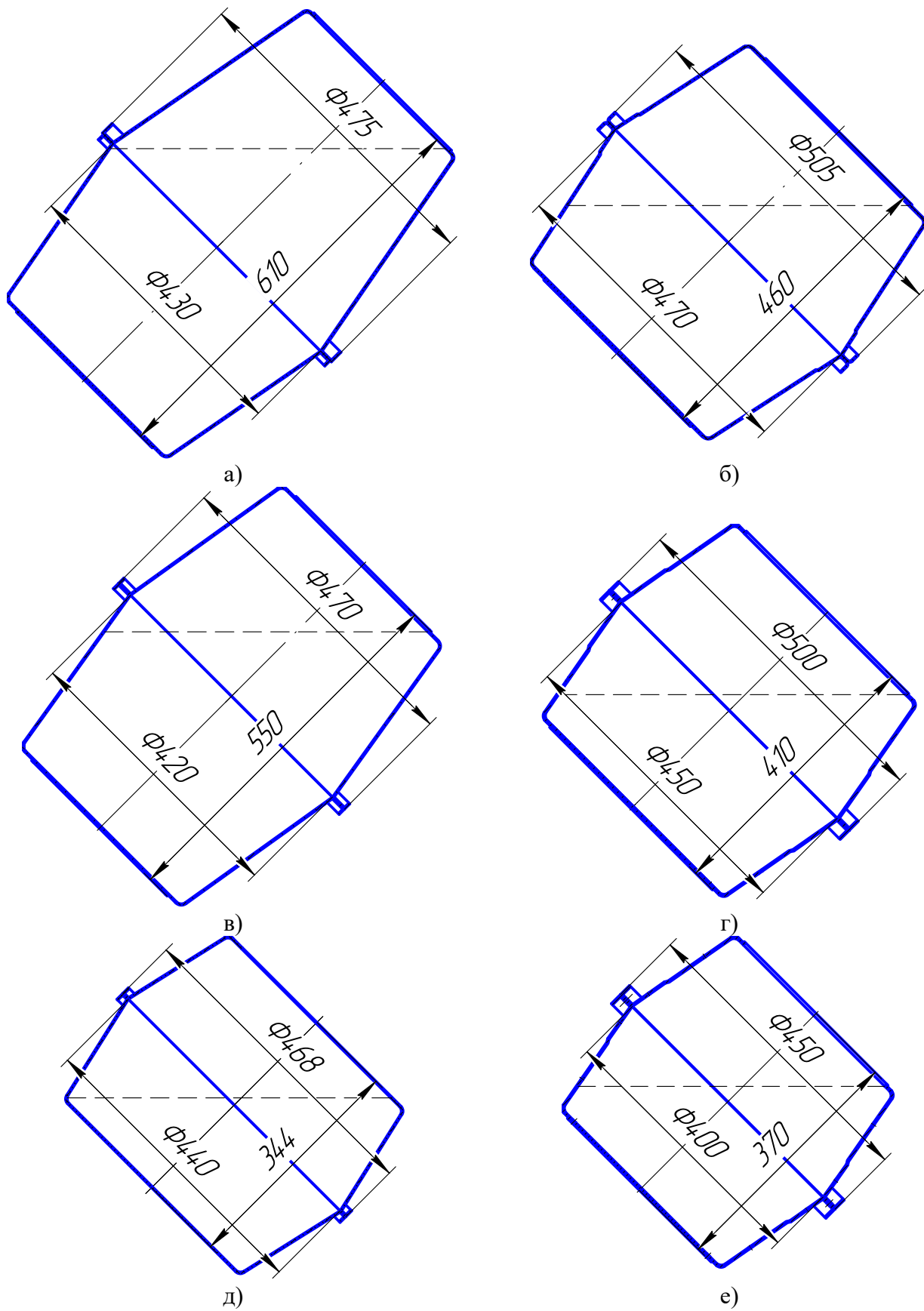


Рис.1. Смесительные барабаны с объёмом:
а – 70 л; б – 64 л; в – 60 л; г – 52 л; д – 40 л; е – 38 л

Технические параметры пластмассовых барабанов бытовых бетоносмесителей

Параметры	Модели смесительных барабанов					
	СБ70	СБ64	СБ60	СБ52	СБ40	СБ38
Объём барабана, л	70	64	60	52	40	38
Расчётный диаметр барабана, мм	430	470	420	450	440	400
Расчётная высота барабана, мм	600	450	540	400	340	360
Координата центра масс, мм	230	151	195	134	113	120
Расчётный объём смеси в барабане, л	47,6	34,5	38,8	25,3	17,2	19,4
Коэффициент заполнения барабана	0,68	0,54	0,65	0,49	0,43	0,51

Соотношение продольных и поперечных размеров барабанов определяет не только их объём, но другие параметры. Максимальный объём барабана при минимальной площади поверхности возможен у барабана по форме приближенной к сфере. Такая форма у барабанов с объёмом 64, 52 и 38 л (рис.1 б, г, е). Коэффициент заполнения смесью у этих барабанов примерно равен 0,5. А сами барабаны обладают минимальной массой.

Барабаны удлиненной формы с объёмом 70 и 60 л (рис.1 а, в) имеют повышенный коэффициент заполнения барабана смесью. Однако барабаны обладают большой массой ввиду большой площади боковых поверхностей. Кроме того, удлиненные барабаны, заполненные смесью, имеют увеличенное значение координаты центра масс, а отсюда повышенные нагрузки на вал барабана и подшипники.

Барабан укороченной формы с объёмом 40 л (рис.1 д) – малоэффективен, так как имеет пониженный коэффициент заполнения барабана смесью.

Применение пластмассовых барабанов позволило уменьшить от 4 до 5 раз массу и от 8 до 10 раз их стоимость, а также повысить энергоэффективность и упростить технологию изготовления по сравнению со стальными барабанами. Энергоэффективность достигается за счёт применения энергосберегающих технологий на термопластавтоматах вместо энергозатратных технологий при штамповке или сварке. Конкурентное преимущество данных барабанов заключается в том, что тазы различных объёмов массово выпускаются отечественной промышленностью. А также в случае износа или поломки барабана возможна его быстрая замена. Кроме того, применение термопластичных материалов при изготовлении барабанов позволяет повысить ресурсоэффективность производственного цикла за счёт вторичной переработки пластмассы. В связи с этим, при производстве смесительных барабанов замена металла пластмассой актуальна. На рис. 2 представлены опытные образцы бытовых гравитационных бетоносмесителей с пластмассовыми барабанами.

Созданный модельный ряд бетоносмесителей со смесительными барабанами объёмом 64, 52 и 38 л позволит быстро и эффективно перенастраивать производство в зависимости от потребления рынком тех или иных типоразмеров бытовых гравитационных бетоносмесителей. Это повысит конкурентоспособность продукции, что в условиях поставленной задачи импортозамещения приобретает особую значимость для российской экономики.



а)



б)

Рис. 2. Бытовые гравитационные бетоносмесители с объёмом барабана: а – 52 л; б – 38 л

Выводы

1. На российском рынке строительного оборудования присутствуют бытовые гравитационные бетоносмесители китайского производства только двух типоразмеров с объёмом смесительного барабана 46 и 63 л.

2. Применение инновационного проектирования позволило выработать решения по улучшению конструкционных, технологических, эксплуатационных и экономических показателей смесительных барабанов бетоносмесителей бытового назначения за счет применения новых конструкционных материалов.

3. Серийное производство конкурентоспособных бытовых гравитационных бетоносмесителей с пластмассовыми барабанами позволит вытеснить с рынка аналогичную продукцию зарубежных изготовителей.

Библиографический список

1. Кузнецов Г.А. Малогабаритные гравитационные бетоносмесители: монография/ Г.А. Кузнецов, В.В. Минин, С.Ф. Зяблов; под общ. ред. В.В. Минаина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2023.- 188 с.

2. Минин В.В. Методология инновационного проектирования наземных транспортно-технологических комплексов : учеб. пособие / В. В. Минин, Г.С. Гришко, В.Ю. Клешнин ; под общ. ред. В.В. Минаина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. 2021. – 108 с.

3. Снижение материалоемкости конструкций бытовых бетонорастворосмесителей гравитационного типа/ В.В. Минин, Г.А. Кузнецов, А.Д. Мальков // Строительные и дорожные машины, 2022. №5. – С. 7-13.

References

1. Kuznetsov G.A. Small-sized gravity concrete mixers: monograph / G.A. Kuznetsov, V.V. Minin, S.F. Zyablov. – Krasnoyarsk: Sib. Feder. Univ., 2023. 188 s.

2. Minin V.V. The methodology of innovative design of ground transport and technological complexes: study guide. – Krasnoyarsk: Sib. Feder. Univ., 2021. – 108 s.

3. Reducing the material consumption of structures of household concrete mortar mixers of gravity type / V.V. Minin, G.A. Kuznetsov, A.D. Malkov // Construction and road machines, 2022. No. 5. – P. 7-13.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 624.92.074.4

*Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности
С.Д. Николенко*

Россия, г. Воронеж, тел. +79102444159

e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности*

Е.З. Арифиллин

Россия, г. Воронеж, тел. +79507571637

e-mail: arif-vrn@mail.ru

*Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
строительной техники*

и инженерной механики

имени профессора Н.А. Ульянова

А.Н. Шчиенко

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29

e-mail: a.n.shienko@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 9102444159

e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Voronezh State

Technical University

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor of
the Department of Technosphere and Fire Safety*

E.Z. Arifullin

Russia, Voronezh, tel. +7 9507571637

e-mail: arif-vrn@mail.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. Shchienko

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29

e-mail: a.n.shienko@mail.ru

С.Д. Николенко, Е.З. Арифиллин, А.Н. Шчиенко

КОМПЛЕКСНАЯ СВОДЧАТАЯ КОНСТРУКЦИЯ НА ОСНОВЕ ПНЕВМОПАЛУБКИ

В статье представлен анализ преимуществ и недостатков пневматических конструкций и пневматических опалубок. Рассмотрена классическая технология возведения сооружения с помощью пневматической опалубки. Предложена конструкция комплексного быстровозводимого сооружения на основе пневмоопалубки.

Ключевые слова: пневматические конструкции, пневматические опалубки, фиброармированная смесь, быстровозводимое сооружение на основе пневмоопалубки.

S.D. Nikolenko, E.Z. Arifullin, A.N. Shchienko

COMPLEX VAULTED STRUCTURE BASED ON PNEUMATIC FORMWORK

The article presents an analysis of the advantages and disadvantages of pneumatic structures and pneumatic formwork. The classic technology of erecting a structure using pneumatic formwork is considered. The design of a complex quickly erected structure based on pneumatic formwork is proposed.

Keywords: pneumatic structures, pneumatic formwork, fiber-reinforced mixture, quickly erected structure based on pneumatic formwork.

Начиная с XIX века начали разрабатываться пневматические конструкции. Был исторический период, когда они исчезали, однако они по-прежнему актуальны. Пневматические конструкции достигли расцвета в 1980–1990-х годах. Такие конструкции функционируют по принципу опирания оболочки на воздух. При этом создается давление 100-400 Па. При этом они крепятся на опорный контур в виде грунта или жестких конструкций [1].

Пневматические конструкции постоянно совершенствовались до настоящего времени [2]. В 1948 году У. Бэрд реализовал первый надувной купол (рис. 1).

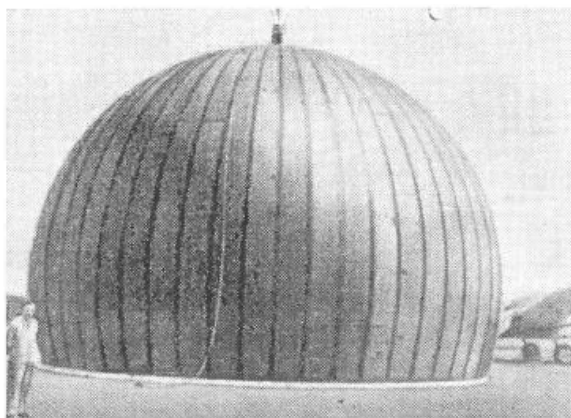


Рис. 1. Вид первого пневматического здания (США)

На фото видно что размер здания был относительно не большим относительно роста человека. С годами размеры конструкций увеличивались. Пример больших павильонов на выставках EXPO-70 (Осака, Япония) и Химия70 (Москва). К 1976 году общее число пневматических конструкций превысило 50 000. Достаточно подробно история формирования пневматических конструкций от первых прототипов до зданий и сооружений XX-XXI века представлена в работе [3].

История развития пневматических конструкций (основные вехи): запатентована конструкция моста из пневматических балок (1893 г.); запатентована конструкция воздухоопорного здания (1917 г.); Ф. У. Ланчестер опубликовал проект воздухоопорного купола диаметром 329 метров (1938 г.); У. Бэрд (США) построил и испытал первое пневматическое здание — сферический купол диаметром 11 метров (1948 г.); первое пневматическое сооружение в Европе — павильон на Брюссельской Всемирной выставке (1958 г.); первое воздухоопорное здание в России — сферический купол диаметром 36 метров (1959 г.); начало массового (более 20 единиц) использование пневматических выставке павильонов на ЭКСПО-70 (1970 г.).

В 1942 году У. Нэфф (США) впервые использовал надувную опалубку для бетонирования куполов. А в 1965 году была изобретена и подробно разработана технология бетонирования куполов с помощью пневматической опалубки (Д. Бини, Италия). С семидесятых годов прошлого столетия начинают активно разрабатывать пневматические опалубки.

Основные отличия конструкций, возводимых с помощью пневматических опалубок от пневматических конструкций следующие:

1. Надувные сооружения должны иметь два компрессора для постоянного поддува воздуха (на случай, если один сломался). Возводимые с помощью пневматических опалубок конструкции требуют компрессор только на время подъема в проектное положение и выдерживания.

2. Надувные требуют резервный источник энергоснабжения, на случай отключения электричества в процессе эксплуатации. Возводимые с помощью пневматических опалубок конструкции этого не требуют.

3. В связи с необходимостью постоянного наддува, двери в надувных могут быть только в виде вращающего турникета, или снабжены специальной камерой, когда при открытии одной двери, другая должна быть закрыта и поэтому, как правило, количество дверей и их размер ограничены. Возводимые с помощью пневматических опалубок конструкции допускают двери в любом месте, любой конфигурации и размера.

4. У надувных сооружений оболочка, имеет большую теплопроводность, которая допускает нагревание воздуха внутри помещения, особенно в летнее время, и промерзает зимой, что приводит к дополнительным затратам по утеплению или охлаждению внутреннего помещения. У возводимых с помощью пневматических опалубок конструкций такого недостатка нет.

5. Вандализм, сильный ветер и обильный снегопад могут быстро обрушить надувную конструкцию. В связи с этим, американские нормы требуют строить раму по внутреннему периметру сооружения, а это дополнительные расходы. Возводимые с помощью пневматических опалубок конструкции способна выдерживать сильный ветер, снегопад, ливень.

6. У надувных сооружений возникает постоянная необходимость в ремонте электрооборудования (компрессоры, вентиляторы, проводка и пр.) Предлагаемая конструкция этого не требует.

7. Оболочка надувных сооружений не может нести дополнительные нагрузки: громкоговорители, пожарные приспособления и пр. На возводимые с помощью пневматических опалубок конструкции возможно подвешивание любых дополнительных устройств и оборудования.

8. В случае пореза или порыва оболочки надувного сооружения для ремонта её надо сдувать, а затем ремонтировать. Это приводит к необходимости перебазировать в другое место расположенные в нем структуры, что не всегда возможно.

Как видно из анализа преимущества конструкций возводимых с помощью пневматических опалубок налицо. Типы пневматической опалубки зависят от вида бетонизируемых монолитных конструкций. В мировой практике широкое распространение получили пневматические опалубки для возведения сводчатых сооружений.

Пневматическая опалубка – это пневматическая строительная конструкция, представляющая собой несколько слоев материала обычно свода и систему крепления свода к основанию. Сводчатые сооружения могут возводиться путем укладки бетона набрызгом на надутую пневмоопалубку или путем укладки бетонной смеси и арматуры на ненадутую пневмоопалубку с последующим подъемом в проектное положение.

Для возведения монолитных пространственных сооружений с помощью пневматических опалубок, надуваемых воздухом необходимо иметь составляющие бетона, бетономешалку и оборудование для подъема опалубки в проектное положение.

Несущая способность, устойчивость и противодействие внешним нагрузкам (вес бетона) пневматической опалубки достигается за счет избыточного давления, создаваемого нагнетающей системой постоянного действия (обычно вентиляторы). Оборачиваемость пневматических опалубок небольшая, примерно равна 10. Поэтому широкого распространения они всё-таки не нашли.

Целью работы является разработка комплексной сводчатой конструкции на основе несъемной пневмоопалубки.

Одним из классических способов возведения сводчатых сооружений с помощью пневматической опалубки состоит в следующем [4]. Цилиндрическая опалубка расстилается на горизонтальном основании на уровне фундаментов будущего сооружения и крепится к ним. В сложенном состоянии длина направляющей пневмоопалубки больше расстояния

между линиями крепления ее к основанию, поэтому пневмоопалубку расстилают с двумя или одной продольными складками, расправленными за линии опор. В торцевых участках пневмоопалубки образуются нерегулярные мелкие складки (морщины). К продольным складкам прикрепляют открылки. Поверх пневмоопалубки и открылков укладывается тонким слоем бетонная смесь и арматура (рис. 2).



Рис. 2. Вид прикрепленных открылков и укладки арматуры

Бетонная смесь уплотняется, после чего внутрь пневмоопалубки нагнетают воздух. Пневмоопалубка поднимается, изгибая уложенный слой бетона и арматуры. При этом открылки постепенно укладываются на пневмоопалубку и край ребра бетона совмещается с фундаментом. В таком положении опалубка выдерживается до набора бетоном требуемой прочности (рис. 3).

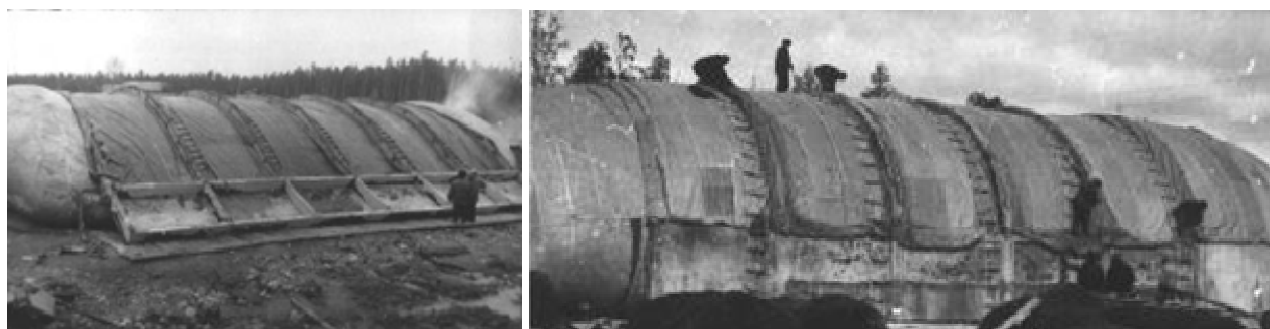


Рис. 3. Вид подъема опалубки и ее выдерживания в проектном положении

После набора бетоном требуемой прочности воздух из пневмоопалубки выпускается, она демонтируется и готовится к повторному использованию, а сооружение готово к дальнейшим работам (рис. 4).



Рис. 4. Вид готового сооружения со снятой опалубкой

Основные недостатки данного способа. При подъеме опалубки в проектное положение бетон испытывает деформации растяжения, что может привести к сползанию бетонной смеси. Этот недостаток пытаются устранять обжатием бетонной смеси при подъеме опалубки гибким полотнищем. Полотнище укладывают поверх уплотненной бетонной смеси и герметично прикрепляют по контуру к мягкой пневмоопалубке. После выкачивания воздуха вакуум-насосом из полости между двумя мягкими полотнищами бетонная смесь обжимается атмосферным давлением, и бетон сохраняет свою плотную структуру.

Понятно, что при очевидных преимуществах такой технологии возведения сводчатых сооружений перед сборными она все же достаточно сложна и трудоемка. Поэтому необходимо другое решение. Таким решением может быть использование заранее изготовленных в заводских условиях быстровозводимых сооружений на основе пневмоопалубки [5, 6].

Один из вариантов такого сооружения (рис. 5) имеет гибкое основание (1), конструктивно представляющее пол и воспринимающее распорные усилия (H). Нижняя часть сооружения вместе с наружной (4) и внутренней (3) оболочками из эластичного материала, закрепляется на грунте (2)

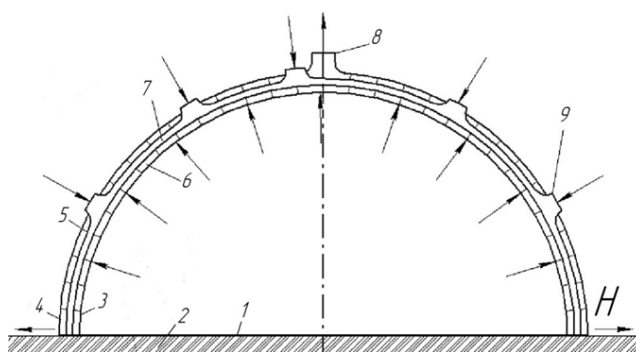


Рис. 5. Схема предлагаемого сооружения в разрезе

Оболочки располагаются одна от другой на фиксированном с помощью гибких связей (5) расстоянии. Образованная между наружной и внутренней оболочками полость заполнена сухой фиброармированной смесью (6). Проведенные исследования показали [7,8], что применение фибрового армирования улучшает свойства бетона.

Эту смесь пронизывают гибкие перфорированные трубки (7), равноудаленные друг от друга на расстояние, позволяющее полностью затворять сухую смесь раствором вяжущего. Подача вяжущего осуществляется через специальные штуцеры (9), выведенные от перфорированных трубок. В верхней части наружной оболочки располагается патрубок отсоса воздуха (8) выделяемого при уплотнении бетона.

Конструкция с помощью подачи под внутреннюю оболочку воздуха поднимается в проектное положение. Затем по перфорированным трубкам подается раствор вяжущего. После затворения сухой смеси конструкция выдерживается до набора заданной прочности, при избыточном давлении в опалубке 2-3 кПа. Затем подача сжатого воздуха прекращается и дисковой пилой в сооружении вырезаются дверной и оконные проемы.

Одним из условий качественного возведения сооружений на пневматической опалубке является стабильность рабочего давления воздуха внутреннего объема. Относительное изменение величины рабочего давления не должно превышать

$$\frac{\Delta P}{P} \leq 0,18,$$

где ΔP – абсолютное изменение величины рабочего давления;
 P – величина рабочего давления.

Выводы

Таким образом проведен анализ преимуществ и недостатков пневматических конструкций. Предложена конструкция комплексной сводчатой конструкции на основе несъемной пневмоопалубки. Для улучшения технологии возведения и свойств сооружений на основе пневматической опалубки были проведены экспериментальные исследования [9, 10]. Проводятся дальнейшие исследования для усовершенствования разработанной комплексной конструкции на основе пневмоопалубки.

Библиографический список

1. Ермолов В.В. Пневматические строительные конструкции / под ред. Ермолова / В.В. Ермолов, У.У. Бэрд, Э. Бубнер. - М.: Стройиздат, 1983. - 439 с.
2. Pecina P. Application of tensile membrane structures in architecture / Paula Pecina: Dissertation Bachelor of Architectural Technology and Construction Management (BATCoM) Via University College. - Denmark. 2012. - 31 s.
3. Пшеничникова К.А. Предпосылки формирования пневматических конструкций в современной архитектуре // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2018. – №3(44). – С. 183-200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2018/3kvart18/10_pshenichnikova/index.php.
4. Петраков Б. И. Бетонирование конструкций с использованием пневмоопалубки [Текст]. - Ленинград: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1974. - 89 с.: ил.; 21 см.
5. Конструкторское решение и технология быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций. Михневич И.В., Рыбаков А.В., Николенко С.Д. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (40). С. 66-75.
6. Разработка конструкций пневматических опалубок. Николенко С.Д., Михневич И.В. Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 2 (15). С. 18-22.
7. Экспериментальное исследование работы фибробетонных конструкций при знакопеременном малоцикловом нагружении. Николенко С.Д., Ставров Г.Н. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1986. № 1. С. 18-22.
8. Рахимов Р. З. Фибробетон — строительный материал XXI века // *Экспозиция — бетон и сухие смеси*. — 2008 — № 26(54). — С. 35—42.
9. Использование заполнителей в быстровозводимых сооружениях на основе пневмоопалубки. Михневич И.В., Николенко С.Д., Казаков Д.А. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2015. № 3 (39). С. 39-45.
10. Сравнительное исследование характеристик материалов, применяемых в быстровозводимых сооружениях. Михневич И.В., Николенко С.Д., Черемисин А.В. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 1 (41). С. 48-55.

References

1. Ermolov V.V. Pneumatic building structures / edited by Ermolov / V.V. Ermolov, W.U. Baird, E. Bubner. - M.: Sroyizdat, 1983. - 439 p.
2. Pecina P. Application of tensile membrane structures in architecture / Paula Pecina: Dissertation Bachelor of Architectural Technology and Construction Management (BATCoM) Via University College. - Denmark. 2012. - 31 s.

3. Pshenichnikova K.A. Prerequisites for the formation of pneumatic structures in modern architecture // Architecture and Modern Information Technologies. - 2018. - No. 3 (44). - P. 183-200 [Electronic resource]. - Access mode: http://marhi.ru/AMIT/2018/3kvart18/10_pshenichnikova/index.php.
4. Petrakov B. I. Concreting of structures using pneumatic formwork [Text]. - Leningrad: Stroyizdat. Leningrad department, 1974. - 89 p.: ill.; 21 cm.
5. Design solution and technology of a quickly erected structure for use in emergency zones. Mikhnevich I.V., Rybakov A.V., Nikolenko S.D. Scientific and educational problems of civil defense. 2019. No. 1 (40). P. 66-75.
6. Development of pneumatic formwork designs. Nikolenko S.D., Mikhnevich I.V. Scientific journal. Engineering systems and structures. 2014. No. 2 (15). P. 18-22.
7. Experimental study of the performance of fiber-reinforced concrete structures under alternating low-cycle loading. Nikolenko S.D., Stavrov G.N. News of higher educational institutions. Construction and architecture. 1986. No. 1. P. 18-22.
8. Rakhimov R. Z. Fiber concrete — a building material of the 21st century // Exposition – concrete and dry mixes. – 2008 – No. 2b(54). – P. 35-42.
9. Use of fillers in prefabricated structures based on pneumatic formwork. Mikhnevich I.V., Nikolenko S.D., Kazakov D.A. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2015. No. 3 (39). P. 39-45.
10. Comparative study of the characteristics of materials used in prefabricated structures. Mikhnevich I.V., Nikolenko S.D., Cheremisin A.V. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2016. No. 1 (41). P. 48-55.

УДК 621.876.11

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
факультета, группы НТС-201 М.И. Сметанин
Магистранты группы мМОСК-231
В.В. Беляков, А.А. Мальцев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920) 5-24-47-11
e-mail: rutrututorial@gmail.com*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport,
group NTS-201 M.I. Smetanin
Master's students of the group mMOSK-231
V.V. Belyakov, A.A. Maltsev
Russia, Voronezh, tel. +7(920) 5-24-47-11
e-mail: rutrututorial@gmail.com*

М.И. Сметанин, В.В. Беляков, А.А. Мальцев

КОНСТРУКЦИИ ЛОВИТЕЛЕЙ ЛИФТОВ

В статье рассмотрены современные конструкции и направления развития лифтовых ловителей. Основными тенденциями развития конструкций ловителей лифтов являются быстродействие их срабатывания, упрощение конструкции, обеспечении необходимого тормозного усилия, снижении усилия, необходимого для снятия лифта с ловителей после их срабатывания, использование легких и прочных композитных материалов снижающих общий вес конструкции, а также повышающих ее износостойкость.

Ключевые слова: снижение усилия, подвижная тормозная колодка, ограничитель скорости, направляющий элемент, тормозной клин.

M.I. Smetanin, V.V. Belyakov, A.A. Maltsev

ELEVATOR CATCHER DESIGNS

The article discusses modern designs and development directions of elevator catchers. The main trends in the development of elevator catcher designs are the speed of their operation, simplification of the structure, providing the necessary braking force, reducing the force required to remove the elevator from the catchers after their operation, the use of lightweight and durable composite materials that reduce the overall weight of the structure, as well as increasing its wear resistance.

Keywords: force reduction, movable brake pad, speed limiter, guide element, brake wedge.

Лифт – привычное и незаменимое средство передвижения в многоэтажных зданиях. Мы ежедневно пользуемся им, не задумываясь о сложной технике, обеспечивающей нашу безопасность. Одним из самых важных элементов лифтов являются ловители – неприметные, но критически важные устройства, способные предотвратить катастрофические последствия при аварийном падении кабины или противовеса [1].

Ловители являются последним рубежом защиты, предотвращая свободное падение лифтовой кабины или противовеса. Они действуют как своеобразный «аварийный тормоз», резко замедляющий и фиксирующий кабину (или противовес) на направляющих.

По своей сути, ловитель – это разновидность линейного колодочного тормоза, но с принципиально важным отличием: самозаклинивающимся механизмом. В обычном состоянии ловитель не препятствует движению кабины. Однако, при достижении критической скорости (превышение допустимого значения), или при ослаблении канатной подвески, срабатывает этот механизм.

В момент касания тормозной колодки направляющей, специальное устройство мгновенно создает мощное давление, заклинивая колодку. Это происходит автоматически, без вмешательства человека, и обеспечивает быстрое и эффективное торможение. Важно отметить, что ловитель не просто останавливает падение, он должен делать это с ускорением, безопасным для находящихся в кабине людей. После срабатывания, ловитель надежно удерживает кабину на направляющих до тех пор, пока специалисты не снимут её с захватов.

Ловители устанавливаются на всех типах лифтовых кабин. Более того, если противовес расположен над помещениями, где могут находиться люди, или над переходами, не способными выдержать удар падающего груза, они устанавливаются и на противовес. Это крайне важно, поскольку падение противовеса может быть не менее опасным, чем падение кабины.

Эффективность работы ловителей зависит от множества факторов: качество материалов, точность изготовления, регулярное техническое обслуживание. Регулярные проверки и плановое техническое обслуживание являются обязательными для обеспечения надёжной работы этого критически важного элемента системы безопасности лифта. Любая неисправность ловителя может привести к катастрофическим последствиям. Понимание принципа их действия и важности регулярного технического обслуживания – это залог нашей безопасности.

Рассмотрим современные конструкции и направления развития лифтовых ловителей. Патент RU 2 718 706 [2] описывает конструкцию ловителя, который предназначен для применения в лифтостроении. Это изобретение направлено на улучшение технологических характеристик, уменьшение размеров механизма и повышение надежности его работы. Основная задача данного устройства заключается в снижении усилия, необходимого для снятия лифта с ловителей после их срабатывания, что является важным аспектом для обеспечения безопасности и удобства эксплуатации лифтов.

Как показано на рисунке 1, конструкция ловителя включает в себя несколько ключевых элементов, которые обеспечивают его эффективную работу. При превышении установленной скорости движения кабины лифта происходит натяжение тягового элемента, который соединен с рычагом. Это натяжение приводит к тому, что эксцентрик, находящийся в равновесии, смещается и начинает взаимодействовать с рабочей поверхностью направляющей. В результате этого взаимодействия возникает сила трения, которая способствует самозатягиванию механизма и прижатию направляющей к тормозной колодке.

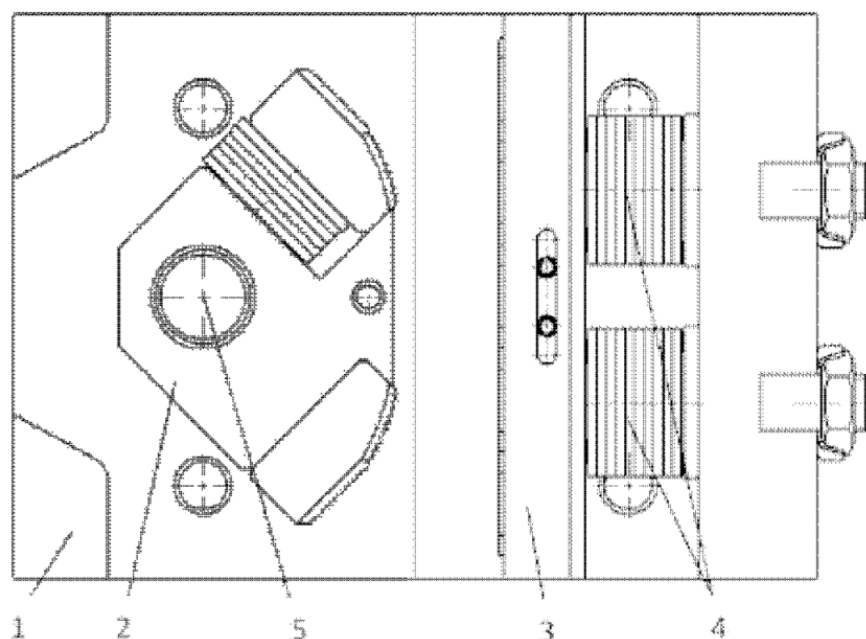


Рис. 1. Схема конструкции ловителя по патенту RU 2 718 706

Одним из наиболее важных аспектов конструкции является подвижная тормозная колодка. Она играет ключевую роль в процессе снятия кабины или противовеса с ловителей. Колодка может перемещаться вверх и вниз, что позволяет ей адаптироваться к движению кабины. Когда кабина или противовес движется вниз, тормозная колодка поднимается из нейтрального положения, обеспечивая надежное сцепление с направляющей. В то же время, при движении кабины вверх, колодка смещается вниз, что позволяет избежать заедания и обеспечивает плавную работу механизма.

Данная схема ловителей не только улучшает безопасность лифта, но и снижает вероятность неисправностей, что делает ее более надежной в эксплуатации. Важно отметить, что такая конструкция позволяет значительно уменьшить габариты устройства, что особенно актуально для современных лифтов, где пространство ограничено.

Кроме того, изобретение может быть адаптировано для использования в различных типах лифтов, включая пассажирские, грузовые и специальные лифты, что расширяет его область применения. Таким образом, патент RU 2 718 706 представляет собой шаг вперед в области лифтостроения, обеспечивая более высокую степень безопасности, надежности и эффективности в работе лифтовых систем.

Патент RU 2 596 635 [3] описывает ловитель кабины лифта, который значительно повышает безопасность при торможении. Основное преимущество данного изобретения заключается в том, что оно обеспечивает кинематическую определенность взаимодействия деталей ловителя во время его срабатывания, а также упрощает конструкцию устройства. Это важно, так как упрощенная конструкция может привести к уменьшению количества возможных поломок и облегчению обслуживания.

Механизм работы ловителя, приведенный на рис. 2, достаточно прост и эффективен. При превышении установленной скорости лифта срабатывает ограничитель скорости, который активирует механизм привода ловителей. В результате этого действия клин, находящийся в ловителе, поднимается вверх, если лифт движется вниз, и опускается вниз, если лифт движется вверх. Этот процесс начинается с того, что ролик, находящийся на поверхности клина, выходит из углубления. Когда это происходит, наклонная плоскость клина начинает прокатываться по ролику, что вызывает поперечное смещение клина и его контакт с направляющей.

