

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№2 2021



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

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: stim@vgasu.vrn.ru

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Конасова М.М., Лихих Е.С., Семенова Э.Е. Геотермальные системы как альтернативные источники энергии	6
--	---

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Минин В.В., Зяблов С.Ф., Мальков А.Д. Моделирование кавитационного процесса приготовления строительных смесей.....	12
Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С. Математические регрессионные модели составляющих процесса резания грунта с различными каменистыми включениями	16

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Сафонов А.В., Гамаюнова О.С. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки.....	26
---	----

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Габриелян Г.Е., Волков И.Н., Волокитина А.В., Габриелян М.А. Расчет водопропускных труб с учетом постадийного нагружения временной нагрузкой и изменения свойств окружающей грунтовой среды.....	36
Лобанов Д.В., Новосельцев Б.П., Мерщев А.А. Влияние повреждений (дефектов) местных систем вытяжной вентиляции на экологическую обстановку в рабочей зоне производственного помещения	43
Мерщев А.А., Лобанов Д.В., Гармонов К.В., Воробьева Ю.А., Певцов С.С. Анализ технического состояния тепловых сетей.....	49

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Востриков А.Г. Концепция по улучшению качества дорожной разметки с учетом экологических проблем	53
--	----

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Жилин Р.А., Рукин Ю.Б. Численное моделирование механического привода грузоплюка	57
Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н., Кожакин Е.В. Конструкция несимметричного балансира в приводе задних ведущих колес автогрейдера	61
Наумов В.О., Гоголев А.В., Майоров М.А., Андрухов Д.И., Камышенков А.В., Наумов О.Е., Снегирева О.М. Техничко–экономическая оптимизация звукозащиты в кабине сотовыми звукопоглощающими конструкциями.....	66

Нилов В.А., Дедяев А.С., Федоров Е.В. Модернизация конструкции прицепного устройства скрепера.....	75
Нилов В.А., Черник С.А., Федоров Е.В. Рациональное агрегатирование тягача и скрепера	80
Позынич К.П. Консольно-поворотные краны, объединяющие элементы кранов пролетного и консольного (стрелового) типа	87
Тарасов Е.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Щиенко А.Н. Определение скорости движения участника ДТП автомобиля Опель Астра	92
Тарасов Е.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Щиенко А.Н. Определение стоимости восстановительного ремонта транспортного средства после ДТП.....	99
Тарасов Е.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Щиенко А.Н. Пример судебной автотехнической экспертизы по исследованию обстоятельств ДТП.....	116
Трошко И.В., Чалова М.Ю. Комплексное решение эффективного использования щетнеочистительных машин	125
Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С. Модель прогнозирования силу сопротивления резанию грунта, содержащего различные каменистые включения	130

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Волокитин В.П., Волокитина А.В., Габриелян М.А. Анализ факторов, влияющих на прочность конструкции нежестких дорожных одежд.....	138
Еремин А.В., Камаев Р.С., Макаренкова Ю.А. Обзор применяемых зарубежных технологий и материалов для реконструкции, капитального ремонта и ремонта опорных конструкций, возможность использования российских аналогов.....	144
Жилин Р.А., Рукин Ю.Б. Программа для анализа результатов численного моделирования оболочечных конструкций.....	149
Красильникова О.А., Гамаюнова О.С. Безрамное остекление в малоэтажном строительстве.....	152
Николенко С.Д., Щиенко А.Н. Быстровозводимые здания и сооружения	159
Трошко И.В., Чалова М.Ю., Честнова А.А. Неисправности земляного полотна и способы устранения.....	169

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Зяблов С.Ф., Минин В.В., Дроздов В.А. Радиационная активность строительных материалов из карьеров Красноярского края	175
---	-----

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Тарасов Е.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Никитин С.А., Щиенко А.Н. Пример рецензии на экспертизу ЛКП автомобиля	184
Чудайкин А.Д., Строкин А.С. Влияние поверхностно-активных веществ на взаимодействие битумов с минеральными материалами.....	195

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 620.91

*Воронежский государственный
технический университет
Ст-ты гр. мПЭЗ-201 М.М. Конасова,
Е.С. Лихих,
канд. техн. наук, доцент Э.Е. Семенова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-774-339
e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
St-nts group mPEZ-201 M.M. Konasova,
E.S. Likhikh,
D.Sc.(Engineerin), docent E.E. Semenova
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-774-339
e-mail: semenova@vgasu.vrn.ru*

М.М. Конасова, Е.С. Лихих, Э.Е. Семенова

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Разбираются понятия энергоэффективности в строительстве и альтернативных возобновляемых источников энергии. Рассматриваются геотермальная энергия, геотермальные системы и их общие принципы работы.

Ключевые слова: проектирование, энергоэффективные технологии, возобновляемые источники энергии, геотермальные системы.

М.М. Konasova, E.S. Likhikh, E.E. Semenova

GEOHERMAL SYSTEMS AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

The concepts of energy efficiency in construction and alternative renewable energy sources are analyzed. Geothermal energy, geothermal systems and their general principles of operation are considered.

Keywords: design, energy-efficient technologies, renewable energy sources, geothermal systems.

В связи с тем, что население Земли активно увеличивается, как и темпы производства, необходимость в использовании энергетических ресурсов растет с каждым днем. Значительную часть энергии человечество до сих пор получает из природных источников – газа, угля и нефти, несмотря на то, что за последнее время внимание к альтернативным источникам энергии возросло.

Данная проблема актуальна не первое десятилетие. Ежегодно истощение запасов энергоресурсов наблюдается все сильнее. Например, с 60-х по 80-е годы было добыто 80% газа, 75% нефти и 40% угля, относительно добычи с начала XX века.

Проблема истощения энергетических ресурсов планеты оставляет след на всех сферах жизни человека. В следствии этого, особое внимание уделяется как повышению энергоэффективности, так и поиску возобновляемых источников энергии.

Энергоэффективность – это полезное (рациональное) использование энергетических ресурсов с целью оптимизации количества используемой энергии для сохранения постоянного уровня энергообеспечения здания или сооружения [2].

На сегодняшний день энергоэффективные технологии в строительстве активно применяются в странах Скандинавии, США, во многих европейских странах, а также в Канаде. Россия немного отстает в данном вопросе, несмотря на то, что энергоэффективные технологии начали применять с 1996 г. Аналогичные показатели энергопотребления общественных и жилых зданий в России приблизительно в три раза выше, чем в передовых странах, находящихся в схожих климатических и инженерно-геологических условиях.

Основная цель проектирования и строительства зданий с высокими показателями энергоэффективности заключается в том, чтобы рационально применять и контролировать затраты энергетических ресурсов. Одним из методов достижения данной цели является принятие экономически обоснованных инновационных решений.

В настоящее время единой для всего мира классификации зданий по энергопотреблению не существует. В России применяется классификация по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [1].

Таблица 1

Классы энергосбережения зданий [1]

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %
A++ A+ A	Очень высокий	Менее –60 От –50 до –60 От –40 до –50
B+ B	Высокий	От –30 до –40 От –15 до –30
C+ C C–	Нормальный	От –5 до –15 От +5 до –5 От +15 до +5
D	Пониженный	От +15,1 до +50
E	Низкий	Более +50

На данный момент из мирового опыта видно, что решение проблемы энергообеспечения многие страны решают за счет использования возобновляемых источников энергии. Такие технологии не только позволяют сохранять мировые запасы энергоресурсов планеты, но и являются более эффективными в сравнении с традиционными.

Возобновляемые источники энергии

Возобновляемые источники энергии – это энергоресурсы постоянно существующих природных процессов на планете, а также энергоресурсы продуктов жизнедеятельности биосферы растительного и животного происхождения [3].

Возобновляемые источники энергии можно классифицировать на четыре категории по принципу источников получения энергии. Классификация возобновляемых источников энергии представлена в таблице 2.

Таблица 2

Классификация возобновляемых источников энергии

№	Тип энергии	Источник
1	Химическая	Биомасса
2	Механическая	Потоки ветра и воды
3	Лучистая	Солнечное излучение
4	Тепловая	Тепло Земли

Основными преимуществами использования возобновляемых источников энергии является возможность восстановления их потенциала за короткий промежуток времени либо и вовсе их неисчерпаемость, широкое распространение, а также их экологичность.

Все возобновляемые источники энергии обладают различным КПД (коэффициентом полезного действия). Самый высокий КПД имеет механическая энергия. В основном ее используют для получения электрической энергии. Ветровая энергия имеет КПД в пределах 0,3-0,4. Гидроэнергия – 0,6-0,7. КПД у лучистой и тепловой энергии примерно равный и находится в пределах 0,3-0,35. Самый низкий КПД наблюдается у солнечного излучения, которое используют для фотоэлектрического преобразования. Он составляет 0,15-0,3. Биотопливо также имеет достаточно низкий коэффициент полезного действия – 0,3.

Ученые выделяют два типа источников возобновляемой энергии: традиционные и нетрадиционные. Более известными и активно используемыми являются традиционные источники. К ним относятся: геотермальные ключи, гидроэлектростанции, традиционные способы сжигания биомассы. Нетрадиционные источники стали применяться относительно недавно. К их числу относятся: ветрогенераторы, солнечные батареи и станции, производимые как тепловую, так и электрическую энергию, электростанции, вырабатываемые электроэнергию за счет морских волн, течений, приливов и отливов океана.

Рациональность применения возобновляемых источников энергии заключается в их конкурентной способности в сравнении с более традиционными энергетическими технологиями и экономической целесообразности. Также, в сравнении с источниками, используемыми дорогое привозное органическое топливо, возобновляемые источники энергии очень часто имеют большую эффективность в малых автономных энергосистемах.

Роль возобновляемых источников энергии в глобальном масштабе растет с каждым днем. Во многих странах мира проводится исследование долгосрочных перспектив развития энергетики мира за счет внедрения технологий, позволяющих добывать и использовать энергию из данных источников. В настоящее время примерно 20% мировой электроэнергии получают за счет использования возобновляемых природных источников.

Геотермальная энергия

Одним из альтернативных источников энергии, является использование геотермальной энергии – энергии тепла Земли («Гео» - Земля, «термальная» - тепловая). На ряду с другими возобновляемыми источниками энергии (такие как ветровая или солнечная) геотермальная энергия доступна круглый год и не зависит от погодных условий, времени года и суток, а температура грунта на глубине ниже 10-15 м остается примерно постоянной на протяжении года.

Геотермальные ресурсы как источник энергии изучается уже более полутора веков. Питер Риттер фон Риттенгер – один из первых ученых, заинтересовавшихся этим направлением. В 1855 году он изобрел тепловой насос, который добывал тепловую энергию из грунта.