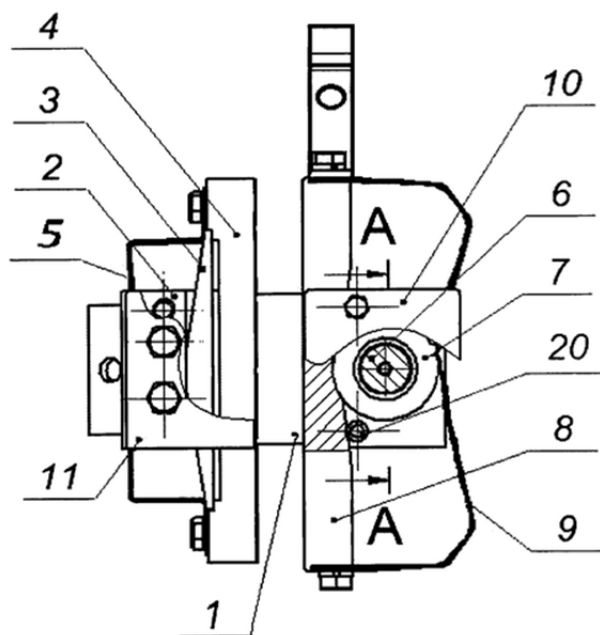


Рис. 2. Схема конструкции ловителя по патенту RU 2 596 635

Далее происходит смещение основания ловителя, и тормозной башмак также вступает в контакт с направляющей. Это взаимодействие запускает процесс самозатягивания клина, который продолжает двигаться до упора в основание, ограничиваемое специальным элементом – ограничителем хода клина. В то же время тормозной башмак смещается в том же направлении до тех пор, пока не упрется в основание, что также ограничивается своим ограничителем хода. За счет упругой деформации пружины, которая присутствует в конструкции, создается необходимое тормозное усилие башмака, а также встречное усилие клина на направляющую. Это взаимодействие обеспечивает надежное торможение кабины лифта, что крайне важно для безопасности пассажиров.

Другой патент, RU 2 673 298 [4], также касается ловителей для лифтов, но его основная цель заключается в сокращении времени срабатывания устройства. Это изобретение представляет собой одну из возможных конструкций ловителей и включает в себя направляющий элемент с подвижно установленным на нем тормозным клином (рис. 3). Этот клин приводится в действие с помощью исполнительного элемента, который перемещает его из исходного положения в инициирующее торможение положение.

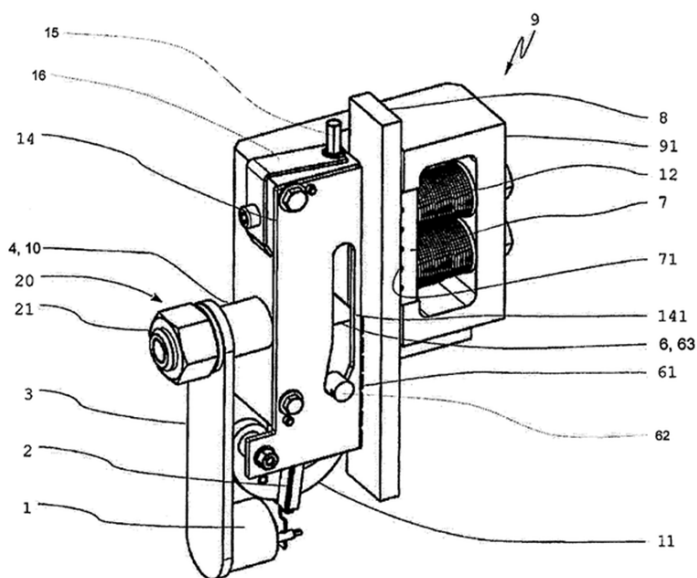


Рис. 3. Схема конструкции ловителя по патенту RU 2 673 298

Такой подход позволяет значительно ускорить реакцию ловителя на изменения скорости лифта, что, в свою очередь, повышает общую безопасность системы. Быстрое срабатывание ловителя может предотвратить потенциальные аварии, особенно в ситуациях, когда лифт движется с избыточной скоростью.

Кроме того, современные разработки в области ловителей лифтов также учитывают использование новых материалов и технологий, что способствует улучшению их характеристик. Например, использование легких и прочных композитных материалов может снизить общий вес конструкции, а также повысить ее устойчивость к износу. Это также может привести к снижению затрат на обслуживание и повышению долговечности устройства.

Важно отметить, что безопасность лифтовых систем не ограничивается лишь ловителями. Существует множество других компонентов, таких как системы контроля скорости, датчики перегрузки и аварийные тормоза, которые работают в тандеме с ловителями, обеспечивая надежную и безопасную работу лифта. Все эти элементы должны быть тщательно спроектированы и интегрированы друг с другом, чтобы обеспечить максимальную безопасность для пассажиров.

Таким образом, рассмотренные патенты представляют собой важные шаги в развитии конструкций ловителей для лифтов, которые не только улучшают безопасность, но и повышают эффективность работы лифтовых систем в целом. Разработка и внедрение таких решений способствуют созданию более безопасных и надежных лифтов, что особенно актуально в условиях современных городов с их высокими зданиями и активным использованием вертикального транспорта.

Выводы

Основными тенденциями развития конструкций ловителей лифтов являются быстродействия их срабатывания, упрощение конструкции, обеспечении необходимого тормозного усилия, снижении усилия, необходимого для снятия лифта с ловителей после их срабатывания, использование легких и прочных композитных материалов снижающих общий вес конструкции, а также повышающих ее износостойкость.

Библиографический список

1. Архангельский Г.Г., Балабанов Н.И., Гушин Л.В. и др. Лифты, платформы подъемные для инвалидов, эскалаторы. Часть 1. Лифты. 2019. – 680 с.
2. Патент RU2718706C1. Ловитель. Бердников А. Д. Опубл. 14.04.2020 Бюл. № 11.
3. Патент RU2596635C1. Ловитель кабины лифта. Комов Н.А., Полянский В.П., Цимбаревич М.А. Опубл. 10.09.2016 Бюл. № 25.
4. Патент RU2673298C1. Ловитель для лифта. ОСМАНБАЗИК Фарук, МУФ Йозеф А., ГРЕМО Николая. Опубл. 23.11.2018 Бюл. № 33.

References

1. Arkhangelsky G.G., Balabanov N.I., Guschin L.V. et al. Elevators, lifting platforms for the disabled, escalators. Part 1. Elevators. 2019. – 680 p.
2. Patent RU2718706C1. Catcher. Berdnikov A.D. Publ. 04.14.2020 Issue No. 11
3. Patent RU2596635C1. Elevator cabin catcher. Komov N.A., Polyansky V.P., Tsimbarevich M.A. Publ. 09.10.2016 Issue No. 25.
4. Patent RU2673298C1. Elevator catcher. OSMANBASIK Faruk, MOUF Joseph A., GRIMAUD Nicolas. Published on 11.23.2018, Issue No. 33.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 004.9.614

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности*

Е.З. Арифуллин

Россия, г. Воронеж, тел. +79507571637

e-mail: arif-vrn@mail.ru

*Д.т.н., профессор, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности*

С.Н. Тростянский

Россия, г. Воронеж, тел. +79204044777

e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

*Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности*

С.Д. Николенко

Россия, г. Воронеж, тел. +79102444159

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

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor of
the Department of Technosphere and Fire Safety*

E.Z. Arifullin

Russia, Voronezh, tel. +7 9507571637

e-mail: arif-vrn@mail.ru

*Dr. Sci. Tech., Professor, Associate Professor
of the Department of Technosphere and Fire*

Safety S.N. Trostyansky

Russia, Voronezh, tel. +79204044777

e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of*

Technosphere and Fire Safety S.D. Nikolenko

Russia, Voronezh, tel. +7 9102444159

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

Е.З. Арифуллин, С.Н. Тростянский, С.Д. Николенко, А.Н. Щиенко

ОРГАНИЗАЦИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В данной статье приводится краткое описание организационно-алгоритмических действий по выполнению спасательных работ при чрезвычайных ситуациях дорожно-транспортного характера, представленных в виде системы оперативного управления спасательными подразделениями выполняющие задачи по обеспечению безопасности и защиты населения на дорогах общего пользования.

Ключевые слова: структура, система, происшествия, управление, оперативные подразделения, действия.

E.Z. Arifullin, S.N. Trostyansky, S.D. Nikolenko, A.N. Shchienko

ORGANIZATION OF EMERGENCY RESCUE OPERATIONS IN EMERGENCY SITUATIONS

This article provides a brief description of organizational and algorithmic actions for performing rescue operations in emergency situations of a road traffic nature, presented in the form of an operational management system for rescue units performing tasks to ensure the safety and protection of the public on public roads.

Keywords: structure, system, incidents, management, operational units, actions.

Введение

В виду современной оценкой дорожно-транспортной инфраструктуры и ростом количества возникновения аварий, сопровождающиеся человеческими жертвами, материальным ущербом и нарушением транспортной логистики, неотъемлемо требует оперативного и эффективного реагирования проведения аварийно-спасательных работ.

Для проведения аварийно-спасательных работ (АСР) при дорожно-транспортных авариях (ситуациях, происшествиях) ДТП характерным является организация тесного взаимодействия всех органов оперативного управления. От поступления информации о вызове ситуации, до локализации и ликвидации дорожно-транспортного инцидента (ситуации). В виду понимания и раскрытия материала необходимо учитывать некоторые особенности транспортных средств (ТС), вид и характер аварийной ситуации, а также некоторое пояснение алгоритмических основ действий спасателей при выполнении АСР в условиях ДТП, например при касательном столкновении, на дорожном полотне или участке проезжей части рисунок 1.



Рис. 1. Фрагмент последовательности проведения аварийно-спасательных работ при касательном столкновении транспортных средств

Из рисунка характерно прослеживается сильная деформация кузова, зажаты водитель, и пассажир одного из транспортных средств есть некоторые травмы. Разлива топлива и пожара не возникло, проведение АСР ведется спасателями в светлое время суток, при нормальных погодных условиях с использованием гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ). Соответствующий порядок действий спасателей при данном происшествии можно представить последовательно в виде блок схемы рисунок 2.

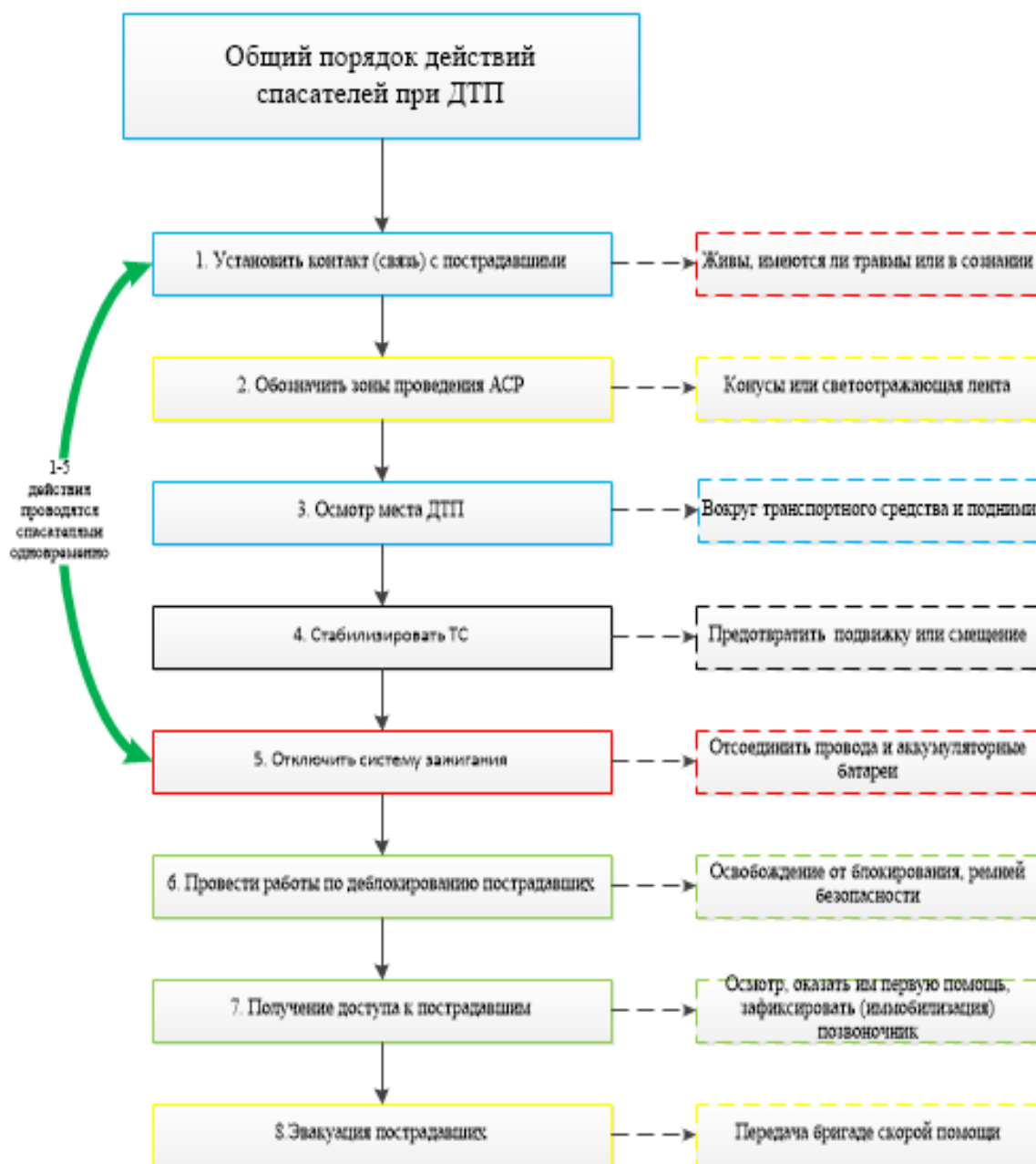


Рис. 2. Последовательность действий работы спасателей при ДТП

Из рисунка видно, что последовательность операций при происшествиях подразделяются на 8 пунктов, из которых 1-5 проводится одновременно, также необходимо к пострадавшим приближаться спереди, чтобы меньше мог пострадавший совершать повороты головой, зафиксировать травмы, позвоночник и ряда других частей тела, если таковы имеются. Освободить вокруг пострадавшего все зажатое, дать свободное пространство, провести освобождение аккумулятора, стабилизацию ТС.

Стабилизация транспортных средств осуществляется с помощью подпорков и клиньев рисунок 3.



Рис. 3. Клинья и подпоры для стабилизации

Следовательно, обобщенная схема проведения АСР при ликвидации аварийных ситуаций представлена на рисунке 4.

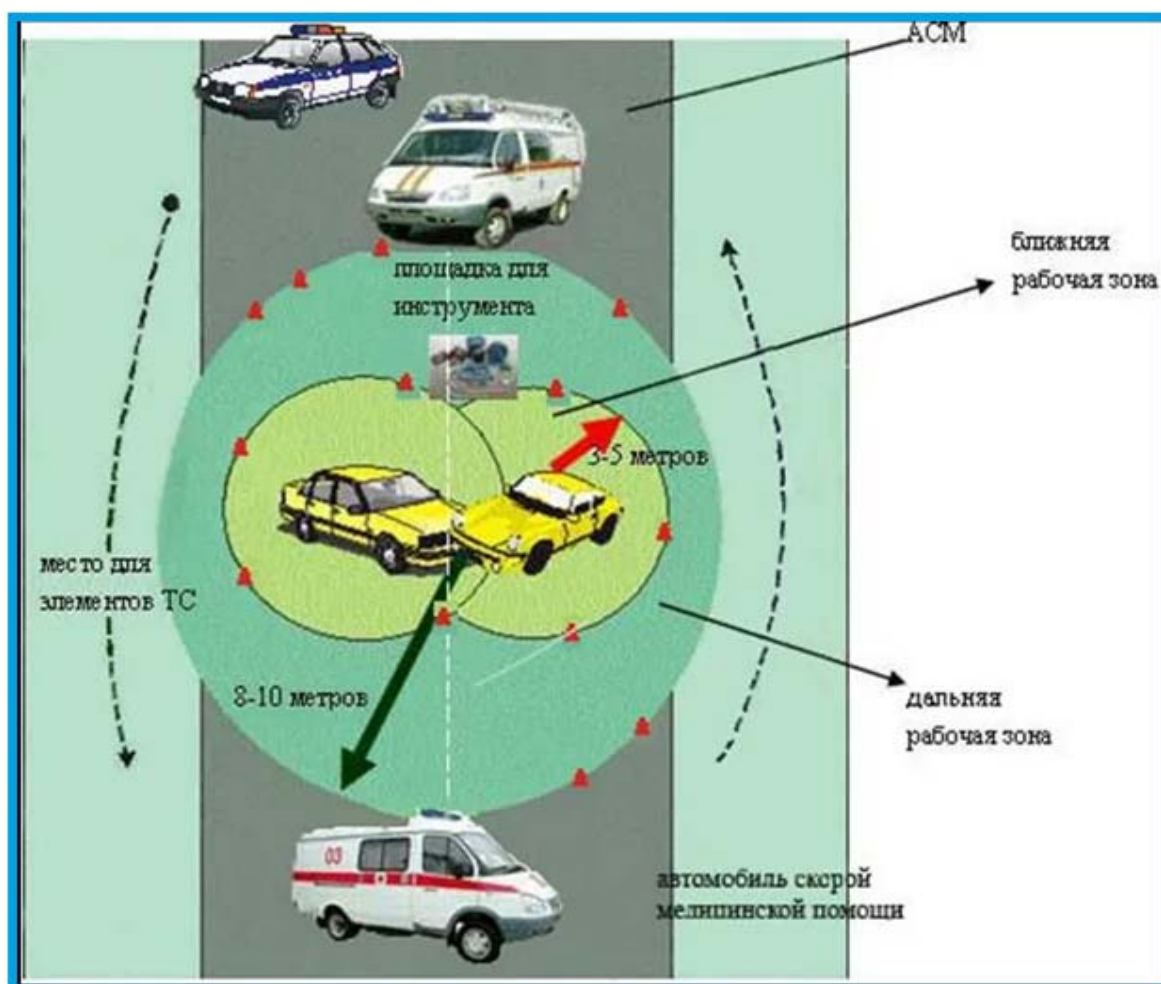


Рис. 4. Схема расстановки рабочей зоны при проведении АСР при транспортном происшествии

Результаты. Для структуризации обоснования системы оперативного управления при дорожных происшествиях (СОУПДП), потребуется организационное пояснение численности спасательных формирований (подразделений) рисунок 5.

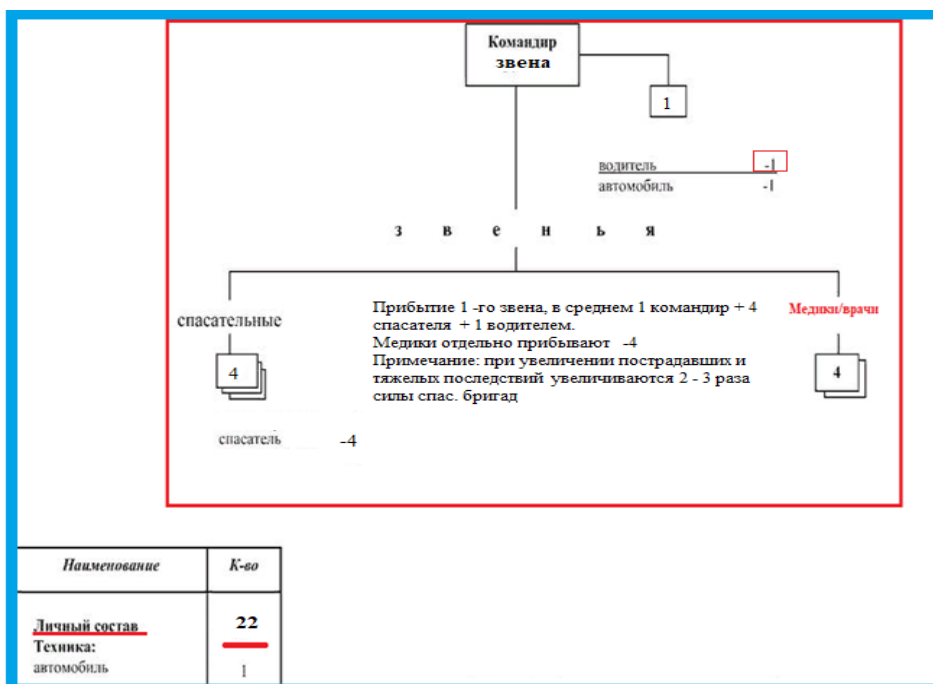


Рис. 5. Схема численности спасательных формирований участвующих при ДТП

Численность спасательного звена, определена количеством участников (спасателей) представляющие как уникальные люди, участвующих для ликвидации связанных с ДТП, во многом выступают как под система оперативного управления рисунок 6.

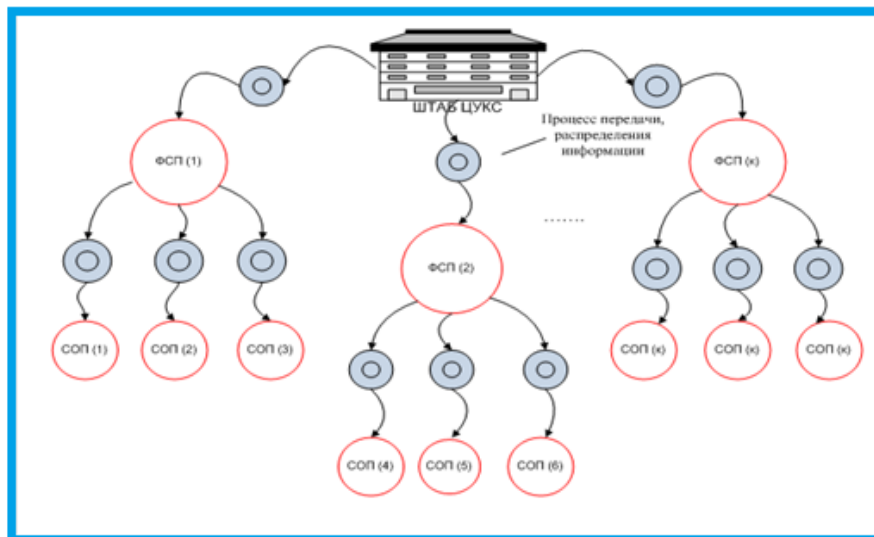


Рис. 6. Схема подсистемы оперативного управления при ликвидации различных ситуаций

Из рисунка видно, распределение информации по звеньям спасательных оперативных подразделений как функционалов выступающих в роли ликвидаторов аварийных ситуаций, выполняющие задачи по действиям «АСР в условиях и ДТП». Во-первых, обязательная координация управленческих действий функциональных спасательных подразделений (ФСП) со стороны ЦУКС МЧС России. Во-вторых, управленческая координация действий и принятие решения спасательных оперативных подразделений (СОП), как функционалов агентов, входящих в состав ФСП и руководителя ФСП рисунок 7.

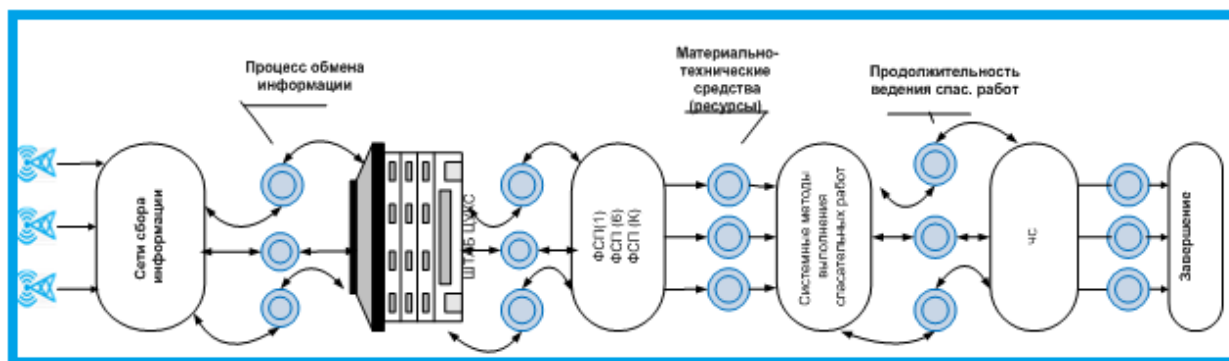


Рис. 7. Поэтапная структура ситемы оперативного управления ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера

Вывод

Представленная технологическая струкура поэтапной роботы ликвидации ЧС, выполняет совокупность подработ, продолжительностью временных показателей разбитых на отдельные функции, операции, что присущех системе упавления. Замысел перехода от одного к другому объекту управления с различными свойствами имеющий взаимодействие с друг другом в виде эмпирического пути.

Таким образом, из огромного количества поступающей информации о чрезвычайных ситуациях в различных регионах, необходимо развивать перспективные направления систем оперативного управления, через алгоритмизацию и информационные программы применимые для управления и ликвидации ЧС на транспорте.

Библиографический список

1. Арифиллин Е.З. Управление спасательными подразделениями при угрозе возникновении чрезвычайной ситуации / Е.З. Арифиллин, А.В. Калач, Е.В. Калач // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сборник статей по материалам IX всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.- 2018. - С. 314 - 316.
2. Арифиллин Е.З. Система управления действиями в пожароопасных ситуациях с использованием информационной поддержки для проведения аварийно-спасательных работ/ Е.З. Арифиллин, З.А. Аврамов, А.Н. Кошель // В сборнике: Гражданская оборона и природно-технические системы. Сборник статей по материалам XX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2024. С. 55-61.
3. Арифиллин Е.З. Проведение аварийно-спасательных работ при пожарах природного характера в России: история вопроса / Е.З. Арифиллин, Т.В. Овчинникова, А.А. Павленко Аграрная история. 2024. № 17. С. 3-13.
4. Арифиллин Д.З. Разработка функциональной структуры системы оперативного управления при проведении аварийно-спасательных работ в условия пожароопасных и чрезвычайных ситуаций / Д.З. Арифиллин, Е.З. Арифиллин, А.В. Калач, И.И. Переславцева, И.А. Новикова, Е.П. Вялова //В сборнике: Гражданская оборона и природно-технические системы. сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 104-106.
5. Арифиллин Е.З. Разработка структуры управляющей части системы оперативного управления при проведении аварийно-спасательных работ в условиях пожароопасных и чрезвычайных ситуаций / Е.З. Арифиллин, Д.З. Арифиллин, И.А. Новикова, И.И. Переславцева, Е.П. Вялова // В сборнике: Гражданская оборона и природно-технические системы. сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 107-109

6. Арифиллин Е.З. Разработка структуры многоагентной концепции системы оперативного управления при проведении аварийно-спасательных работ в условиях пожароопасных и чрезвычайных ситуаций / Е.З. Арифиллин, Д.З. Арифиллин, С.В. Костыков, П.С. Куприенко, И.Н. Пантелеев В сборнике: Гражданская оборона и природно-технические системы. сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 110-112

7. Арифиллин Е.З. Разработка структуры многоагентной подсистемы системы оперативного управления по ликвидации пожароопасных и чрезвычайных ситуаций и проведения аварийно-спасательных работ / Е.З. Арифиллин, Д.З. Арифиллин, А.В. Калач, Е.В. Калач, И.А. Новикова, Е.П. Вялова // В сборнике: Гражданская оборона и природно-технические системы. сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. С. 113-114.

References

1. Arifullin E.Z. Management of rescue units in the event of a threat of an emergency / E.Z. Arifullin, A.V. Kalach, E.V. Kalach // Fire safety: problems and prospects: collection of articles based on the materials of the IX All-Russian scientific and practical conference with international participation. Voronezh Institute is a branch of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2018. pp. 314-316.

2. Arifullin E.Z. A management system for actions in fire-hazardous situations using information support for emergency rescue operations/ E.Z. Arifullin, Z.A. Avramov, A.N. Koshel // In the collection: Civil defense and natural-technical systems. Collection of articles based on the materials of the XX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2024. pp. 55-61.

3. Arifullin E.Z. Conducting emergency rescue operations in case of natural fires in Russia: a history of the issue / E.Z. Arifullin, T.V. Ovchinnikova, A.A. Pavlenko Agrarian history. 2024. No. 17. pp. 3-13.

4. Arifullin D.Z., Arifullin E.Z., Kalach A.V., Pereslavl'tseva I.I., Novikova I.A., Vyalova E.P. Development of the functional structure of the operational management system during rescue operations in fire-hazardous and emergency situations. //In the collection: Civil defense and natural-technical systems. collection of articles based on the materials of the XIX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2023. pp. 104-106.

5. Arifullin E.Z. Development of the structure of the control part of the operational management system during rescue operations in fire-hazardous and emergency situations / E.Z. Arifullin, D.Z. Arifullin, I.A. Novikova, I.I. Pereslavl'tseva, E.P. Vyalova // In the collection: Civil defense and natural-technical systems. collection of articles based on the materials of the XIX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2023. pp. 107-109.

6. Arifullin E.Z., Arifullin D.Z., Kostykov S.V., Kuprienko P.S., Panteleev I.N. Development of the structure of a multi-agent concept of an operational management system for emergency rescue operations in conditions of fire-hazardous and emergency situations In the collection: Civil Defense and natural-technical systems. collection of articles based on the materials of the XIX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2023. pp. 110-112

7. Arifullin E.Z., Arifullin D.Z., Kalach A.V., Kalach E.V., Novikova I.A., Vyalova E.P. Development of the structure of the multi-agent subsystem of the operational management system for the elimination of fire-hazardous and emergency situations and emergency rescue operations. // In the collection: Civil defense and natural-technical systems. collection of articles based on the materials of the XIX International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2023. pp. 113-114.

*Воронежский государственный
технический университет
Студент гр. АТ-221 А.Е. Горбачев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: niksai76@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student gr. AT-221 A.E. Gorbachev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: niksai76@mail.ru*

А.Е. Горбачев

УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА АККУМУЛЯТОРОВ РАЗНЫХ ТИПОВ

Представлен анализ способов утилизации аккумуляторов, используемых в транспортных и транспортно-технологических машинах.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, утилизация, защита окружающей среды.

A.E. Gorbachev

DISPOSAL AND RECYCLING OF DIFFERENT TYPES OF BATTERIES

The analysis of the methods of disposal of batteries used in transport and transport-technological machines is presented.

Keywords: rechargeable battery, recycling, environmental protection.

Утилизация аккумуляторов – процесс переработки старых батарей с целью улучшения экологической и экономической ситуации. Необходимость в повторном использовании компонентов, содержащихся в АКБ, стала очевидной относительно недавно. Раньше использованные батареи без мучений совести выбрасывали в мусорные баки, сегодня же это стало незаконным.

Свинцовосодержащие АКБ относятся к отходам второго класса опасности, их запрещено вывозить на свалки или использовать по прямому назначению. Утилизация аккумуляторных батарей на специализированном предприятии – единственный правильный путь для отработанного источника питания.

1. Классификация аккумуляторных батарей

Источники питания условно делятся на 2 большие группы: одноразовые и перезаряжаемые устройства. В первую попадают обычные батарейки, во вторую – аккумуляторы любого типа. Последующее разделение осуществляется по типу активного вещества, задействованного в химической реакции:

- щелочные (токопроводящая жидкость из водного раствора гидроксида калия КОН, катод из диоксида марганца, цинковый анод);
- цинк-углеродные (электролит из раствора хлорида аммония/цинка, углеродный катод с двуокисью марганца, анод из цинка);
- серебряные (электролит на основе гидроксида калия, катод из оксида серебра, цинковый анод);
- ртутные (электролит на основе раствора КОН, ртутный катод, анод из цинка);
- литий-марганцевые (органический электролит, литиевый анод, катод на основе диоксида марганца в виде порошка);
- цилиндрические (электролит типа КОН, кислородный катод, анод из цинка в виде порошка).

Состав электролита (токопроводящей жидкости) в сочетании с конструкцией электродов делят все типы аккумуляторных батарей на 5 категорий:

- свинцово-кислотные;
- никель-кадмиевые (вторичные щелочные батареи);
- никель-металлгидридные;
- литий-ионные;
- литий-полимерные.

Наиболее распространенными в России являются свинцово-кислотные батареи. По актуальным данным только автомобильных АКБ насчитывается свыше 3 миллионов единиц, что в перерасчете на объемы отходов равно 90 тыс. тонн свинца и его соединений, 20 тыс. тонн кислоты. Ежегодно изнашиваются сотни тысяч аккумуляторов, а потому всем владельцам личных авто важно понимать, как осуществляется утилизация.

2. Известные способы переработки аккумуляторов

Батарея состоит из нескольких фракций (компоненты), каждая из которых обладает рядом уникальных свойств. Первый способ утилизации старых аккумуляторов основывается на разделении корпуса и наполнения АКБ на эти компоненты механическим методом.

Путем механического воздействия выделяются:

- ферромагнетики (сталь и прочие металлы);
- диамагнетики (полимеры, целлюлоза);
- парамагнетики (разнообразные примеси).

Переработка аккумуляторов механическим методом предполагает, что сначала устройство будет разделено на составляющие фракции, а после каждая группа компонентов пройдет индивидуальную утилизацию на специальном предприятии.

Пирометаллургическая переработка

Данный способ утилизации предполагает плавление металла в специальной печи. Преимущество метода заключается в относительной универсальности. В печах возможна рециркуляция разнообразных клеток, включая органический электролит, который содержат литий-марганцевые аккумуляторы. Утилизация АКБ такого типа происходит поэтапно:

- Прием батарей специализированными пунктами.
- Первичная подготовка устройств, доставка до промышленных установок.
- Загрузка АКБ во вращающуюся печь при температуре 1 250°.
- Испарение цинка, свинца и кадмия.
- Сбор и подготовка образовавшихся металлов.

Такая переработка также позволяет выделить из АКБ другие компоненты: медь, никель, железо, кобальт, хром, марганец.

Главными минусами пирометаллургической переработки АКБ называют малую эффективность рециркуляции и высокую вероятность формирования большого количества отходов. Но у технологии есть и другие недостатки:

- энергоемкость;
- загрязнение атмосферы пылью и газами;
- образование не до конца восстановленных никеля и кадмия (нужна дополнительная обработка).

Совокупность этих факторов является главной причиной низкой распространенности пирометаллургической утилизации АКБ.

Гидрометаллургическая переработка

Утилизация аккумуляторных батарей гидрометаллургическим методом предполагает выщелачивание предварительно обработанных компонентов АКБ. После выполняется набор физико-химических воздействий, результатом которых становится выделение ценных элементов и их переработка до стадии полуфабриката/готового коммерческого продукта.

Гидрометаллургическая переработка является многоступенчатой и энергоемкой технологией с высокой эффективностью. С ее помощью удается извлекать до 99,5% компонентов, которые в дальнейшем используются для производства новых АКБ.

Утилизация литийсодержащих батарей

Литиевые аккумуляторы преимущественно используются в источниках бесперебойного питания, а также в крупной технике и средствах связи. Полезных ресурс батарей составляет около 5 лет, после чего их необходимо сдавать в специализированные пункты приема для последующей утилизации.

Необходимость правильной переработки литийсодержащих АКБ обусловлена высокой пожароопасностью и взрывоопасностью устройств. При попадании влаги внутрь корпуса возникает короткое замыкание, которое влечет нагрев до 450° и взрыв.

Во избежание подобных ситуаций на перерабатывающих заводах применяются современную технологию утилизации:

- Разбор корпуса старого устройства с извлечением внутренних частей.
- Удаление электролита – солей лития.
- Распределение всех металлических электродов на аноды и катоды.
- Удаление с пластин всех неметаллических включений.
- Плавление меди и алюминия.

Последним этапом становится переработка пластика в гранулы для последующего использования в производстве продукции или проведения дорожно-ремонтных работ.

3. Этапы переработки свинцовосодержащих АКБ

Общий алгоритм переработки свинцовосодержащих аккумуляторов:

Удаление электролита. С помощью специальных инструментов обнажаются банки, наполненные токопроводящей жидкостью. Далее старый электролит осторожно и планомерно откачивают, используя грушу или шприц. Опустевшие банки промываются дистиллированной водой. После удаления электролита корпус АКБ закрывается.

Подготовка к утилизации. Пустые батареи плотно укладываются на поддоны. После полного заполнения поддоны отправляются на конвейер, который доставляет АКБ в дробильную установку.

Измельчение. Станок с большим количеством молотов дробит батареи на части. Свинцово-кислотная паста отделяется от решетчатых пластин с помощью череды специальных фильтров.

Промывка компонентов. Образовавшиеся куски пластика и металлов попадают в резервуар, наполненный водой. В нем легкая пластмасса всплывает на поверхность, а свинец и другие тяжелые элементы оседают на дно.