Но, к сожалению, несмотря на достаточно внушительный срок исследования геотермальной энергии, современные технологии в этой области относительно молоды. В современном мире первыми геотермальную энергию стали применять Австрия и Швейцария в 80-х годах. Основными причинами для развития вопросов использования альтернативной энергии стал экономический кризис и развивающееся в мире экологическое движение. Технологии, позволяющие получать энергию из геотермальных источников оказались наиболее привлекательными в данных условиях, так как используют экологически чистую и, что не менее важно, возобновляемую тепловую энергию грунта.

Геотермальные ресурсы огромны. Ученые оценивают Температуру ядра Земли в тысячи градусов Цельсия. Земная кора поучает теплоту в результате трения ядра, распада химических элементов, таких как уран и торий. Много лет из недр нашей планеты выделяется это тепло, а скорость остывания ядра Земли не превышает 400 °С за миллиард лет. При этом температура ядра Земли, по разным данным, на данный момент составляет не менее чем 6650 °С, и постепенно уменьшается по направлению к ее поверхности. 42 триллиона ватт тепла постоянно выделяются Землей, и лишь 2% от которых приходятся на кору. Использование этой энергии – очень перспективное направление.

Геотермальная энергия может использоваться двумя основными способами:

- 1) для выработки электроэнергии
- 2) для обогрева зданий, сооружений, инженерных сооружений.

Виды геотермальной энергии представлены на рис. [5].



Рис. Виды геотермальной энергии

Геотермальные системы и их общий принцип работы

Геотермальные системы – это система для извлечения тепла из недр Земли для дальнейшего его использования.

Они состоят, в основном, из трех частей:

- 1) системы трубопроводов первичного контура;
- 2) системы трубопроводов вторичного контура;
- 3) и теплового насоса.

Система трубопроводов первичного контура служит для получения тепловой энергии грунта при помощи теплообменников, как правило они находятся в теле фундаментов или других подземных сооружений.

Так же теплообменники могут представлять собой U-образные петли, погружаемые в специально пробуренные скважины.

Помимо этого, первичный контур может быть представлен открытой системой трубопроводов. Она использует воду из водоносного слоя. Такая система более эффективна, чем использование теплообменников, но из-за больших затрат на эксплуатацию (частые засорения трубопроводов) она не получила широкого распространения.

Система трубопроводов вторичного контура представляет собой замкнутую систему отопления в стенах и перекрытиях здания, в дорожном полотне, в покрытии мостовых пролетов, туннелей и т.д.

Тепловой насос – это устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.

Тепловой насос связывает первичный и вторичный контур и предназначен для того, чтобы повысить температуру теплоносителя из первичного контура до необходимой в пределах 25–35 °С.

Вывод

В настоящее время геотермальные системы широко используются многими странами. Геотермальная энергия получила свое распространение не только из-за того, что она является экологически чистой и возобновляемой энергией, но также она имеет и ряд других преимуществ.

Во-первых, использование геотермальной энергии позволяет снизить расход электроэнергии для отопления и кондиционирования здания на 50-70%. Во-вторых, текущие расходы, в процессе эксплуатации таких систем значительно ниже, чем у обычных систем. А также, возможность использования фундаментов, необходимых с конструктивной точки зрения, в качестве теплообменников.

Низкопотенциальное тепло земли может использоваться в различных типах зданий и сооружений многими способами: для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования (охлаждения) воздуха, обогрева дорожек зимой, для предотвращения обледенения, подогрева полей на открытых стадионах. При этом на эффективность использования теплоты грунта ключевое влияние будут оказывать геологические, гидрологические и климатические условия территории строительства энергоэффективного здания.

Библиографический список

1. Свод правил СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2009./Минрегион России. – М., 2012. – 126 с.
2. Лапина О.А., Лапина А.П. Энергоэффективные технологии [Электронный курс] // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №1, ч. 2 – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2849.
3. Лукин Б.В. Возобновляемые источники энергии: учебн. Пособие // Томск: Издательство Томского политехнического университета – 2018. – 187 с.
4. Семенова Э.Е., Габитова С.О. Анализ внедрения энергосберегающих решений при проектировании гражданских зданий // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2017. – № 3-4. – 8-13 с.
5. Захарова А.В., Сычкина Е.Н., Пономарева А.Б. Энергоэффективные конструкции в строительстве [Электронный ресурс] // Пермь: Издательство Пермского нац. исслед. политехн. ун-та. – 2017. – 103с.
6. Тепловые насосы [Электронный ресурс]. <https://dic.academic.ru/dik.nsf/ruwiki/259819>.

7. Семенова Э.Е., Мельников Е.Д., Пономарева Г.В. Анализ проектирования жилых зданий с учетом энергосбережения // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2018. – №1. – 30-33 с.

8. Семенова Э.Е. Анализ применения современных энергосберегающих материалов при реконструкции торговых центров / Э.Е. Семенова, Н.П. Артамонов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2021 - № 3-4 (24-25). – 57-60 с.

References

1. Code of practice SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Updated edition of SNiP 23-02-2009./Minregion of Russia. –M., 2012. - 126 s.

2. Lapina O.A., Lapina A.P. Energy-efficient technologies [Electronic course] // Engineering Bulletin of the Don. - 2015. - No. 1, part 2 - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2849 .

3. Lukin B.V. Renewable energy sources: textbook. Manual // Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University - 2018– - 187 s.

4. Semenova E.E., Gabitova S.O. Analysis of the implementation of energy-saving solutions in the design of civil buildings // Scientific journal. Engineering systems and structures. –2017. – №. 3-4. – 8-13 s.

5. Zakharova A.V., Sychkina E.N., Ponomareva A.B. Energy-efficient structures in construction [Electronic resource] // Perm: Publishing House of Perm National University. research. polytech. un-ta. – 2017. – 103 s.

6. Heat pumps [Electronic resource]. <https://dic.academic.ru/dik.nsf/ruwiki/259819>.

7. Semenova E.E., Melnikov E.D., Ponomareva G.V. Analysis of the design of residential buildings taking into account energy saving // High technologies in the construction complex. – 2018. – № 1. – 30-33 s.

8. Semenova E.E. Analysis of the use of modern energy-saving materials in the reconstruction of shopping centers [Text] / E.E. Semenova, N.P. Artamonov// Scientific Journal. Engineering systems and structures. – 2021. – № 3-4 (24-25). – 57-60 s.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 62-82

Сибирский федеральный университет
Политехнический институт,
Доктор техн. наук, проф. кафедры
транспортных и технологических
машин В.В. Минин
Россия, г. Красноярск, тел. +7(913)047-78-04
e-mail: yminin@rambler.ru
Законодательное Собрание Красноярского края
Депутат С.Ф. Зяблов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391) 249-31-34
e-mail: Zyablov@sobranie.info
Сибирский федеральный университет
Политехнический институт, кафедра
транспортных и технологических
машин, магистрант А.Д. Мальков
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391) 291-20-16
e-mail: mininv@rambler.ru

Siberian Federal University
Polytechnical Institute,
Doctor tech. sciences,
prof. departments «Transport and
technological machines» V.V. Minin
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(913)047-78-04
e-mail: yminin@rambler.ru
Legislative Assembly Krasnoyarsk region
Deputy S.F. Zyablov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 249-31-34
e-mail: Zyablov@sobranie.info
Siberian Federal University
Polytechnical Institute, departments
«Transport and technological machines»,
undergraduate A.D.Malkov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 291-20-16
e-mail: mininv@rambler.ru

В.В. Минин, С.Ф. Зяблов, А.Д. Мальков

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Представлены результаты моделирования при конструировании многокомпонентных строительных смесей на основе безразмерных комплексов взаимосвязи конструктивных параметров машин с физическими параметрами технологического процесса для учета эффекта кавитации воды затворения. Специфика моделирующего алгоритма включает обработку экспериментальных данных в современных пакетах инженерного анализа.

Ключевые слова: строительная смесь, безразмерные комплексы, параметры технологического процесса, моделирование.

V.V. Minin, S.F. Zyablov, A.D. Malkov

MODELING OF THE CAVITATION PROCESS OF PREPARATION OF BUILDING MIXTURES

The results of modeling in the design of multicomponent building mixtures on the basis of dimensionless complexes of the relationship of the design parameters of machines with the physical parameters of technological processes are presented to take into account the effect of cavitation of mixing water. The specificity of the modeling algorithm includes the processing of experimental data in modern engineering analysis packages.

Keywords: building mixture, dimensionless complexes, technological process parameters, modeling.

Задача создания высоких технологий (кавитационных) в области конструирования строительных материалов неразрывно связана с разработкой масштабной модели для определения оптимальных условий протекания процесса, обеспечивающего заданное качество продукции, и проектирования машин для его осуществления. В нашем случае моделирование (описание сложного и противоречивого необратимого процесса смешивания многокомпонентных цементных составов с водой) предлагается осуществлять по следующим взаимосвязанным этапам: разработка безразмерных комплексов взаимосвязи физико-технических параметров смешиваемых компонентов с параметрами технологического процесса и машины; выбор системы допущений и ограничений позволяющих определить необходимый метод решения уравнений или системы уравнений; оценка точности на основе планирования физического эксперимента; выбор моделирующей программы, позволяющей находить уравнения с наибольшей надежностью результатов (программы компьютерного инженерного анализа).

Целью рассматриваемого подхода к моделированию является поиск закономерностей развития техники и совершенствования кавитационных технологий, а также выработка конструктивных рекомендаций по рациональной организации процессов получения продукции с гарантированным качеством. Улучшение эксплуатационных показателей строительных материалов связано с внедрением современных технологий. В настоящее время определены основные направления по улучшению качества строительных смесей (нано- и кавитационные технологии). Однако следует отметить, что в большинстве работ практически не исследуется быстропротекающие процессы в воде затворения материалов. Так, явление кавитации жидкости контролируется подбором специальной геометрии исполнительных устройств машин для смешивания и управления скоростью движения жидкости. Одна из задач в этом направлении – определение параметров устройств для интенсификации рабочего процесса. Традиционный путь решения – создание экспериментальных установок и специальных стендов, позволяющих фиксировать процессы поглощения и выделения газов из многокомпонентных смешиваемых составов. Изучение явления старения рабочей жидкости и изменение ее основных свойств под действием воздуха требует дорогостоящего оборудования и связано с существенными ограничениями полноты охвата основных влияющих факторов. Актуальной является задача математического моделирования процесса с использованием эффекта кавитации. Рассмотрим методику получения математической модели на основе использования теории размерностей и подобия [1]. Примем традиционные обозначения основных единиц измерения величин: θ – Кельвин ; T – секунда; M – килограмм; L – метр.

В обобщенной форме математическая модель процесса смешивания многокомпонентных составов строительных смесей записывается в виде

$$\eta = \eta(V, P, t, \lambda, \mu, F, \delta, R, T), \quad (1)$$

где V – объем пузырька воздуха, m^3 ; $[V] = L^3$; P – давление жидкости, Па; $[P] = ML^{-1}T^{-2}$; t – время нарастания давления, с; $[t] = T$; λ – теплопроводность жидкости, Вт/(м·К); $[\lambda] = LMT^{-3}\theta^{-1}$; μ – динамическая вязкость, Па·с; $[\mu] = ML^{-1}T^{-1}$; F – площадь свободной поверхности рабочей жидкости в емкости, m^2 ; $[F] = L^2$; δ – эквивалентный зазор в уплотнениях, м; $[\delta] = L$; R – разряжение жидкости, Па; $[R] = ML^{-1}T^{-2}$; T – температура протекания процесса смешивания, К; $[T] = \theta$.

В формулу (1) входят 9 аргументов, размерность которых выражается посредством четырех основных единиц измерения. Согласно -теореме [1] число критериев будет равно пяти. Исходя из этого, имеем систему критериальных уравнений

$$\begin{aligned} \pi_1 &= V^{x_1} P^{y_1} t^{z_1} \lambda^{\omega_1} \mu, \\ \pi_2 &= V^{x_2} P^{y_2} t^{z_2} \lambda^{\omega_2} F, \\ \pi_3 &= V^{x_3} P^{y_3} t^{z_3} \lambda^{\omega_3} \delta, \\ \pi_4 &= V^{x_4} P^{y_4} t^{z_4} \lambda^{\omega_4} R, \\ \pi_5 &= V^{x_5} P^{y_5} t^{z_5} \lambda^{\omega_5} T. \end{aligned} \quad (2)$$

Заменив физические величины их размерностями и приравняв показатели степеней при соответствующих единицах измерения θ, T, M, L , запишем для каждого из -критериев соответствующую систему уравнений

для π_1 :

$$\begin{aligned}\theta: -\omega_1 &= 0, \\ T: -2y_1 + z_1 - 3\omega_1 - 1 &= 0, \\ M: y_1 + \omega_1 + 1 &= 0, \\ L: 3x_1 - y_1 + \omega_1 - 1 &= 0;\end{aligned}\tag{3}$$

для π_2 :

$$\begin{aligned}\theta: -\omega_2 &= 0, \\ T: -2y_2 + z_2 - 3\omega_2 &= 0, \\ M: y_2 + \omega_2 &= 0, \\ L: 3x_2 - y_2 + \omega_2 + 2 &= 0;\end{aligned}\tag{4}$$

для π_3 :

$$\begin{aligned}\theta: -\omega_3 &= 0, \\ T: -2y_3 + z_3 - 3\omega_3 &= 0, \\ M: y_3 + \omega_3 &= 0, \\ L: 3x_3 - y_3 + \omega_3 - 1 &= 0;\end{aligned}\tag{5}$$

для π_4 :

$$\begin{aligned}\theta: -\omega_4 &= 0, \\ T: -2y_4 + z_4 - 3\omega_4 - 2 &= 0, \\ M: y_4 + \omega_4 + 1 &= 0, \\ L: 3x_4 - y_4 + \omega_4 - 1 &= 0;\end{aligned}\tag{6}$$

для π_5 :

$$\begin{aligned}\theta: -\omega_5 + 1 &= 0, \\ T: -2y_5 + z_5 - 3\omega_5 &= 0, \\ M: y_5 + \omega_5 &= 0, \\ L: 3x_5 - y_5 + \omega_5 &= 0.\end{aligned}\tag{7}$$

Решая эти системы уравнений, получаем следующее:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0; y_1 = -1; z_1 = -1; \omega_1 = 0; \\ x_2 &= -2/3; y_2 = 0; z_2 = 0; \omega_2 = 0; \\ x_3 &= -1/3; y_3 = 0; z_3 = 0; \omega_3 = 0; \\ x_4 &= 0; y_4 = -1; z_4 = 0; \omega_4 = 0; \\ x_5 &= -2/3; y_5 = 0; z_5 = 1; \omega_5 = 1.\end{aligned}\tag{8}$$

Тогда математическая модель процесса смешивания многокомпонентных материалов с учетом эффекта кавитации записывается в виде

$$\eta = \eta \left(\frac{\mu}{Pt}, \frac{F}{\sqrt[3]{v^2}}, \frac{\delta}{\sqrt[3]{v}}, \frac{R}{P}, \frac{\lambda T t}{P \sqrt[3]{v^2}} \right).\tag{9}$$

При изучении кавитации жидкости правомерны также безразмерные комплексы, полученные на основе других исходных предположений, отражающих физическую сущность процесса. Так, записываем систему исходных уравнений в виде

$$\begin{aligned}
\pi_1 &= T^{x_1} \delta^{y_1} t^{z_1} \mu^{\omega_1} V, \\
\pi_2 &= T^{x_2} \delta^{y_2} t^{z_2} \mu^{\omega_2} F, \\
\pi_3 &= T^{x_3} \delta^{y_3} t^{z_3} \mu^{\omega_3} \lambda, \\
\pi_4 &= T^{x_4} \delta^{y_4} t^{z_4} \mu^{\omega_4} P, \\
\pi_5 &= T^{x_5} \delta^{y_5} t^{z_5} \mu^{\omega_5}.
\end{aligned}
\tag{10}$$

И, проводя аналогичные преобразования, получаем

$$\eta = \eta \left(\frac{V}{\delta^3}, \frac{F}{\delta^2}, \frac{\lambda T t^2}{\mu \delta^2}, \frac{tP}{\mu}, \frac{tR}{\mu} \right).
\tag{11}$$

Разработанные математические модели отображают взаимосвязь конструктивных параметров машин для приготовления строительных смесей с физическими параметрами технологического процесса. Количественные значения процентного содержания проектируемой смеси определяют расчетным или экспериментальным путями. В результате чего, в соответствии с теорией регрессионного анализа, получают уравнение полинома следующего вида

$$\eta = a_0 \pm a_1 \frac{\lambda T t}{P \sqrt[3]{v^2}} \pm a_2 \frac{\mu}{P t} \pm a_3 \frac{R}{P} \pm a_4 \frac{F}{\sqrt[3]{v^2}} \pm a_5 \frac{\delta}{\sqrt[3]{v}}.
\tag{12}$$

Здесь, $a_0 - a_5$ – коэффициенты уравнения регрессии по результатам физического эксперимента и обработки в пакете автоматизированного инженерного анализа (например, *DataFit* фирмы *Oakdale Ingeneering*, США).

Безразмерные комплексы могут иметь и самостоятельное значение. Например, при изучении гидропривода машин и рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания (при изучении явлений возгорания рабочей жидкости под действием сжатого воздуха, что оказывает отрицательное влияние на долговечность рабочей жидкости и гидропривода в целом). Математические модели процесса смешивания с учетом кавитации (9), (11) позволяют проводить параметрический синтез и оптимизационные расчеты параметров вновь создаваемых машин для приготовления многокомпонентных смесей.

Библиографический список

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. М.: Наука, 1965, 388 с.

References

1. Sedov L.I. Similarity and Diversity Methods in Mechanics. Moscow: Nauka, 1965, 388 p.

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, доктор техн.наук, профессор кафедры «Механика» Кыргызская Республика, г. Бишкек, тел. +996 708 57-91-38
Тургумбаев Женишбек Жумадылович, jenishtur@gmail.com

Таласский государственный университет кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии технических процессов» Кыргызская Республика, г.Талас, тел. +996 701 17-77-34
Тургунбаев Мелисбек Сыргабаевич, melis.turgunbaev08@gmail.com

I. Razzakov Kyrgyz State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Kyrgyz Republic, Bishkek, tel. +996 708 57-91-38

Turgumbayev Jenishbek Jumadylovich, jenishtur@gmail.com

Talas State University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies of Technical Processes, Kyrgyz Republic, Talas, tel. +996 701 17-77-34

Turgunbayev Melisbek Syrgabayevich melis.turgunbaev08@gmail.com

Ж.Ж. Тургумбаев, М.С. Тургунбаев

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ГРУНТА С РАЗЛИЧНЫМИ КАМЕНИСТЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Разработаны регрессионные модели силы сопротивления резанию грунта, содержащего каменистые включения различные по размеру и форме, длины резания, бокового угла разрушения и степени синуса, аппроксимирующей кривой резания. Проведен вычислительный анализ изменения энергоемкости резания грунта в зависимости от геометрической формы каменистого включения и вида разрушения грунта. Разработанные регрессионные модели позволяют прогнозировать энергоемкости резания грунта, содержащего различные каменистые включения в вероятностном аспекте, с учетом грунтовых условий эксплуатации, а могут выступать объективным критерием оценки совершенствования технологии разработки грунтов землеройной техникой.

Ключевые слова: регрессионные модели, грунт, каменистые включения, интенсивное выкапывание, экстенсивное выкапывание, вдавливание каменистого включения, сила сопротивления резанию, длина резания, боковой угол разрушения, степень синуса, приближенное физическое моделирование, энергоемкость резания грунта.

J.J. Turgumbayev, M.S. Turgunbaev

MATHEMATICAL REGRESSION MODELS OF COMPONENTS OF THE SOIL CUTTING PROCESS WITH VARIOUS STONE INCLUSIONS

Regression models have been developed for the resistance to cutting of soil containing rocky inclusions of various sizes and shapes, cutting lengths, lateral fracture angle and the degree of sine approximating the cutting curve. A computational analysis of the change in the energy consumption of soil cutting is carried out depending on the geometric shape of the rocky inclusion and the type of soil destruction. The developed regression models make it possible to predict the energy intensity of cutting soil containing various stony inclusions in the probabilistic aspect, taking into account soil operating conditions, and also serve as an objective criterion for assessing the improvement of soil development technology by earthmoving equipment.

Keywords: regression models, soil, stony inclusions, intensive rolling out, extensive rolling out, indentation of a stony inclusion, cutting resistance force, cutting length, side cutting angle, sine degree, approximate physical modeling, energy intensity of soil cutting.

Введение

Известно, что в грунте содержатся различные по геометрической форме и размера каменистые включения. Их количественное содержание, глубина залегания в массиве грунта изменяется случайным образом [1],[2]. Разработка грунтов с каменистыми включениями сопровождается динамичностью процесса резания, преждевременными усталостными повреждениями и аварийными разрушениями металлоконструкций землеройной техники [3, 4].

Постановка задачи

В работе [5] установлены математические регрессионные модели резания грунта, содержащего близкосферовидное каменистое включение. Учитывая многообразия геометрических размеров и форм каменистых включений грунта, а также случайность их глубины залегания в массиве грунта разработка регрессионной модели составляющих процесса резания грунта, содержащего различные каменистые включения, становится актуальной задачей.

Разработка методики и результаты исследования

Классификационные признаки каменистых включений грунта приведены в работе [6]. В зависимости от точки действия режущего элемента землеройной машины грунт разрушается с интенсивным, с экстенсивным выведением каменистого включения на поверхность грунта, и с вдавливанием последнего в массив грунта [7].

Для установления регрессионной модели составляющих процесса резания грунта, содержащего различные каменистые включения на [8] проведены экспериментальные исследования. Схема резания грунта, содержащего эллипсоидное каменистое включение приведена на рис.1.