Удаление пластика. Всплывшие пластмассовые детали собираются с поверхности воды, сушатся и загружаются в контейнеры для перевозки до специализированных заводов по переработке полимеров. Там весь пластик превратится в гранулы, который можно заново пустить в производство.

Нейтрализация кислоты. Оставшаяся масса из свинца и других компонентов подвергается обработке, благодаря которой кислота превращается в воду и удаляется.

Очистка воды. Полученная жидкость отстаивается в резервуарах. Образовавшийся осадок добавляется к смеси свинца и металлов.

Обогащение и сушка металлов. Твердые отходы обогащаются очищенным углем, а после попадают в сушильный барабан для окончательного удаления влаги.

Плавление. Металлическая масса плавится в печи. Очищенный от примесей других металлов свинец разливается по формам и остывает.

Полученный свинец и пластиковые гранулы в будущем снова будут использованы для производства новых аккумуляторов. Совокупно перерабатывающие предприятия России и Москвы в частности производят около 200 тыс. тонн товарного металла и его сплавов, полученного из аккумуляторного лома.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Появление новых технологий переработки старых аккумуляторов позволяет ответственно подходить сразу к нескольким проблемам: экономия мировых запасов свинца, защита экологии, рост финансового благополучия населения.
2. Переработка аккумуляторных батарей снижает загрязнение окружающей среды.

Библиографический список

1. Белецкий Я.О. Методы переработки и утилизации отработанных аккумуляторных батарей/ Я.О. Белецкий, А.И. Сердюк. - Текст : электронный // Материалы VII Международной научной конференции, посвящённой 85-летию Донецкого национального университета. Том 2. Под общей редакцией С.В. Беспаловой. Донецк. – 2022 – С. 46-48.
2. Джесси Рассел. Литий-ионный аккумулятор / Джесси Рассел. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 976 с.
3. Джесси Рассел. Железо-никелевый аккумулятор / Джесси Рассел. - М.: Книга по Требованию, 2013. - 109 с.

References

1. Beletsky Ya.O. Methods of processing and disposal of spent batteries/ Ya.O. Beletsky, A.I. Serdyuk. Text : electronic // Proceedings of the VII International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of Donetsk National University. Volume 2. Edited by S.V. Bespalova. Donetsk, 2022– pp. 46-48.
2. Jesse Russell. Lithium-ion battery / Jesse Russell. Moscow: Book on Demand, 2012. 976 p.
3. Jessie Russell. Iron-nickel battery / Jesse Russell. - M.: Book on Demand, 2013. - 109 p.

*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
Канд. техн. наук, Н.И. Григоренко
Россия, г. Москва, тел. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru*

*All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials National Research Center «Kurchatov Institute»
Candidate of Technical Sciences,
N.I. Grigorenko
Russia, Moscow, tel. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru*

Н.И. Григоренко

ВЛИЯНИЕ СЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА

При развитии автоматизированного вождения, активно развиваются сенсорные технологии. Калибровка датчиков является необходимой функцией при автоматизированной системе вождения. В любой автономной системе и входящие в нее датчики должны правильно реагировать и обнаруживать препятствия. Представлено описание трех основных категорий калибровки датчиков и рассмотрены существующие калибровочные пакеты с открытым исходным кодом для калибровки нескольких датчиков и их совместимость с многочисленными датчиками. Представлен обзор аппаратных и программных методов, необходимых для обнаружения объектов слияния датчиков.

Ключевые слова: автономные транспортные средства; беспилотные автомобили; восприятие; камера; лидар; радар; датчик слияния; калибровка; обнаружение препятствий.

N.I. Grigorenko

THE INFLUENCE OF SENSOR TECHNOLOGIES ON CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS TRANSPORT CONTROL SYSTEMS

With the development of automated driving, sensor technologies are actively developing. Sensor calibration is a necessary function in an automated driving system. Any autonomous system and its sensors must respond correctly and detect obstacles. The three main categories of sensor calibration are described and the existing open source calibration packages for calibrating multiple sensors and their compatibility with multiple sensors are reviewed. An overview of the hardware and software methods necessary for detecting sensor fusion objects is presented.

Keywords: autonomous vehicles; self-driving cars; perception; camera; lidar; radar; fusion sensor; calibration; obstacle detection.

Область применения автономных транспортных средств (АТС) обширна и включает в себя широкий спектр технических дисциплин и технологий: от электроники, датчиков и аппаратного обеспечения до алгоритмов контроля состояния транспортных средств и принятия решений, а также экономических, юридических и социальных аспектов. Несмотря на то, что ав-

тономные-системы могут немного отличаться друг от друга, все они представляют собой сложные системы, состоящие из множества подкомпонентов. Архитектура системы автономного вождения включает в себя аппаратные и программные компоненты системы автономного вождения, которая с функциональной точки зрения обрабатывает и собирает информацию по управлению транспортным средством. Аппаратное и программное обеспечение являются двумя основными уровнями с технической точки зрения, и каждый уровень включает в себя различные подкомпоненты, представляющие различные аспекты общей системы. Некоторые из подкомпонентов служат основой внутри его уровня для связи между аппаратным и программным уровнями. В отличие от этого, с функциональной точки зрения, автономные -системы состоят из четырех основных функциональных блоков: восприятие, планирование и принятие решений, управление движением и транспортным средством, а также системный контроль. Эти функциональные блоки определяются исходя из этапов обработки и потока информации от сбора данных до управления транспортным средством. Область калибровки датчиков при автоматизированном вождении представляет собой серьезную проблему.

Датчики необходимы для восприятия окружающей среды, локализации и картографирования, а также контроля состояния транспортного средства. Калибровка и объединение датчиков для обнаружения объектов в АТС очень ответственная функция. В настоящее время АТС в основном включают в себя несколько взаимодополняющих датчиков, - радары, LiDAR и камеры, чтобы преодолеть ограничения отдельных датчиков, работающих независимо.

Калибровка датчика уведомляет автономную систему о положении и ориентации датчиков в реальных координатах путем сравнения относительных положений известных объектов, обнаруженных датчиками. Точная калибровка влияет при реализации алгоритмов обнаружения препятствий, локализации и картографирования, а также управления. Кроме того, объединение датчиков является одной из основных задач в приложениях автоматического вождения (АВ), которая объединяет информацию, полученную от нескольких датчиков, для уменьшения неопределенности по сравнению с использованием датчиков по отдельности. Алгоритмы слияния используются в блоке восприятия общей архитектуры АВ, который включает в себя подпроцессы обнаружения объектов. В работе [1] представлена структура Multi-Sensor Data Fusion (MSDF) для задач АТС – восприятия. Структура MSDF состоит из процесса выравнивания датчиков и нескольких цепочек обработки обнаружения объектов, а затем интегрирует результаты выравнивания датчиков и обнаружения объектов для дальнейших задач обработки. Процесс юстировки датчика (оценка параметров калибровки — матрицы вращения и вектора перемещений) и процесса обнаружения объектов, который содержит n последовательностей обработки, каждая из которых предоставляет список обнаруженных препятствий. Рисунок 1 составлен на основе работы [1].

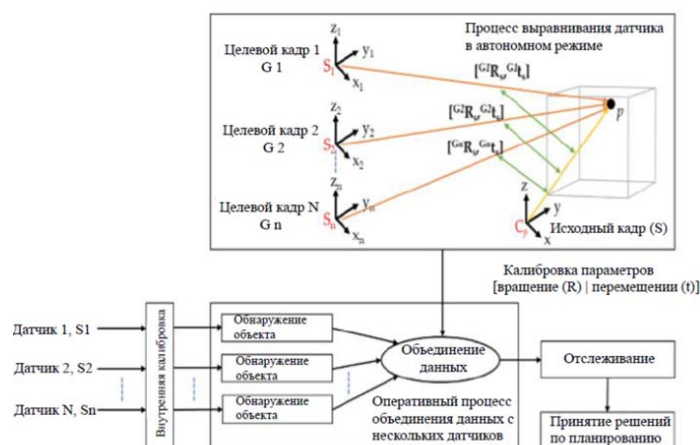


Рис. 1. Структура объединения данных с несколькими датчиками (MSDF)

Выделяются три категории калибровок: внутренняя калибровка, внешняя калибровка и временная калибровка [2], а также приводится обзор существующих калибровочных пакетов. Рассмотрим три подхода к объединению датчиков, а именно высокоуровневое слияние (HLF), низкоуровневое слияние (LLF) и слияние среднего уровня (MLF) для обнаружения объектов, а также обобщаются часто используемые алгоритмы, а затем рассматриваются проблемы, связанные с объединением датчиков для безопасного и надежного восприятия окружающей среды.

Встроенная калибровка учитывает параметры, специфичные для датчика, и проводится перед внедрением алгоритмов внешней калибровки и обнаружения препятствий. Встроенная калибровка оценивает внутренние или внутренние параметры датчика, например, фокусные расстояния видеокамеры, которые корректируют систематические или детерминированные aberrации (ошибки). Ожидается, что эти параметры будут согласованы после оценки внутренних параметров [3]. Алгоритмы и методы внутренней калибровки датчиков в настоящее время не вызывает трудности. Эти алгоритмы и методики могут варьироваться от одного датчика к другому. Рассмотрим наиболее часто используемые калибровочные мишени и методики калибровки для модели камеры-обскуры.

Модель камеры-обскуры – это хорошо известная и широко используемая модель (вдохновленная простейшими камерами [5]) в приложениях компьютерного зрения, которая описывает математическую зависимость проекции точек в 3D-пространстве на плоскость 2D-изображения [6]. На рисунке 2 визуализирована модель точечного отверстия камеры, которая состоит из закрытой коробки с небольшим отверстием (пинхолом) на лицевой стороне, через которое световые лучи от мишени попадают и создают изображение на противоположной стене камеры (плоскости изображения) [7]. Точечное отверстие (апертура) удерживает световые лучи от попадания в точечное отверстие. Следовательно, это влияет на яркость захваченного изображения (во время формирования изображения). Большое точечное отверстие (широкое отверстие) приведет к более яркому изображению, но будет менее четким из-за размытия, как на фоне, так и на переднем плане.

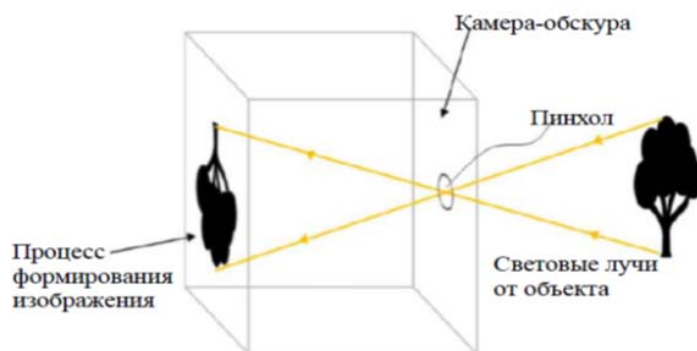


Рис. 2. Графическое представление камеры-обскуры

С математической точки зрения модель включает в себя систему координат 3D-камеры (рис. 3) и систему координат 2D-изображения для калибровки камеры с использованием метода преобразования перспективы [6]. Процесс калибровки включает в себя использование внешних параметров (матрица 3×4 , состоящая из преобразования вращения и перемещения $[R | t]$) для преобразования 3D-точек в мировом координатном пространстве (X_w, Y_w, Z_w) в соответствующие координаты 3D-камеры (X_c, Y_c, Z_c) . Кроме того, он включает в себя использование внутренних параметров (также называемых внутренней матрицей 3×3 , K [7]) для преобразования координат 3D-камеры в координаты 2D-изображения (x, y) . Оптическая ось (также называемая главной осью) совпадает с осью Z системы координат камеры (Z_c) , а

пересечения между плоскостью изображения и оптической осью называются главными точками (c_x, c_y). Отверстие точечного отверстия служит началом координат (O) системы координат камеры (X_C, Y_C, Z_C), а расстояние между точечным отверстием и плоскостью изображения называется фокусным расстоянием (f). В соглашении о компьютерном зрении используется правосторонняя система, в которой ось Z направлена к цели со стороны отверстия в точечном отверстии, ось Y — вниз, а ось X — вправо. Обычно, с точки зрения зрителя, начало координат (o) системы координат 2D-изображения (x, y) находится в левом верхнем углу плоскости изображения, ось x направлена вправо, а ось y — вниз. Координаты (u, v) на плоскости изображения относятся к проекции точек в пикселях [6].

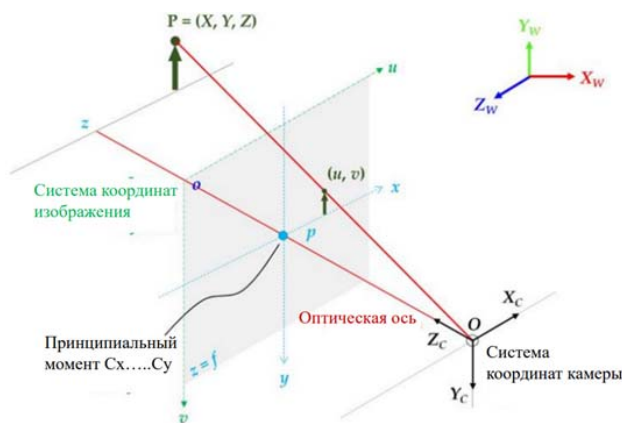


Рис. 3. Модель камеры-обскуры с математической точки зрения

Метод перспективного преобразования выводит матрицу камеры 4×3 камеры (P), называемую проекционной матрицей, которая состоит из внутренних и внешних параметров для преобразования координатного пространства 3D-мира в координаты 2D-изображения. Следует подчеркнуть, что внешние параметры калибровки в контексте калибровки камеры отличаются от внешнего процесса калибровки одного или нескольких датчиков относительно другого датчика. Известно, что матрица камеры не учитывает никаких искажений объектива – идеальная камера-обскура без объектива.

Калибровка камеры – это процесс определения внутренних и внешних параметров, составляющих матрицу камеры. Калибровка камеры является одной из важнейших проблем компьютерного зрения и фотограмметрии и привлекает значительное внимание в последние годы. Различные методы калибровки были разработаны для различных приложений, таких как беспилотные летательные аппараты, беспилотные надводные аппараты (USV) или подводные 3D-реконструкции [8]. В работе [9] эти методы классифицируются:

- Фотограмметрическая калибровка. В этом подходе используются известные калибровочные точки, наблюдаемые из калибровочного объекта (обычно плоского шаблона), геометрия которого в 3D-пространстве известна с высокой точностью.
- Самокалибровка. Этот подход использует соответствие между изображениями, полученными движущейся камерой в статичной сцене, для оценки внутренних и внешних параметров камеры.

Для оценки матрицы камеры используется комбинация методов фотограмметрической калибровки и самокалибровки. Используются известные точки калибровки, наблюдаемые на плоской схеме (рис. 4) с нескольких ориентаций (по крайней мере, двух), и соответствие между точками калибровки в различных положениях для оценки матрицы камеры. Данная методика для калибровки камеры не требует информации о движении, когда камера или планарный рисунок перемещаются относительно друг друга [9]. Калибровка использует внутренние точки вершин шахматного узора; таким образом, шахматная доска (a) во время ка-

либровки будет использовать внутренние точки вершин 6×9 (некоторые из которых обведены красным), (б) калибровка использует информацию, полученную при обнаружении кругов (или “пятен” в терминах обработки изображений), для калибровки камеры. Другие плоские узоры включают симметричную круговую сетку и узоры ChArUco (комбинация шахматного узора и узора ArUco) [9].

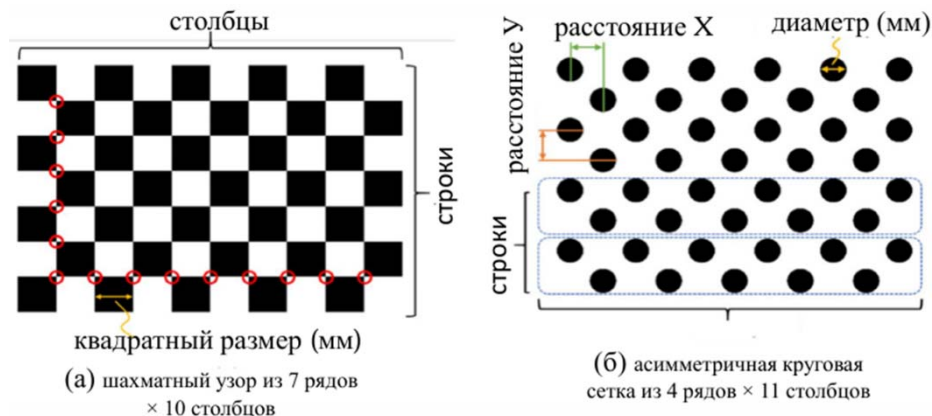


Рис. 4. Шаблоны для калибровки камеры

Популярный пакет с открытым исходным кодом «camera activated» в ROS предлагает несколько предварительно реализованных сценариев для калибровки монокулярных, стереокамер и камер типа «рыбий глаз», используя планарную диаграмму в качестве цели калибровки. Результат калибровки включает в себя внутреннюю матрицу искаженного изображения, параметры искажения, матрицу исправления (только для стереокамер), матрицу камеры или матрицу проекции, а также другие рабочие параметры, такие как бинирование и область интереса (ROI). Пакет калибровки построен на основе пакета калибровки камеры и 3D-реконструкции OpenCV. Далее был применен алгоритм калибровки на основе методов, описанных в работе [9] и инструментария калибровки камеры для MATLAB Bouguet, J.Y. [6]. Как правило, результаты калибровки камеры больше не применяются, если зум (фокусное расстояние) камеры изменился. Следует отметить, что радиолокационные датчики и датчики LiDAR имеют заводскую калибровку.

Рассмотрим процесс внешней калибровки. Внешняя калибровка – это жесткое преобразование (или евклидово преобразование), которое сопоставляет точки из одной 3D-системы координат в другую, например, жесткое преобразование точек из 3D-мира или 3D-системы координат LiDAR в систему координат 3D-камеры. Внешняя калибровка оценивает положение и ориентацию датчика относительно трех ортогональных осей трехмерного пространства (также известных как 6 степеней свободы, 6DoF) относительно внешней системы отсчета [10]. Процесс калибровки выводит внешние параметры, которые состоят из информации о вращении (R) и перемещении (t) датчика и обычно представляются в виде матрицы 3×4 . Существенное развитие получили мультисенсорные внешние калибровочные пакеты с открытым исходным кодом, для внешней калибровки камер, лидаров и радарных датчиков, составляющих систему объединения датчиков

Однако внешняя калибровка нескольких датчиков с различными физическими принципами измерения может создать проблему в многосенсорных системах. Например, часто бывает сложно сопоставить соответствующие функции между изображениями с камеры (плотные данные в пикселях) и 3D LiDAR или облаками точек радара (редкие данные о глубине без информации о цвете) [11]. В подходе внешней калибровки на основе целевых показателей используются специально разработанные калибровочные объекты, такие как плоский шаблон без маркеров, шахматный шаблон [12], ортогональный и трехгранный отражатель

[13], круговой шаблон для калибровки нескольких датчиков модальности в автономных системах. Подход безцелевой внешней калибровки использует предполагаемое движение отдельных датчиков или использует функции воспринимающей среды для калибровки датчиков. Однако использование воспринимаемых характеристик окружающей среды требует, чтобы мультимодальные датчики извлекали одни и те же характеристики из окружающей среды и были чувствительны к калибровочной среде.

Способ внешней калибровки для калибровки камеры с помощью LiDAR, изложен в работе [10]. Алгоритм использует новый 3D-маркер с четырьмя круглыми отверстиями для оценки параметров грубой калибровки и дальнейшего уточнения этих параметров с использованием подхода плотного поиска для оценки более точной калибровки в небольшом подпространстве параметров калибровки 6DoF. В работе [14] представлен внешний алгоритм калибровки, который использует плоскую поверхность от точки к плоскости и плоский край для обратной проекции плоских геометрических ограничений для оценки внешних параметров 3D LiDAR и стереокамеры с использованием планарной калибровочной цели без маркеров. Как отмечалось выше, каждый метод измерения имеет свой физический принцип измерения. Таким образом, установки датчиков с большим количеством модальностей могут дублировать усилия по калибровке, особенно в мобильных роботах, в которых датчики часто демонтируются или перемещаются. По этой причине в работе [13] представлен новый метод калибровки для внешней калибровки всех трех способов измерения, а именно радара, LiDAR и камеры со специально разработанной калибровочной целью.

В работе [12] предложен новый инструмент внешней калибровки, который использует подход к калибровке на основе цели и метод *совместной* внешней калибровки для облегчения внешней калибровки трех модальностей восприятия. Предлагаемая конструкция калибровочной мишени состоит из четырех круглых конических отверстий, расположенных по центру большой прямоугольной доски, и металлического трехгранного углового отражателя, расположенного между четырьмя кругами в задней части доски рисунок 5, согласно источнику [15]. Калибровочная мишень предназначена для совместной внешней калибровки нескольких датчиков (радар, камера, LiDAR). Угловой отражатель обеспечивает сильное радиолокационное отражение, поскольку пенопласт в значительной степени прозрачен для электромагнитного излучения. Кроме того, закругленные края обеспечивают точное и надежное обнаружение как для LiDAR (особенно при пересечении с меньшим количеством лучей LiDAR), так и для камеры.

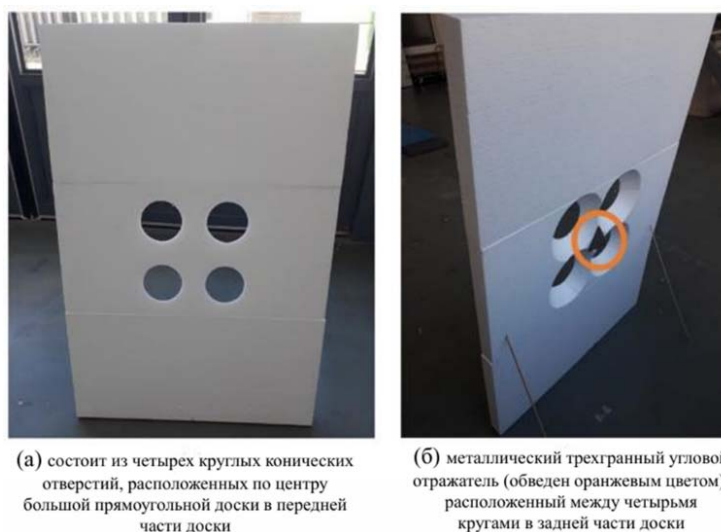


Рис. 5. Предлагаемая конструкция калибровочной мишени

Установлено три возможные оптимизационные конфигурации для совместной внешней калибровки, а именно:

- Оценка положения и структуры (PSE). Он оценивает скрытые переменные истинного местоположения платы и оптимизирует преобразования для точной оценки всех положений калибровочной цели, используя оцененные скрытые переменные.

- Минимально связанная оценка позы (MCPE). Он опирается на эталонный датчик и оценивает преобразования мультисенсорных модальностей в единую систему отсчета.

- Полностью связанная оценка позы (FCPE). Он оценивает преобразования между всеми модальностями восприятия «совместно» и применяет ограничение замыкания цикла для обеспечения согласованности.

Он выводит матрицу преобразования (P), которую можно использовать для преобразования обнаружений из исходного опорного кадра в целевой опорный кадр и положения датчика относительно родительской ссылки для визуализации (в ROS). Процесс сравнения результатов совместной оптимизации PSE, MCPE и FCPE на основе множества переменных, таких как необходимое количество мест калибровочной платы и выбор эталонного датчика MCPE. Совместная оптимизация FCPE обеспечивает более высокую производительность, чем MCPE и PSE, при использовании более пяти расположений плат [16].

В работе [15] проанализирован инструмент калибровки для внешней калибровки датчика LiDAR (Velodyne VLP-32C), радиолокационного датчика SmartMicro UMRR-96 T-153 и монокулярной камеры с промышленным зумом Falcon-IQ EZIP-T030(E) Internet Protocol (IP). Вытекающие из этой работы рекомендации включают:

- при калибровке камер на улице края кругов имеют достаточный контраст с фоном. Рекомендуется проводить калибровку датчиков в помещении, чтобы избежать сильного ветра, который может опрокинуть калибровочную плату.

- в дождливую и ветреную погоду объективы камеры следует защищать от капель дождя, чтобы снизить уровень шума при калибровке датчиков на открытом воздухе.

- в зависимости от используемых драйверов датчиков ROS могут потребоваться дополнительные или модифицированные сценарии для соответствия типам сообщений датчиков ROS узлов детектора платы. Существуют сводные данные о типах сообщений датчика для каждого узла детектора платы внешнего калибровочного инструмента.

- края четырех кругов обнаружения (покрытия) считается достаточным количеством точек в облаке точек LiDAR. Следовательно, положение и ориентация лидара относительно калибровочной платы могут оказывать существенное влияние на сообщаемое местоположение окружностей, обнаруженных в данных лидара.

Другие инструменты внешней калибровки с открытым исходным кодом включают Kalibr, который обеспечивает калибровку нескольких камер или внешнюю калибровку камеры-IMU, и Calirad, который облегчает внешнюю калибровку и временную калибровку радара, камеры и датчиков LiDAR. Следует отметить, что перед внедрением внешней калибровки отдельные датчики проходят внутреннюю калибровку. В отличие от целевых методов внешней калибровки, методы безцелевой внешней калибровки оценивают движение датчиков или объектов в воспринимающей среде, таких как дорожная разметка, для определения внешней калибровки датчиков.

Рассмотрим категорию временной калибровки датчика. Временная калибровка — это процесс определения синхронности (или относительной временной задержки) потоков данных нескольких датчиков с потенциально разными частотами и задержками в мультисенсорной установке [2]. Например, камера обычно снимает изображения с частотой 30 кадров в секунду или меньше, в то время как датчик LiDAR может сканировать с частотой всего 5 Гц. Один из подходов синхронизации данных датчиков состоит в том, чтобы установить максимальное совпадение временных меток заголовков сообщений, полученных в конечных точках (компьютерах). Однако в принципе синхронизация, основанная на временных метках со-

общений, является неоптимальной, поскольку датчики могут иметь неизвестные задержки, такие как задержки передачи данных или задержки предварительной обработки в схемах датчиков [1]. Эти неизвестные задержки не могут быть определены напрямую и, вероятно, будут отличаться от одного датчика к другому. Метод приблизительного синхронизатора времени в модуле фильтра сообщений ROS [17] сопоставляет сообщения из каждой модальности восприятия (или темы в терминах ROS) на основе меток времени их заголовков в качестве средства синхронизации времени с использованием адаптивного алгоритма. Адаптивный алгоритм сначала определяет самое последнее сообщение среди заголовков тематических очередей в качестве контрольной точки и приблизительно синхронизирует эти сообщения на основе оцененной контрольной точки и в пределах заданного порога.

Временная калибровка часто упускается из виду, а для беспилотных транспортных средств, которые должны выполнять сложные задачи обнаружения и оценки в режиме реального времени оценки состояния и обнаружение препятствий, имеет решающее значение в приложениях мультисенсорного слияния [1]. Существует два подхода к временной калибровке датчиков: внешняя синхронизация, использующая внешнее оборудование для синхронизации времени, и внутренняя синхронизация, использующая для синхронизации, прикрепленные временные метки на каждом измерении датчика [18]. Подход внешней синхронизации использует центральные аппаратные часы в качестве внешнего источника времени или опорные часы для временной синхронизации датчиков и точно соотносится со стандартом реального времени, таким как стандартное время, по всемирному координированному времени (UTC).

Полная калибровка от датчика к датчику, также известная как пространственно-временная калибровка, включает в себя внешнюю калибровку датчиков в едином пространстве координат и временную калибровку для оценки относительных временных задержек между потоками данных датчика. Он использует расчетные скорости объектов для оценки относительных временных задержек между датчиками. Эксперименты продемонстрировали, что предложенный алгоритм может надежно определять временные задержки с точностью до доли самой быстрой частоты дискретизации датчика [19]. Реализация метода имеет привязки к промежуточному программному обеспечению ROS. Это применимо к любой мультисенсорной установке, если используемый он может определить трехмерное положение движущейся «цели». На рисунке 6 представлен конструкция треугольной калибровочной мишени для пространственной временной калибровки датчиков (камера, радар, лидар) [20].

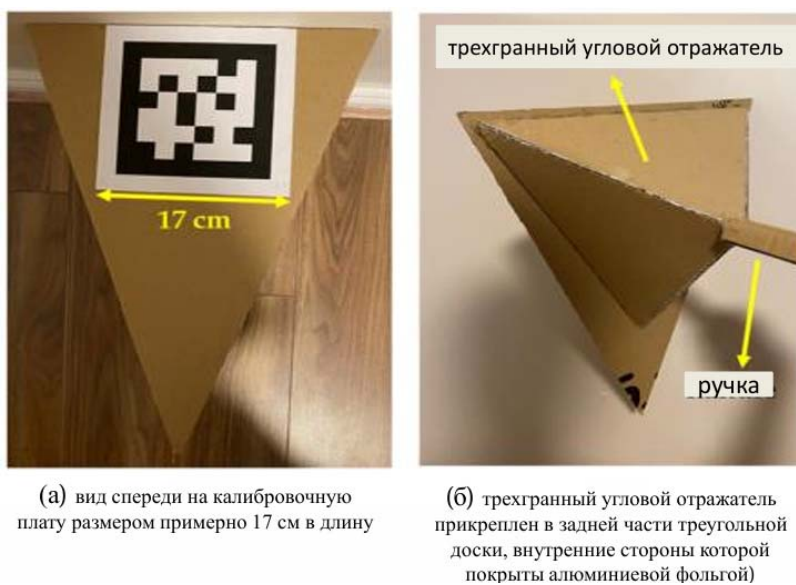


Рис. 6. Конструкция треугольной калибровочной мишени

При натурной апробации, обнаружения целей становится нестабильным с шести метров и более в зависимости от размера трекера. Материалы, из которых изготовлен калибровочный трекер, включают [20]:

- Пенополистирол или картон для изготовления треугольного плоского рисунка,
- Напечатанный маркер AprilTag размером примерно 17 см в длину, расположенный спереди на треугольном плане.
- Картон для сборки трехгранного углового отражателя, где три внутренние стороны отражателя покрыты алюминиевой фольгой и прикреплены сзади треугольного плана.

Другие методы пространственно-временной калибровки включают использование целевого подхода и пространственно-временных отношений измерений (положений) мишени для оценки временных задержек и внешних параметров датчиков [21]. В работе [22] шина PolySync (внешнее оборудование) использовалась для публикации синхронизированной метки времени на основе протокола точного времени IEEE 1588 (PTP) на всех компьютерах в качестве средства синхронизации времени во время процесса сбора данных. Следовательно, оценка временных задержек между несколькими датчиками, работающими на разных частотах, жизненно важна, особенно в критичных по времени автономных системах, для точного выполнения автономных задач в режиме реального времени, таких как обнаружение препятствий и оценка состояния транспортного средства, и, в конечном итоге, для предотвращения столкновений.

Проанализирована методология трех основных категорий калибровки датчиков, которые можно считать фундаментом любых автономных систем, и обобщены существующие мультисенсорные калибровочные пакеты с открытым исходным кодом, которые могут калибровать несколько датчиков одновременно.

Очень важно калибровать датчики перед реализацией алгоритмов обработки данных. Точная калибровка датчика позволяет АТС понять свое положение и ориентацию в реальных координатах. Рассмотрены три основные категории калибровки датчиков, каждая из которых необходима, а именно: внутренняя калибровка, внешняя калибровка, временная калибровка и соответствующие алгоритмы. Представлен сравнительный обзор нескольких существующих калибровочных пакетов с открытым исходным кодом, которые были успешно использованы в различных исследованиях. Очевидно, что большинство существующих инструментов калибровки с открытым исходным кодом для внешней и временной калибровки предназначены только для попарной калибровки максимум двух сенсорных модальностей.

Выводы

Автономный метод калибровки датчика использует специально разработанные калибровочные мишени для получения точных результатов калибровки, но он не является гибким. Например, автомобиль должен выполнить повторную калибровку, если между датчиками есть изменение геометрии. Поэтому крайне важно дальнейшее исследование методов калибровки в режиме онлайн и офлайн для автоматического обнаружения и уточнения параметров калибровки для обеспечения точной оценки присутствия и положения объектов в автономной работе.

Разработка надежного и эффективного обнаружения препятствий в беспилотных транспортных средствах имеет решающее значение для достижения автономного вождения. Предложены методы и алгоритмы мультисенсорного слияния для обнаружения препятствий, основанные на трех подходах к слиянию датчиков: высокоуровневое, среднеуровневое и низкоуровневое слияние. Следует отметить ряд проблем, связанных с объединением нескольких датчиков для надежного и безопасного восприятия окружающей среды. Основными проблемами являются условия окружающей среды, неуязвимость к вредоносным атакам в моделях глубокого обучения, низкое качество наборов данных или наборы данных, не охватывающие все возможные среды для антивируса, а также вычислительные затраты на обработку больших объемов наборов данных в режиме реального времени.

Крайне важно разработать точные, надежные и достоверные алгоритмы обнаружения объектов, которые смогут отличать препятствия от окружающей среды. Одним из подходов к обеспечению более надежного и точного обнаружения препятствий является улучшение существующих алгоритмов объединения датчиков с помощью подходов глубокого обучения или подходов глубокого обучения с подкреплением. Другой подход, уделить больше внимание к разработкам и инвестициям в аппаратную технологию датчиков, чтобы обеспечить более высокое разрешение окружающей среды.

Библиографический список

1. Bouain, M.; Ali, K.M.A.; Berdjag, D.; Fakhfakh, N.; Atitallah, R.B. An Embedded Multi-Sensor Data Fusion Design for Vehicle Perception Tasks. *J. Commun.* 2018, 13, 8–14.
2. Lesson 3: Sensor Calibration—A Necessary Evil—Module 5: Putting It together—An Autonomous Vehicle State Estimator | Coursera. Available online: <https://www.coursera.org/lecture/state-estimation-localization-self-driving-cars/lesson-3-sensorcalibration-a-necessary-evil-jPb2Y> (accessed on 15 June 2020).
3. Мазуров Вл. Д. Математические методы распознавания образов. Уч. пособие 2-е изд., доп. и перераб. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2010. - 101 с.
4. Сурдин В. Г., Карташёв М. А. Камера-обскура // *Квант*, 1999, № 2. С. 12-15.
5. Burger, W.; Burge, M.J. 1.4 Image Acquisition. In *Digital Image Processing—An Algorithmic Introduction Using Java*, 2nd ed.; Gries, D., Schneider, F.B., Eds.; Springer: London, UK, 2016; pp. 4–11.
6. Camera Calibration and 3D Reconstruction—OpenCV 2.4.13.7 documentation. Available online: https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html
7. Лепский А.Е., Броневи́ч А.Г. Математические методы распознавания образов: Курс лекций. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 154 с.
8. Muhović, J.; Perš, J. Correcting Decalibration of Stereo Cameras in Self-Driving Vehicles. *Sensors* 2020, 20, 3241.
9. Zhang, Z. A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2000, 22, 1330–1334.
10. Абраменко, А.А. Калибровка взаимного расположения стереокамеры и трёхмерного сканирующего лазерного дальномера. // *Компьютерная оптика*. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 220-230. – DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-220-230.
11. Schöllner, G.; Schnettler, M.; Krämmer, A.; Hinz, G.; Bakovic, M.; Güzet, M.; Knoll, A. Targetless Rotational Auto-Calibration of Radar and Camera for Intelligent Transportation Systems. *arXiv* 2019, arXiv:1904.08743.
12. Тимофеев А.В., Денисов В.М. Автоматическая классификация объектов по данным 3D-лидара на базе технологии счета единичных фотонов // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2018. Т. 18. № 5. С. 709–718. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-5-709-718
13. Peršić, J.; Marković, I.; Petrović, I. Extrinsic 6DoF calibration of a radar-LiDAR-camera system enhanced by radar cross section estimates evaluation. *Rob. Auton. Syst.* 2019, 114, 217–230.
14. Степанов Д. Н., Смирнов А. В. «Исследование процесса калибровки и оптических характеристик стереонасадки 3Dberry». *Программные системы: теория и приложения*, 2018, 9:3(38), с. 11–28. DOI: 10.25209/2079-3316-2018-9-3-11-28
15. Domhof, J.; Kooij, J.F.P.; Gavrila, D.M. An Extrinsic Calibration Tool for Radar, Camera and Lidar. In *Proceedings of the 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Montreal, QC, Canada, 20–24 May 2019.