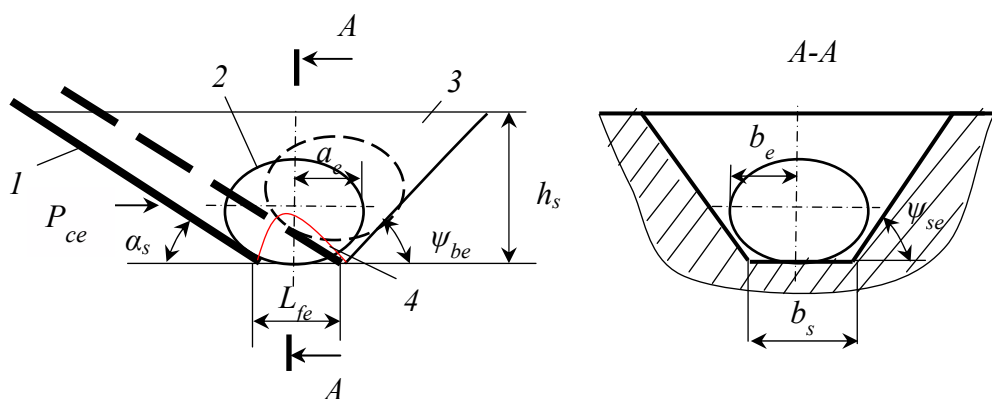


Рис. 1. Схема резания грунта, содержащего эллипсоидное каменистое включение:
1 – режущий элемент, 2 – каменистое включение, 3 – грунт, 4 – график изменения силы сопротивления грунта,
 P_{ce} – сила резания, α_s – угол резания, h_s – глубина резания, b_s – ширина резания, L_{fe} – длина резания,
 a_e, b_e – большая, маленькая полуось каменистого включения, ψ_{be} – передний угол разрушения,
 ψ_{se} – боковой угол разрушения

Методы физического моделирования [9], [10] позволяют исследовать зависимости между факторами взаимодействия рабочего органа с разрабатываемой средой – грунтом, содержащего различные по форме и размеру каменные включения. Условия проведения приближенного физического моделирования по резанию грунта с различными каменными включениями соответствуют критериям подобия [5].

Для получения искомых регрессионных моделей реализован центральный композиционный рототабельный план с рандомизацией влияющих факторов, с учетом особенностей разрушения грунта, содержащего различные каменные включения по размеру и форме, согласно принятым обозначениям (табл.1).

Таблица 1

Виды разрушения грунта с различными каменными включениями

Размер	Геометрическая форма			Вид разрушения	
i	j	k_{sa}	описание	k	выкатывание
1	1	0	шаровидное	1	интенсивное
...	3	0,4	эллипсоидное	2	экстенсивное
n	5	0,8	эллипсоидносуженное	3	вдавливание

В табл.2 приведены влияющие переменные факторы на резанию грунта, содержащего близкоэллипсоидное включение ($k_{sa} = 0,4$), разрушающегося с интенсивным выкатыванием каменного обломка на поверхность грунта ($k = 1$) [7].

Таблица 2

Переменные факторы и уровни их варьирования

Название факторов	Размерность	Уровни варьирования				
		-1,141	-1	0	+1	+1,141
Прочность грунта, x_l	Число ударов, C_0	6	7	11	15	16
Большая полуось эллипсоида	a_e , м	0,03	0,042	0,07	0,098	0,11
Активная поверхность каменного включения,	f_e , см ²	22,315	55,311	185,604	365,761	461,558

Площадь активной поверхности каменного включения определена в [11]. Экспериментальные исследования проведены в следующих параметрах резания: $h_s = 0,15$ м, $b_s = 0,15$ м, скорость резания колеблется в диапазоне, наблюдаемые в производственных условиях. По результатам работы [5] оптимальным углом резания грунта, содержащего каменное включения принимается $\alpha_s = 30^0$. При резании грунта на поверхности каменного включения формируется тело из уплотненного грунта, подобно резанию грунта с изношенным режущим элементом [12]. Тело из уплотненного грунта по продольному сечению по оси симметрии напоминает форму трапеции с округлением меньшего основания. Фигура тела из уплотненного грунта (уплотненное ядро) графически аппроксимируется трапециями и шаровым сегментом (рис.2). Совокупность аппроксимирующих фигур зависит от параметров грунта, его резания и вида разрушения, а также от геометрической формы каменного включения.

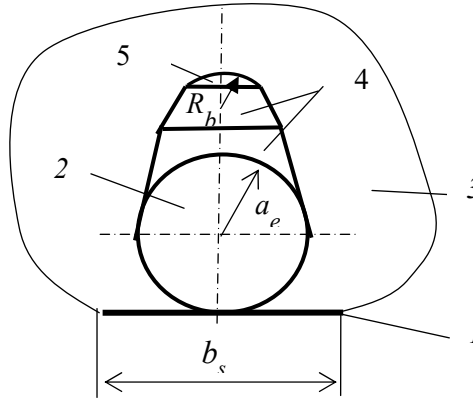


Рис. 2. Схема уплотненного ядра грунта:

1 – режущий элемент, 2 – каменистое включение, 3 – грунт, 4 – трапеции, 5 – шаровой сегмент ядра, R_b – радиус сегмента ядра, a_e – большая полуось каменистого включения, b_s – ширина резания

Площадь продольного сечения уплотненного ядра определяется зависимостью

$$S_{bd} = S_m - S_s, \quad (1)$$

где S_m – суммарная площадь трапеций и шарового сегмента ядра;
 S_s – площадь сегмента каменистого включения.

В свою очередь площадь трапеции вычисляется формулой

$$S_t = 0,5h_t(l_{t1} + l_{t2}) \quad (2)$$

Площадь сегмента уплотненного ядра равна

$$S_b = 0,5R_b^2(\alpha_b - \sin \alpha_b) \quad (3)$$

Площадь сегмента каменистого включения равна

$$S_s = 0,5a_e^2(\alpha_e - \sin \alpha_e) \quad (4)$$

$$\alpha_e = C_e / a_e \quad (5)$$

где C_e – длина окружности каменистого включения.

В таком случае, силу сопротивления резанию грунта, разрушающегося с экстенсивным выкатыванием каменистого включения можно выразить зависимостью

$$P_{reij2} = P_{reij1} \frac{S_{bdij2}}{S_{bdij1}} \quad (6)$$

где P_{reij1} – сила сопротивления грунта резанию при интенсивном выведении обломка;
 $S_{bdij1,2}$ – площадь продольного сечения уплотненного ядра грунта, при интенсивном и экстенсивном выведении каменистого включения.

Кривая регрессии близкой к экстремуму описывается полином второй степени [13]

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1^2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2 \quad (7)$$

Однородность строчных дисперсий эксперимента оценивается критерием Кохрена, критерий Стьюдента применяется для оценки статистической значимости коэффициентов регрессионной модели, а в целом регрессионная модель по адекватности оценивается критерием Фишера [13],[14]. В программном комплексе *Statistica* [15] для расчета регрессионной модели применяются нелинейное оценивание искомых зависимостей, метод наименьших квадратов. Составляющими процесса резания грунта с каменистым включением являются: суммарная сила сопротивления резанию – P_{re} , сила сопротивления резанию однородной зоны – P_{he} , длина резания – L_{fe} , боковой угол разрушения – ψ_{se} , показатель степени синуса – n_{se} . На рис.2, в табл. 3 показаны статистические параметры регрессионной модели суммарной силы сопротивления резанию грунта, содержащего эллипсоидное включение, разрушающегося быстрым выкатыванием каменного обломка на поверхность грунта.

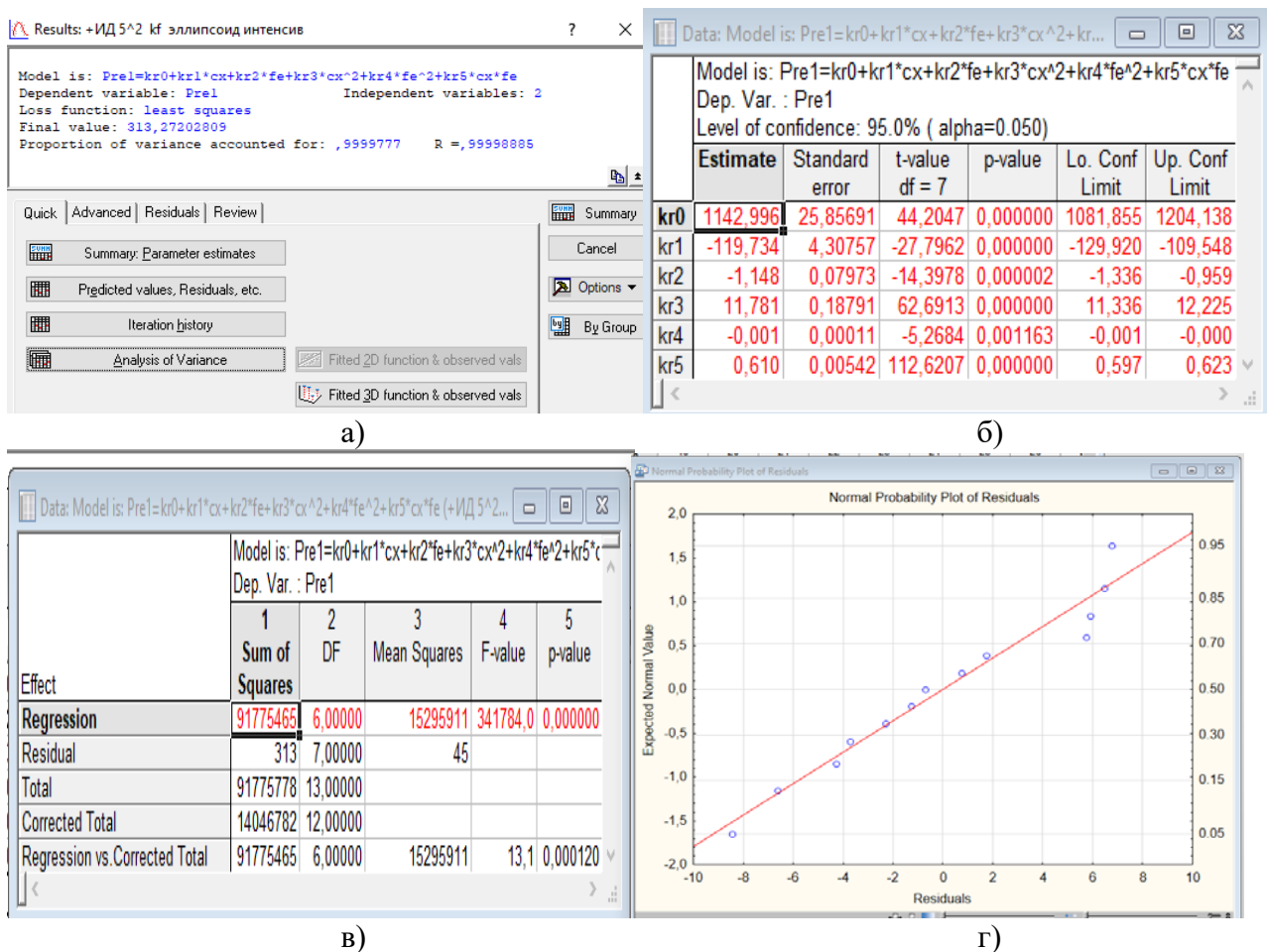


Рис. 2. Статистические параметры P_{re} :