16. Смирнов В.А., Правидло М.Н., Снедков А.Б. Метод совместной калибровки инерциальных датчиков беспилотного летательного аппарата с применением нейронных сетей. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020;8(3). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/SmirnovSoavtors_3_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.007
17. Власов В.М., Мактас Б.Я., Богумил В.Н., Конин И.В. Беспроводные технологии на автомобильном транспорте. Глобальная навигация и определение местоположения транспортных средств: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 184 с. DOI: 10.12737/textbook_591aea600e5f05.45330352.
18. Гошин Е.В., Фурсов В.А. Решение задачи автокалибровки камеры с использованием метода согласованной идентификации. // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4 – С. 605-610.
19. Peršič, J.; Petrović, L.; Marković, I.; Petrović, I. Spatio-Temporal Multisensor Calibration Based on Gaussian Processes Moving Object Tracking. arXiv 2019, arXiv:1904.04187.
20. Peršič, J.; University of Zagreb, Zagreb, Croatia; Yeong, D.J.; Munster Technological University, Tralee, Ireland. Personal Communication, 2020.
21. Lee, C.-L.; Hsueh, Y.-H.; Wang, C.-C.; Lin, W.-C. Extrinsic and Temporal Calibration of Automotive Radar and 3D LiDAR. In Proceedings of the 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Las Vegas, NV, USA, 25–29 October 2020.
22. Rangesh, A.; Yuen, K.; Satzoda, R.K.; Rajaram, R.N.; Gunaratne, P.; Trivedi, M.M. A Multimodal, Full-Surround Vehicular Testbed for Naturalistic Studies and Benchmarking: Design, Calibration and Deployment. arXiv 2019, arXiv:1709.07502v4.

References

1. Bouain, M.; Ali, K.M.A.; Berdjag, D.; Fakhfakh, N.; Atitallah, R.B. An Embedded Multi-Sensor Data Fusion Design for Vehicle Perception Tasks. J. Commun. 2018, 13, 8–14.
2. Lesson 3: Sensor Calibration—A Necessary Evil—Module 5: Putting It together—An Autonomous Vehicle State Estimator |Coursera. Available online: <https://www.coursera.org/lecture/state-estimation-localization-self-driving-cars/lesson-3-sensorcalibration-a-necessary-evil-jPb2Y> (accessed on 15 June 2020).
3. Мазуров Вл. Д. Математические методы распознавания образов. Уч. пособие 2-е изд., доп. и перераб. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2010. - 101 с.
4. Сурдин В. Г., Карташёв М. А. Камера-обскура // Квант, 1999, № 2. С. 12-15.
5. Burger, W.; Burge, M.J. 1.4 Image Acquisition. In Digital Image Processing—An Algorithmic Introduction Using Java, 2nd ed.; Gries, D., Schneider, F.B., Eds.; Springer: London, UK, 2016; pp. 4–11.
6. Camera Calibration and 3D Reconstruction—OpenCV 2.4.13.7 documentation. Available online: https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html
7. Lepsky A.E., Bronevich A.G. Mathematical methods of pattern recognition: A course of lectures. – Taganrog: Publishing house of TTI SFU, 2009. – 154 p.
8. Muhovič, J.; Perš, J. Correcting Decalibration of Stereo Cameras in Self-Driving Vehicles. Sensors 2020, 20, 3241.
9. Zhang, Z. A flexible new technique for camera calibration. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2000, 22, 1330–1334.
10. Abramenko, A.A. Calibration of the relative position of a stereo camera and a three-dimensional scanning laser rangefinder. // Computer optics. – 2019. – vol. 43, No. 2. – pp. 220-230. – DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-220-230.

11. Schöller, G.; Schnettler, M.; Krämmer, A.; Hinz, G.; Bakovic, M.; Güzet, M.; Knoll, A. Targetless Rotational Auto-Calibration of Radar and Camera for Intelligent Transportation Systems. arXiv 2019, arXiv:1904.08743.
12. Timofeev A.V., Denisov V.M. Automatic classification of objects according to 3D lidar data based on single photon counting technology // Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2018. Vol. 18. No. 5. pp. 709-718. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-5-709-718
13. Peršić, J.; Marković, I.; Petrović, I. Extrinsic 6DoF calibration of a radar-LiDAR-camera system enhanced by radar cross section estimates evaluation. Rob. Auton. Syst. 2019, 114, 217–230.
14. Stepanov D. N., Smirnov A.V. "Investigation of the calibration process and optical characteristics of the 3Dberry stereo nozzle". Software systems: theory and applications, 2018, 9:3(38), pp. 11-28. DOI: 10.25209/2079-3316-2018-9-3-11-28
15. Domhof, J.; Kooij, J.F.P.; Gavrila, D.M. An Extrinsic Calibration Tool for Radar, Camera and Lidar. In Proceedings of the 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, QC, Canada, 20–24 May 2019.
16. Smirnov V.A., Pravidlo M.N., Snedkov A.B. Method of joint calibration of inertial sensors of an unmanned aerial vehicle using neural networks. Modeling, optimization and information technology. 2020;8(3). Electronic resource: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/SmirnovSoavtors_3_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.007
17. Vlasov V.M., Maktas B.Ya., Bogumil V.N., Konin I.V. Wireless technologies in road transport. Global navigation and vehicle location determination: a textbook. — Moscow: INFRA-M, 2022. — 184 p. DOI: 10.12737/textbook_591aea600e5f05.45330352.
18. Goshin E.V., Fursov V.A. Solving the problem of camera auto-calibration using the coordinated identification method. // Computer optics. – 2012. – vol. 36, No. 4 – pp. 605-610.
19. Peršić, J.; Petrović, L.; Marković, I.; Petrović, I. Spatio-Temporal Multisensor Calibration Based on Gaussian Processes Moving Object Tracking. arXiv 2019, arXiv:1904.04187.
20. Peršić, J.; University of Zagreb, Zagreb, Croatia; Yeong, D.J.; Munster Technological University, Tralee, Ireland. Personal Communication, 2020.
21. Lee, C.-L.; Hsueh, Y.-H.; Wang, C.-C.; Lin, W.-C. Extrinsic and Temporal Calibration of Automotive Radar and 3D LiDAR. In Proceedings of the 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Las Vegas, NV, USA, 25–29 October 2020.
22. Rangesh, A.; Yuen, K.; Satzoda, R.K.; Rajaram, R.N.; Gunaratne, P.; Trivedi, M.M. A Multimodal, Full-Surround Vehicular Testbed for Naturalistic Studies and Benchmarking: Design, Calibration and Deployment. arXiv 2019, arXiv:1709.07502v4.

*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»
Канд. техн. наук, Н.И. Григоренко
Россия, г. Москва, тел. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru*

*All-Russian Scientific Research Institute of
Aviation Materials National Research Center
«Kurchatov Institute»
Candidate of Technical Sciences,
N.I. Grigorenko
Russia, Moscow, tel. +7 916 129 46 15
e-mail: gri-nik@mail.ru*

Н.И. Григоренко

НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО ВСЛЕДСТВИЕ КИБЕРАТАК НА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

Быстрое развитие и внедрение автономных транспортных средств открывают беспрецедентные возможности и создают новые проблемы в транспортной отрасли. Из-за своей зависимости от передовой электроники, подключения к сети и искусственного интеллекта автономные транспортные средства уязвимы в сфере кибербезопасности. Рассматриваются меры, направленные на противодействия, системы обнаружения вторжений, шифрование, обновления по беспроводной сети и протоколы аутентификации. Отмечаются, необходимость наличия законодательных мер для повышения безопасности беспилотных автомобилей

Ключевые слова: автономные транспортные средства; кибербезопасность; системы обнаружения вторжений; системы управления; связь; коммуникация.

N.I. Grigorenko

UNAUTHORISED INTERVENTION DUE TO CYBER ATTACKS ON VEHICLE CONTROL SYSTEMS

The rapid development and adoption of autonomous vehicles presents unprecedented opportunities and challenges for the transport industry. Due to their dependence on advanced electronics, network connectivity, and artificial intelligence, autonomous vehicles are vulnerable to cybersecurity. Countermeasures, intrusion detection systems, encryption, wireless updates and authentication protocols are discussed. The need for legislative measures to improve the security of unmanned vehicles is highlighted.

Keywords: autonomous vehicles; cybersecurity; intrusion detection systems; control systems; communications; communication.

Для безупречного функционирования автономных транспортных средств, необходимо решить проблемы в области кибербезопасности. Взаимосвязанность систем автономных транспортных средств, которые полагаются на непрерывный обмен данными между транспортным средством, инфраструктурой и внешними объектами, создаёт обширное поле потенциальных атак для киберугроз.

Кибербезопасность в автономных транспортных средствах имеет решающее значение по нескольким причинам. Во-первых, любой взлом систем управления автономным транспортным средством может иметь катастрофические последствия, потенциально приводя к несчастным случаям, гибели людей и значительному материальному ущербу. Во-вторых, кража или манипулирование конфиденциальными данными, такими как информация, о местоположении и предпочтения пользователя, создают серьёзные проблемы с конфиденциальностью. В-третьих, кибератаки на автономные транспортные средства могут препятствовать широкому распространению этой технологии [1].

Обеспечение надёжных мер кибербезопасности в антивирусных программах требует комплексного подхода, включая разработку безопасных программных и аппаратных архитектур, внедрение передовых методов шифрования, а также постоянный мониторинг и оперативное реагирование на возможные угрозы. Целесообразно взаимодействие и сотрудничество между производителями, регулирующими органами и экспертами по предотвращению вторжения для разработки отраслевых стандартов и передовых практик [2].

Удаленный взлом влечет серьезную и многогранную опасность для угрозы для автономных транспортных средств (АТС), поскольку в значительной степени полагаются на беспроводную связь для выполнения важнейших функций, таких как навигация, управление и обмен данными. Эти транспортные средства используют различные каналы связи, в том числе системы «транспортное средство — все остальное» (V2X), сотовые сети и Wi-Fi взаимодействуют с различными транспортными средствами, облачной инфраструктурой и сервисами. Различные из этих коммуникационных каналов имеет потенциальные уязвимости, которыми может воспользоваться правонарушитель в целях подключения и влияния на критично важные сегменты управления автомобиля [3].

Выявив незащитность в архитектуре программного обеспечения и протоколах связи, правонарушитель получает авторизацию к коммуникационной сети транспортного средства (ТС). В таблице 1 представлены типы угроз. Неавторизованный доступ к системам управления транспортными средствами влечет серьезные последствия, угрозе жизни пассажиров и других участников дорожного движения, а также способствует потенциальному возникновению крупномасштабному дорожно-транспортному происшествию.

Таблица 1

Киберугрозы для автономных транспортных средств и их последствия

Тип угрозы	Описание	Потенциальные последствия
Удаленный взлом	Несанкционированный доступ к системам автомобиля через беспроводную связь	Перехват управления транспортным средством, отключение функций, риски безопасности
Манипуляции с датчиками	Помехи для датчиков, таких как лидар, радар, камеры	Ложное обнаружение препятствий, неустойчивое поведение, столкновения
Утечки данных	Несанкционированный доступ к конфиденциальным данным, хранящимся или передаваемым транспортным средством	Нарушение неприкосновенности частной жизни, кража личных данных, скомпрометированное принятие решений
DoS-атаки	Перегрузка систем автомобиля для нарушения нормальной работы	Ухудшение характеристик, потеря связи, иммобилизация автомобиля

Удалённый взлом беспилотных автомобилей имеет более серьёзные последствия для всей транспортной экосистемы. Успешные кибератаки могут подорвать доверие общественности к технологии беспилотных автомобилей, замедлив их повсеместное внедрение.

Сложность и интеграция многочисленных подсистем в беспилотных автомобилях, таких как блок управления, сенсорные массивы, модули связи и информационно-развлекательные системы, усложняют задачу обеспечения безопасности этих транспортных средств. Каждая подсистема должна быть тщательно защищена, а взаимодействие между ними должно постоянно отслеживаться для обнаружения возможной опасности противодействия на них. Данная взаимосвязанность означает, что уязвимость в одном сегменте способствует получению доступа и проникновению к ключевым элементам системы управления, которое отвечает за ритмичное функционирование, следствия чего необходимо разработать комплексную стратегию кибербезопасности [4].

Эффективные меры противодействия удалённому взлому включают внедрение надёжных протоколов шифрования, безопасных методов разработки аппаратного и программного продукта, систематическое обновление систем защиты и внедрения передовых инновационных технологий для постоянного мониторинга несанкционированного вмешательства, которые способствуют выявлению и купированию противоправных мероприятий а режиме реального времени. Многоплановое реагирования и противодействие включающий резервирование и отказоустойчивые мероприятия, способствуют нивелированию последствия успешной атаки [2].

По мере развития технологий автономных транспортных средств отрасль должна уделять приоритетное внимание инновации и интеграции надёжных систем по обеспечению неустойчивости транспортных средств от постоянно растущего числа киберугроз (рис.).

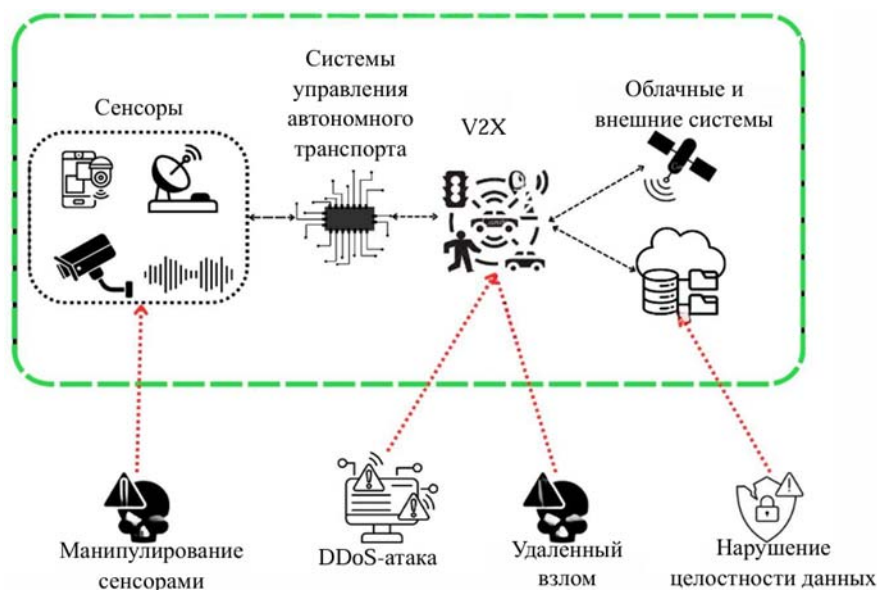


Рис. Экосистема автономных транспортных средств и угрозы кибербезопасности

Автономные транспортные средства (АТС) генерируют и обрабатывают огромный объем информации, доверительного значения, сведения включают чувствительную информацию, например местоположение транспорта в онлайн, манеру вождения и индивидуальные сведения пассажиров. Этот обширный сбор данных носить приватное содержание, а также взаимосвязан с функционированием и совершенствованием блоков управления АТС. Из-за большого объема и чувствительных информационных параметров АТС становятся основными целями для утечки данных [5].

Несанкционированный доступ к информации происходит по разным причинам, включая незаконный взлом бортового хранилища с чувствительными параметрами, перехват коммуникационных сетей или использование уязвимостей в облачных сервисах, поддерживающих работу транспортного средства. Для поддержания надежности информационных подсистем, требуются мероприятия по обеспечению кибербезопасности, которые поддерживают защищенность, достоверность, доступность, целостность, зашифровку и дешифровку информации. Это достигается при соблюдении следующей последовательности:

1. Шифрование – это применение доверенного программно-аппаратного комплекса по сохранению чувствительной информации как в процессе их хранения и передачи, с целью несанкционированного ее использования.

2. Аутентификация и автоматизированное решения управления доступом – осуществления надежным механизмом аутентификации и политик строго учета системы управления, по обеспечению гарантированного контроля по допуску уполномоченных сотрудников к чувствительной информации.

3. Системы обнаружения вторжений – современных технологий по мониторингу сетевой активности трафика и выявления неблагонадежных действий, которые свидетельствуют об несанкционированных попытках доступа.

4. Регулярные проверки безопасности – осуществление периодических проверок и тестов на проникновение с целью выявления и устранения возможных уязвимостей в системах защиты от вредоносного ПО.

5. Анонимизация данных – подразумевает, насколько это возможно, скрытие персональной информации с целью минимизации воздействия потенциальных утечек на конфиденциальность личности.

Обеспечение безопасности данных, связанных с автоматическими телефонными станциями (АТС), является ключевым аспектом для гарантии их надежной и безопасной работы. Внедряя комплексные стратегии кибербезопасности, отрасль автономных транспортных средств может снизить риски утечки данных, тем самым сохраняя доверие общественности и способствуя безопасному внедрению технологий автономных транспортных средств. АТС соприкасаются с разнообразными и постоянно меняющимися угрозами кибербезопасности, вследствие этого разрабатываются и внедряются сложнейшие алгоритмы кибербезопасности. Эти меры направлены по сохранению целостности сегментов системы управления и информации транспортного средства от противозаконных манипуляций, вмешательства и сбоев. таблица 2. [6].

Таблица 2

Существующие меры противодействия в сфере кибербезопасности

Контрмера	Описание	Преимущества
Системы обнаружения вторжений	Мониторинг сетевого трафика на предмет вредоносной активности	Обнаружение угроз в режиме реального времени, идентификация аномалий
Шифрование	Защита данных при передаче и хранении	Защита целостности и конфиденциальности данных
Регулярные обновления	OTA-обновления для программного обеспечения и прошивки	Устраняет уязвимости, расширяет функциональность
Протоколы аутентификации	Обеспечение только авторизованного доступа к системам автомобиля	Предотвращает несанкционированный доступ, обеспечивает безопасность связи

Системы обнаружения вторжений, является важнейшим элементом по обеспечению кибербезопасности АТС, по отслеживанию интернет-трафика в режиме онлайн и степень активности системы на предмет признаков вредоносного поведения. Эти системы необходимы для реагирования и выявления противоправных действий и возникающих угроз в режиме онлайн, тем самым защищая критически важные системы и данные транспортного средства [7, 4].

Передовые системы обнаружения вторжений используют сложные аналитические алгоритмы и алгоритмы машинного обучения для повышения эффективности обнаружения угроз. Эти технологии позволяют системам извлекать уроки из исторических данных, распознавать сложные схемы атак и адаптироваться к изменяющимся условиям. Модели машинного обучения позволяют выявлять незаметные и ранее невидимые векторы атак, анализируя большие массивы данных сетевого трафика и системных журналов, тем самым повышая точность и эффективность обнаружения угроз [5]. Системы обнаружения вторжений являются важнейшими компонентами защиты автономных транспортных средств от киберугроз Их способность архивирование, прослеживание и оценивать сетевую информацию, а также в онлайне активность в сочетании с аналитикой и машинным обучением, повышает эффективность выявления и купирования на злонамеренные действия в нарушении кибербезопасности.

Одним из составляющих и краеугольным элементом кибербезопасности АТС, относится функция по шифрованию, которое занимает важнейшее место при защите и сохранения большой чувствительной информации, при генерации и применения транспортными средствами. Преобразуя объем информации в закодированный формат, функция шифрования защищает конфиденциальную информацию от несанкционированного вторжения в процессе передачи (данные в пути), при хранении (данные в состоянии покоя), согласно протоколу безопасности расшифровку проводить только уполномоченное лицо.

Надежную защиту информации при взаимном обмене между автомобилем, инфраструктурой и облачными сервисами, способствуют современные методы шифрования. Защита данных в процессе передачи и хранения, достигается алгоритмами шифрования, тем самым обеспечивая безопасность информации, ее целостность, приватность, предотвращения подслушивания от незаконного проникновения. Мероприятия направленные на обеспечения безопасности и бесперебойного функционирования систем автономных транспортных средств, достигаются внедрением передовых технологий и новейших практик по шифрованию.

Динамичный характер угроз кибербезопасности требует регулярного обновления программного аппарата и прошивки АТС. Беспроводные обновления считается важнейшим инструментом в этом процессе, позволяя производителям удаленно обновлять и устанавливать новую версию программного продукта по безопасности, устраняя ошибки и улучшая функции АТС без физического доступа к транспортному средству. Данная возможность необходима для оперативного устранения вновь обнаруженных уязвимостей и гарантировать безопасность управляющих систем транспортного средства от возникающих угроз [8]. Беспроводные обновления организации безопасности и функциональности систем беспилотных транспортных средств. Механизмы безопасного обновления обеспечивают аутентификацию и доставку обновлений программного обеспечения без изменений. Заплатки безопасности, исправления ошибок и улучшения функций внедряются быстро, безопасно и эффективно, обеспечивая защиту автономных транспортных средств от возникающих несанкционированных действий от враждебных лиц.

Надежные протоколы аутентификации способствуют для взаимной интеграции авторизованным пользователям, взаимодействия с надежными устройствам, предоставления доступа к коммуникационной сети и элементам управления автономного транспортного средства. Данная процедура способствует установлению личности и легитимности субъектов, пытающихся связаться с транспортным средством, тем самым защищая работу транспортного средства и чувствительную информацию от противозаконного вмешательства [9].

Протоколы аутентификации взаимодействуют с коммуникационными сетями и системами управления АТС, только при гарантированном доступе авторизованного оборудования и пользователя. Взаимодействие характеризуется:

- Многофакторная аутентификация: сочетание нескольких форм проверки, таких как пароли, смарт-карты и биометрическая проверка, позволяет значительно снизить угрозу противозаконных действий
- Цифровые сертификаты: используют инфраструктуру открытых ключей (PKI) для проверки подлинности оборудования и пользователей, поддержка защищенности коммуникаций в экосистеме АТС.

Безопасные методы управления ключами имеют решающее значение для поддержания целостности криптографических операций. PKI – это комплексная система криптографических методов, которая обеспечивает безопасную связь и обмен данными между сторонами через недостоверные сети, такие как Интернет. По своей сути PKI опирается на концепцию открытого и закрытого ключей для установления безопасного соединения. Управление ключами включает в себя генерацию, распределение, хранение, обеспечивая методы безопасности и поддержания целостности криптографических операций. Интеграция адаптивных криптографических ключевых механизмов в процесс управления хранением данных имеет решающее значение для обеспечения целостности и конфиденциальности данных [10, 4].

Надежные протоколы аутентификации необходимы для защиты автономных транспортных средств в случаях противозаконные действия и киберугроз. Многофакторная аутентификация, цифровые сертификаты и безопасные алгоритмы интеграции по управлению ключами, способствуют целостности и защищенности информационных систем автомобиля. Данные меры крайне важны для обеспечения безопасной и надежной работы автономных транспортных средств в условиях взаимосвязанной и сложной цифровой среды.

По мере совершенствования технологического уровня автономных транспортных средств решение вопросов кибербезопасности выходит на первый план. Несколько перспективных направлений, которые находятся в стадии разработок повышают уровень безопасности и отказоустойчивость систем управления АТС. Одним из данного тренда является применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, использование технологии блокчейн, расширение отраслевого сотрудничества и стандартизации, а также прогрессивное развитие законодательства и нормативной базы.

Искусственный интеллект и обучение могут сыграть важную роль в будущем кибербезопасности. Эти технологии могут повысить уровень обнаружения киберугрозы и купировать в онлайн режиме, адаптируясь к новым разновидностям вредоносных атак и меняющимся ландшафтам угроз.

1. Выявление угроз и реагирования на них: система на базе искусственного интеллекта способна проанализировать большой массив информации от различных датчиков и интернет-трафик для выявления аномалий, указывающих на киберугрозы. Алгоритмы искусственного интеллекта способствуют обучающим функциям по распознаванию закономерностей, связанных с фишинговыми атаками предсказывать потенциальные будущие угрозы, обеспечивая меры по купированию вредоносных действий.

2. Адаптивные системы защиты: Модели машинного обучения могут постоянно обучаться на основе новых данных, что позволяет системам антивирусной защиты адаптироваться и совершенствоваться с течением времени. Этот процесс непрерывного обучения помогает совершенствовать возможности обнаружения и сокращать количество ложных срабатываний, обеспечивая более точное и своевременное реагирование на реальные угрозы.

3. Автоматическое смягчение последствий: ИИ может способствовать автоматизированному реагированию на киберугрозы, сводя к минимуму вмешательство человека и сокращая время реагирования. Автоматизированные системы могут изолировать скомпрометированные компоненты, перенаправлять связь и без промедления применять исправления безопасности, тем самым быстро смягчая последствия атак.

4. Обнаружение аномалий: алгоритмы искусственного интеллекта способствуют проанализировать большой массив информации с датчиков автономных транспортных средств и коммуникационных сетей, для выявления отклонения от нормального поведения, указывающие на потенциальные киберугрозы.

5. Автоматическое устранение угроз: ИИ может способствовать автоматическому реагированию на обнаруженные угрозы, например, путем изоляции скомпрометированных компонентов или перенаправления каналов связи.

Выводы

Быстро меняющаяся ситуация в сфере киберугроз требует постоянных инноваций в технологиях и методах обеспечения кибербезопасности. Для разработки и внедрения, эффективных мер безопасности необходимы совместные усилия производителей антивирусного ПО, экспертов по кибербезопасности, регулирующих органов и политиков. Обмен знаниями, стандартизация протоколов и совместные исследовательские инициативы помогут эффективнее бороться с возникающими опасностями и уязвимостями.

Концепция информационно-коммуникационной безопасности автономных транспортных средств подразумевает стабильность и адаптивность. Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения будут иметь решающее значение при разработках адаптивных систем безопасности, выявлять опасности в режиме онлайн и незамедлительно купировать их в автоматическом режиме. Межотраслевое сотрудничество и стандартизация обеспечат единообразие в купировании и алгоритмов поддержания защищенности на всех платформах автономных транспортных средств. Прогрессивное законодательство и политика обеспечат необходимую нормативно-правовую базу для внедрения надёжных мер кибербезопасности и защиты потребителей.

Путь к безопасным автономным транспортным средствам продолжается и многогранен. Используя технологические достижения, развивая сотрудничество и внедряя комплексные стратегии, можем способствовать, чтобы автономные транспортные средства были не только инновационными, но и безопасными.

Библиографический список

1. Глобальный отчёт Upstream о кибербезопасности в автомобильной промышленности и интеллектуальных транспортных системах на 2025 год Электронный ресурс: <https://upstream.auto/>

2. Бурматов Ю.А., Григоренко Н.И., Гутников В.А. Вопросы кибербезопасности транспортного комплекса в крупнейших городах России // Градостроительство. 2022. № 5-6 (81-82). С. 45-49.

3. Тахаутдинова К.И., Маркина Т.А. Разработка модели угроз кибербезопасности электронных блоков управления в автомобиле // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 11, no. 9, 2023. С. 125 – 133.

4. Писарева О.М., Алексеев В.А., Медников Д.Н., Стариковский А.В. Характеристика зон уязвимости и источников угроз информационной безопасности эксплуатации беспилотных автомобилей в интеллектуальной транспортной системе // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14, № 4. С. 20–36. DOI: 10.18721/JE.14402

5. Шашкин А. А. Основные направления обеспечения кибербезопасности на транспорте // Цифровой суверенитет и кибербезопасность - М., 2022. - С. 235-239.

6. Намиот Д.Е., Куприяновский В.П., Пичугов А.А. Состязательные атаки для автономных транспортных средств // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 12, no. 7, 2024. С. 139 – 149.

7. Трофимов А.А. Биометрическая аутентификация водителей транспортных средств // *Право и государство: теория и практика*. 2023. № 11(227). С. 330-332. http://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_11_330
8. Правиков Д.И., Пономарева Е.А., Куприяновский В.П. Проблемы обеспечения информационной безопасности высокоавтоматизированных транспортных средств // *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.6, 2020. С. 98 – 103.
9. Надейкина В.С., Лагуткина Т.В. Анализ способов реализации системы многофакторной аутентификации // *Научный результат. Информационные технологии*. - Т.7, №4, 2022. - С. 59-66. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-7
10. Ле Ань Т., Во Минь Т.Л., Данешманд Б. Обоснование фрагментации сети с помощью глубокого обучения. В беспроводных сетях (5G/LTE) // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. Т. 18. № 6. 2022. С. 106 – 114.

References

1. Global Upstream Report on Cybersecurity in the Automotive Industry and Intelligent Transport Systems for 2025: <https://upstream.auto/>
2. Burmatnov Yu.A., Grigorenko N.I., Gutnikov V.A. Issues of cybersecurity of the transport complex in the largest cities of Russia // *Urban Planning*. 2022. No. 5-6 (81-82). pp. 45-49.
3. Takhautdinova K.And. Markina T.A. Development models Uroz cyber security ferdinandlectron Urgench block controls in car // *Apostille: 2307-8162 Apostille*. 11, no. 9, 2023. S. 125 – 133.
4. Pisareva O.M., Alekseev V.A., Mednikov D.N., Starikovskiy A.V. Characteristics of vulnerability zones and sources of threats to the information security of the operation of unmanned vehicles in an intelligent transport system // *Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Pedagogical University. Economic sciences*. 2021. Vol. 14, No. 4. pp. 20-36. DOI: 10.18721/JE.14402
5. Shashkin A. A. The main directions of ensuring cybersecurity in transport // *Digital sovereignty and cybersecurity, Moscow, 2022*, pp. 235-239.
6. Namiot D.Well., Kuprianovsky V.P. Pichugov A.A. Related: 2307-8162 Apostille attacks on autonomic wawrabh transport wawrabh means // *Wawrabh: 2307-8162 Wawrabh*. 12, no. 7, 2024. S. 139 – 149.
7. Trofimov A.A. Biometric authentication of vehicle drivers // *Law and the state: theory and practice*. 2023. No. 11(227). pp. 330-332. http://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_11_330
8. Pravikov D.I., Ponomareva E.A., Kupriyanovsky V.P. Problems of ensuring information security of highly automated vehicles // *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 8, No.6, 2020. pp. 98-103.
9. Nadeikina V.S., Lagutina T.V. Analysis of ways to implement a multifactor authentication system // *Scientific result. Information Technologies*. - Vol.7, No. 4, 2022. - pp. 59-66. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-4-0-7
10. Le An T., Vo Minh T.L., Daneshmand B. Justification of network fragmentation using deep learning. In wireless networks (5G/LTE) // *Bulletin of the Voronezh State Technical University*. Vol. 18. No. 6. 2022. pp. 106 – 114.

УДК 711.8

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации», старший научный сотрудник
Е.В. Климова

Россия, г. Москва
Тел. +7(909)949-02-29

e-mail: eklimova58@mail.ru

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации», старший научный сотрудник;
ОАО «Гипрогор», главный специалист по инженерному оборудованию территории
К.В. Шишов

Россия, г. Москва
Тел. +7(926)374-80-06

e-mail: terinform@list.ru

FGBI «Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation», Senior Researcher
E.V. Klimova

Russia, Moscow
tel. +7(909)949-02-29

e-mail: eklimova58@mail.ru

FGBI «Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation», Senior Researcher; Giprogor OJSC, Chief Specialist in Engineering Equipment
K.V. Shishov

Russia, Moscow
tel. +7(926)374-80-06

e-mail: terinform@list.ru

Е.В. Климова, К.В. Шишов

СТРОИТЬ МОЖНО, НО СОХРАНИТЬ

В статье рассматриваются проекты курортов, расположенных на (или находящиеся в зоне) природных территориях с особым природоохранным статусом. Находясь в различных природно-климатических условиях, новое строительство наносит вред компонентам окружающей среды, прибрежным территориям, вызывает потенциальную угрозу исчезновения месторождений минеральных вод, приводит к вырубке деревьев и исчезновению животного биоразнообразия. Приводятся планировочные ограничения, освещаются проблемы транспортно-инженерного обеспечения и охраны окружающей природной среды.

Ключевые слова: курортно-рекреационные зоны, особо охраняемые природные территории, инженерное обустройство, охрана окружающей среды.

E.V. Klimova, K.V. Shishov

YOU CAN BUILD, BUT KEEP

The article discusses the projects of resorts located in (or located in) natural areas with a special environmental status. Being in various natural and climatic conditions, new construction harms environmental components, coastal territories, causes a potential threat of the disappearance of mineral water deposits, leads to the cutting down of trees and the disappearance of animal biodiversity. The planning constraints are given the problems of transport and engineering support and environmental protection are highlighted.

Keywords: resort and recreational areas, specially protected natural areas, engineering development, environmental protection.

С 80-х годов проектирования курортных объектов поднимались вопросы об экологическом кризисе, неизбежность которого связывали с загрязнением окружающей среды, нехваткой важнейших природных ресурсов и нарушением экологического равновесия [1].

Масштабные проекты последних лет порождают ряд экологических проблем, связанных с загрязнением воздушного и водного бассейна, нарушением почвенно-растительного покрова, обеднением животного мира, при том, что природная среда, представляя собой целостную систему, имеет свои собственные закономерности развития и теснейшие взаимосвязи между составляющими ее элементами. Выявить эти закономерности – значит наметить мероприятия по охране и улучшению окружающей природной среды.

Одной из наиболее важных задач современного градостроительства является сохранение экологического равновесия при рациональном использовании природных ресурсов, развитие транспортно-инженерных систем и обоснованное вариантное проектирование с учетом экономических и социальных вопросов.

Цель исследования – на примере новых проектов курортов, расположенных на территориях с особым природоохранным статусом в различных природно-климатических условиях, показать основные проблемы экологического характера, сложность решения вопросов инженерного обеспечения, социальную реакцию на планируемое строительство.

Развитие рекреационных территорий в регионах РФ осуществляется благодаря беспрецедентным мерам государственной поддержки туристической отрасли, заинтересованности бизнеса в инвестиционной политике, отраженных в Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года [2].

Освоение природных территорий, наиболее уязвимых при современном интенсивном освоении, и эксплуатация объектов должны отвечать одному из основных направлений пространственного развития РФ – «формирование территорий экологического благополучия посредством реализации мероприятий по сохранению и восстановлению природной среды, обеспечению качества окружающей среды, необходимого для комфортной и безопасной жизни человека, а также устойчивого развития экономики».

Необходимо отметить, что многие выбранные для новых туристических кластеров участки представляют собой достаточно сложную для освоения территорию:

- опасные геологические процессы: сейсмоопасность, абразия берегов, оползни, обвалы, проявления карста;
- сейсмичность;
- статус особоохраняемых природных территорий (ООПТ);
- сложности с организацией хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Но основное ограничение развития территории – статус ООПТ, что в значительной мере препятствует реализации ряда мероприятий по инженерному обустройству, инженерной защите и подготовке территории.

В данной статье выбраны четыре курортно-рекреационных проекта, расположенных в различных природно-климатических условиях и находящихся на (или в зоне ограничений) территориях с особым природоохранным статусом (рис. 1-4).