- а) коэффициенты детерминации и индекс корреляции; б) коэффициенты регрессионного уравнения; в) коэффициент Фишера; г) расположение остатков на вероятностной бумаге

Таблица 3

Статистические параметры суммарной силы сопротивления грунта с эллипсоидным каменистым включением резанию

Коэффициент	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
	1142,996	-119,734	-1,148	11,781	-0,001	0,61
$\alpha_r(a)$	0,0	0,0	0,000002	0,0	0,001163	0,0
R	R^2	G_r	G_t	$\alpha_r(F_r)$	α_t	
0,999989	0,999978	0,193	0,27	0,0	0,05	

Гипотеза об однородности строчных дисперсий принимается, когда $G_r < G_t$, статистическая значимость коэффициентов уравнения регрессии и в целом регрессионной модели признаются, в случае, когда $\alpha_r < \alpha_t$ (уровень значимости случайных ошибок). Анализ остатков показывает, что остатки расположены близко прямой под углом, не наблюдаются каких-либо закономерностей в их расположении. Таким образом, математическая регрессионная модель силы сопротивления резанию грунта, содержащего близкоэллипсоидное каменистое включение выглядит (в н)

$$P_{re31} = 1142,996 - 119,734C_0 - 1,148f_e + 11,781C_0^2 - 0,001f_e^2 + 0,61C_0f_e \quad (8)$$

По результатам проведенных экспериментальных исследований на стенде [8] с учетом табл.1 и табл.2 получены регрессионные модели составляющих процесса резания грунта с различными каменистыми включениями (табл.4).

Таблица 4

Регрессионные модели составляющих процесса резания грунта

Регрессионная модель	R^2	α_r (F_r)
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкошаровидным каменистым включением, разрушающегося с интенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re11} = 1564,664 - 181,133C_0 - 2,632f_e + 14,058C_0^2 + 0,002f_e^2 + 0,693C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he11} = 548,9975 + 0,0507f_e + 6,2719C_0^2 - 0,0001f_e^2 + 0,0043C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe11} = 1,433506 + 0,079319C_0 + 0,015598f_e + 0,12861C_0^2 - 0,000014f_e^2 + 0,000111C_0f_e$	0,99	0,0
$\psi_{se11} = 56,11732 - 0,36954C_0 - 0,00602f_e + 0,00389C_0^2 + 0,00001f_e^2 + 0,00001C_0f_e$	0,9993	0,0
$n_{se11} = 1,679156 - 0,008175C_0 + 0,000487f_e + 0,000779C_0^2 + 0,000002C_0f_e$	0,9959	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкошаровидным каменистым включением, разрушающегося с экстенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re12} = 3127,526 - 442,505C_0 - 2,315f_e + 31,060C_0^2 + 1,376C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he12} = 1433,863 - 114,186C_0 + 0,4f_e + 16,695C_0^2 - 0,001f_e^2 + 0,364C_0f_e$	0,99994	0,0
$k_{Pre12} = 1,367701 + 0,004645C_0 + 0,000166f_e - 0,000048C_0^2 + 0,000005C_0f_e$	0,9912	0,0
$L_{fe12} = 0,038116 + 0,383452C_0 + 0,20343f_e + 0,007505C_0^2 - 0,000008f_e^2 + 0,000226C_0f_e$	0,9842	0,0
$\psi_{se12} = 53,89444 - 0,16822C_0 - 0,00367f_e - 0,00536C_0^2 + 0,00004C_0f_e$	0,9479	0,0
$n_{se12} = 1,857819 - 0,0529C_0 - 0,000187f_e + 0,002137C_0^2 - 0,000001f_e^2 - 0,000035C_0f_e$	0,9808	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкошаровидным каменистым включением, разрушающегося с вдавливанием каменного обломка		
$P_{re13} = 2872,492 - 384,905C_0 - 3,194f_e + 39,607C_0^2 - 0,003f_e^2 + 2,726C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he13} = 561,7689 - 0,6327C_0 + 0,1061f_e + 6,3794C_0^2 - 0,0007f_e^2 + 0,0243C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe13} = -3,47919 + 1,1045C_0 + 0,04189f_e - 0,2484C_0^2 + 0,00012f_e^2 + 0,00294C_0f_e$	0,9985	0,0
$\psi_{se13} = 55,922 - 0,37154C_0 - 0,02287f_e + 0,0038C_0^2 + 0,00005f_e^2 + 0,00006C_0f_e$	0,9993	0,0
$n_{se13} = 1,530489 + 0,008159C_0 + 0,00186f_e + 0,000038C_0^2 - 0,000003f_e^2 + 0,000001C_0f_e$	0,9977	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидным каменистым включением, разрушающегося с интенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re31} = 1142,996 - 119,734C_0 - 1,148f_e + 11,781C_0^2 - 0,001f_e^2 + 0,61C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he31} = 552,3585 + 0,033f_e + 6,2704C_0^2 - 0,0001f_e^2 + 0,0052C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe31} = 0,519166 + 0,208025C_0 + 0,008613f_e + 0,004004C_0^2 - 0,000002f_e^2 + 0,000047C_0f_e$	0,977	0,0
$\psi_{se31} = 57,13784 - 0,35838C_0 - 0,00676f_e + 0,00261C_0^2 + 0,00001f_e^2 + 0,00006C_0f_e$	0,988	0,0
$n_{se31} = 1,678929 - 0,007096C_0 + 0,000464f_e + 0,000754C_0^2 + 0,000001C_0f_e$	0,9906	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидным каменистым включением, разрушающегося с экстенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re32} = 2905,38 - 396,296C_0 - 3,262f_e + 28,629C_0^2 + 1,621C_0f_e$	0,9994	0,0
$k_{Pre32} = 1,504166 - 0,019398C_0 + 0,000028f_e + 0,001034C_0^2 + 0,000001f_e^2 + 0,000006C_0f_e$	0,9961	0,0
$P_{he32} = 1629,926 - 155,532C_0 + 18,248C_0^2 - 0,002f_e^2 + 0,562C_0f_e$	0,9998	0,0

$L_{fe32} = -0,054025 + 0,310226C_0 + 0,020141f_e + 0,003583C_0^2 - 0,000008f_e^2 + 0,000371C_0f_e$	0,9864	0,0
---	--------	-----

окончание табл. 4

$\psi_{se32} = 57,762 - 0,37254C_0 - 0,01025f_e + 0,00334C_0^2 + 0,00001f_e^2 + 0,00006C_0f_e$	0,987	0,0
$n_{se32} = 1,663093 - 0,034009C_0 - 0,001076f_e + 0,000445C_0^2 + 0,000001f_e^2 + 0,000005C_0f_e$	0,9823	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидным каменистым включением, разрушающегося с вдавливанием каменного обломка		
$P_{re33} = 2237,81 - 269,658C_0 - 6,214f_e + 34,46C_0^2 - 0,016f_e^2 + 5,17C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he33} = 549,0773 + 0,3023f_e + 6,294C_0^2 - 0,0024f_e^2 + 0,0348C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe33} = -0,873134 + 0,499805C_0 + 0,043212f_e - 0,00873C_0^2 - 0,000129f_e^2 - 0,003304C_0f_e$	0,9996	0,0
$\psi_{se33} = 57,00941 - 0,40605C_0 - 0,04831f_e + 0,00441C_0^2 + 0,00017f_e^2 + 0,00056C_0f_e$	0,9993	0,0
$n_{se33} = 1,573012 + 0,008575C_0 + 0,003573f_e + 0,000037C_0^2 - 0,000009f_e^2 + 0,000001C_0f_e$	0,9973	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидносуженным каменистым включением, разрушающегося с интенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re51} = 944,9533 - 84,1864C_0 - 2,2923f_e + 10,1041C_0^2 - 0,0015f_e^2 + 0,7292C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he51} = 543,1856 + 0,0826f_e + 6,2064C_0^2 - 0,0003f_e^2 + 0,0083C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe51} = 0,80097 + 0,071827C_0 + 0,01086f_e + 0,006035C_0^2 - 0,000007f_e^2 + 0,000157C_0f_e$	0,9986	0,0
$\psi_{se51} = 58,44581 - 0,37511C_0 - 0,01436f_e + 0,00255C_0^2 + 0,00002f_e^2 + 0,00021C_0f_e$	0,988	0,0
$n_{se51} = 1,616227 - 0,008766C_0 + 0,000867f_e + 0,000811C_0^2 - 0,000001f_e^2 - 0,000001C_0f_e$	0,9916	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидносуженным каменистым включением, разрушающегося с экстенсивным выведением каменного обломка		
$P_{re52} = 2600,445 - 343,562C_0 - 6,441f_e + 25,985C_0^2 + 2,133C_0f_e$	0,9995	0,0
$k_{Pre52} = 1,459024 - 0,01897C_0 - 0,000274f_e + 0,001113C_0^2 + 0,000003f_e^2 + 0,000008C_0f_e$	0,9714	0,0
$P_{he52} = 1618,427 - 159,885C_0 + 18,097C_0^2 - 0,002f_e^2 + 0,9C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe52} = -0,047801 + 0,210437C_0 + 0,023869f_e + 0,003177C_0^2 - 0,000015f_e^2 + 0,00047C_0f_e$	0,9997	0,0
$\psi_{se52} = 59,13076 - 0,39316C_0 - 0,01739f_e + 0,0039C_0^2 + 0,00002f_e^2 + 0,00009C_0f_e$	0,9868	0,0
$n_{se52} = 1,702365 - 0,035484C_0 - 0,00181f_e + 0,00049C_0^2 + 0,000003f_e^2 + 0,000006C_0f_e$	0,9824	0,0
Резание узким клиновидным режущим элементом грунта с близкоэллипсоидносуженным каменистым включением, разрушающегося с вдавливанием каменного обломка		
$P_{re53} = 1989,805 - 238,448C_0 - 6,575f_e + 29,249C_0^2 - 0,062f_e^2 + 9,715C_0f_e$	0,9999	0,0
$P_{he53} = 528,9945 + 1,0041f_e + 6,0717C_0^2 - 0,0323f_e^2 + 0,1338C_0f_e$	0,9999	0,0
$L_{fe53} = -0,894915 + 0,375652C_0 + 0,129242f_e - 0,005958C_0^2 + 0,000659f_e^2 + 0,007745C_0f_e$	0,9997	0,0
$\psi_{se53} = 59,40378 - 0,37903C_0 - 0,015325f_e + 0,00334C_0^2 + 0,00183f_e^2$	0,9993	0,0
$n_{se53} = 1,536822 - 0,000338C_0 + 0,011366f_e + 0,000821C_0^2 + 0,000066f_e^2 + 0,000101C_0f_e$	0,9991	0,0

На основе регрессионных моделей, приведенных в табл.4 проведен вычислительный анализ изменения энергоемкости резания в зависимости от геометрической формы каменистого включения (рис.3) и вида разрушения грунта (рис.4). Заполнителем выступает наиболее представительный грунт – супесь [16],[17]. Сопротивляемость резанию $C_0 = 11$ ударов [18],[19], большая полуось эллипсоида $a_e = 0,07$ м, площадь активной поверхности каменистого включения изменяется в зависимости от формы каменистого включения и вида движения обломка при разрушении грунта.

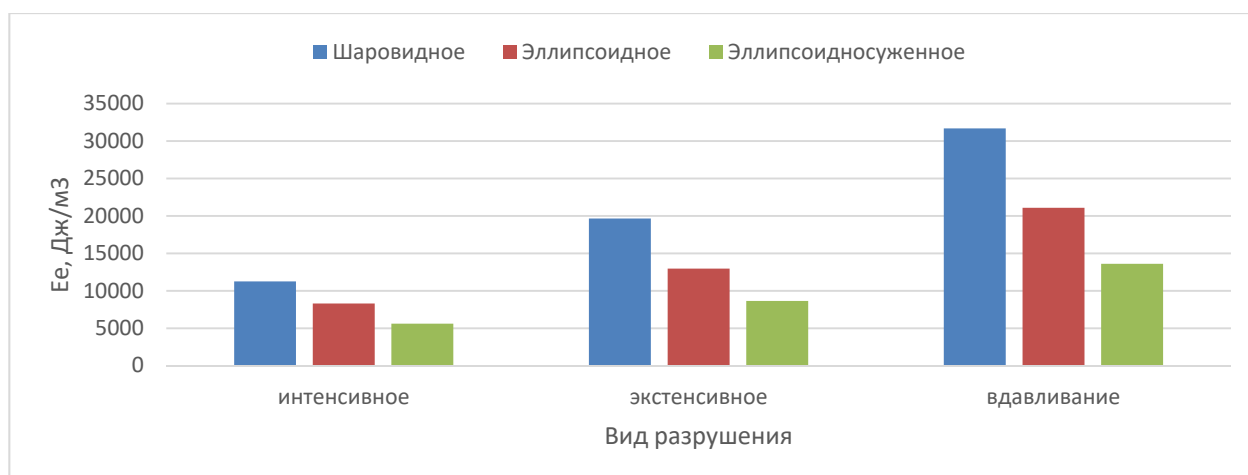


Рис. 3. Изменение энергоемкости резания грунта по видам разрушения в зависимости от геометрической формы каменистого включения

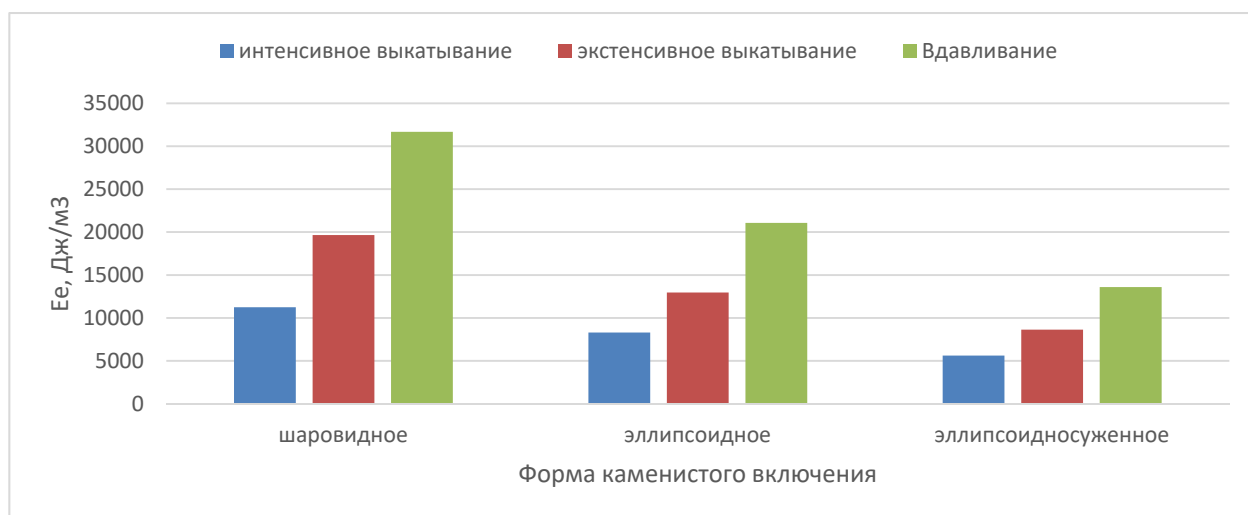


Рис. 4. Изменение энергоемкости резания грунта с каменистым включением в зависимости от вида разрушения грунта

Относительное снижение энергоемкости резания грунта между шаровидной и эллипсоидносуженной формами каменистого включения составляет: при интенсивном выкатывании – 50,01%, при экстенсивном выкатывании – 56,01%, при выдавливании камня – 57,07%. Относительное возрастание энергоемкости резания между разрушениями грунта с интенсивным выкатыванием и с вдавливанием каменистого включения составляет 141...182%. Таким образом разработанная методология позволяет установить энергоемкость резания грунта, содержащего различные каменистые включения, разрушающегося по различным видам разрушения и является объективным критерием оценки совершенствования технологии разработки грунтов землеройными машинами. Полученные регрессионные модели можно использовать в расчете энергоемкости резания грунта, содержащего различные каменистые включения в вероятностном аспекте, с учетом грунтовых условий эксплуатации землеройной техники.

Библиографический список

1. Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С. Грунтовые условия эксплуатации землеройной техники на территории Кыргызской Республики: монограф. Бишкек: Бишкектранзит, 2008. 80 с.
2. Тургунбаев М.С. Грунты, содержащие крупные обломки. Матер. межд. научно-практ. конф. Караганд. унив-та «Болашак» - Караганда: 2010. - С.17-21.
3. Тургунбаев М.С. Нагруженность и усталостная долговечность рабочего оборудования экскаваторов при разработке каменистых грунтов с изношенными зубьями ковша. Дисс. ... канд. техн. наук. - Бишкек, 2002.
4. Рабатов О.Ж. Влияние износа зубьев ковша гидравлических экскаваторов на нагруженность металлоконструкций рабочего оборудования. Дисс. к.т.н. – Алма-Ата, 1993.
5. Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С. Математические регрессионные модели процесса резания грунта, содержащего каменистое включение // Техника и технология транспорта. 2021. № 3 (22). С. 15. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N22-15TI321.pdf>
6. Мендекеев Р.А., [Тургунбаев М.С.](#) Классификационные признаки крупных обломочных включений грунтов // [Вестник КГУСТА](#). 2016. № 2 (52). С. 100-104.
7. Тургунбаев М.С. Характеристики прорези разрушения грунта, содержащего обломочно-каменное включение. eLibrary ID: [41672667](#). [Высокие технологии в строительном комплексе](#). Воронеж. 2019. №2, С. 61-71.
8. Тургунбаев М.С., [Шамуратов К.Т.](#) Стенд для исследования процесса резания грунтов. Патент на полезную модель Кыргызской Республики №113 от 30.08.2010.
9. Баловнев, В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М., Машиностроение, 1974. - 228 с.
10. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М., Высшая школа, 1981, -335 с.
11. Turgumbayev J.J., Turgunbayev M.S. Prediction of the cutting resistance force of the soil containing stony fractions // News of the Natonal Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 5, Number 449 (2021), 161-169. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.110>. (in Eng).
12. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. - М.: Машиностроение, 1971. - 359 с.
13. Ю.П.Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. Изд. «Наука». 1976.279 с.
14. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. М., «Мир», 1981, - 520 с.
15. Staistica. Statsoft@ Inc. USA. Версия 10.
16. Кравцов Э.А. Интенсификация рабочих процессов землеройных машин. Учебное пособие. –М. МАДИ, 1988, 91 с.
17. Чеченков М.С.- Разработка прочных грунтов. - Л.: Стройиздат, 1987г, 231с.
18. Зеленин А.Н., Баловнев И.П., Керов И.П. Машины для земляных работ – М.: Машиностроение, 1975. - 421 с.
19. Zelenin AN, Balovnev VI and Kerov IP. Machines for moving the earth: Fundamentals of the theory of soil loosening, modeling of working processes and forecasting machine parameters. Rotterdam: A.A. Balkema, 1986.

References

1. Turgumbaev Zh.Zh., Turgunbaev M.S. Soil operating conditions for earthmoving equipment in the territory of the Kyrgyz Republic: monograph. Bishkek: Bishkektransit, 2008.80 p.

2. Turgunbaev M.S. Soils containing large debris. Mater. int. scientific and practical conf. Karagand. University "Bolashak" - Karaganda: 2010. - P.17-21.
3. Turgunbaev M.S. Load and fatigue life of excavator working equipment in the development of stony soils with worn out bucket teeth. ... Cand. tech. sciences. - Bishkek, 2002.
4. Rabatov O. Zh. Influence of the wear of the bucket teeth of hydraulic excavators on the loading of metal structures of the working equipment. Diss. Ph.D. - Alma-Ata, 1993.
5. Turgumbaev Zh.Zh., Turgunbaev M.S. Mathematical regression models of the process of cutting soil containing stony inclusion // Technics and technology of transport. 2021. No. 3 (22). S. 15. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N22-15TI321.pdf>
6. Mendekeev R.A., Turgunbaev M.S. Classification signs of large clastic soil inclusions // Bulletin of KGUSTA. 2016. No. 2 (52). S. 100-104.
7. Turgunbaev M.S. Characteristics of the fracture slot of soil containing detrital-stone inclusion. elibrary ID: 41672667 High technologies in the building complex, Voronezh. 2019.No. 2, p. 61-71.
8. Turgunbaev M.S., Shamuratov K.T. Stand for the study of the process of cutting soil. Utility model patent of the Kyrgyz Republic No. 113 dated 30.08.2010.
9. Balovnev, V.I. Methods of physical modeling of work processes of road-building machines. M., mechanical engineering, 1974 .-- 228 p.
10. Balovnev VI Modeling of processes of interaction with the environment of working bodies of road-building machines. M., Higher School, 1981, -335 p.
11. Turgumbayev J.J., Turgunbayev M.S. Prediction of the cutting resistance force of the soil containing stony fractions // News of the Natonal Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 5, Number 449 (2021), 161-169. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.110>. (in Eng).
12. Vetrov Yu.A. Soil cutting with earth-moving machines. - M .: Mashinostroenie, 1971. - 359 p.
13. Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovsky. Planning an experiment to find optimal conditions. M. Ed. "The science". 1976.279 s
14. Johnson N. Statistics and experiment planning in technology and science: Experiment planning methods. M., "Mir", 1981, - 520 p.
15. Staistica. Statsoft @ Inc. USA. Version 10.
16. Kravtsov E.A. Intensification of working processes of earth-moving machines. Tutorial. – M. MADI, 1988, 91 p.
17. Chechenkov MS - Development of solid soils. - L .: Stroyizdat, 1987, 231s.
18. Zelenin A.N., Balovnev I.P., Kerov I.P. Machines for earthworks - M .: Mashinostroenie, 1975. - 421 p.
19. Zelenin AN, Balovnev VI and Kerov IP. Machines for moving the earth: Fundamentals of the theory of soil loosening, modeling of working processes and forecasting machine parameters. Rotterdam: A.A. Balkema, 1986.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)
Студент Инженерно-строительного института А.В. Сафонов
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7(928)-970-99-77
e-mail: safonov4.av@edu.spbstu.ru
Канд. техн. наук, ст. преподаватель Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства
О.С. Гамаюнова
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7(921)-965-88-25
e-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Student of the Institute of Civil Engineering
A.V. Safonov
Russia, St. Petersburg,
tel. +7 (928) -970-99-77
e-mail: safonov4.av@edu.spbstu.ru
Cand.Sc.(Engineerin), Senior Lecturer at the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction
O.S. Gamayunova
Russia, St. Petersburg,
tel. +7 (921)-965-88-25
e-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