Рис. 1. ООПТ «Анапская пересыпь» (Краснодарский край, город-курорт Анапа)¹

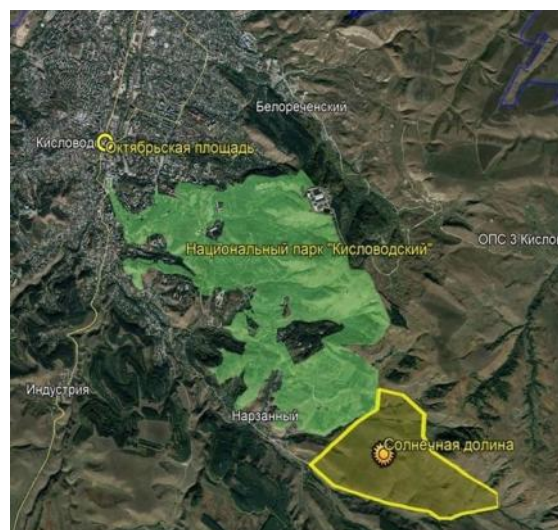


Рис. 2. Национальный парк «Кисловодский» (Ставропольский край, город-курорт Кисловодск)²



Рис. 3. Кавказский государственный природный биосферный заповедник и Сочинский национальный парк (Краснодарский край, город-курорт Сочи)³

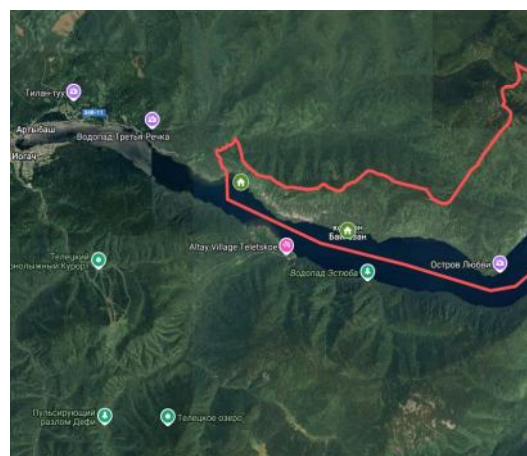


Рис. 4. Алтайский государственный природный биосферный заповедник (Республика Алтай, Телецкое озеро)⁴

Реализация каждого из этих проектов возможна при выполнении определенных условий: мероприятий по охране окружающей среды; разработке проектов по модернизации и новому строительству всех инженерных систем с использованием энергоэффективных и экологически безопасных технологий; по инженерной защите и подготовке территории.

Строительство курорта Новая Анапа будет вестись по границам ООПТ «Анапская пересыпь», около станицы Благовещенская, что сильно ограничивает проектировщиков в выборе природоохранных мероприятий, в том числе по берегоукреплению и формированию пляжей.

Совокупность природных ресурсов прибрежных акваторий и приморских территорий делает морское побережье одним из наиболее перспективных мест для интенсивного хозяйственного использования. Пограничное (суша-море) расположение береговых ландшафтов приводит к их высокой чувствительности к внешним воздействиям (природным и антропогенным), и в результате – к высокой динамике береговых геосистем [3].

¹ https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/media/img/4/70/754948600019704.jpg

² <https://atvmedia.ru/uploads/block/202111/163654132591.jpg>

³ <https://travelsoul.ru/wp-content/uploads/8/4/8/848a334139c13ef63b58bc1ab97484be.jpeg>

⁴ <https://altzapoved.ru/interaktivnaya-turisticheskaya-karta>

Курорт Новая Анапа вошел в перечень проектов комплексного развития федеральных круглогодичных курортов «Пять морей и озеро Байкал», анонсированных В. В. Путиным 28 марта 2024 года [4].

ООПТ «Анапская пересыпь» (находится в ведении ГКУ КК «Управление особо охраняемыми природными территориями Краснодарского края») - уникальный природный комплекс, расположенный в северо-западной части побережья Черного моря и сочетающий в себе географические компоненты (рельеф, климат, поверхностные и подземные воды, почву, растительность, животный мир), находящиеся в сложном взаимодействии и образующие единую неразрывную систему. Этот природный парк – место постоянного обитания или временного пребывания охраняемых видов животных и произрастания редких растений - до 50 краснокнижных видов животных, включая 25 видов, внесенных в Красную книгу РФ, на территории ООПТ сформировались уникальные ландшафты из песчаных дюн (рис. 5, 6).



Рис. 5. Анапская коса⁵



Рис. 6. Курорт Новая Анапа⁶

Гидрологи отмечают, что наиболее перспективным направлением решения проблемы нехватки пляжей является создание искусственных свободных пляжей полного профиля, отвечающих как берегозащитным, так и рекреационным требованиям, в том числе по окатанности и крупности материала. Однако, в условиях дефицита пляжеобразующего материала и сильного волнового воздействия (что характерно для ООПТ «Анапская пересыпь»), создание и расширение пляжей возможно лишь за счёт искусственного пополнения их карьерным материалом и обязательного возведения оградительных сооружений [5].

Новый курорт хотели проектировать с учетом особенностей природного ландшафта и уникальной региональной флоры и фауны, но после экологической катастрофы в декабре 2024 года с разливом мазута сроки проектирования будут скорректированы.

Инженерное подключение будет осуществляться от коммуникаций и сооружений города-курорта Анапы, которые характеризуются достаточно высокой степенью износа. Водоснабжение основной части населения осуществляется из поверхностного источника водозабора р. Кубань, также функционируют водопроводные системы, снабжающиеся из местных источников (артезианских скважин и каптажных колодцев).

Большинство населенных пунктов прибрежной зоны имеют централизованную канализацию, стоки поступают на очистные сооружения города-курорта Анапы. Некоторые населенные пункты, в том числе станица Благовещенская, имеют собственные очистные сооружения малой производительности, мощности которых будет недостаточно для подключения объектов нового курорта. Система дождевой канализации в станице развита крайне слабо и представлена преимущественно открытой сетью.

⁵ https://avatars.mds.yandex.net/i?id=3cdea98eece4424dbd6ee8b4cb125bab_1-8482868-images-thumbs&n=13

⁶ <https://i.archi.ru/i/423820.jpg>

При реализации проекта курорта Новая Анапа также потребуется модернизация с увеличением мощности и пропускной способности объектов электро-, газо- и теплоснабжения.

Особая экономическая зона туристско-рекреационного типа (ОЭЗ) «Солнечная долина» площадью 650 га появится в юго-восточной части города-курорта Кисловодск. С северо-западной стороны она будет граничить с национальным парком «Кисловодский» - уникальным, редчайшим по красоте памятником ландшафтной архитектуры с гидроминеральными и климатическими ресурсами, где собраны местные и экзотические виды деревьев и кустарников, кроме того территория попадает в зону горно-санитарной охраны.

Основные направления деятельности парка:

- сохранение природных комплексов, уникальных природных участков и объектов;
- сохранение историко-культурных объектов;
- охрана окружающей среды и разработка мероприятий по сохранению и развитию природного и рекреационного потенциала;
- создание условий для регулируемого туризма и отдыха.

На территории национального парка запрещена любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира, а также объектам культурно-исторического назначения.

Основная проблема на сегодняшний день - отсутствие непрерывного контроля с единым государственным мониторингом экологического состояния природных ресурсов всего региона КМВ. Экспертами отмечается загрязнение воздуха, грунтовых вод, снижение качества гидроминеральных источников.

Несмотря на то, что проект ОЭЗ «Солнечная долина» специализируется на лечебно-оздоровительном виде туризма, и в ней помимо санаториев и сра-отелей будет создана сопутствующая курортная инфраструктура, проект сталкивается с серьезными экологическими опасениями. Эксперты предостерегают, что масштабное строительство может вызвать гидродинамические изменения и нарушение природного баланса, влияя на формирование минеральной воды. В частности, считается, что последствия могут охватить все аналогичные месторождения в едином артезианском бассейне КМВ (рис. 7, 8).



Рис. 7. Природа Солнечной долины⁷



Рис. 8. Национальный парк Кисловодск⁸

⁷

<https://pobeda26.ru/attachments/0393d3ea114771e65ec2742cea2306fa83616335/store/crop/0/59/1197/676/800/0/0/840cc139964126bb292c065ea98adb25663f27eef2eddd3e8f2c186e8c2f/840cc139964126bb292c065ea98adb25663f27eef2eddd3e8f2c186e8c2f.jpeg.jpg>

⁸ https://cdnstatic.rg.ru/crop2200x1467/uploads/images/2023/11/03/dsc_3803_8ad.jpg

Кроме того, нарастает социальная напряженность - местные жители требуют проведение экологической экспертизы и осуществление работ в строгом соответствии с санитарно-экологическими нормами.

Поскольку на сегодняшний день действующая инфраструктура Кисловодска не справляется с продолжающимся ростом числа туристов, то строительство новых объектов жилищного и рекреационного назначения потребует:

- модернизацию всех инженерных систем города с увеличением мощности и пропускной способности объектов;
- охвата рассматриваемой территории плано-регулярной системой сбора и утилизации ТКО.

В высокогорном кластере Сочи рядом с курортом «Красная Поляна» подготовлен проект нового всесезонного курорта «Турьев Хутор», завершить строительство которого планируют в 2028-29 гг. Сложность проектирования заключается в том, что курорт попадает в границы Кавказского государственного природного биосферного заповедника и Сочинского национального парка, что накладывает определенные природоохранные ограничения. Также активное освоение территории приводит к сокращению площади лесов, что вызывает интенсивную эрозию почвы, сход селей и сползание склонов вдоль русел (рис. 9, 10).

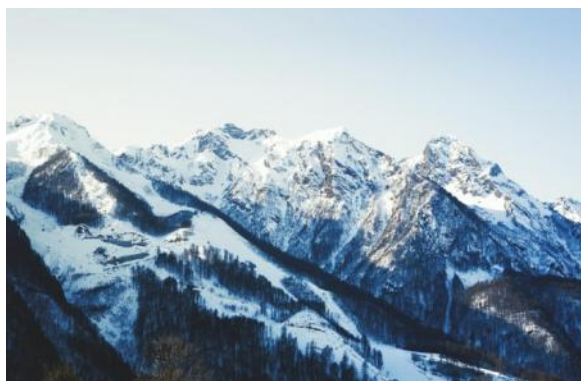


Рис. 9. Природа горного кластера⁹



Рис. 10. Проект курорта «Турьев Хутор»¹⁰

Чтобы проект был утвержден, гендиректор госкорпорации «Туризм.РФ» Сергей Суханов заявлял, как важна для реализации этого проекта забота о природе: «Главным является бережное отношение ко всем зеленым насаждениям, которые там находятся». На деле же вышло все по-другому. В 2023 году замгенпрокурора РФ обратился в суд с иском к ООО «Турьев Хутор Девелопмент» о возмещении ущерба окружающей среде Сочинского национального парка. По данным экологов и природоохранного ведомства компания вырубилась ценные породы деревьев и уничтожила плодородный слой почвы на 2,5 млрд рублей [6].

Реально оценить ущерб очень сложно, так как считают обычно только вырубленные деревья (пихта кавказская, клен высокогорный, ольха черная, бук восточный), забывая про бесценные мхи, лишайники и беспозвоночных в почве. Эксперты предложили исключить из проекта генплана курорта строительство объектов (транспортных, инженерных, социальных), создающих угрозы уникальному биоразнообразию Кавказского заповедника и Сочинского национального парка. Также отмечено, что краснокнижные растения, животные и птицы, памятные культурные места и микроклимат региона тоже оказываются под ударом инвестиционных амбиций.

Системы водо-, газо- и электроснабжения курорта «Турьев Хутор» входят в Адлерскую часть Краснополянской зоны инженерной инфраструктуры. Большинство объектов горного кластера Красной поляны оснащены современным оборудованием и имеют резерв мощности для подключения новых курортных объектов.

⁹ https://cdn.profi.travel/uploads/cache/item_inner_image/page/mega_top_image/678f6cb293b7c380148148.jpg

¹⁰ <https://aif-s3.aif.ru/images/036/190/da2a5285864f3b5c4c909dda46728fa2.jpeg>

При строительстве нового горнолыжного курорта необходима реализация мероприятий по инженерной подготовке территории: планировка и/или террасирование склонов, создание поверхностных водоотводящих сетей и систем открытых и подземных дренажей, строительство укрепительных сооружений и противоселевых гидротехнических сооружений.

Курорт Горного Алтая расположен на левом берегу Телецкого озера в 15 – 20 км от п. Артыбаш [7]. Правый берег до середины акватории озера входит в Алтайский государственный природный биосферный заповедник, который вместе с Катунским заповедником внесен в список Всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО с 1998 г. под названием «Золотые горы Алтая», что предполагает строгое регламентирование использования озера в хозяйственной деятельности и рекреационных целях (рис. 11, 12).



Рис. 11. Природа Телецкого озера (фото К. Шишова)



Рис. 12. Площадки Altay Village (фото К. Шишова)

В прибрежной зоне левого берега Телецкого озера, который в основном осваивается в настоящее время, имеется более двух десятков турбаз, основные из которых расположены в окрестностях сел Артыбаш и Июгач. Но при освоении этих площадок невольно будет затронута акватория и прибрежная зона Телецкого озера, т.к. строительство рекреационных зон сопровождается возведением объектов сервисной инфраструктуры, что в совокупности приводит к заметным нарушениям исходных природных ландшафтов и загрязнению воды.

Как достоинства проектов можно отметить, что они ориентированы на малоэтажное строительство из экологически безопасных материалов с учетом размещения объектов на незалесенных участках.

Курорт на Телецком озере планируется на свободной территории, инженерное обеспечение будет организовано:

- электроснабжение - от ПС 35 кВ «Артыбаш». В качестве аварийных источников могут использоваться генераторы на дизельном топливе;
- теплоснабжение осуществляется децентрализованно от индивидуальных электрических обогревателей и тепловых насосов;
- водоснабжение и водоотведение организуется локально, в зависимости от рекреационной емкости;
- рассматриваемая территория должна быть охвачена планомерно-регулярной системой сбора и утилизации ТКО.

В таблице 1 приведены экологические, транспортно-инженерные условия освоения участков курортного строительства на (или в зоне влияния) территориях с особо охраняемым природным статусом.

Особенности проектирования курортов на статусных природоохранных территориях

Курортно-рекреационная территория	Экологические проблемы и ограничения	Транспортно-инженерная логистика	Социальная напряженность
<p>Курорт Новая Анапа Городской округ город-курорт Анапа Краснодарский край</p>	<ul style="list-style-type: none"> - граница с ООПТ «Анапская пересыпь»; - угроза исчезновения песчаных дюн; - пляжи в настоящее время находятся в стадии деградации: сокращается их ширина, разрушается дюнный пояс. Без принятия мер природоохранного характера полная деградация пляжа (потеря его рекреационной значимости) прогнозируется через 20 лет; - цветущее море и лиманы; - сейсмичность; - грунты; - угроза потери краснокнижных животных и растений (Кизилташские лиманы – места массового гнездования птиц); - истирание пляжеобразующих наносов и их вынос в глубоководную часть моря – отступание линии берега и дюнного пояса по всей длине пересыпи; - наличие объектов культурного наследия, связанных с историей и этнографией 	<p>Рассматриваемая территория расположена в зоне горно-санитарной охраны. В соответствии с действующими требованиями ст. 44 ч. 3 Водного кодекса РФ сбор любых сточных вод, в том числе очищенных до нормативных показателей в водные объекты, расположенные в границах зон горно-санитарной охраны, запрещен</p>	<p>Мнение жителей: - проект уничтожит уникальную природу в районе станицы Благовещенской; - не решены проблемы энерго- и водоснабжения, дорог, медицины, образования, благоустройства, общественного транспорта в городе-курорте Анапа; - отсутствие проекта транспортной логистики через станицу Благовещенская</p>
<p>ОЭЗ «Солнечная долина» Городской округ Ставропольский край</p>	<ul style="list-style-type: none"> - граница с национальным парком «Кисловодский»; - угроза нарушения природного баланса формирования минеральной воды и всех минеральных месторождений КМВ; - водоохранная зона реки Ольховка; - угроза уникальным растениям и местам обитания птиц и животных 	<p>Поскольку на сегодняшний день действующая инфраструктура Кисловодска не справляется с продолжающимся ростом числа туристов, то строительство новых объектов жилищного и рекреационного назначения потребует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - модернизацию всех инженерных систем города с увеличением мощности и пропускной способности объектов; - рассматриваемая территория должна быть охвачена планово-регулярной системой сбора и утилизации ТКО 	<p>Опасения экологов: - отсутствие государственного мониторинга экологического состояния природных ресурсов всего региона КМВ; - пограничная территория с национальным парком «Кисловодский»</p>

Окончание табл. 1

<p>Круглогодичный туристско-рекреационный комплекс «Турьев Хутор» Муниципальное образование городской округ город-курорт Сочи Краснодарский край</p>	<ul style="list-style-type: none"> - входит в Сочинский Национальный парк и Кавказский государственный природный биосферный заповедник; - территория требует санитарной рубки; - нарушение почвенного покрова; - уменьшение разнообразия видов растений, животных; - заявка инвесторов на соответствие проектного решения российскому экологическому стандарту GREEN ZOOM (национальная система оценки объектов недвижимости на соответствие требованиям устойчивого развития (ESG)) по категориям: - транспорт и инфраструктура; - экологическая устойчивость территории; - водозащитивность; - энергоэффективность и сокращение углеродного следа; - материалы и управление отходами; - повышенная сейсмичность и лавинопасность 	<p>Для обеспечения транспортной логистики требуется развитие улично-дорожной сети зоны курортов Красной поляны:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системы водо-, газо- и электро-снабжения входят в Адлерскую часть Краснодарской зоны инженерной инфраструктуры, которые оснащены современным оборудованием и имеют резерв мощности для подключения новых курортных объектов 	<p>Проблемы строительства:</p> <ul style="list-style-type: none"> - судебные иски; - незаконная вырубка деревьев; - отсутствие заключения государственной экологической экспертизы (объект находится на территории с особым природоохранным статусом) - инженерное обеспечение объектов
<p>Курорт Горного Алтая на Телецком озере Республика Алтай</p>	<ul style="list-style-type: none"> - границит по Телецкому озеру с Алтайским государственным природным заповедником (с 1932 г.), который вместе с Катунским заповедником внесен в список Всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО с 1998 г. под названием «Золотые горы Алтая»; - памятник природы Алтай с 1996 г.; - повышенная сейсмичность; - проблема сохранения видového разнообразия растительного и животного мира; - возможность подтопления пойменной территории во время весенних паводков 	<p>Необходима реконструкция грунтово-щебеночной подъездной дороги к проектируемому участкам. При проектировании необходимо предусмотреть строительство в зоне обслуживания очистных сооружений, а для удаленных объектов - септики, с последующим вывозом осадка. Прибрежная зона водного объекта предписывает организацию отвода и очистки поверхностного стока с накопителями очистных стоков для последующего вывоза</p>	<p>Проблемы строительства:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ведение мониторинга за состоянием Телецкого озера; - организация мест сбора отходов; - возможность подтопления пойменных территорий

Выводы

Данные, полученные в процессе исследования, позволяют понять особенности проектирования курортов на статусных природоохранных территориях:

- выбор территории должен осуществляться с учетом природных и санитарно-эпидемиологических ограничений;
- необходимые инженерные изыскания должны обеспечивать комплексное изучение природных условий строительства и получение необходимых материалов для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных градостроительных решений, а также данных для составления прогноза изменений окружающей природной среды под воздействием строительства и эксплуатации зданий и сооружений;
- наряду с физико-географическими, планировочными и другими методами оценки территории важно проводить архитектурно-ландшафтную оценку;
- обеспечение участков курортного строительства инженерной и транспортной инфраструктурой должно соответствовать уровню развития в регионах строительного комплекса и производства строительных материалов, изделий и конструкций с применением инновационных, в том числе энергосберегающих технологий;
- при размещении курорта в сложившейся планировочной структуре (Курорт Новая Анапа - Анапа, ОЭЗ «Солнечная долина» - Кисловодск) необходима реконструкция инженерных сетей и сооружений, выполненных по самым высоким и передовым стандартам и технологиям;
- должно соблюдаться экологически безопасное функционирование систем водоснабжения и водоотведения, теплоснабжения, что должно привести к сокращению аварийности на распределительных сетях, что важно для статусных природоохранных территорий;
- необходимы мероприятия по техническому перевооружению инженерных систем;
- строительство очистных сооружений канализации должно отвечать российскому законодательству в части нормативов по степени очистки сточных вод;
- для прибрежных территорий необходимо проведение мероприятий по инженерной защите и подготовке территории: отсыпка пляжа, строительство набережных с берегоукрепительными и противооползневыми сооружениями; использование защитного озеленения;
- для горнолыжного кластера (на Красной Поляне) могут применяться мероприятия инженерной подготовки территории: планировка и/или террасирование склонов, создание поверхностных водоотводящих сетей и систем открытых и подземных дренажей, строительство укрепительных сооружений и противоселевых гидротехнических сооружений.

Выполнение нормативов по защите природной среды, эколого-ориентированной организации территории, использованию энергосберегающих технологий, высокотехнологичного и экологически безопасного инженерного оборудования обеспечит стабильность и устойчивое экономическое развитие городов, закрепит право граждан на отдых, обеспечит качество окружающей природной среды и сохранение природного потенциала [8].

Библиографический список

1. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке ЦНИИП градостроительства Госгражданстроя Москва Стройиздат 1980.
2. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года (утв. 20 сентября 2019 г. № 2129-р) - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/file/pdf?eoNumber=0001201909230010>.
3. Крыленко В.В. «Научное обеспечение сбалансированного планирования хозяйственной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах и предложения по его использованию на примере азово-черноморского побережья» Том 10. Предложения по ис-

пользованию разработанных рекомендаций на уникальных береговых ландшафтах азово-черноморского побережья - URL: https://coastdyn.ru/e-lib/tom01_2013.pdf.

4. Совецание по вопросам развития проекта федеральных круглогодичных курортов «Пять морей и озеро Байкал» 28 марта 2024 года. - URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73754>.

5. Крыленко В.В. Берега северо-западной части черноморского побережья Кавказа в начале XXI века // Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В. Океанологические исследования, 2021, Том 49, № 1, С. 68-92.

6. В Сочи начнут строить новый курорт «Турьев Хутор» - URL: <https://www.ski.ru/az/blogs/post/v-sochi-nachnut-stroit-novyi-kurort-turev-khutor-zastroischik-uzhe-nanes-uscherb-nacparku-na-25-mlrd-rublei>.

7. Строительство гостиничного комплекса -- URL: https://altayinvest.ru/investment-conditions/planiruemye-proekty.php?ELEMENT_ID=18629.

8. Шишов К.В., Климова Е.В. Систематизация значимых категорий оценки территории по принципу «зеленых» стандартов. Город и люди: пространство и время // Сборник статей Международной конференции (Смоленск, Смоленский государственный университет, 28-30 апреля 2023 г.) / Сост. А.Г. Махрова. – М.: Геогр. ф-т МГУ, 2023. - С. 404-414.

References

1. Guidelines for environmental protection in the district planning of the Central Research Institute of Urban Planning of Gosgrazhdanstroy Moscow, Stroyizdat 1980.

2. Strategy for the development of Tourism in the Russian Federation for the period up to 2035 (approved on September 20, 2019, No. 2129-r) - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/file/pdf?eoNumber=0001201909230010>.

3. Krylenko V.V. "Scientific support for balanced planning of economic activity on unique marine coastal landscapes and proposals for its use on the example of the Azov-Black Sea coast" Volume 10. Suggestions for using the developed recommendations on the unique coastal landscapes of the Azov-Black Sea coast - URL: https://coastdyn.ru/e-lib/tom01_2013.pdf.

4. Meeting on the development of the Five Seas and Lake Baikal Federal year-round resorts project on March 28, 2024. - URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73754>.

5. Krylenko V.V. The shores of the north-western part of the Black Sea coast of the Caucasus at the beginning of the XXI century // Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V. Oceanological Research, 2021, Volume 49, No. 1, pp. 68-92.

6. A new Turyev Khutor resort will be built in Sochi - URL: <https://www.ski.ru/az/blogs/post/v-sochi-nachnut-stroit-novyi-kurort-turev-khutor-zastroischik-uzhe-nanes-uscherb-nacparku-na-25-mlrd-rublei>.

7. Construction of a hotel complex -- URL: https://altayinvest.ru/investment-conditions/planiruemye-proekty.php?ELEMENT_ID=18629.

8. Shishov K.V., Klimova E.V. Systematization of significant categories of territory assessment according to the principle of "green" standards. The city and people: space and time // Collection of articles of the International Conference (Smolensk, Smolensk State University, April 28-30, 2023) / Comp. A.G. Makhrova. – М.: Geographical faculty of Moscow State University, 2023. - pp. 404-414.

*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
Студент факультета радиотехники
и электроники Д.С. Мацокин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 207-22-20
e-mail: info@vrtx-lab.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
Student of the Faculty of Radio Engineering
and Electronics D.S. Matsokin
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 207-22-20
e-mail: info@vrtx-lab.ru*

Е.А. Логунова, Д.В. Каргашилов, Д.С. Мацокин

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассматриваются особенности пожарной безопасности электрических грузовых автомобилей. Анализируются причины возгораний, связанные с использованием литий-ионных аккумуляторов, и предлагаются меры по повышению безопасности, включая внедрение автоматических систем пожаротушения и мониторинга состояния батарей. Также приводится сравнительный анализ условий труда водителей при эксплуатации дизельных и электрических самосвалов, а также расчёт снижения продолжительности жизни в зависимости от типа силовой установки.

Ключевые слова: электрические грузовые автомобили, пожарная безопасность, литий-ионные аккумуляторы, условия труда, системы пожаротушения, мониторинг.

E.A. Logunova, D.V. Kargashilov, D.S. Matsokin

FIRE SAFETY OF ELECTRIC TRUCKS

The article discusses the fire safety features of electric trucks. The causes of fires related to the use of lithium-ion batteries are analyzed, and measures to improve safety are proposed, including the introduction of automatic fire extinguishing systems and battery monitoring. It also provides a comparative analysis of the working conditions of drivers when operating diesel and electric dump trucks, as well as a calculation of the reduction in life expectancy depending on the type of power plant.

Keywords: electric trucks, fire safety, lithium-ion batteries, working conditions, fire extinguishing systems, monitoring.

С развитием электрического транспорта вопрос пожарной безопасности становится всё более актуальным. Электрические грузовые автомобили представляют собой сложные технические системы с использованием высокоэнергетических литий-ионных аккумуляторов. Несмотря на экологические преимущества, данные машины подвержены ряду новых техногенных рисков, среди которых особенно опасны пожары. Возгорания электромобилей харак-

теризуются высокой температурой очага, сложностью ликвидации, а также вероятностью повторного воспламенения даже после визуального тушения [1]. Это связано с конструктивными особенностями аккумуляторов и специфической динамикой теплового разгона, отличающейся от пожаров в топливных системах автомобилей с ДВС. На фоне активной электрификации, особенно в строительной отрасли, необходимо учитывать не только технические, но и эксплуатационные аспекты безопасности.

Причинами возгораний могут быть: перегрев и термический разгон аккумулятора, механические повреждения, дефекты сборки, а также контакт с влагой. Литий-ионные аккумуляторы могут достигать температуры свыше 500 °С, выделяя горючие газы, включая водород, и создавая риск быстрого распространения пламени в отсеке. Для минимизации рисков разработан ряд технологических решений: использование интегрированных систем терморегулирования, применение прогностических алгоритмов диагностики состояния батарей, модульная компоновка батарей, оснащение самосвалов автоматизированными средствами пожаротушения, ориентированными на подавление очагов внутри батарейного отсека [2].

Условия труда водителей самосвалов с дизельным и электрическим приводом значительно отличаются по уровню вредных факторов. Например, уровень шума в кабине дизельного автомобиля превышает 90 дБА, что превышает предельно допустимые значения и требует обязательного применения средств индивидуальной защиты. В то же время в электросамосвале уровень шума снижен до 60 дБА, что позволяет водителю комфортно работать без наушников и иных приспособлений, уменьшая психофизиологическую нагрузку.

Кроме того, дизельные автомобили выделяют большое количество вредных веществ: оксидов азота (NO_x), сажи, углеводородов и угарного газа, что при длительном воздействии увеличивает риск развития профессиональных заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Электросамосвалы, не имеющие выхлопной системы, полностью исключают данные факторы, улучшая санитарно-гигиенические параметры рабочей зоны.

Суммарное сокращение продолжительности жизни водителя дизельного самосвала составляет 2616 суток (7,16 лет), в то время как при эксплуатации электросамосвала — 1785 суток (4,9 лет) [3]. Эти данные демонстрируют значимое снижение риска профессиональных заболеваний и указывают на важность постепенного отказа от дизельной техники.

Также следует отметить, что вибрационная нагрузка в электрических самосвалах оказывается ниже, благодаря отсутствию силовых колебаний от двигателя внутреннего сгорания и применению электронных систем плавного разгона и торможения. Это способствует снижению утомляемости водителя и повышению точности управления машиной в стеснённых условиях строительной площадки.

Переход к электрическому транспорту создаёт новые вызовы для служб экстренного реагирования. В отличие от пожаров в традиционных грузовиках с ДВС, возгорание тягового аккумулятора сопровождается высокой температурой горения, выделением токсичных газов (включая HF , CO и водород), а также вероятностью повторного возгорания через часы и даже сутки после начального тушения. Тушение аккумуляторного пожара требует специальных подходов. Наиболее эффективным способом локализации является полное погружение автомобиля или батарейного блока в ёмкость с водой, обеспечивающей теплоотвод и подавление очага. Однако, как подчёркивается в [3], для тяжёлых строительных электросамосвалов с массой до 44 тонн реализация такого метода в полевых условиях неосуществима из-за отсутствия соответствующей инфраструктуры и необходимости перемещения повреждённой машины.

Сложность также заключается в недостатке стандартов и регламентов для действий аварийно-спасательных служб при пожарах на электрических грузовиках. Во многих регионах отсутствует обучение персонала, пожарные расчёты оснащены оборудованием, предназначенным исключительно для тушения углеводородного топлива, а не для сложных электромеханических систем с высоким напряжением (400 В и выше).

Дополнительную опасность представляет повреждение изоляции и разгерметизация модулей литий-ионной батареи, что затрудняет обезвреживание отдельных элементов. Разработка специализированных средств тушения, например, аэрозольных генераторов, ингибиторов горения, а также роботизированных манипуляторов для дистанционного вскрытия корпусов аккумуляторов – актуальная инженерная задача, которая пока остаётся без массовой реализации.

Из этого следует, что пожарная безопасность электрических грузовых автомобилей — это не локальный инженерный вопрос, а ключевой элемент общей системы устойчивой и безопасной эксплуатации техники в условиях современной стройплощадки и логистической инфраструктуры. При всех преимуществах электрификации транспорта — снижении выбросов, уменьшении уровня шума и вибрации, повышении энергоэффективности — остаются серьёзные риски, связанные с эксплуатацией высокоэнергетических аккумуляторных систем.

Пожары в электромобилях отличаются не только источником воспламенения, но и общей динамикой развития: они стремительно нарастают, могут распространяться внутри батарейного отсека даже при отсутствии доступа кислорода, а повторное возгорание возможно спустя значительное время после первичного тушения [1]. Это требует совершенно иного уровня подготовки обслуживающего и аварийного персонала, создания новых стандартов, а также развития соответствующей инфраструктуры.

Положительный вклад электромобилей в здоровье водителей и охрану окружающей среды подтверждается конкретными расчётами [3], однако для реализации всего потенциала электрического транспорта необходима проактивная работа по снижению пожароопасности — как на уровне конструкторской разработки, так и в нормативной базе. Только так можно обеспечить широкое и безопасное внедрение электрических грузовиков в транспортные и строительные процессы.

Библиографический список

1. Канонин, Ю. Н., Лыщик, А. В. Пожарная опасность электромобилей / Ю. Н. Канонин, А. В. Лыщик // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – № 1. – С. 38–51. – DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-38-51. – EDN ZJAQXG.
2. Логунова Е. А., Жидких Н. С., Каргашилов Д. В. Концепции систем обеспечения пожарной безопасности строительной техники с электроприводом на литий-ионных аккумуляторах // Сб. тр. междунар. науч. конф. ДПИТТ-2024. – 2024. – С. 151–155. – DOI: 10.58168/ДПИТТ2024_151-155. – EDN GJSVLS.
3. Жулай В. А., Головина Е. И., Жидких Н. С., Логунова Е. А. Оценка влияния негативных факторов на водителя строительного автомобиля-самосвала с электрической силовой установкой // Сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Омск: СибАДИ, 2023. – С. 385–389. – EDN GJSVLS.

References

1. Kanonin, Yu. N., Lyschik, A.V. Fire danger of electric vehicles / Yu. N. Kanonin, A.V. Lyschik // Bulletin of scientific research results. – 2023. – No. 1. – pp. 38-51. – DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-38-51. – EDN ZJAQXG.
2. Logunova E. A., Zhidkikh N. S., Kargashilov D. V. Concepts of fire safety systems for construction equipment powered by lithium-ion batteries // Collection of proceedings of the International Scientific Conference DPIITT-2024. - 2024. – pp. 151-155. – DOI: 10.58168/DPIITT2024_151-155. – EDN GJSVLS.
3. Zhulai V. A., Golovina E. I., Zhidkikh N. S., Logunova E. A. Assessment of the influence of negative factors on the driver of a construction dump truck with an electric power plant // Collection of materials of the VIII International Scientific and Practical Conference – Omsk: SibADI, 2023. – pp. 385-389. – EDN GJSVLS.

УДК 621.87

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Е.А. Тарасов
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Н.М. Волков
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко
Магистрант мМОСК-231
Д.Н. Румянцев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov E.A. Tarasov
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov N.M. Volkov
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov A.N. Shchienko
mMOSC-231 Master's student
D.N. Rummyantsev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 207-22-20 доб.
5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, А.Н. Щиенко, Д.Н. Румянцев

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ДТП: ПРАКТИКА И РЕКОМЕНДАЦИИ

Статья посвящена особенностям проведения автотехнической экспертизы при расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Рассматриваются ключевые моменты и сложности, возникающие при оценке технической стороны происшествия, а также необходимость учета юридических аспектов при проведении экспертизы. Приводятся реальные примеры из практики, демонстрирующие значимость точного определения причин аварий и ответственности участников. Особое внимание уделено вопросам диагностики технического состояния транспортных средств, анализа дорожной обстановки и использования современных методик и технологий в экспертной практике. Статья также предлагает практические рекомендации по повышению эффективности автотехнической экспертизы и снижению числа аварийных ситуаций на дорогах.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, ДТП, криминалистика, автомобиль.

Е.А. Tarasov, N.M. Volkov, A.N. Shchienko, D.N. Rummyantsev

FEATURES OF CONDUCTING AN AUTOMOTIVE TECHNICAL EXAMINATION IN THE INVESTIGATION OF AN ACCIDENT: PRACTICE AND RECOMMENDATIONS

The article is devoted to the specifics of conducting an automotive technical examination in the investigation of road accidents. The key points and difficulties that arise in assessing the technical side of the incident, as well as the need to take

into account legal aspects during the examination, are considered. Real-life examples from practice are given, demonstrating the importance of accurately determining the causes of accidents and the responsibility of participants. Special attention is paid to the issues of diagnostics of the technical condition of vehicles, analysis of the road situation and the use of modern techniques and technologies in expert practice. The article also offers practical recommendations for improving the effectiveness of automotive technical expertise and reducing the number of accidents on the roads.

Keywords: automotive technical expertise, road accidents, criminalistics, car.

Автотехническая экспертиза играет ключевую роль в расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП), поскольку позволяет установить причины и обстоятельства происшествия, а также определить степень вины участников. Одним из важных аспектов является учет как технических характеристик транспортных средств, так и юридических норм, регулирующих дорожное движение.

Характеристики судебной автотехнической экспертизы

Определение понятий

Прежде чем приступить к рассмотрению конкретных примеров, важно определить ключевые понятия, используемые в экспертизе ДТП:

Водитель – лицо, управляющее транспортным средством.

Пассажир – лицо, находящееся в транспортном средстве, кроме водителя.

Пешеход – лицо, находящееся вне транспортного средства на дороге.

Регулировщик – лицо, имеющее право регулировать движение с использованием специальных сигналов.

Технические аспекты

При проведении автотехнической экспертизы необходимо учитывать технические характеристики транспортных средств. Например, рассмотрим случай с автомобилем КамАЗ 5420, который оснащен восьмицилиндровым дизельным двигателем мощностью 209 л.с. Для запуска такого двигателя используется стартер СТ142Б2, который работает от 24-вольтовой аккумуляторной батареи с пусковым током до 800 А.

Практические примеры

Пример 1: Запуск двигателя КамАЗ 5420

В одном из случаев водитель КамАЗ 5420 попытался запустить двигатель, используя внешний замок контактов стартера. Однако, несмотря на успешный запуск, автомобиль начал движение, так как была включена третья передача. Это привело к трагическим последствиям, когда водитель оказался под колесами своего собственного автомобиля.

Пример 2: Несоответствие действий правилам ПДД

В другом случае водитель оставил автомобиль на стоянке, не убедившись в том, что он надежно зафиксирован. Автомобиль покатился и столкнулся с другим транспортным средством. Экспертиза показала, что водитель нарушил пункты 1.3 и 1.5 ПДД, которые требуют принятия мер предосторожности при оставлении автомобиля.

Методы и подходы

Ситуационное моделирование

Одним из эффективных методов является ситуационное моделирование, позволяющее воспроизвести события ДТП и выявить возможные ошибки водителей. Этот метод включает в себя анализ дорожных условий, скорости движения, видимости и других факторов.

Информационно-компьютерное обеспечение

Современные технологии позволяют использовать компьютерные программы для анализа данных с камер видеонаблюдения, GPS-трекеров и других источников. Это значительно повышает точность и объективность экспертизы.

Практические рекомендации

Обучение водителей: Важно проводить регулярные курсы повышения квалификации для водителей, особенно тех, кто управляет крупногабаритными транспортными средствами.

Использование современных технологий: Внедрение систем мониторинга и контроля движения может существенно снизить риск возникновения ДТП.

Соблюдение ПДД: Каждый участник дорожного движения должен строго следовать установленным правилам, чтобы избежать опасных ситуаций.

Пример 3: Оценка Тормозного Пути Легкового Автомобиля

Еще одним распространённым случаем является определение тормозного пути легкового автомобиля в различных дорожных условиях. Рассмотрим ситуацию, когда автомобиль двигался по мокрой дороге со скоростью 60 км/ч и резко затормозил перед препятствием. Эксперты провели расчеты и моделирование на основании технических характеристик автомобиля, погодных условий и состояния дороги. Результаты показали, что тормозной путь составил около 45 метров, что превышает допустимые нормативы для данной скорости и условий.

Пример 4: Анализ Скоростных Режимов на Пересечениях Дорог

В другом исследовании эксперты проанализировали скоростные режимы на перекрестках города N, выявляя нарушения ПДД участниками дорожного движения. Используя данные с видеокамер наблюдения и GPS-трекеров, специалисты установили, что значительная часть водителей превышала разрешенную скорость на 10-20%. Именно такие превышения становятся причиной большинства столкновений на перекрестках, приводящих к серьезным травмам и материальному ущербу.

Пример 5: Диагностика Состояния Подушек Безопасности

При расследовании последствий лобового столкновения автомобилей эксперты проводили диагностику состояния подушек безопасности. Было установлено, что подушки сработали неправильно из-за нарушений в электронике системы безопасности. Это стало причиной серьезных травм пассажиров, которые могли бы быть предотвращены при правильной работе устройств.

Практические Рекомендации

Улучшение Освещенности и Видимости:

Установка дополнительного освещения на сложных участках дорог может значительно снизить вероятность аварий, особенно в ночное время суток.

Обучение Персонала:

Проведение регулярных тренингов и симуляций аварийных ситуаций для сотрудников служб экстренного реагирования и экспертов по автотехнической экспертизе поможет лучше подготовиться к подобным ситуациям.

Использование Прогрессивных Технологий:

Интеграция интеллектуальных систем управления движением, таких как адаптивные фары, системы автоматического торможения и круиз-контроль, снизит число ошибок, связанных с человеческим фактором.

Повышение Контроля за Состоянием Транспортных Средств:

Периодический технический осмотр транспортных средств и диагностика систем безопасности позволят своевременно выявлять неисправности и избегать возможных аварий.

Представленные примеры и рекомендации подчеркивают важность комплексной оценки дорожной обстановки и технического состояния транспортных средств при проведении автотехнических экспертиз. Современные методы и технологии, включая ситуационное моделирование и информационно-компьютерное обеспечение, делают процесс расследования ДТП более эффективным и точным. Соблюдение всех указанных рекомендаций поможет сократить количество аварий и повысить уровень безопасности на дорогах.

Библиографический список

1. Байэтт Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Р. Байэтт, Р. Уотс. М.: Транспорт, 1978. 288 с.
2. Тарасов Е.А. Особенности и тактика назначения судебной автотехнической экспертизы с учетом необходимости ситуационного моделирования обстоятельств возникновения ДТП / Е.А. Тарасов // Транспортное право. 2020. № 2. С. 25–28.
3. Россинская Е.Р. Концепция частной криминалистической теории «информационно-компьютерное обеспечение криминалистической деятельности» / Е.Р. Россинская // Деятельность правоохранительных органов в современных условиях : сборник материалов XXIII Международной науч.-практ. конференции в 2 т. Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД РФ, 2018. С. 113—118.
4. Тарасов Е.А. О комплексной судебной автотехнической экспертизе /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 234-237.
5. Тарасов Е.А. Об особенностях работы эксперта-автотехника /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 220-223.

References

1. Byatt R. Investigation of road accidents / R. Byatt, R. Watts. Moscow: Transport, 1978. 288 p.
2. Tarasov E.A. Features and tactics of assigning judicial automotive expertise, taking into account the need for situational modeling of the circumstances of an accident / E.A. Tarasov // Transport law. 2020. No. 2. pp. 25-28.
3. Rossinskaya E.R. The concept of private criminalistic theory "information and computer support of criminalistic activity" / E.R. Rossinskaya // The activity of law enforcement agencies in modern conditions : a collection of materials of the XXIII International Scientific and Practical Conference in 2 volumes. Irkutsk: East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2018. pp. 113-118.
4. Tarasov E.A. On complex forensic automotive technical expertise / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 12. pp. 234-237.
5. Tarasov E.A. About the specifics of the work of an automotive expert / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 12. pp. 220-223.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Д.Н. Дегтев*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко*

Студентка гр. бПВ-211 А.Р. Макаровская

Студентка гр. бПВ-211 С.С. Подмарькова

Магистрант гр. мМОСК-231

А.О. Кирданов

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Voronezh State

Technical University

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov E.A. Tarasov*

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov D.N. Degtev*

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov A.N. Shchlenko*

Student gr. bP B-211 A.R. Makarovskaya

Student gr. btp-211 S.S. Podmarkova

Master's student gr. mMOSK-231 A.O.

Kirdanov

*Russia, Voronezh, tel. +7(473) 207-22-20 доб.
5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Е.А. Тарасов, Д.Н. Дегтев, А.Н. Щиенко,
А.Р. Макаровская, С.С. Подмарькова, А.О. Кирданов

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕХАНИЗМА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ И ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ

Статья посвящена изучению взаимосвязи между механизмом дорожно-транспортного происшествия (ДТП) и обстановкой на дороге. Рассматривается значимость времени и места проведения следственных действий, роль свидетельских показаний и участия самих участников ДТП в формировании доказательной базы. Особое внимание уделяется важности проведения авто-технических экспертиз, которые позволяют точно установить физические и технические условия происшествия. Подробно обсуждаются сложности взаимоотношений между участниками дорожного движения, а также рассматривается значение коэффициента сцепления шин с дорогой и условий видимости как ключевых факторов, влияющих на безопасность движения. Исследуются конкретные примеры, иллюстрирующие влияние указанных факторов на возникновение и развитие аварийных ситуаций. Приводятся рекомендации по совершенствованию методов расследования ДТП, включающие комплексное использование различных инструментов и подходов. Статья акцентирует внимание на необходимости междисциплинарного подхода в расследовании и профилактике ДТП, что способствует повышению эффективности расследования и снижению уровня аварийности.

Ключевые слова: механизм ДТП, дорожная обстановка, автомобиль.

E.A. Tarasov, D.N. Degtev, A.N. Shchienko,
A.R. Makarovskaya, S.S. Podmarkova, A.O. Kirdanov

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MECHANISM OF A TRAFFIC ACCIDENT AND THE TRAFFIC SITUATION

The article is devoted to the study of the relationship between the mechanism of a traffic accident and the situation on the road. The importance of the time and place of investigative actions, the role of witness testimony and the participation of the participants of the accident in the formation of the evidence base is considered. Special attention is paid to the importance of conducting automotive technical examinations, which make it possible to accurately determine the physical and technical conditions of the accident. The complexities of the relationship between road users are discussed in detail, as well as the importance of the coefficient of tire adhesion to the road and visibility conditions as key factors affecting traffic safety. Specific examples illustrating the influence of these factors on the occurrence and development of emergency situations are investigated. Recommendations are given for improving the methods of accident investigation, including the integrated use of various tools and approaches. The article focuses on the need for an interdisciplinary approach to the investigation and prevention of road accidents, which helps to increase the effectiveness of investigation and reduce the accident rate.

Keywords: automotive technical expertise, road accidents, car.

Введение

Современные тенденции автомобильного производства в России характеризуются значительным ростом количества транспортных средств. Этот процесс имеет как позитивные, так и негативные аспекты. Увеличение числа автомобилей требует более внимательного подхода к вопросам безопасности дорожного движения, поскольку возрастает риск дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Одним из ключевых аспектов предотвращения и расследования ДТП является понимание механизмов взаимодействия участников дорожного движения и окружающей их обстановки. Правильное установление обстоятельств происшествия позволяет не только выявить виновных, но и предотвратить подобные инциденты в будущем.

Основные положения

1. Значимость времени и места действий следствия

Время и место совершения следственных действий играют ключевую роль в установлении истины относительно обстоятельств ДТП. Согласно исследованию, проведенному авторами статьи, только в 28% случаев возможно точно установить скорость транспортного средства на основе автомобильной экспертизы. В 66,7% случаев экспертиза позволяет определить функциональную возможность транспортного средства избежать аварии. Таким образом, своевременное и точное проведение экспертиз и следственных мероприятий критически важно для успешного расследования.

2. Важность опроса свидетелей и участников ДТП

Опрос свидетелей и непосредственных участников ДТП является неотъемлемой частью доказательной базы. Несмотря на возможные искажения информации, вызванные субъектив-

ными факторами, свидетельские показания часто содержат ценные сведения, помогающие восстановить картину происшествия. Важно отметить, что в 27% случаев водители, участвовавшие в ДТП, пытались склонить потерпевших к даче ложных показаний, что подчеркивает необходимость дополнительного контроля и проверки полученных данных.

3. Использование очных ставок и экспериментов

Очные ставки позволяют устранить противоречия в показаниях участников ДТП и являются эффективным инструментом выявления несоответствий. Тем не менее, их применение ограничено и составляет всего около 9% от общего числа расследований. Авторы подчеркивают необходимость дальнейшего развития методики проведения таких мероприятий.

4. Сложности взаимоотношений участников дорожного движения

Отношения между участниками дорожного движения, такими как пешеходы и водители, часто сопровождаются недопониманием, что является одним из факторов, способствующих возникновению аварий. Решение этой проблемы требует проведения дополнительных автотехнических экспертиз, направленных на выяснение реальных условий и возможностей сторон.

5. Коэффициент сцепления и его значение

Коэффициент сцепления представляет собой важный показатель, характеризующий взаимодействие шин транспортного средства с поверхностью дороги. Установлено, что в большинстве случаев коэффициент сцепления не измеряется на месте происшествия, что существенно затрудняет расследование. Авторы рекомендуют проводить эксперименты на месте ДТП для точного определения этого показателя.

Практические рекомендации

Усиление подготовки специалистов: Рекомендуется введение в состав отделов ГИБДД специалистов по организации дорожного движения, которые могли бы активно участвовать в расследовании ДТП.

Экспериментальное подтверждение данных: Необходимо проводить эксперименты на месте происшествия для подтверждения показаний свидетелей и установления фактических условий, способствовавших возникновению ДТП.

Комплексный подход к расследованию: Следует применять комплексный подход, объединяющий технические экспертизы, опросы свидетелей и аналитический разбор ситуации, что позволит повысить точность и объективность расследования.

Современное общество сталкивается с проблемой увеличения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), особенно в крупных городах и регионах с интенсивным движением транспорта. Одним из важнейших аспектов эффективного расследования и предотвращения таких происшествий является глубокое понимание взаимосвязи между механизмом ДТП и условиями дорожной обстановки.

1. Время и место следственных действий

Анализируя статистику, можно заметить, что время и место проведения следственных мероприятий имеют решающее значение для точности установления обстоятельств ДТП. Например, в ряде случаев, таких как столкновение автомобилей на перекрестках, правильное определение момента, когда произошло событие, может существенно повлиять на выводы о виновности участников. Исследования показывают, что только в 28% случаев автомобильные экспертизы позволяют точно установить скорость транспортных средств, а в 66,7% случаев удается определить, имелась ли у водителя возможность избежать аварии. Следовательно, оперативность и профессионализм следователей в определении места и времени происшествия крайне важны.

2. Роль свидетелей и участников ДТП

Свидетели и участники ДТП нередко предоставляют ценную информацию, однако их показания могут быть подвержены субъективным искажениям. Примером этому служит случай, когда водитель утверждает, что светофор показывал разрешающий сигнал, тогда как другой участник настаивает на обратном. В таких ситуациях исключительно важен качественный сбор и проверка показаний, что может включать проведение очных ставок и следственных экспериментов.

3. Значимость автотехнических экспертиз

Автотехнические экспертизы играют центральную роль в расследовании ДТП, позволяя установить физические и технические обстоятельства происшествия. Например, экспертиза может показать, насколько адекватно действовал водитель в конкретной ситуации, учитывая состояние дороги, погодные условия и техническое состояние транспортного средства. Такие экспертизы особенно полезны в случаях, когда речь идет о сложных дорожных условиях, таких как скользкость покрытия или недостаточная видимость.

4. Взаимодействие участников дорожного движения

Дорожная обстановка часто складывается из множества взаимодействующих факторов, включая поведение пешеходов, водителей и даже велосипедистов. Недостаточное взаимопонимание между этими группами участников движения является частой причиной аварий. Например, ситуация, когда пешеход переходит дорогу в неположенном месте, может привести к столкновению с транспортным средством, движущимся на разрешенной скорости.

5. Коэффициент сцепления и его значение

Коэффициент сцепления шин с дорогой является важнейшим показателем, влияющим на управляемость и устойчивость транспортного средства. Низкий коэффициент сцепления, вызванный мокрым или заснеженным покрытием, может стать причиной потери контроля над автомобилем. В исследовании упоминается случай, когда водитель, потерявший управление на заснеженной дороге, выехал на встречную полосу и столкнулся с другим автомобилем, что привело к трагическим последствиям.

6. Анализ условий видимости

Видимость на дороге играет значительную роль в предотвращении аварий. Ночью, в условиях ограниченной видимости, процент аварий заметно возрастает. Освещение улиц и дорог, равно как и исправность фар автомобилей, становится критически важным фактором безопасности. Например, водитель, не заметивший пешехода из-за плохого освещения улицы, может совершить наезд, несмотря на соблюдение всех правил дорожного движения.

7. Применение комплексных подходов

Эффективное расследование ДТП требует комплексного подхода, объединяющего различные методы и инструменты. Это включает:

Опросы свидетелей и участников – для сбора первичной информации.

Автотехнические экспертизы – для установления физических условий происшествия.

Следственные эксперименты – для проверки гипотез и моделирования событий.

Использование видеорегистраторов и камер наблюдения – для визуализации произошедшего.

Рассматриваемая проблема требует междисциплинарного подхода, включающего знания из области криминалистики, психологии, физики и транспортной инженерии. Комплексный анализ механизма ДТП и дорожной обстановки позволяет не только устанавливать виновных, но и разрабатывать эффективные меры профилактики, направленные на снижение уровня аварийности и повышение безопасности дорожного движения.

Таким образом, расширение понимания и применение инновационных методов расследования станут залогом успешной борьбы с дорожными происшествиями и защиты жизни и здоровья участников дорожного движения.

Библиографический список

1. Старостин С.А. Проблемы правового регулирования в сфере предупреждения преступности // Российский следователь. - 2004. - № 8. - С. 33.
2. Далинин А.В. Криминологический анализ и предупреждение дорожно-транспортных преступлений (по материалам Центрального федерального округа): Дис. ... канд. юрид. наук. СПб. 2006. - С. 78-79.
3. Федеральный закон "О безопасности дорожного движения" от 10 декабря 1995 г. № 169 с изм. и доп. // СЗ РФ. 1995. № 50. Ст. 4873; 1999. № 10. Ст. 1158; 2002. № 18. Ст. 1721; 2003. № 2. Ст. 167; 2004. № 35. Ст. 3607.
4. Устинов В.С. Концепция закона о профилактике преступлений // Реагирование на преступность: концепции, закон, практика. - М.: Российская криминологическая ассоциация, 2002. - С. 84.
5. Тарасов Е.А. Роль комплексной экспертизы при расследовании дорожно-транспортных преступлений / Е.А. Тарасов, Д.Н. Дегтев, Е.В. Тарасова // Вестник Академии Права и управления. - 2022. - № 3 (68). - С. 48-51.
6. Чих Н.В. Механизм дорожно-транспортного преступления и его установление на предварительном следствии : диссертация ... кандидата юридических наук : 12.00.09. - Нижний Новгород, 1999. - 202 с.
7. Тарасов Е.А. О комплексной судебной автотехнической экспертизе /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 234-237.
8. Тарасов Е.А. Об автотехнической экспертизе обстоятельств ДТП /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 2. С. 519-523.

References

1. Starostin S.A. Problems of legal regulation in the field of crime prevention // A Russian investigator. - 2004. - No. 8. - p. 33.
2. Dalinin A.V. Criminological analysis and prevention of traffic crimes (based on the materials of the Central Federal District): Dis. ... kand. jurid. Nauk. SPb. 2006. pp. 78-79.
3. Federal Law "On Road Safety" dated December 10, 1995, No. 169, as amended and supplemented // Federal Law of the Russian Federation. 1995. No. 50. Art. 4873; 1999. No. 10. Art. 1158; 2002. No. 18. Art. 1721; 2003. No. 2. Art. 167; 2004. No. 35. Art. 3607.
4. Ustinov B.C. The concept of the law on crime prevention // Responding to crime: concepts, law, practice. Moscow: Russian Criminological Association, 2002. p. 84.
5. Tarasov E.A. The role of comprehensive expertise in the investigation of traffic crimes / E.A. Tarasov, D.N. Degtev, E.V. Tarasov // Bulletin of the Academy of Law and Management. - 2022. - № 3 (68). - Pp. 48-51.
6. Chikh N.V. The mechanism of a traffic crime and its establishment during the preliminary investigation : dissertation... Candidate of Law Sciences : 12.00.09. Nizhny Novgorod, 1999. 202 p.
7. Tarasov E.A. On complex forensic automotive technical expertise / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 12. pp. 234-237.
8. Tarasov E.A. On the automotive technical examination of the circumstances of an accident / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 2. pp. 519-523.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Е.А. Тарасов
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
С.А. Никитин
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко
Студент гр. ПТС-211 Н.С. Анохин
Студентка гр. ПТС-211 П.Ю. Бизяева
Студент гр. ПТС-211 С.С. Москалев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov E.A. Tarasov
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov S.A. Nikitin
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov A.N. Shchienko
Student gr. PS-211 N.S. Anokhin
Student gr. PTS-211 P.Y. Bizyaeva
Student gr. PTS-211 S.S. Moskalev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 207-22-20 доб.
5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Е.А. Тарасов, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко,
Н.С. Анохин, П.Ю. Бизяева, С.С. Москалев

АВТОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА КАК ИНСТРУМЕНТ БОРЬБЫ С МОШЕННИЧЕСТВОМ В АВТОСТРАХОВАНИИ

В статье рассматриваются актуальные проблемы страхового мошенничества в сфере обязательного страхования автогражданской ответственности (ОСАГО). Анализируются методы и схемы, используемые злоумышленниками для неправомерного получения страховых выплат. Особое внимание уделяется роли автотехнической экспертизы в выявлении и предотвращении мошеннических действий. Предлагаются рекомендации по повышению эффективности экспертиз и улучшению экономических показателей страховых компаний.

Ключевые слова: ДТП, автотехническая экспертиза, ОСАГО, страховое мошенничество.

Е.А. Tarasov, S.A. Nikitin, A.N. Shchienko,
N.S. Anokhin, P.Y. Bizyaeva, S.S. Moskalev

AUTOMOTIVE TECHNICAL EXPERTISE AS A TOOL TO COMBAT FRAUD IN AUTO INSURANCE

The article discusses the current problems of insurance fraud in the field of compulsory motor liability insurance (CTP). The methods and schemes used by malefactors to unlawfully receive insurance payments are analyzed. Special attention is paid to the role of automotive technical expertise in detecting and preventing fraudulent activities. Recommendations are offered on improving the effectiveness of examinations and improving the economic performance of insurance companies.

Keywords: Road accidents, auto technical examination, compulsory motor third party liability insurance, insurance fraud.

Введение

В последние годы наблюдается рост числа случаев мошенничества в области российского автострахования. Одним из ключевых факторов, способствующих этому росту, стал Федеральный закон № 40-ФЗ от 25 апреля 2002 года, который обязывает владельцев транспортных средств заключать договоры обязательного страхования гражданской ответственности. Это привело к увеличению возможностей для мошенников, использующих различные схемы для обхода закона и получения необоснованных компенсаций.

Проблематика и Актуальность

Страховые мошенничества наносят значительный ущерб компаниям и приводят к снижению доверия населения к страховым продуктам. Потребители сталкиваются с повышением страховых тарифов, увеличением сроков рассмотрения заявлений и сложностью в приобретении полиса ОСАГО без дополнительных условий. Для борьбы с этими проблемами необходима эффективная система предотвращения и выявления мошенничества.

Методы и способы мошенничества

Мошеннические схемы в автостраховании включают:

Преднамеренное повреждение неповрежденных частей автомобиля путем замены исправных элементов на неисправные.

Подмена автомобиля с незначительными повреждениями на транспортное средство с серьезными повреждениями.

Создание серии фиктивных аварий, при которых одни и те же повреждения повторяются неоднократно.

Сговор владельцев автомобилей с целью инсценировки аварий.

Эти схемы часто сопровождаются фальсификацией доказательств, включая подделку фотографий и изменение состояния автомобиля после аварии.

Роль автотехнической экспертизы

Автотехническая экспертиза играет ключевую роль в борьбе с мошенничеством. Она включает комплекс мероприятий, направленных на установление истинных обстоятельств происшествия:

Изучение места происшествия и повреждений автомобилей.

Сравнительный анализ следов столкновения.

Выяснение причин и характера повреждений.

Подтверждение или опровержение связи между автомобилем и обстоятельствами аварии.

Эффективность экспертизы зависит от квалификации эксперта и точности проведенных исследований. Использование современных методов анализа следов и повреждений позволяет выявить несоответствия и опровергнуть недостоверные заявления.

Практические примеры и эффективность экспертизы

Практика показывает, что грамотно проведенная автотехническая экспертиза способна существенно сократить число мошеннических обращений. Например, применение методики анализа следов взаимодействия позволило успешно разоблачить многочисленные попытки представления заведомо недостоверных сведений о ДТП.

Одним из ярких примеров является случай, когда специалисты выявили несоответствие заявленных повреждений реального автомобиля и предоставленных материалов. Благодаря тщательному исследованию следов и состоянию автомобиля, было доказано, что заявленный сценарий ДТП не мог иметь места в действительности.

Этапы проведения экспертизы

Процесс автотехнического исследования включает следующие ключевые этапы:

Исследование места происшествия: Осмотр дорожного участка, анализ погодных условий и особенностей местности.

Изучение повреждений автомобиля: Детальное обследование автомобиля, фиксация повреждений и сравнение их с заявленными обстоятельствами происшествия.

Транспортно-трасологическое исследование: Комплексный анализ следов столкновения, позволяющий установить фактическую картину события.

Оценка технической целостности автомобиля: Проверка соответствия технического состояния автомобиля моменту ДТП.

Примеры применения автотехнической экспертизы

Примером успешного применения автотехнической экспертизы является случай, когда водитель заявил о крупной аварии с дорогостоящим автомобилем. Внешне повреждения выглядели серьезными, однако детальная экспертиза показала несоответствие заявленной картины происшествия и фактического состояния автомобиля. Эксперты установили, что повреждения были нанесены искусственно, и дело было закрыто.

Другой показательный пример касается ситуации, когда автомобиль, участвовавший в серии мелких аварий, многократно обращался за выплатами. Тщательное расследование показало, что большинство заявленных повреждений не могли возникнуть в результате указанных ДТП, и претензии водителя были признаны недействительными.

Причины роста мошенничества

Рост страхового мошенничества обусловлен несколькими факторами:

Увеличение объема страховых выплат: Более высокая сумма страховых возмещений привлекает злоумышленников.

Недостаточная квалификация сотрудников страховых компаний: Часто сотрудники недостаточно компетентны для своевременного выявления признаков мошенничества.

Отсутствие эффективной системы контроля: Отсутствие четкой регламентации процессов проверки и оценки убытков создает лазейки для злоупотреблений.

Примеры практической деятельности

Примером успешной работы автотехнического эксперта является случай, рассмотренный специалистами Воронежской государственной технической академии. Водитель заявил о крупном ДТП с участием дорогой иномарки, утверждая, что произошло лобовое столкновение с другим транспортным средством. Однако при осмотре выяснилось, что характер повреждений не соответствует заявленному сценарию. Используя методы транспортно-трасологического анализа, эксперты пришли к выводу, что заявленные повреждения возникли иным способом, а само событие было организовано специально.

Другой интересный случай произошел в Москве, где водитель обратился за выплатой по ОСАГО после столкновения с деревом. На первый взгляд, повреждения казались серьезными, однако подробный анализ показал, что дерево было срублено и размещено рядом с автомобилем задним числом. В результате экспертизы стало ясно, что повреждения автомобиля не могли возникнуть в ходе указанного ДТП.

Совершенствование процедур экспертизы

Для повышения эффективности автотехнической экспертизы необходимо внедрять современные технологии и методики:

Использование компьютерного моделирования: Применение компьютерных симуляций для точного воспроизведения ситуаций ДТП.

Тренинги и повышение квалификации экспертов: Регулярные курсы повышения квалификации и обмен опытом среди профессионалов.

Интеграция данных из различных источников: Объединение информации из камер видеонаблюдения, GPS-навигации и других цифровых ресурсов.

Заключение

Автотехническая экспертиза остается важнейшим инструментом в борьбе с мошенничеством в автостраховании. Повышение уровня профессионализма экспертов, внедрение инновационных технологий и тесное сотрудничество между экспертами и страховыми компаниями позволяют существенно снизить риски мошенничества, обеспечивая справедливость и надежность страховых продуктов.

Библиографический список

1. Жилкина М.С. Страховое мошенничество: Правовая оценка, практика выявления и методы пресечения. М., 2005.
2. Тюнин В.И. Преступления в сфере экономической деятельности: учебно-практическое пособие. М, 2019.
3. Россинская Е.Р., Галяшина Е.И., Зинин А.М. Теория судебной экспертизы (судебная экспертология): учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Норма, 2017. 368 с.
4. Майлис Н.П. Судебная трасология: учебник для студентов юридических вузов. М.: Экзамен, 2003. 272 с.
5. Орлов Ю.К. Судебная экспертиза как средство доказывания в уголовном судопроизводстве. М.: РФЦСЭ, 2005. 261 с.
6. Тарасов Е.А. О комплексной судебной автотехнической экспертизе /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 234-237.
7. Тарасов Е.А. Об автотехнической экспертизе обстоятельств ДТП /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 2. С. 519-523.

References

1. Zhilkina M.S. Insurance fraud: Legal assessment, practice of detection and methods of restraint. Moscow, 2005.
2. Tyunin V.I. Crimes in the sphere of economic activity: an educational and practical guide. Moscow, 2019.
3. Rossinskaya E.R., Galyashina E.I., Zinin A.M. Theory of forensic examination (forensic expertise): textbook. 2nd ed., revised and additional M.: Norma, 2017. 368 p.
4. Mailis N.P. Judicial tracology: a textbook for law students. Moscow: Exam, 2003. 272 p.
5. Orlov Yu.K. Judicial examination as a means of proof in criminal proceedings. Moscow: RFTSSE, 2005. 261 p.
6. Tarasov E.A. On complex forensic automotive technical expertise / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 12. pp. 234-237.
7. Tarasov E.A. On the automotive technical examination of the circumstances of an accident / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 2. pp. 519-523.

УДК 621.87

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Е.А. Тарасов
Преподаватель строительного-политех-
нического колледжа Е.В. Тарасова
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко
Студент гр. ПТС-211 Е.И. Губин
Студент гр. ПТС-211 А.А. Перфильев
Магистрант гр. мМОСК-231
А.А. Чеверев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov E.A. Tarasov
Teacher of the Construction and Polytechnic
College E.V. Tarasova
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov A.N. Shchienko
Student gr. PS-211 E.I. Gubin
Student gr. PTS-211 A.A. Perfiliev
Master's student gr. mMOSK-231
A.A. Cheverev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 207-22-20 доб.
5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Е.А. Тарасов, Е.В. Тарасова, А.Н. Щиенко,
Е.И. Губин, А.А. Перфильев, А.А. Чеверев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА: БУДУЩЕЕ МОБИЛЬНОСТИ И ВЫЗОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Современные интеллектуальные транспортные средства (ИТС) становятся неотъемлемой частью нашей жизни, предлагая революционные изменения в сфере транспорта и мобильности. Однако интеграция этих новых технологий в существующую транспортную инфраструктуру создает ряд серьезных вызовов, касающихся безопасности дорожного движения. В данной статье проводится глубокий анализ характерных особенностей и причинно-следственных факторов дорожно-транспортных происшествий (ДТП), связанных с участием ИТС. Рассматриваются ключевые аспекты, влияющие на возникновение таких происшествий, включая технические ограничения, человеческий фактор, информационную безопасность и влияние окружающей среды. Представлены детальные примеры реальных инцидентов, демонстрирующие сложность и разнообразие возникающих проблем. На основании проведенного анализа формулируются конкретные рекомендации по улучшению методов расследования ДТП, совершенствованию законодательной базы и повышению общей безопасности на дорогах.

Ключевые слова: интеллектуальное транспортное средство, расследование дорожно-транспортных происшествий, автоматизированное вождение, определение ответственности.

E.A. Tarasov, E.V. Tarasova, A.N. Shchienko,
E.I. Gubin, A.A. Perfiliev, A.A. Cheverev

INTELLIGENT VEHICLES: THE FUTURE OF MOBILITY AND SECURITY CHALLENGES

Modern intelligent vehicles (ITS) are becoming an integral part of our lives, offering revolutionary changes in the field of transport and mobility. However, the integration of these new technologies into the existing transport infrastructure poses a number of serious challenges related to road safety. This article provides an in-depth analysis of the characteristics and cause-and-effect factors of road accidents involving ITS. The key aspects influencing the occurrence of such incidents are considered, including technical limitations, the human factor, information security and environmental influences. Detailed examples of real-world incidents are presented, demonstrating the complexity and variety of emerging issues. Based on the analysis, specific recommendations are formulated to improve the methods of accident investigation, improve the legislative framework and improve overall road safety.

Keywords: intelligent vehicle, traffic accident investigation, automated driving, liability determination.

Современные тенденции в автомобильной индустрии характеризуются стремительным развитием интеллектуальных транспортных средств (ИТС), оснащённых системами автономного вождения и искусственного интеллекта. Эти технологии значительно повышают эффективность использования дорог и безопасность дорожного движения, однако одновременно создают новые проблемы и сложности. Одним из ключевых аспектов является необходимость глубокого понимания особенностей и причинно-следственных факторов дорожно-транспортных происшествий (ДТП), связанных с использованием ИТС.

Особенности и причины ДТП с учетом ИТС

Механические факторы

Инженерные решения, лежащие в основе ИТС, включают сложную комбинацию аппаратных и программных компонентов, таких как радары, камеры, оборудование V2X и модули глубокого обучения. Эти компоненты подвержены техническим ограничениям и возможностям сбоев, что может приводить к авариям. Примером может служить инцидент с автомобилем Tesla, который не распознал белый трейлер на фоне яркого неба, что привело к столкновению.

Человеческие факторы

Переход от традиционного управления транспортными средствами к полному автономному режиму требует участия человека в критически важных ситуациях. Недостаточное внимание водителя или неправильное понимание статуса системы может стать причиной аварии. К примеру, длительное отвлечение внимания водителя Tesla стало одной из причин ДТП во Флориде.

Окружающие факторы

Окружающая среда оказывает значительное влияние на работу ИТС. Неблагоприятные погодные условия, такие как сильный снегопад или гололёд, затрудняют идентификацию дорожной разметки и знаков, что снижает способность ИТС адекватно реагировать на дорожные ситуации.

Практические Рекомендации

Для минимизации рисков ДТП с участием ИТС рекомендуется следующее:

Улучшение Сенсорных Компонентов: Использование передовых технологий сенсоров и камер, способных эффективно функционировать в сложных условиях.

Повышение Надёжности Программного Обеспечения: Регулярное обновление программного обеспечения и тестирование на устойчивость к внешним воздействиям.

Обучение Водителей: Проведение тренингов и образовательных программ для водителей, эксплуатирующих ИТС, с акцентом на правильное взаимодействие с системой.

Разработка Нормативно-Правовых Актов: Создание чётких правил и стандартов, регулирующих эксплуатацию ИТС, включая ответственность в случае ДТП.

Развитие интеллектуальных транспортных средств открывает новые горизонты в области мобильности и безопасности, однако требует тщательного анализа и учёта всех потенциальных рисков. Комплексный подход к решению указанных проблем позволит минимизировать количество ДТП и повысить общую безопасность на дорогах.

Углубленный Анализ

1. Технические Ограничения и Надёжность

Несмотря на значительные достижения в разработке и внедрении ИТС, многие системы остаются уязвимыми к механическим поломкам и технологическим сбоям. Это связано с наличием многочисленных электронных и механических компонентов, каждый из которых подвержен износу и деградации.

Примеры:

Ошибка датчика радара: В одном из известных случаев автомобиль с функцией автопилота столкнулся с препятствием, потому что датчик радара неправильно оценил расстояние до впереди идущего автомобиля.

Проблемы с камерой: Автомобиль, движущийся по дороге с плохой видимостью (например, ночью или в тумане), не сумел распознать препятствие из-за низкой чувствительности камеры.

Практическая рекомендация: Производители автомобилей должны проводить регулярные тесты надёжности и устойчивости оборудования в экстремальных условиях эксплуатации.

2. Информационная Безопасность

С увеличением количества подключаемых устройств и обмена информацией между транспортными средствами и инфраструктурой возрастает риск кибератак. Хакеры могут вмешиваться в работу навигационной системы, контролировать движение автомобиля дистанционно или исказить данные о маршруте.

Пример:

Атака на навигационную систему: В 2015 году было зафиксировано успешное проникновение злоумышленников в систему удаленного контроля автомобиля, что позволило изменить скорость и траекторию движения машины.

Практическая рекомендация: Необходимо разрабатывать и внедрять многоуровневые системы защиты данных, шифрования и аутентификации пользователей и устройств.

3. Человеческое Поведение и Ответственность

Одним из наиболее сложных вопросов остается распределение ответственности между водителем и системой ИТС. Человек часто полагается на технологии и утрачивает бдительность, особенно в длительных поездках, что увеличивает вероятность опасных ситуаций.

Пример:

Отсутствие реакции водителя: В аварии с участием Tesla в 2016 году водитель отвлекся на просмотр видео на смартфоне, доверяя полную ответственность автопилоту, хотя последний не мог самостоятельно справиться с возникшей ситуацией.

Практическая рекомендация: Важно обеспечить непрерывное информирование водителя о статусе системы и её текущих возможностях, чтобы избежать ложного доверия к технологиям.

4. Фактор Окружающей Среды

При неблагоприятных погодных условиях ИТС сталкиваются с серьезными проблемами идентификации объектов и правильного выбора маршрута. Снег, дождь, туман и низкая освещенность существенно снижают точность работы датчиков и камер.

Пример:

Снежная погода: В зимних условиях система автопилота не смогла распознать пешехода на заснеженной дороге, что привело к серьезной аварии.

Практическая рекомендация: Разработчики должны улучшать алгоритмы адаптации к неблагоприятным условиям, обеспечивая работу в широком диапазоне климатических условий.

Выводы и Предложения

Таким образом, внедрение интеллектуальных транспортных средств сопровождается рядом значительных технологических, человеческих и экологических факторов риска. Для эффективного снижения вероятности ДТП необходимо комплексное решение следующих задач:

Повышение технической надежности и отказоустойчивости аппаратуры.