А.В. Сафонов, О.С. Гамаюнова

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Новое строительство на окраинах города вынуждает застройщиков обеспечить эти территории коммуникациями и инфраструктурой. Это решение нерентабельно. Альтернатива - строительство на застроенных ранее территориях. В статье сделан анализ проблем, связанных со строительством в условиях плотной городской застройки, а также рассмотрены возможные способы их решения. Рассмотрен ряд мероприятий, который необходимо реализовать перед началом строительства и во время него.

Ключевые слова: строительство, плотная городская застройка, здания, сваи, организация строительства, геотехнический мониторинг.

A.V. Safonov, O.S. Gamayunova

FEATURES OF CONSTRUCTION IN CONDITIONS OF DENSE URBAN DEVELOPMENT

New construction on the outskirts of the city is forcing developers to provide these areas with communications and infrastructure. This solution is not cost effective. An alternative is construction on previously built-up areas. The article analyzes the problems associated with construction in conditions of dense urban development, and also discusses possible ways to solve them. A number of measures are considered that must be implemented before and during construction.

Keywords: construction, dense urban development, buildings, piles, construction organization, geotechnical monitoring.

В настоящее время проблема возведения зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки становится все более актуальной. Уплотнительная застройка, как правило, касается крупных городов, причем не только в России, но и в мире. Для большинства застройщиков такой вид возведения жилых зданий является очень выгодным и позволяет строить дома, а то и целые жилые комплексы, в престижном месте в черте города. Однако жителями ближайших домов такая застройка обычно воспринимается крайне негативно.

Вопрос об уплотнительной застройке касается чаще всего территорий, где налажено отличное транспортное сообщение, построено достаточно объектов социальной инфраструктуры, есть парки и скверы, которые, как раз, и застраиваются новыми зданиями.

В качестве примера на рис. 1 показано возведение здания в условиях плотной городской застройки (г.Киото, Япония). Такие стесненные условия приносят много проблем, решать которые застройщик вынужден в процессе строительства. Необходимо учесть все возможные воздействия на окружающие здания, а также организовать пространство вокруг дома, включающее в себя тротуары, детские площадки, парковку и т.д. Парковку можно разместить и в подземном пространстве, но его строительство может негативно сказаться на окружающих зданиях. Осложняет ситуацию то, что этими окружающими зданиями могут оказаться исторические, либо ветхие дома, находящиеся в критическом состоянии. В таких условиях необходимо также учесть эвакуационные проезды (выезды) по строительной площадке, средства экстренного тушения пожара, ограничительные обноски или ограждения вокруг котлована, подготовленные к использованию пожарные гидранты, указатели зон проведения строительных работ на площадке, навесы над пешеходными зонами, расположенные вдоль строительной площадки.

К сожалению, при уплотнительной застройке уже существующие здания и сооружения могут получить дефекты, которые приведут к невозможности их дальнейшей эксплуатации. Важность обеспечения безопасности уплотнительного строительства обусловлена множеством факторов. Один из них - передача дополнительных нагрузок на грунтовое основание от веса возводимого здания или сооружения, в результате чего существующее здание может получить ненормативную осадку и крен. Как показывает практика, таким деформациям подвержены невысокие здания высотой до пяти этажей при строительстве рядом с ними высотных объектов.

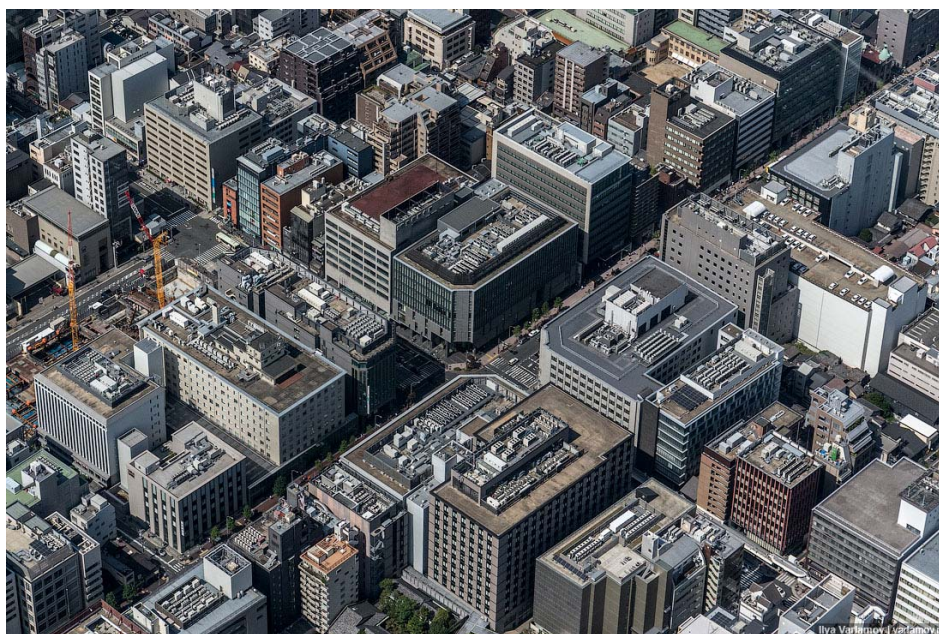


Рис. 1. Возведение здания в условиях плотной городской застройки (г.Киото, Япония)

При строительстве в условиях плотной городской застройки появляется ряд проблем, с которыми сталкиваются строители и проектировщики на начальном этапе строительства:

1. Сложная организация территории строительства: в шаговой доступности от строящегося объекта необходимо разместить склады, временные сооружения, бытовые и административные помещения, медпункты, столярные и слесарные цеха, а также обеспечить строительную площадку подъездными путями, водой и электроэнергией.

2. Выбор конструкции и типа фундамента будущей постройки. Из-за взаимного влияния существующих и вновь возводимых зданий на грунт, необходимо исследовать напряженно-деформируемое состояние грунтового массива.

3. Устройство фундаментов и свай будущего сооружения. Особенно сложным и важным процессом является разработка котлована. Если не предпринимать специальные меры по защите зданий, находящихся вблизи строящегося объекта, то при разработке котлована под фундаментом могут появиться дополнительные деформации, вызванные рядом причин: выпор грунта в сторону разрабатываемого котлована, суффозия грунта из-под подошвы фундамента при открытом водоотливе или промораживание талого грунта и разработка мерзлого грунта.

4. Размещение на строительной площадке специальной техники (крупногабаритные строительные машины и краны). Зачастую, вокруг строительной площадки располагаются высокие или протяженные здания или сооружения, рядом с которыми прокладка крановых путей и размещение башенных кранов просто невозможны. Эти факторы накладывают определенные ограничения по высоте и ширине рабочей зоны.

5. Ограничения по глубине рабочей зоны. Наличие развитой транспортной (в том числе подземной, например, метро) инфраструктуры, линий связи (оптоволоконные сети) или различных магистральных трубопроводов (газ, вода) невозможно не учитывать.

Очевидно, что решение всех вышеперечисленных проблем потребует взвешенных проектных решений и солидных финансовых затрат. Тем не менее, экономить на решении этих проблем не стоит, так как это может привести к появлению в стенах уже построенных зданий трещин, к перекосам проемов и лестничных маршей, к сдвигу плит перекрытий и, в конечном итоге, к нарушению нормальных условий эксплуатации существующих зданий или их разрушению [1].

Организация строительного пространства в условиях плотной городской застройки

В условиях плотной городской застройки главной проблемой является ограниченное пространство, ведь на стройплощадке необходимо организовать место для строительного крана, эвакуационные выезды, ограждения вокруг котлована и обноски, средства тушения пожара, а также ограждения и навесы для обеспечения безопасности прохожих. Для экономии территории стройплощадки временные постройки (например, бытовки, административные помещения, столовые, склады, санитарные помещения и др.) могут быть вынесены за пределы стройплощадки [2]. Также необходимо организовать въезды и выезды на стройплощадку, обязательно обеспечить технику безопасности в виде установления ограждений с козырьками по периметру территории строительства и т.д. [3]. При строительстве в условиях плотной городской застройки целесообразно использовать легкомонтируемые башенные краны, передвижные краны или самоподъемные краны, размещаемые внутри ячейки здания [4].

Вибрационные воздействия при забивке свай

В начале строительства здания создается фундамент, в качестве которого выступают, как правила, сваи. Сложность процесса забивания свай в условиях плотной застройки

заключается в том, что при проведении таких работ могут возникнуть вибрации грунтов, оцениваемые с помощью виброускорения и виброскорости, что может привести к нарушению эксплуатационных свойств и показателей ранее существующих зданий, а также к разрушению отдельных узлов строения, таких как фундамент, стены, перекрытия, несущие колонны и т.д. Связано это с тем, что, как правило, для экономии места и увеличения жилой площади, возводятся высокие здания, для устойчивости которых забиваются сваи. Для забивания свай используются механизмы (дизельный молот, гидравлический молот, вибропогружатель, молот одиночного действия), вибрации которых способны создать кратковременное усиление волн при нескольких ударах одновременно, что происходит из-за эффекта резонанса. Поэтому желательно выдерживать дистанцию от соседнего здания, при которой будут достигаться наименьшие вибрационные нагрузки. Согласно исследованиям, она равна 54 метрам. В качестве альтернативного варианта для поглощения колебаний от строящегося здания и предотвращения дальнейшего распространения в грунт можно использовать виброгасители, устанавливаемые в подземной части здания. Еще одно решение - использовать виброизоляционные рулонные материалы, которые представляют из себя многослойный рулонный материал, включающий гидроизоляцию, слой из геотекстиля и изолирующий слой, состоящий из пружинок и прочных пластиковых нитей. Однако можно и не учитывать вибрационные воздействия, оказываемые на близлежащие здания. Для этого необходимо всего лишь соблюдать дистанцию между строящимся и прилегающими зданиями. Дистанция зависит от типа сооружения. В таблице 1 приведены расстояния, соотнесенные с разными типами сооружений [5].