Совершенствование протоколов информационной безопасности.

Формирование четких норм распределения ответственности между человеком и системой.

Улучшение алгоритмов работы в нестандартных условиях окружающей среды.

Эти меры позволят значительно снизить риски, повысить безопасность и доверие к интеллектуальным транспортным средствам, обеспечив устойчивое развитие отрасли в будущем.

Библиографический список

1 Абдрахманов, М.С. Моделирование транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах / М.С. Абдрахманов. – Текст: электронный // Современные научные исследования и инновации. – 2021 – №7 (123). – С. 5-8. – EDN ОКММNR // НЭБ eLIBRARY.

2 Авдейчикова, Е.В. Преимущества внедрения интеллектуальных транспортных систем в городскую среду / Е.В. Авдейчикова, А.В. Маремуха. – Текст : электронный // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство : сб. матер. V Нац. науч.-практ. конф., Омск, 28 – 29 апреля 2022 года. – Омск Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022 – С. 283-286. – EDN GVDEUF // НЭБ eLIBRARY.

3 Агапов, А.А. Синтез квазиоптимального закона управления на основе построения линии переключения с учетом анализа пучка квадратичных форм в составе интеллектуальной транспортной системы / А.А. Агапов, А.А. Костоготов, С.В. Лазаренко. – Текст : непосредственный // Вестник РГУПС. - 2022 - №1 (85). - С. 177-185 // ЭБ НТБ РГУПС.

4 Аналитический обзор современных интеллектуальных информационных технологий в технике и на производстве / С.М. Ковалев, В. Снашел, А.Е. Колоденкова, А.В. Суханов. - Текст : непосредственный // Вестник РГУПС. - 2019 - № 1 (73). - С. 60-75 // ЭБ НТБ РГУПС.

5 Аристова, Д.А. Эффекты внедрения интеллектуальных транспортных систем / Д.А. Аристова, Е.З. Макеева, О.В. Федорова. - Текст : электронный // Транспортное дело России. – 2022 – № 1 – С. 114-115. – DOI 10.52375/20728689_2022_1_114. – EDN FTTQWY // НЭБ eLIBRARY.

6. Тарасов Е.А. О значении технической экспертизы в делах по ОСАГО /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 1. С. 508-512.

References

1 Abdrakhmanov, M.S. Modeling of traffic flows in intelligent transport systems / M.S. Abdrakhmanov. – Text: electronic // Modern scientific research and innovations. – 2021 – №7 (123). – Pp. 5-8. – EDN OKMMNR // NEB eLibrary.

2 Avdeichikova, E.V. Advantages of introducing intelligent transport systems into the urban environment / E.V. Avdeichikova, A.V. Maremukha. – Text : electronic // Education. Transport. Innovation. Construction : collection of materials. V National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 28 – 29, 2022. Omsk Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2022, pp. 283-286. EDN GVDEUF // NEB eLibrary.

3 Agapov, A.A. Synthesis of a quasi-optimal control law based on the construction of a switching line, taking into account the analysis of a bundle of quadratic shapes in an intelligent transport system / A.A. Agapov, A.A. Kostoglotov, S.V. Lazarenko. – Text : direct // Bulletin of the RGUPS. - 2022 - №1 (85). - Pp. 177-185 // EB NTB RGUPS.

4 An analytical review of modern intelligent information technologies in engineering and production / S.M. Kovalev, V. Snashel, A.E. Kolodenkova, A.V. Sukhanov. - Text : direct // Bulletin of the RGUPS. - 2019 - № 1 (73). - Pp. 60-75 // EB NTB RGUPS.

5 Aristova, D.A. The effects of the introduction of intelligent transport systems / D.A. Aristova, E.Z. Makeeva, O.V. Fedorova. - Text : electronic // Transport business of Russia. – 2022 – No. 1 – pp. 114-115. – DOI 10.52375/20728689_2022_1_114. – EDN FTTQWY // NEB eLibrary.

6. Tarasov E.A. On the importance of technical expertise in CTP cases / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 1. pp. 508-512.

УДК 621.87

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Е.А. Тарасов
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко
Магистр гр. мМОСК-231 К.Р. Яковлев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 207-22-20
доб. 5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov E.A. Tarasov
Cand. of Techn. Science, Associate Professor
of the Department of Construction Equipment
and Engineering Mechanics named after
Professor N.A. Ulyanov A.N. Shchyenko
Master's degree in mMOSC-231 K.R. Yakovlev
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 207-22-20 доб.
5128, e-mail: stim.kaf@cchgeu.ru*

Е.А. Тарасов, А.Н. Щиенко, К.Р. Яковлев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты интеллектуально-го расследования дорожно-транспортных происшествий (ДТП), включая особенности и сложности, возникающие при взаимодействии интеллектуальных транспортных средств (ИТС) с традиционной системой "человек-автомобиль-дорога". Подробно анализируются причины и следствия ДТП, связанные с внедрением интеллектуальных технологий, а также предлагаются практические рекомендации для улучшения процессов расследования и повышения безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: интеллектуальное транспортное средство, расследование дорожно-транспортных происшествий, автоматизированное вождение, определение ответственности.

Е.А. Tarasov, A.N. Shchienko, K.R. Yakovlev

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS: NEW CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE INVESTIGATION OF ROAD ACCIDENTS

This article examines the key aspects of intelligent investigation of road accidents, including the features and complexities that arise when intelligent vehicles (ITS) interact with the traditional human-car-road system. The causes and consequences of accidents related to the introduction of intelligent technologies are analyzed in detail, and practical recommendations are offered to improve investigation processes and improve road safety.

Keywords: intelligent vehicle, traffic accident investigation, automated driving, liability determination.

Введение

Современные тенденции в развитии автомобильной промышленности характеризуются стремительным ростом автоматизации и интеллектуализации транспортных средств. Эти изменения требуют переосмысления подходов к расследованию ДТП, поскольку традиционные методы уже не способны адекватно учитывать уникальные особенности взаимодействия ИТС с окружающей средой и другими участниками дорожного движения.

Основные характеристики и причины ДТП с участием ИТС

Особенности интеллектуальных транспортных средств

Автоматизация: Высокая степень автоматизации управления транспортом, исключая человеческий фактор в ряде ситуаций.

Связанность с инфраструктурой: Использование сетевых технологий для обмена информацией между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой.

Разнообразии сценариев рисков: Более широкий спектр возможных аварийных ситуаций, обусловленный особенностями функционирования ИТС.

Причины ДТП с участием ИТС

Технические дефекты: Проблемы в работе датчиков, камер, радаров и других компонентов ИТС.

Информационные атаки: Хакерские вмешательства, способные повлиять на работу навигационных и управляющих систем.

Ошибки алгоритмов: Неправильное восприятие и интерпретация дорожной обстановки, приводящее к некорректным действиям ИТС.

Методы исследования и практические примеры

Методология Расследования ДТП с ИТС

Сбор данных:

Использование беспилотных дронов для съемки места происшествия.

Извлечение данных из бортовых регистраторов и черных ящиков.

Анализ данных:

Визуализация и оцифровка собранной информации.

Создание моделей дорожных ситуаций для детального анализа.

Моделирование сценариев:

Разработка репрезентативных сценариев ДТП для тестирования ИТС.

Проведение ускоренного моделирования аварийных ситуаций.

Практические примеры

Пример 1: Авария с участием автопилота Tesla

В 2020 году в США произошел инцидент, когда автомобиль Tesla, движущийся в режиме автопилота, не смог распознать остановившийся впереди грузовик и врезался в него. Причиной стал конструктивный дефект системы восприятия, неспособной идентифицировать нестандартные объекты.

Пример 2: Российские Электровелосипеды

В России наблюдается рост числа ДТП с участием электровелосипедов. Для учета этих рисков были разработаны специальные сценарии тестирования ИТС, включающие взаимодействие с малозаметными участниками дорожного движения.

Практические рекомендации

Повышение надежности ИТС:

Усиление стандартов тестирования и сертификации ИТС.

Внедрение дополнительных защитных механизмов против хакерских атак.

Развитие инфраструктуры:

Улучшение дорожной разметки и знаков, понятных для ИТС.

Установка специальных сенсоров и камер вдоль дорог для повышения точности навигации.

Обучение пользователей:

Образовательные программы для водителей и пассажиров, объясняющие возможности и ограничения ИТС.

Повышение осведомленности о правилах безопасного взаимодействия с ИТС.

Интеллектуализация транспортных средств открывает новые горизонты в области безопасности и эффективности дорожного движения. Однако для успешного внедрения и эксплуатации ИТС необходимо комплексное исследование и развитие методов расследования ДТП, повышение квалификации специалистов и создание соответствующих правовых рамок. Только таким образом можно минимизировать риски и обеспечить максимальную безопасность всех участников дорожного движения.

Пример 3: Авария на перекрестке с участием автобуса и ИТС

В одном из российских городов произошло серьезное ДТП, в котором автобус, управляемый ИТС, неправильно оценил расстояние до встречного транспорта и допустил столкновение. Причина инцидента заключалась в недостаточном обучении алгоритма распознавания сложных перекрестков и некорректной оценке скорости приближающихся транспортных средств. Этот случай подчеркивает необходимость тщательного тестирования ИТС в условиях, максимально приближенных к реальности, особенно в плотных городских потоках.

Пример 4: Авария с участием велосипедистов и ИТС

Еще один примечательный случай произошел в европейской стране, где ИТС, двигавшийся в режиме автономного управления, не распознал велосипедиста, находящегося вне прямой видимости камеры и радара. Это привело к серьезному столкновению, в результате которого пострадал велосипедист. Данный пример иллюстрирует важность интеграции дополнительных сенсоров и технологий, позволяющих ИТС лучше воспринимать окружающую обстановку и учитывать скрытые угрозы.

Дополнительные практические рекомендации

1. Совершенствование Технологий Восприятия

Многокомпонентные сенсорные системы: Использование комбинации камер, радаров, лидаров и ультразвуковых датчиков для более точного восприятия окружения.

Машинное обучение: Постоянное обновление и адаптация алгоритмов восприятия на основе реальных данных и новых сценариев.

2. Улучшение Программного Обеспечения

Проверка на устойчивость к внешним воздействиям: Регулярное тестирование программного обеспечения на предмет устойчивости к хакерским атакам и электромагнитным помехам.

Прозрачность алгоритмов: Публикация и независимая проверка алгоритмов принятия решений ИТС для обеспечения доверия общественности.

3. Внедрение Нормативно-Правовых Актов

Четкое определение ответственности: Установление четких правил распределения ответственности между производителями ИТС, операторами и пользователями.

Создание специализированных органов надзора: Формирование независимых организаций, занимающихся контролем и сертификацией ИТС.

4. Образование и Просвещение

Образовательные программы для водителей: Введение обязательных курсов по взаимодействию с ИТС и правилам поведения на дороге в присутствии автономных транспортных средств.

Просветительская кампания среди населения: Организация массовых мероприятий и акций, направленных на повышение осведомленности о возможностях и рисках ИТС.

Заключение

Интеграция интеллектуальных транспортных средств в существующую систему дорожного движения представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий внимательного подхода и комплексного анализа. Выявленные проблемы и предложенные рекомендации направлены на обеспечение максимальной безопасности и эффективности использования ИТС. Благодаря совместным усилиям разработчиков, регуляторов и общества мы сможем создать будущее, в котором интеллектуальные транспортные средства станут надежным и безопасным дополнением к нашей повседневной жизни.

Библиографический список

1 Абдрахманов, М.С. Моделирование транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах / М.С. Абдрахманов. – Текст: электронный // Современные научные исследования и инновации. – 2021 – №7 (123). – С. 5-8. – EDN OKMMNR // НЭБ eLIBRARY.

2 Авдейчикова, Е.В. Преимущества внедрения интеллектуальных транспортных систем в городскую среду / Е.В. Авдейчикова, А.В. Маремуха. – Текст : электронный // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство : сб. матер. V Нац. науч.-практ. конф., Омск, 28 – 29 апреля 2022 года. – Омск Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022 – С. 283-286. – EDN GVDEUF // НЭБ eLIBRARY.

3 Агапов, А.А. Синтез квазиоптимального закона управления на основе построения линии переключения с учетом анализа пучка квадратичных форм в составе интеллектуальной транспортной системы / А.А. Агапов, А.А. Костоготов, С.В. Лазаренко. – Текст : непосредственный // Вестник РГУПС. - 2022 - №1 (85). - С. 177-185 // ЭБ НТБ РГУПС.

4 Аналитический обзор современных интеллектуальных информационных технологий в технике и на производстве / С.М. Ковалев, В. Снашел, А.Е. Колоденкова, А.В. Суханов. - Текст : непосредственный // Вестник РГУПС. - 2019 - № 1 (73). - С. 60-75 // ЭБ НТБ РГУПС.

5 Аристова, Д.А. Эффекты внедрения интеллектуальных транспортных систем / Д.А. Аристова, Е.З. Макеева, О.В. Федорова. - Текст : электронный // Транспортное дело России. – 2022 – № 1 – С. 114-115. – DOI 10.52375/20728689_2022_1_114. – EDN FTQWY // НЭБ eLIBRARY.

6. Тарасов Е.А. Об особенностях работы эксперта-автотехника /Е.А. Тарасов. - Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 220-223.

References

- 1 Abdrakhmanov, M.S. Modeling of traffic flows in intelligent transport systems / M.S. Abdrakhmanov. – Text: electronic // Modern scientific research and innovations. – 2021 – №7 (123). – Pp. 5-8. – EDN OKMMNR // NEB eLibrary.
- 2 Avdeichikova, E.V. Advantages of introducing intelligent transport systems into the urban environment / E.V. Avdeichikova, A.V. Maremukha. – Text : electronic // Education. Transport. Innovation. Construction : collection of materials. V National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 28 – 29, 2022. Omsk Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2022, pp. 283-286. EDN GVDEUF // NEB eLibrary.
- 3 Agapov, A.A. Synthesis of a quasi-optimal control law based on the construction of a switching line, taking into account the analysis of a bundle of quadratic shapes in an intelligent transport system / A.A. Agapov, A.A. Kostoglotov, S.V. Lazarenko. – Text : direct // Bulletin of the RGUPS. - 2022 - №1 (85). - Pp. 177-185 // EB NTBRGUPS.
- 4 An analytical review of modern intelligent information technologies in engineering and production / S.M. Kovalev, V. Snashel, A.E. Kolodenkova, A.V. Sukhanov. - Text : direct // Bulletin of the RGUPS. - 2019 - № 1 (73). - Pp. 60-75 // EB NTBRGUPS.
- 5 Aristova, D.A. The effects of the introduction of intelligent transport systems / D.A. Aristova, E.Z. Makeeva, O.V. Fedorova. - Text : electronic // Transport business of Russia. – 2022 – No. 1 – pp. 114-115. – DOI 10.52375/20728689_2022_1_114. – EDN FTTQWY // NEB eLibrary.
6. Tarasov E.A. About the specifics of the work of an automotive expert / E.A. Tarasov. - Text : electronic // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 12. pp. 220-223.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК 625.748.32

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры проектирования
автомобильных дорог и мостов*

О.А. Волокитина

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

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Канд. техн. наук, доц. кафедры проектирова-
ния автомобильных дорог и мостов*

А.В. Андреев

e-mail: aavturbo@yandex.ru

*Канд. техн. наук, доц. кафедры проектирования
автомобильных дорог*

и мостов В.П. Волокитин

Россия, г. Воронеж, тел. +7 (910) 343-59-37

e-mail: nova.vp@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of
Postgraduate at the Department of Road and
Bridge O.A. Volokitina*

Russia, Voronezh, tel. (910) 349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of
Postgraduate at the Department of Road and
Bridge A.V. Andreev*

e-mail: aavturbo@yandex.ru

*D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of
Postgraduate at the Department of Road and
Bridge V.P. Volokitin*

Russia, Voronezh, tel. (910) 343-59-37

e-mail: nova.vp@mail.ru

О.А. Волокитина, А.В. Андреев, В.П. Волокитин

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ШУМОЗАЩИТНОГО ЭКРАНА-СТЕНКИ ДЛЯ ЗАДАНЫХ УСЛОВИЙ МЕСТНОСТИ

В данной статье рассмотрен вопрос моделирования и расчета несущей способности шумозащитного экрана-стенки для заданных условий местности с учетом анализа факторов влияния на окружающую среду, а также оценкой акустической эффективности для определения геометрических характеристик с последующей конкретизацией исходных данных.

Ключевые слова: шумозащитные экраны, свайный фундамент, акустическая эффективность, автомобильная дорога, заданные характеристики.

О.А. Volokitina, A.V. Andreev, V.P. Volokitin

MODELING AND CALCULATION OF A NOISE BARRIER WALL FOR SPECIFIED TERRAIN CONDITIONS

This article discusses the issue of modeling and calculating the bearing capacity of a noise barrier wall for given terrain conditions, taking into account the analysis of environmental impact factors, as well as an assessment of acoustic efficiency to determine geometric characteristics, followed by specification of the initial data.

Keywords: noise barriers, pile foundation, acoustic efficiency, highway, preset characteristics.

Выбор и проектирование шумозащитных конструкций осуществляется при реализации мероприятий по охране окружающей среды в рамках разработки проектной документации. При подготовке проектной документации на строительство, реконструкцию или капитальный ремонт автомобильной дороги, а также в ходе мероприятий по повышению уровня обустройства автомобильных дорог, шумозащитные конструкции относятся в соответствии с N 257-ФЗ [1] к защитным дорожным сооружениям, являющимся технологической частью автомобильной дороги. Шумозащитные мероприятия, являющиеся частью мероприятий по охране окружающей среды, назначаются на основании акустических расчётов, выполняемых в соответствии положениями, приведёнными в СП 276.1325800.2016 [2] и ОДМ 218.2.013-2011 [3]. Снижение транспортного шума осуществляется за счёт шумозащитных мероприятий, которые делятся на два вида: пассивные и активные. Шумозащитные экраны рекомендуется устанавливать в случаях, когда уровни шума в расчётных точках с учётом пассивных шумозащитных мероприятий значительно превышают нормативные значения, а другие экранярующие шумозащитные конструкции, невозможно устроить или их расчётной акустической эффективности недостаточно.

Шумозащитные экраны, устанавливаемые вдоль автомобильных дорог, рекомендуется классифицировать по следующим признакам: 1) физическому принципу снижения шума; 2) конструктивному решению верхней части; 3) материалу шумозащитных панелей; 4) типу фундамента; 5) области применения.

В зависимости от физического принципа снижения шума шумозащитные экраны рекомендуется подразделять на: отражающие и отражающе - поглощающие.

По конструктивному решению верхней части шумозащитные экраны рекомендуется подразделять на шумозащитные экраны без надстройки верхней граничной поверхности и шумозащитные экраны с надстройкой верхней пограничной поверхности.

Конструкция шумозащитного экрана подразделяется на два основных элемента в зависимости от их функционального назначения:

- шумозащитное полотно, функционально предназначенное для снижения шума от транспортного потока в расчётной точке;
- фундамент, функционально предназначенный для восприятия нагрузок от шумозащитного полотна и распределения его по основанию.

С целью реализации мероприятий по уменьшению шумового воздействия и охраны окружающей среды был произведен расчет свайных фундаментов шумозащитных экранов, устанавливаемых на участке автомобильной дороги Р-351 Екатеринбург – Тюмень (ПК 542+71 – ПК 543+09), прилегающей к жилой застройке, на основе анализа заданных характеристик проектируемого участка дороги.

Исходными данными для расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков являлись: интенсивность движения, суммарная доля грузового и общественного транспорта, средняя скорость движения в потоке.

Значения эквивалентного уровня звука для исследуемой территории, непосредственно прилегающей к жилым домам согласно СН 2.2.4/2.1.8562-96 [4] составляют 55 дБ в дневное и ночное время суток, что соответствует превышающим показателям в ночной период 45 дБ.

Технические решения, предусматривающие комплекс работ по доведению уровня транспортного шума до допустимых пределов с учетом перспективного роста интенсивности движения за расчетный 20-летний срок эксплуатации автомобильной дороги, сводились к определению размеров шумозащитного экрана [2] и расчету свайного фундамента согласно [5].

Акустическая эффективность экрана-стенки (рис.1) определяется аналитическим методом на основании числа Френеля N по формуле (1)

$$\Delta L_{\text{экp}} = 20 \lg \frac{\sqrt{2\pi|N|}}{th\sqrt{2\pi|N|}} + 5, \text{ при } N \geq -0,2, \quad (1)$$

$$\Delta L_{\text{экp}} = 0 \text{ при } N < -0,2;$$

где $\Delta L_{\text{экp}}$ – эквивалентный уровень звука, дБА.

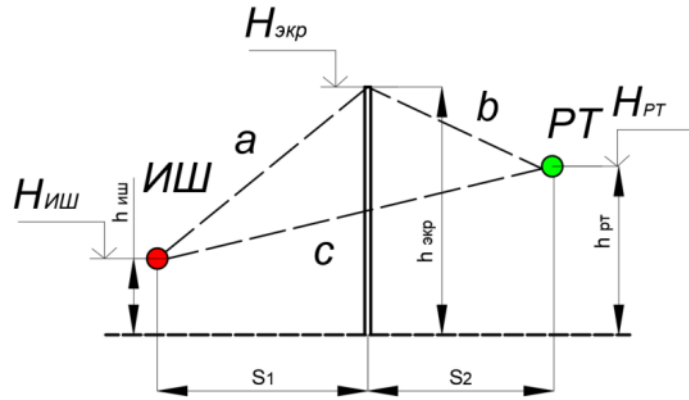


Рис. 1. Расчетная схема для определения акустической эффективности экрана-стенки, где: $h_{иш}$ – высота источника шума над поверхностью проезжей части; $h_{экр}$ – высота экрана; $h_{рт}$ – высота расчетной точки над поверхностью земли; $H_{иш}$ – абсолютная отметка источника шума; $H_{экр}$ – абсолютная отметка верха экрана; $H_{рт}$ – абсолютная отметка расчетной точки; S_1 – расстояние по горизонтали от источника шума до экрана, м; S_2 – расстояние по горизонтали от экрана до расчетной точки, м; a – кратчайшее расстояние от акустического центра транспортного потока до верхней кромки экрана, м; b – кратчайшее расстояние от верхней кромки экрана до расчетной точки, м; c – кратчайшее расстояние от акустического центра транспортного потока до расчетной точки, м

Результаты расчетов акустической эффективности в конкретных точках приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

Пикетажное положение	S_1 , м	S_2 , м	c' , м	$H_{и.ш.}$, м	$H_{экр}$, м	$H_{р.т.}$, м	a , м	b , м	c , м	d расч., м	l , м	N	$DL_{A, экр}$, дБА
ПК 542+71	25,0	40,0	65,0	180,00	183,71	177,53	25,27	40,47	65,05	0,70	0,84	1,67	15,24
ПК 543+09	28,0	45,0	73,0	179,95	183,66	177,32	28,24	45,44	73,05	0,64	0,84	1,53	14,86

Исходные данные для моделирования работы винтовой сваи и расчета по несущей способности свайного фундамента [5] представлены в табл. 2 в соответствии с расчетной схемой рис. 2

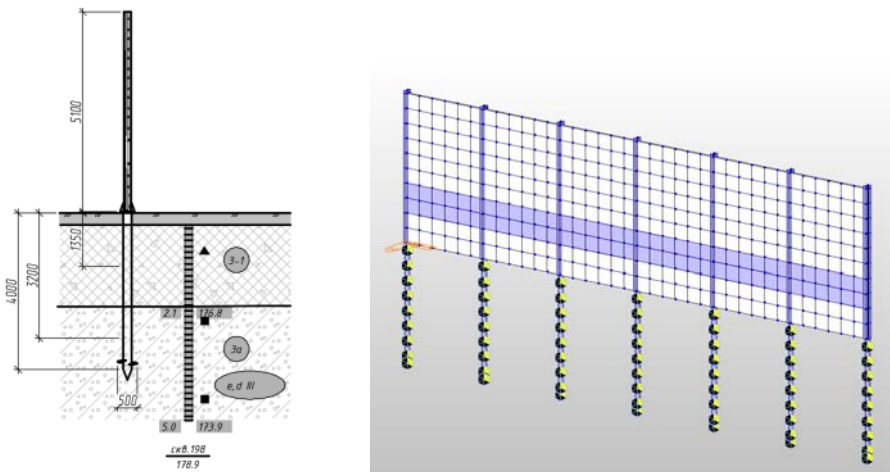


Рис. 2. Расчётная схема

Исходные данные для расчета

Ветровой район	Нормативное значение ветрового давления w_0 , кг/м ²	Тип местности	Высота экрана, м	Коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления, к	Ширина экрана, м	Аэродинамический коэффициент с	Коэффициент пульсации давления вет- ра ζ	Скорость ветра v	Средняя составляющая ветровой на- грузки w_m , кг/м ²	Пульсационная составляющая ветро- вой нагрузки w_p , кг/м ²	Нормативное значение ветровой на- грузки w' , кг/м ²	Коэффициент надежности γ_t	Расчетное значение ветровой нагрузки w , кг/м ²	Ветровая нагрузка Q_p , кг	Момент от ветровой нагрузки M , кг*м
II	30	B	5	0.5	3	2.1	1.22	0.91	31.50	34.97	66.47	1.4	93.06	1395.9	3489.75

Площадь проекции, ограниченная контуром конструкции перпендикулярно ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту для опоры: $A = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м}^2$

Определение минимального момента сопротивления сечения стойки выполнялось по формуле (2)

$$W_{min} = \frac{M_{max}}{[\sigma_T]} \cdot \gamma_c, \quad (2)$$

где $[\sigma_m]$ – предел текучести стали, кг/см²;
 γ_c – коэффициент условия работы;
 M_{max} – максимальный момент, кг·см.

Проверка прочности при действии опрокидывающего момента выполнялась по формуле (3)

$$\varepsilon = \frac{M_{max}}{W_x} \cdot [\sigma_T] \cdot \gamma_c \leq 1, \quad (3)$$

где ε – коэффициент устойчивости;
 W_x – момент сопротивления см³.

Проверка прочности при действии горизонтальной нагрузки выполнялась по формуле (4)

$$\tau = Q_B \cdot \frac{S_x}{I_x} \cdot t_w \cdot [\sigma_T] \cdot \gamma_c \leq 1, \quad (4)$$

где Q_B – ветровая нагрузка, кг;
 S_x – статический момент, см³;
 I_x – момент инерции, см⁴;
 t_w – толщина стенки, см.

Расчет произведён в программном комплексе Midas Civil.

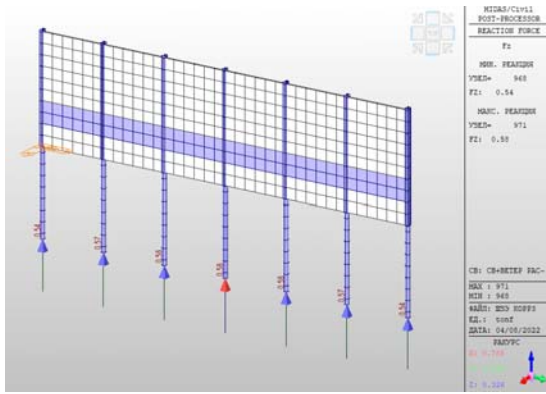


Рис. 3. Вертикальные опорные реакции от расчётных нагрузок, т.

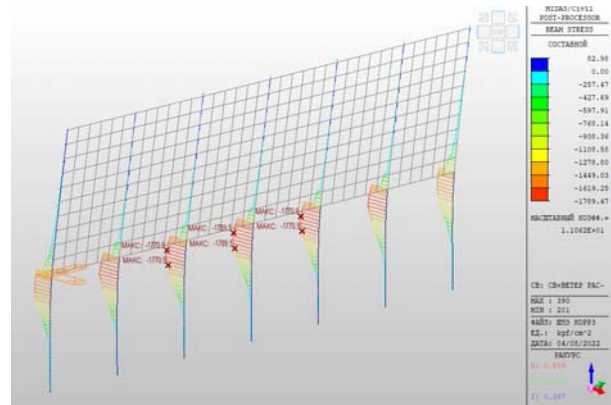


Рис. 4. Эпюры моментов в стойках и сваях от собственного веса и ветра, т·м

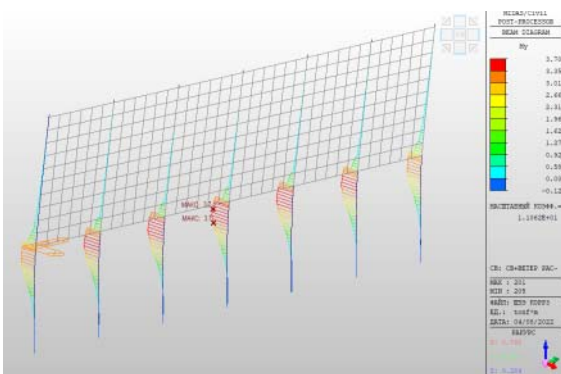


Рис. 5. Эпюры продольных сил в стойках и сваях от расчётных нагрузок, т·м

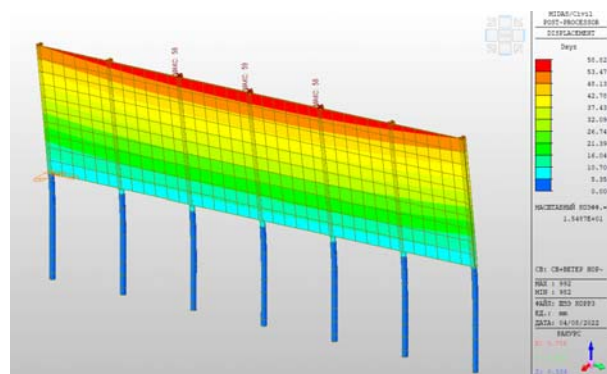


Рис. 6. Эпюры напряжений в стойках и сваях от расчётных нагрузок, кг/см³

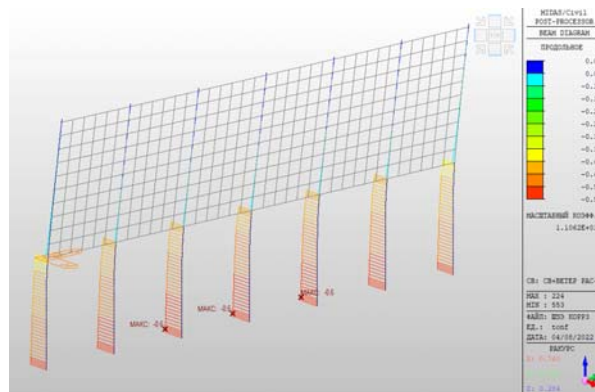


Рис. 7. Перемещения в стойках и сваях от нормативных нагрузок, мм

Согласно СП 20.13330.2016 при расчете строительных конструкций должно быть выполнено условие (5)

$$f \leq f_u, \quad (5)$$

где f – прогиб (выгиб) и перемещение элемента конструкции (или конструкции в целом);
 f_u – предельный прогиб (выгиб) или перемещение.

Согласно ОДМ 218.8.011-2018 рекомендуемая максимальная деформация свободных концов несущих стоек шумозащитных экранов не более $f_u = H/75$, что соответствует результатам расчетов.

Расчет свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента должен производиться в соответствии со схемой, приведенной на рис. 8.

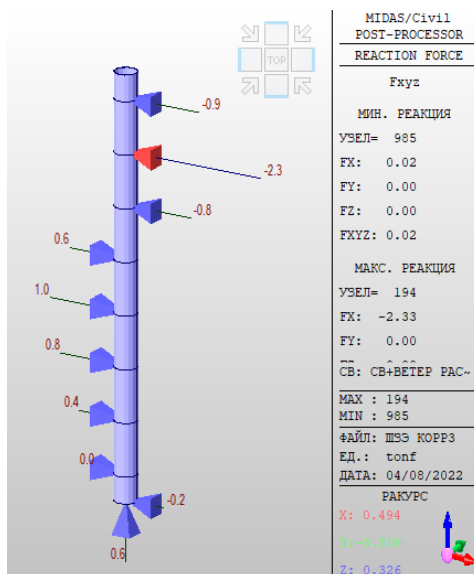


Рис. 11. Расчётное давление на грунт по контакту с поверхностью сваи, т

Таблица 4

Результаты расчетов

Длина эл-та	z _i	K _i	ас _i	ас _i *h _i	h=	C _z	N узла	коор-та узла	K _i	u _i	σ _z (+)	η ₁	η ₂	ξ	Φ ₁	γ ₁	c ₁	Rz(+)	Rz(-)
					Σас _i *h _i	т/м ³				мм	т/м ²							т/м ²	т/м ²
0.5	0.25	25000	1.54	0.77	6.94	6250	1	0	25000	10.00	0.00	1	1.00	0.3	22	1.95	36	-46.59	46.59
0.5	0.75	25000	1.54	0.77		18750	2	0.5	25000	7.00	43.75	1	1.00	0.3	22	2.02	36	-48.35	48.35
0.5	1.25	25000	1.54	0.77		31250	3	1	25000	2.66	49.88	1	1.00	0.3	22	2.02	36	-50.11	50.11
0.5	1.75	25000	1.54	0.77		43750	4	1.5	25000	0.60	18.75	1	1.00	0.3	22	2.02	36	-51.87	51.87
0.5	2.25	25000	1.54	0.77		56250	5	2	25000	0.30	15.00	1	1.00	0.3	22	2.02	36	-53.63	53.63
0.5	2.75	25000	1.54	0.77		68750	6	0	25000	0.43	0.00	1	1.00	0.3	22	2.02	30	-38.83	38.83
0.5	3.25	25000	1.54	0.77		81250	7	0	25000	0.27	0.00	1	1.00	0.3	22	2.02	30	-38.83	38.83
0.5	3.75	25000	1.54	0.77		93750	8	0	25000	0.10	0.00	1	1.00	0.3	22	2.02	30	-38.83	38.83

Сваю в составе фундамента и одиночную по несущей способности грунта основания следует рассчитывать исходя из условия (6)

$$\gamma_n \cdot N \leq F_d / \gamma_{c.g}, \quad (6)$$

где N – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю от наиболее невыгодного сочетания нагрузок, действующих на фундамент;

F_d – предельное сопротивление грунта основания одиночной сваи, называемая в дальнейшем несущей способностью;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения;

$\gamma_{c.g}$ – коэффициент надежности по грунту;

Несущую способность F_d , кН, винтовой однолопастной сваи диаметром лопасти $d \leq 1,2$ м и длиной $l \leq 10$ м, работающей на вдавливающую или выдергивающую нагрузку, следует определять по формуле (7)

$$F_d = \gamma_c [F_{d0} + F_{dl}], \quad (7)$$

где $\gamma_c = 0,7$;

F_{d0} – несущая способность лопасти (8);

$$F_{d0} = (\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h_1) \cdot A, \quad (8)$$

где γ_l – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти сваи с учетом взвешивающего действия воды;

c_l – расчётное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне;

h_l – глубина залегания лопасти сваи от природного рельефа.

Несущая способность ствола винтовой сваи определяется по формуле (9)

$$F_{df} = u f_i (h - d), \quad (9)$$

где $u = \Pi d$ – периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i = (f_1 + f_2) / 2$ – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола винтовой сваи (осредненное значение для всех слоев в пределах глубины погружения сваи), кПа;

h – длина ствола сваи, погруженной в грунт, м;

d – диаметр лопасти сваи, м.

Согласно СП 24.13330.2011 должно быть выполнено условие (10)

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_c \cdot g}, \quad (10)$$

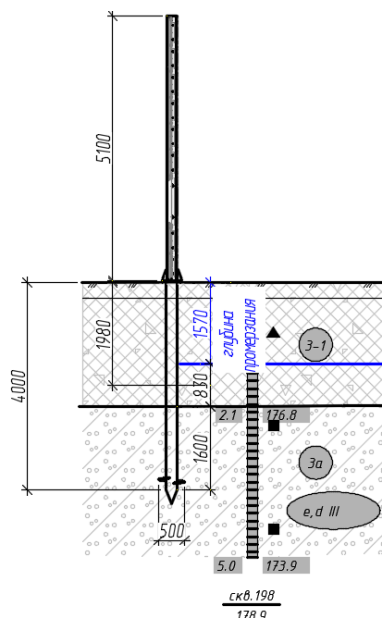


Рис. 12. Расчетная схема на действие касательных сил морозного пучения грунтов

Устойчивость свайных фундаментов согласно схеме (рис. 12) на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по условию (11)

$$\tau_{fh} A_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_k} F_{rf}, \quad (11)$$

где τ_{fh} – расчетная удельная касательная сила пучения, кПа;

A_{fh} – площадь боковой поверхности смерзания сваи в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта или слоя искусственно замороженного грунта, м²;

F – расчетная нагрузка на сваю, кН;

F_{rf} – расчетное значение силы, удерживающей сваю от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания, кН;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_k – коэффициент надежности.

Расчетное значение силы F_{rf} , кН, удерживающей сваю от выпучивания, следует определять по формуле

$$F_{rf} = u \sum_{i=1}^n f_i h_i, \quad (12)$$

где $u = Pd$ – периметр сечения поверхности сдвига, принимаемый равным периметру сечения сваи, м;

h_i – толщина i -го слоя талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя промерзания-оттаивания, м;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя талого грунта сдвигу по поверхности сваи, кПа;

$$\tau_{fh} A_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_k} F_{rf}, \quad (13)$$

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Прочность и устойчивость элементов металлоконструкций опор обеспечена на основании результатов проведенного расчета прочности при действии опрокидывающего момента, который показал выполнение условия (3): $0,5 < 1$.

2. Несущая способность фундаментов при действии сжимающих и выдёргивающих нагрузок (10) обеспечена:

0,58 т < 13,1 т – на выдёргивающую нагрузку;

0,58 т < 14,9 т – на сжимающую нагрузку.

3. Проверка устойчивости свайных фундаментов на действие касательных сил морозного пучения (11) показала: $68,7 \text{ кН} < 150,5 \text{ кН}$.

4. Расчёт по II группе предельных состояний (5) выполнен: $36 \text{ мм} < 67 \text{ мм}$.

5. Согласно выполненным проверкам элементов металлоконструкций и фундаментов надёжность конструкций обеспечена от наступления предельных состояний первой и второй групп.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 08.11.2007 N 257-ФЗ (ред. от 26.12.2024) "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" Президент Российской Федерации В.ПУТИН Москва, Кремль 8 ноября 2007 года N 257-ФЗ.

2. СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» (Приказ Минстроя России от 3 декабря 2016 г. № 893/пр), М.: Минстрой России, 2016 г.

3. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам НИИСФ РААСН МАДИ М.: Росавтодор, 2015 г.

4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, М.: Минздрав России 1996 г.

5. СП 24.13330.2021 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты», М.: Минстрой России, 2021 г.

References

1. Federal Law of 08.11.2007 N 257-FZ (as amended on 26.12.2024) "On motorways and road activities in the Russian Federation and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation" President of the Russian Federation V. PUTIN Moscow, the Kremlin November 8, 2007 N 257-FZ.

2. SP 276.1325800.2016 "Buildings and territories. Rules for designing protection against traffic noise" (Order of the Ministry of Construction of Russia dated December 3, 2016 No. 893/pr), Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016.

3. ODM 218.2.013-2011 Methodological recommendations for protection from transport noise of areas adjacent to highways NIISF RAASN MADI M.: Rosavtodor, 2015.

4. SN 2.2.4/2.1.8.562-96 Noise in workplaces, in residential and public buildings and on the territory of residential development, Moscow: Ministry of Health of Russia, 1996.

5. SP 24.13330.2021 "SNiP 2.02.03-85 Pile foundations", M.: Ministry of Construction of Russia, 2021.

УДК 005.8

*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.chuev@yandex.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной 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.chuev@yandex.ru
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering me-
chanics 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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассматриваются перспективные способы определения качества моторных масел в условиях автотранспортного предприятия. Подготовлен анализ различных методов оценки, включая их преимущества и недостатки, а также возможные их применения для улучшения эксплуатационных характеристик и повышения надежности работы автопарка.

Ключевые слова: качество, масло, анализ.

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

PROMISING METHODS FOR DETERMINING THE QUALITY OF MOTOR OILS IN THE CONDITIONS OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

The article examines promising methods for determining the quality of motor oils in the conditions of a motor transport enterprise. An analysis of various evaluation methods is prepared, including their advantages and disadvantages, as well as their possible applications for improving the performance characteristics and increasing the reliability of the vehicle fleet.

Keywords: quality, oil, analysis.

Определение качества моторных масел является ключевым аспектом в обслуживании автотранспортных предприятий. Правильный выбор и оценка моторных масел напрямую влияют на работу двигателей, их надежность и срок службы. В условиях автотранспортного предприятия необходимо применять современные методы и технологии, способные обеспечить точную и оперативную оценку качества масел.

Традиционные способы определения качества моторного масла обычно включают лабораторные анализы, такие как проверка вязкости, кислотного числа и содержания примесей. Однако в условиях постоянной работы автопарка такие методы могут занять значительное время и потребовать дополнительных затрат. В связи с этим появляются новые перспективные подходы и технологии, которые позволяют более эффективно оценивать качество моторных масел.

Одним из таких методов является использование спектроскопии. Этот подход позволяет проводить анализ масел на основе их спектров. В частности, инфракрасная спектроскопия может использоваться для оценки состава моторного масла и его состояния. Спектры позволяют определить наличие загрязняющих веществ и степени их разложения, что непосредственно влияет на характеристики масла. Применяя этот метод, технические специалисты автотранспортного предприятия могут быстро и точно оценивать состояние масла без необходимости его замены для анализа.

Современные устройства для анализа масла также могут быть оснащены сенсорами, которые позволяют проводить замеры в реальном времени. Такие системы могут устанавливать параметры, такие как температура, давление и вязкость масла, и на основе этих данных автоматически формировать отчеты о состоянии. Это позволяет организациям оперативно получать информацию о необходимости замены масла или проведении ремонта и обслуживания.

Использование искусственного интеллекта в оценке качества моторного масла становится еще одной перспективной областью. Алгоритмы могут анализировать данные о характеристиках масла, а также информацию о работе двигателей и условиях эксплуатации транспортных средств. На основе этого анализа можно разрабатывать прогнозные модели, которые позволят предсказывать срок службы масла, выявлять возможные проблемы и оптимизировать график его замены.

Другая новейшая технология, которая находит применение в определении качества моторного масла, — это методы наноанализа. С помощью наночастиц, которые реагируют на определенные компоненты масла, возможно быстрое определение наличия грязи, воды или других загрязнителей. Это открывает новые горизонты для оперативной диагностики и оценки состояния масла на автотранспортных предприятиях.

Краудсорсинг технологий также демонстрирует свою эффективность. Автопарки могут объединять данные о состоянии масел из разных транспортных средств и использовать большие объемы информации для анализа. Это позволяет находить закономерности и улучшать стратегию обслуживания, что обеспечивает снижение затрат на техническое обслуживание и увеличение срока службы двигателей.

Применением простых тестовых наборов для анализа моторных масел можно улучшить практику контроля качества на местах. Такие наборы позволяют не только проверить физические свойства масла, но и выявить наличие загрязнителей, что дает возможность персоналу автотранспортного предприятия принимать решения непосредственно на месте.

Важным аспектом работы с качеством моторных масел на автотранспортных предприятиях является обучение персонала. Понимание особенностей различных масел, их характеристик и методов контроля качества способствует более рациональному использованию ресурсов и сокращению затрат. Специалисты, имеющие базовые знания о том, как выбирать и проверять моторные масла, значительно увеличивают эффективность работы автопарка.

Перечисленная классификация не является исчерпывающей. На основе анализа научных источников мы также можем выделить следующие перспективные способы определения качества моторных масел в условиях автотранспортного предприятия:

- Контроль термоокислительной стабильности. Этот метод позволяет получить дополнительную информацию о работоспособности смазочных материалов в конкретных условиях эксплуатации техники. Термоокислительная стабильность может служить

исходным показателем при разработке математических моделей определения ресурса любых смазочных материалов.

- Контроль противоизносных свойств. Этот метод позволяет оценить влияние продуктов окисления моторных масел различной базовой основы на противоизносные свойства, продолжительность пластической, упругопластической и упругой деформаций.
- Использование инфракрасной спектроскопии. Этот метод позволяет анализировать химическое состояние масла: окисление, нитрование и сульфирование, а также содержание некоторых присадок.
- Применение портативных аналитических приборов. Анализ можно проводить непосредственно на рабочем месте оборудования, используя портативные приборы. Например, портативный вискозиметр, который позволяет определять кинематическую вязкость масла.



Рис. Вискозиметр ВЗ-246

Использование экспресс-методов. В условиях небольшого транспортного предприятия можно применять, например, такие экспресс-методы оценки качества работающих масел: по концентрации охлаждающей жидкости, по наличию топлива, по наличию абразивных частиц и другие.

Вывод

Перспективные способы определения качества моторных масел становятся все более разнообразными и технологичными. Использование спектроскопии, сенсорных технологий, ИИ и наноанализа позволяет значительно повысить точность и оперативность диагностики. Эти инновационные подходы помогают автотранспортным предприятиям учитывать не только технические аспекты, но и экономические, обеспечивая надежную и длительную работу автопарка. Жизнеспособность и эффективность технологий, направленных на определение качества моторных масел, подтверждают их важность в современных условиях деятельности автотранспортных предприятий. Рекомендуется использовать спектроскопию и сенсорные технологии на малых и средних автотранспортных предприятиях. При наличии достаточной технологической базы на средних и крупных предприятиях рекомендовано внедрение ИИ технологий для максимальной оптимизации процесса определения качества моторных масел.

Библиографический список

1. Жаров С. П. Анализ качества моторного масла в условиях предприятий автомобильного транспорта // Вестник Курганского государственного университета. 2022. №2 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-motornogo-masla-v-usloviyah-predpriyatiy-avtomobilnogo-transporta> .
2. Долгова, Л. А. Анализ параметров моторного масла и технических устройств, позволяющих контролировать процессы старения моторных масел / Л. А. Долгова, С. А. Жаткин, В. В. Салмин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 9 (89). — С. 198-202. — URL: <https://moluch.ru/archive/89/18274/> .
3. Берко, А. В. Совершенствование методов и средств контроля качества моторных масел в условиях эксплуатации / А. В. Берко. — Текст : электронный // earchive.tpu.ru : [сайт]. — URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/30572/1/dis00053.pdf> .
4. Современные методы анализа масел и смазочных материалов. — Текст : электронный // chemtech.ru : [сайт]. — URL: <https://chemtech.ru/sovremennye-metody-analiza-masel-i-smazochnyh-materialov/>.

References

1. Zharov S. P. Analysis of the quality of motor oil in the conditions of automobile transport enterprises // Bulletin of the Kurgan State University. 2022. No. 2 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-motornogo-masla-v-usloviyah-predpriyatiy-avtomobilnogo-transporta> .
2. Dolgova, L. A. Analysis of the parameters of motor oil and technical devices that allow monitoring the aging processes of motor oils / L. A. Dolgova, S. A. Zhatkin, V. V. Salmin. - Text: direct // Young scientist. - 2015. - No. 9 (89). - P. 198-202. — URL: <https://moluch.ru/archive/89/18274/> .
3. Berko, A. V. Improvement of methods and means of quality control of motor oils under operating conditions / A. V. Berko. — Text: electronic // earchive.tpu.ru: [site]. — URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/30572/1/dis00053.pdf> .
4. Modern methods of oil and lubricant analysis. — Text: electronic // chemtech.ru: [site]. — URL: <https://chemtech.ru/sovremennye-metody-analiza-masel-i-smazochnyh-materialov/> .

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
Факультета 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
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 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 R.A.Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

Н.О. Стеганцов, А.А. Чуев, Р.А. Жилин

НАДЕЖНОСТЬ СОВЕТСКОЙ И СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассматривается обзор оборудования и машин, произведённых в СССР, с акцентом на их коэффициент прочности и долговечность. Проводится сравнительный анализ советской и современной техники. Подчеркивается важность сохранения высоких стандартов прочности и надежности в современном производстве.

Ключевые слова: советское оборудование, коэффициент прочности, долговечность, токарные станки, бытовая техника, современные технологии.

N.O. Stegantsov, A.A. Chuev, R.A. Zhilin

AN OVERVIEW OF SOVIET AND MODERN TECHNIQUES

The article provides an overview of equipment and machines manufactured in the USSR, with an emphasis on their strength and durability. A comparative analysis of Soviet and modern technology is carried out. The importance of maintaining high standards of strength and reliability in modern production is emphasized.

Keywords: Soviet equipment, coefficient of strength, durability, lathes, household appliances, modern technologies.

Советский Союз славился своим промышленным потенциалом и производством высококачественного оборудования и машин. Одной из отличительных черт советской техники был высокий коэффициент прочности, который закладывался в конструкции станков и машин. Это было обусловлено как требованиями к эксплуатации в условиях ограниченных ресурсов, так и философией подхода к производству, где качество и надежность ставились на первое место.

Коэффициент прочности – это отношение предела прочности материала к рабочему напряжению, которое возникает в процессе эксплуатации. В советских станках и машинах часто закладывался значительный запас прочности, что обеспечивало их долговечность и надежность [3]. Это было обусловлено несколькими факторами [3]:

- Качество материалов: В СССР использовались высококачественные стали и сплавы, что позволяло создавать прочные и надежные конструкции.

- Долговечность: Оборудование проектировалось с учетом длительного срока службы, что было особенно важно в условиях плановой экономики, где замена оборудования могла быть затруднена.

Современные станки и машины, производимые в условиях рыночной экономики, часто имеют более легкие конструкции, что связано с использованием новых технологий и материалов. Однако это также может привести к снижению коэффициента прочности. Основные отличия:

- использование новых материалов: современные технологии позволяют использовать композиты и легкие сплавы, которые могут быть прочными, но иногда не обладают запасом прочности, характерным для советских машин;

- оптимизация конструкции: современные методы проектирования, такие как САД и САЕ, позволяют создавать более легкие и экономичные конструкции, но иногда это происходит за счет прочности;

- экономия на производстве: в условиях конкуренции производители стремятся снизить затраты, что может привести к уменьшению запасов прочности в конструкции.

В бытовой технике советские предприятия создавали надёжные приборы с максимальным жизненным ресурсом. Например, холодильники «МИР», «Свияга», «Смоленск», «Саратов» могли служить десятками лет и не требовали ремонта [2]. Среди популярных моделей пылесосов были «Ракета», «Сатурн», «Москва», «Чайка» [6]. Пылесосы служили десятилетиями и могли работать в режимах всасывания и выдувания, поэтому их часто подключали к краскопульту. В новых пылесосах часто более простая и дешёвая щётка, а также более лёгкий и дешёвый металл. С помощью миксера «Воронеж» делали густые и пенистые коктейли. Скорость вращения миксера составляла не менее 12 000 оборотов в минуту.

В автомобилях прочность проявлялась в устройстве подвески: на «Волгах», например, была выносливая рессорная подвеска, а на «Жигулях» сзади стоял мост, который тяжело сломать [5]. Также для советских машин характерно использование более толстого металла: например, для ВАЗ-2101 применялись листы стали толщиной 0,7–1 мм, а крыша и днище штамповались из 2-миллиметрового металла [5].

В сравнении с современными автомобилями советские машины считаются более прочными и надёжными, они реже ломаются и могут дольше прослужить своим владельцам. Это связано с простотой конструкции, использованием прочных материалов и лёгкостью обслуживания [6].

Анализируя конструкции советских станков, можно отметить, что многие из них были созданы с использованием высококачественных материалов и технологий, которые обеспечивали их устойчивость к износу и механическим повреждениям. Например, токарные станки модели 1К62 и фрезерные станки модели ФС-1 имели массивные корпуса и детали, что позволяло им выдерживать значительные нагрузки и обеспечивало стабильность работы [4]. Эти станки часто использовались в условиях, требующих высокой точности и надежности, что подтверждает их долговечность.

Сравнивая с современными аналогами, можно заметить, что в последние десятилетия акцент в производстве оборудования сместился в сторону уменьшения веса и стоимости, что иногда приводит к снижению прочности и долговечности. Современные станки, такие как токарные станки с ЧПУ, часто изготавливаются из легких сплавов и композитных материалов, что позволяет снизить затраты на производство, но может негативно сказаться на их эксплуатационных характеристиках. Например, некоторые современные токарные станки могут не выдерживать тех же нагрузок, что и их советские предшественники, такие как 1К62 [1].

Кроме того, современные технологии, такие как автоматизация и компьютеризация, изменили подход к проектированию и производству. Хотя это и повысило эффективность, иногда это происходит за счет прочности и надежности. В результате некоторые современные машины могут не выдерживать тех же нагрузок, что и их советские предшественники.

Вывод

В заключение, можно сказать, что советское оборудование, благодаря высокому коэффициенту прочности, остаётся образцом надежности и долговечности. Современные технологии, хотя и предлагают множество преимуществ, требуют более тщательного подхода к обеспечению прочности и надежности, чтобы не потерять те качества, которые были присущи советским машинам.

Сравнение показывает, что, несмотря на прогресс в технологиях, долговечность и надежность остаются важными аспектами, которые не следует игнорировать в современном производстве.

Библиографический список

1. Афанасьев, А. А. Сравнительный анализ значения отечественного станкостроения в модернизации производств СССР, постсоветского периода и на современном этапе развития России / А. А. Афанасьев // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 7. – С. 2167-2188.
2. Почему советские холодильники работают до сих пор? В чем секрет их надежности? — URL: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/pochemu-sovetskie-holodilniki-rabotayut-do-sih-por-v-chem-sekret-ih-nadezhnosti.html>.
3. Секреты советской надежности: почему оборудование служило долго? — URL: <https://dzen.ru/a/Zxe5wcR0737PE8Kw>.
4. Советские станки, которые работают и по сей день. — URL: <https://dzen.ru/a/Zxe5wcR0737PE8Kw>.
5. Чем машины эпохи СССР лучше современных иномарок. — URL: <https://auto.rambler.ru/navigator/42023705-chem-mashiny-epohi-sssr-luchshe-sovremennyh-inomarov>.
6. Зазыкин А.В., Репин С.В., Головин К.А., Масленников Н.А., Белик Г.Н. Метод оценки влияния условий эксплуатации на надежность транспортно-технологических машин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 1. С. 659–663.
7. Эта бытовая техника была в каждом советском доме и могла бы стоять и сейчас, ведь тогда всё делали на совесть. — URL: <https://life.ru/p/1622892>.

References

1. Afanasyev, A. A. Comparative analysis of the importance of domestic machine tool industry in the modernization of production in the USSR, the post-Soviet period and at the present stage of development of Russia / A. A. Afanasyev // Economics, entrepreneurship and law. – 2023. - Vol. 13, No. 7. - pp. 2167-2188.
2. Why are Soviet refrigerators still working? What is the secret of their reliability? — URL: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/pochemu-sovetskie-holodilniki-rabotayut-do-sih-por-v-chem-sekret-ih-nadezhnosti.html>.
3. Secrets of Soviet reliability: why did the equipment last a long time? — URL: <https://dzen.ru/a/Zxe5wcR0737PE8Kw>.
4. Soviet machines that still work today. — URL: <https://dzen.ru/a/Zxe5wcR0737PE8Kw>.
5. The cars of the Soviet era are better than modern foreign cars. — URL: <https://auto.rambler.ru/navigator/42023705-chem-mashiny-epohi-sssr-luchshe-sovremennyh-inomarov>.
6. Zazykin A.V., Repin S.V., Golovin K.A., Maslennikov N.A., Belik G.N. A method for assessing the impact of operating conditions on the reliability of transport and technological machines // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Technical sciences. 2025. No. 1. pp. 659-663.
7. This household appliance was in every Soviet house and could still be there, because then everything was done conscientiously. — URL: <https://life.ru/p/1622892>.

УДК 628.517.2(031)

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р техн. наук, проф., проф. кафедры
строительной техники и инженерной
механики им. профессора Н.А. Ульянова
Ю.Ф. Устинов;
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной техники
и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко;
Старший преподаватель кафедры
строительной техники и инженерной
механики им. профессора Н.А. Ульянова
А.В. Ульянов;
Магистранты группы мМОСК-231
С.А. Шафоростов, В.А. Рубцов.
Россия, Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
E-mail: ustinov@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr. Sci. Tech., Professor, Professor of the Chair
of Construction Machinery and Engineering
Mechanics of a Name of Professor N.A. Ulyanov
Yu.F. Ustinov;
Cand. of Techn. Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Chair of Construction
Machinery and Engineering Mechanics
of a Name of Professor N.A. Ulyanov
A.N. Shchienko;
Senior Lecturer of the Chair of Construction
Machinery and Engineering Mechanics
of a Name of Professor N.A. Ulyanov
A.V. Ulyanov;
Master's students of the group mMOSK-231
S.A. Shaforostov, V.A. Rubtsov.
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
E-mail: ustinov@vgasu.vrn.ru*

Ю.Ф. Устинов, А.Н. Щиенко, А.В. Ульянов, С.А. Шафоростов, В.А. Рубцов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ РЕЗИНЫ ОТ НАКЛОНА РЫЧАГОВ ВИБРОИЗОЛЯТОРА

Представлены результаты исследования динамического модуля упругости резиновой втулки (эластомера), работающей на сжатие и коаксиальное кручение при использовании в виброизоляторах, что позволяет более точно регулировать их жесткость.

Ключевые слова: виброзащита машин, виброизолятор, регулируемая жесткость, динамический модуль упругости, эластомеры.

Yu.F. Ustinov, A.N. Shchienko, A.V. Ulyanov, S.A. Shaforostov, V.A. Rubtsov

DETERMINING THE REGULARITY OF CHANGES IN THE DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY OF RUBBER FROM THE INCLINATION OF THE LEVERS OF THE VIBRATION ISOLATOR

The results of a study of the dynamic modulus of elasticity of a rubber bushing (elastomer) operating under compression and coaxial torsion when used in vibration isolators are presented, which allows for more precise regulation of their rigidity.

Keywords: vibroprotection machines, shock absorbers, adjustable stiffness, storage modulus, elastomers.

При изменении режима работы машины, когда изменяются частота и амплитуда колебаний рамы машины, возникает необходимость изменения жесткости в опорных связях защищаемого объекта с целью снижения вибрационных характеристик до нормативных значений.

Для решения поставленной задачи представляют интерес составные резинометаллические виброизоляторы с упругими элементами, работающими на сжатие-растяжение и коаксиальное кручение. Их применяют в устройствах для крепления кабины на раме транспортного средства [1, 2].

Известный способ испытаний эластомеров [3] позволяет определять динамические характеристики упругих элементов, работающих на сжатие-растяжение, например, в устройствах [4-6]. Однако, этот способ не позволяет получить динамические характеристики упругих элементов, которые при выполнении машиной технологических операций с изменением режима работы, скручиваются по отношению к защищаемому объекту, при этом изменяется жесткость виброизоляторов и снижается вибрация защищаемых объектов.

Авторами предложен новый способ определения динамических характеристик таких эластомеров. Способ реализуется следующим образом.

От каждой партии эластомеров отбирают для испытаний не менее шести образцов. Количество одновременно испытываемых образцов принимают две штуки.

Испытываемые образцы эластичного материала в виде двух цилиндрических втулок 1 (рис. 1), одетых на валы 2 рычагов 3, устанавливают в симметрично расположенные относительно оси У-У столика 4 вибратора 5 отверстия В и С приспособления 6.

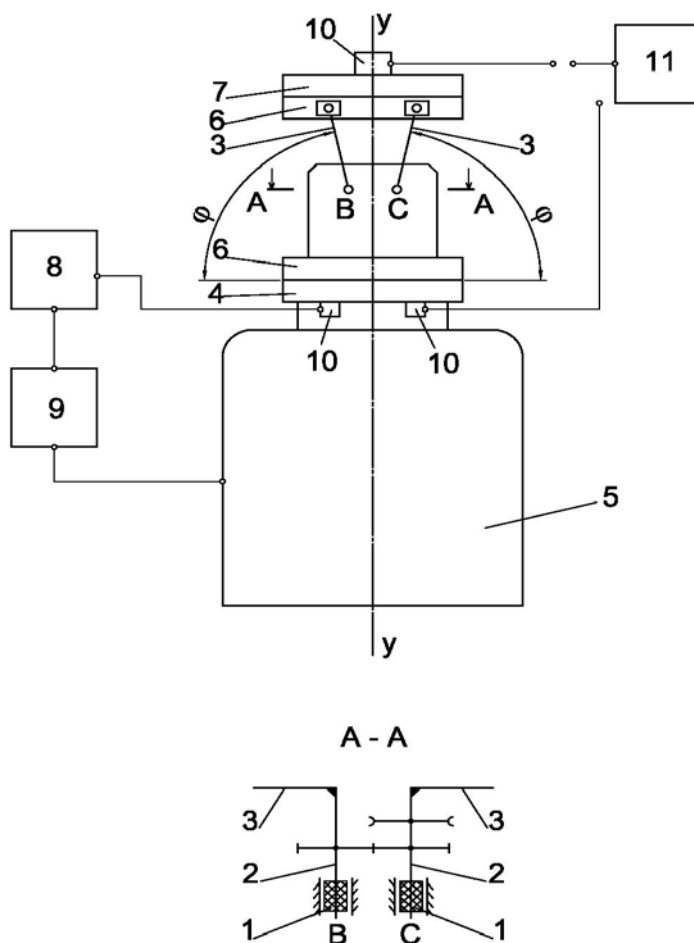


Рис. 1. Схема устройства для определения динамических характеристик эластомеров

Приспособление 6 обеспечивает возможность синхронного изменения и фиксации равных углов φ наклона рычагов 3 к поверхности столика 6 вибратора 5 в интервале от 0° до 90° .

Испытываемые образцы 1 эластичного материала вулканизацией или склеиванием жестко прикрепляют к валам 2 рычагов 3 и к внутренней поверхности отверстий В и С приспособления 6.

Известно, что упругие свойства эластомеров характеризуются большим различием модулей объемного сжатия и сдвига, который имеет место при коаксиальном кручении. Например, для резин их отношение лежит в пределах от 500 до 5000 [7, с. 21]. При угле $\varphi = 0^\circ$ наклона рычагов 3 эластомеры 1 работают только на коаксиальное кручение, а при угле наклона $\varphi = 90^\circ$ они работают только на сжатие-растяжение. При угле φ наклона рычагов, который больше 0° , но меньше 90° , эластомеры работают одновременно на сжатие-растяжение и коаксиальное кручение.

При изменении угла наклона рычагов будет изменяться и значение динамического модуля упругости этих материалов.

Над испытываемыми образцами эластичного материала 1 устанавливают первый груз 7. Приводят столик 4 вибратора с нагруженными образцами материала 1 в вертикальное колебательное движение, установив на измерительном усилителе 8 режим автоматического поддержания постоянной амплитуды ускорения груза 7. С помощью низкочастотного измерительного устройства 9 устанавливают колебания частотой 5 Гц.

Плавно изменяют частоту колебаний и определяют частоту резонанса f , при которой амплитуда ускорения груза 7 становится максимальной. Амплитуду ускорения регистрируют с помощью акселерометров 10 и виброизмерителя 11.

По частоте резонанса f вычисляют динамический модуль упругости E_d (Н/м²) эластомера по формуле [3, с. 4]

$$E_d = \frac{4\pi^2 f^2 Mh}{F},$$

где f – частота резонанса, Гц;

M – масса груза, кг;

h – толщина втулки образца эластомера под нагрузкой, м;

F – общая площадь поверхности одновременно испытываемых образцов, воспринимающая нагрузку, м².

Изменяя массу M груза 7, определяют в перечисленной последовательности значение динамического модуля упругости E_d .

Испытания в той же последовательности проводят для других отобранных образцов рассматриваемой партии эластичных материалов.

Для каждой партии материала и конкретной массы M груза вычисляют среднее арифметическое значение величин динамического модуля упругости.

Последовательно изменяют и фиксируют с помощью приспособления 6 угол φ наклона рычагов 3 к поверхности столика 4 вибратора 5 в интервале от 0° до 90° и изменяют массу M груза 7.

При каждом установленном значении угла φ наклона рычагов 3 и массе M груза 7 определяют в перечисленной последовательности значение динамического модуля упругости, а для каждой партии материала – среднее арифметическое значение величин модуля упругости.

В результате проведения испытаний на вибрационном электродинамическом стенде ВЭДС-10А в соответствии с заявляемым способом определения динамических характеристик эластомеров были получены экспериментальные данные для резины марки 1378.

По полученным частотам резонанса f по формуле (см. выше) вычислялись значения динамического модуля упругости испытываемых образцов резины и средние арифметические значения модуля упругости исследуемой партии резины.

На рис. 2 показана полученная зависимость динамического модуля упругости E_d от угла φ наклона рычагов 3 к поверхности столика 6 вибратора 5.

В качестве испытываемых образцов использовались втулки из резины, имеющие длину 50 мм, наружный диаметр 50 мм, отверстие 20 мм.

Нагрузка на образцы была принята 10 КН/м^2 .

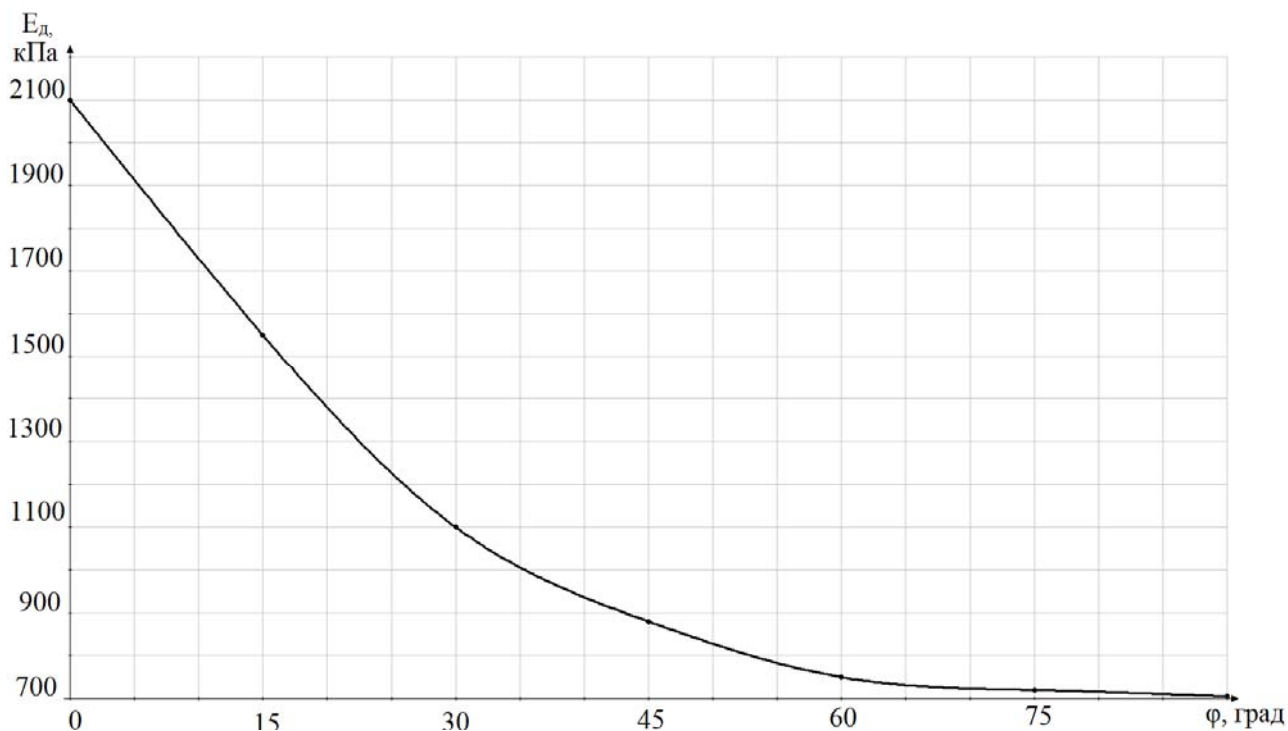


Рис. 2. Зависимость среднего арифметического значения величин модуля упругости эластомеров от угла наклона рычагов к поверхности столика вибратора

Выводы

1. Предложенный способ определения динамических характеристик эластомеров с использованием вибродинамического стенда позволяет установить закономерность изменения динамического модуля упругости E_d от угла φ скручивания упругих элементов по отношению к защищаемому от вибрации объекту, которую необходимо иметь при проектировании виброизоляторов с регулируемой жесткостью.

2. С увеличением угла φ скручивания испытываемых образцов резины значение динамического модуля упругости E_d снижается.

3. Наибольшее изменение значения динамического модуля упругости E_d образцов резины имеет место при изменении угла φ скручивания этих образцов в интервале от 0 до 30 градусов.

Библиографический список

1. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 300368. Устройство для крепления кабины на раме автомобиля / Францев Л.Г., Злодырев А.Д., Черняев А.П., Рыбаков В.П. и Орлов Б.Н. Опубл. 07.04.1971. Бюл. № 13.
2. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 1604653. Устройство для крепления кабины на раме транспортного средства / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Фролов И.А., Антипов Л.А., Епифанов В.С. Опубл. 07.11.1990. Бюл. № 41.
3. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний. ГОСТ 16297-80. Издание официальное. Государственный строительный комитет СССР. М. Издательство стандартов, 1988.
4. Патент РФ на изобретение № 2310781. Способ виброзащиты мобильных технологических машин / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Жулай В.А., Тимошинов В.Г., Головач К.И., Дрозд А.В., Зеленин Д.А. Опубл. 20.11.2007. Бюл. № 32.
5. Устинов Ю.Ф., Жулай В.А., Муравьев В.А., Тимошинов В.Г., Головач К.И., Дрозд А.В., Зеленин Д.А. Способ виброзащиты мобильных технологических машин / Материалы 12-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГАСУ, Воронеж, 2009.
6. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щиенко А.Н., Кобаев А.В. Виброзащита на транспортно-технологических машинах / Материалы 15-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГАСУ, Воронеж, 2012.- С. 316-321.
7. Ляпунов В.Т., Лавендел Э.Э., Шляпочников С.А. Резиновые виброизоляторы. Справочник – Л.: Судостроение, 1988, - 216 с.

References

1. Author's certificate of the USSR № 300368, The device for mounting the cab to the vehicle frame / Frantsev L.G., Zlatarev A. D., Chernyaev A. P., Robakov V. P. and Orlov B. N. Publ. 07.04.1971. Bull. № 13.
2. Author's certificate of the USSR № 1604653, The device for mounting the cab on the frame of the vehicle / Ustinov Y.F., Muravyov V.A., Frolov I.A., Antipov L.A., Epifanov V.S. Publ. 07.11.1990. Bull. № 41.
3. Materials are sound-proof and sound-proof. Test methods. GOST 16297-80. Official edition. State building Committee of the USSR. M. Publishing house of the standards, 1988.
4. Russian Federation patent for invention № 2310781. Way vibroprotection mobile technological machines / Ustinov Y.F., Muravyov V.A., Zhulay V.A., Timoshinov V.G., Golovach K.I., Drozd A.V., Zelenin D.A. Publ. 20.11.2007. Bul. № 32.
5. Ustinov Y.F., Zhulay V.A., Muravyov V.A., Timoshinov V.G., Golovach K.I., Drozd A.V., Zelenin D.A. Way vibroprotection mobile technological machinery / Materials of the 12th Interregional scientific-practical conference « High technologies in ecology ». Scientific Herald VGASU, Voronezh, 2009.
6. Ustinov Y.F., Muravyov V.A., Scienco A.N., Kopaev A.V. Vibration protection of the TRANSPORT-technological machines / Proceedings of the 15-th inter-regional scientific-practical conference «High technologies in ecology». Scientific Herald VGASU, Voronezh, 2012. - С. 316-321.
7. Lyapunov V.T., Lavendel E.E., Shlyapochnikov S.A. Rubber vibration isolators. Reference – NP.: Shipbuilding, 1988, - 216 p.