Таблица 1

Расстояние, при котором можно возводить свайные фундаменты без учета вибрационных воздействий на прилегающие здания [5]

Сооружения	Радиус зоны обследования, м			
	При забивке свай и шпунта	При вибропогружении		
		Свай-оболочек	Свай	Шпунта
Производственные и гражданские здания с полным каркасом	25	60	35	20
Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	25	50	30	20
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами	30	100	70	25
Высокие жесткие сооружения и дымовые трубы	25	80	50	20

Геотехническая оценка влияния нового строительства

Помимо влияния вибраций при забивании свай, стоит учесть и другие аспекты, которые могут повлиять на окружающие здания в процессе строительства. Проведение геотехнического мониторинга и составление геотехнического прогноза позволяет дать оценку влияния нового строительства на состояние грунтов, фундаментов и оснований близлежащих зданий, а также спрогнозировать изменение уровня грунтовых вод. Основные виды геотехнического мониторинга представлены на рис.2.

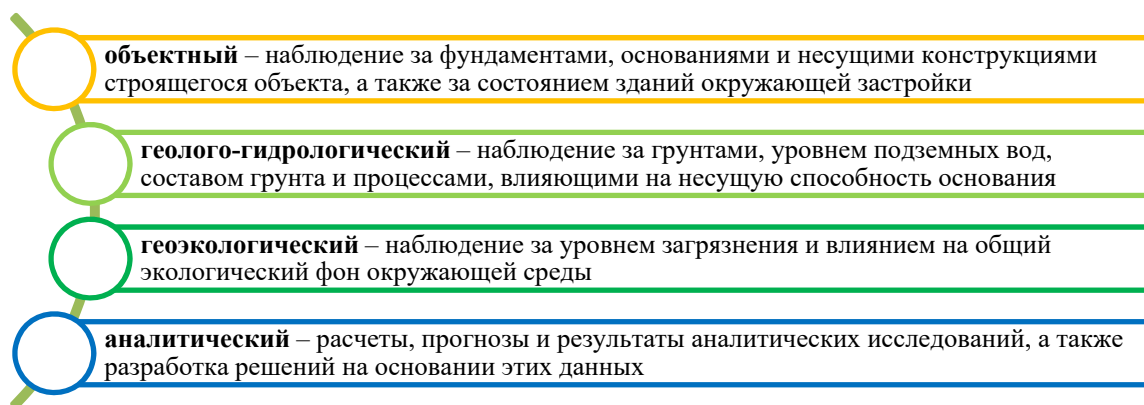


Рис. 2. Виды геотехнического мониторинга

В результате геотехнического анализа можно оценить показатели дополнительных деформаций оснований и фундаментов зданий существующей застройки и радиус зоны влияния. После проведения геотехнической оценки принимаются меры по укреплению оснований и фундаментов окружающей застройки. Основными мерами укрепления грунтов являются: устройство железобетонной обоймы, буроинъекционные сваи, цементация грунта и др. Основные методы геотехнического мониторинга представлены на рис. 3 [2].



Рис. 3. Основные методы геотехнического мониторинга

Эксплуатация подземного пространства в условиях уплотнительной застройки

Несмотря на ограниченную площадь, выделенную на строительство здания, необходимо организовать пространство вокруг здания, включающее в себя тротуары, детские площадки, а также парковку для автомобилей. Как правило, для высоких зданий обустраивается подземная парковка, чтобы вместить наибольшее число автомобилей и при этом не занять много места. Подземное пространство можно эксплуатировать не только для парковки. Оно часто используется для складных или хозяйственных помещений, а иногда ничем не отличается по эксплуатируемости от надземных этажей. Строительство здания с подземным пространством наиболее привлекательно для инвестора, поскольку

дополнительная площадь здания принесет больше прибыли. Подземные этажи возводятся методом «Стена в грунте» [1]. Данный метод позволяет действенно использовать подземное пространство под зданиями и передать значительные полезные нагрузки от тяжело нагруженных сооружений на грунтовое основание. На рис. 4 приведен процесс возведения стены в грунте. Однако устройство подземных сооружений может привести к негативному влиянию на окружающие здания [6].

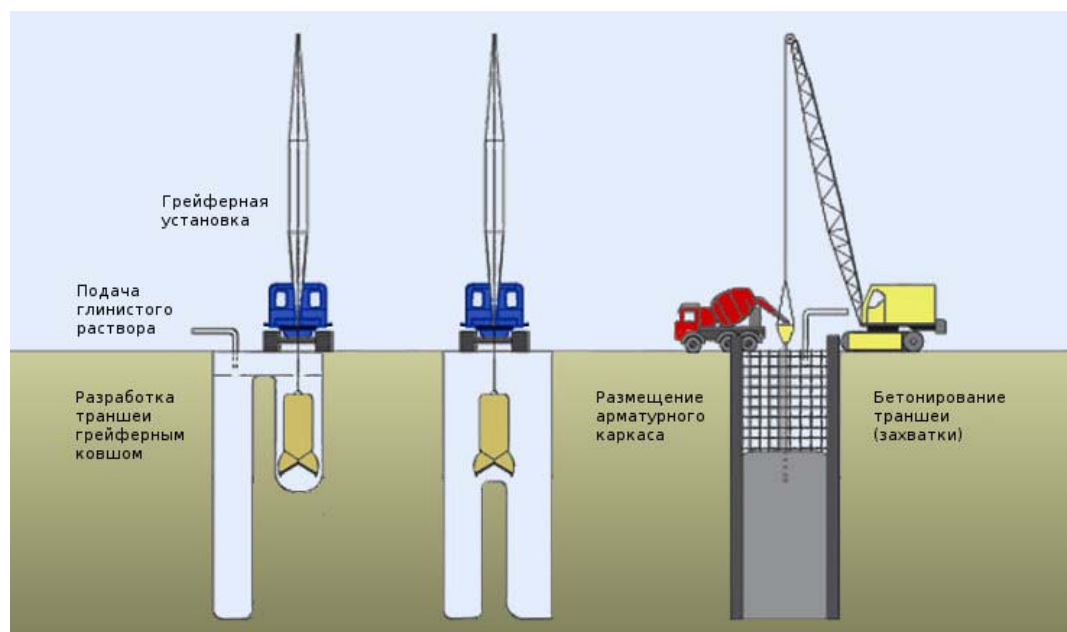


Рис. 4. Принцип возведения сооружений способом «стена в грунте»

Организация парковочного пространства в условиях плотной городской застройки

Подземная парковка очень удобна в городских условиях, позволяет сэкономить место, а также оградить автомобили от воздействий окружающей среды. Но не всегда есть возможность строительства такой парковки, а также она имеет ряд минусов: такие парковки не всегда могут вместить все автомобили жильцов дома, высокая стоимость, трудности при строительстве и т.д.

В таком случае возникает проблема нехватки парковочных мест в условиях стесненной жилой застройки. Отсутствие зон, выделенных для стоянки транспорта оказывает негативное влияние как на качество жителей, так и на окружающую среду. В таких случаях автовладельцы вынуждены парковать свои транспортные средства на газонах или тротуарах, что затрудняет движение пешеходов и машин. Это происходит, потому что количество автомобилей постепенно увеличивается, что обратно пропорционально обеспеченности машиноместами. В этом можно убедиться, изучив рис. 5.

Альтернативой подземной парковке может быть обвалованная автостоянка. Она представляет собой заглубленную или наземную стоянку, наружные ограждающие конструкции которой выступают выше уровня земли, с обвалованным грунтом. Основными преимуществами такой стоянки являются: два уровня размещения (защищен / не защищен от воздействия окружающей среды), соответственно, стоимость дифференцируется в зависимости от места, такая стоянка может быть возведена на территориях со сложным рельефом, минимизация расстояния до фасадов жилых зданий, что делает ее комфортной для использования и компактной, что в условиях плотной застройки очень важно, а также охрана транспорта [7].

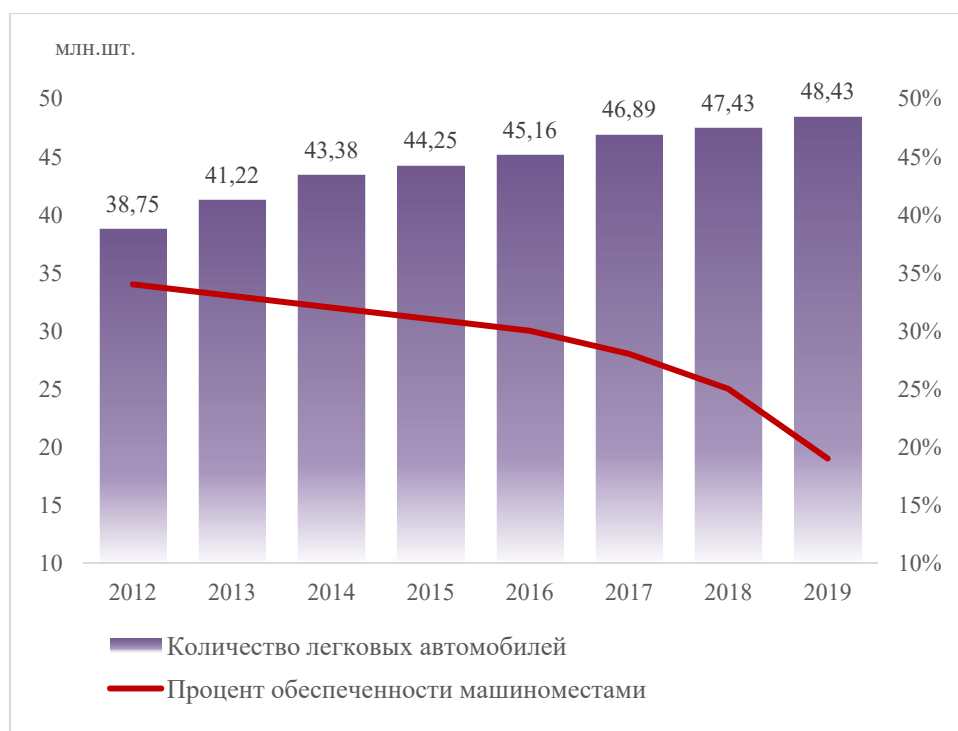


Рис. 5. Количество легковых автомобилей и обеспеченность машиноместами в 2012-2019 гг. [7, 8]

Способы доставки стройматериалов к месту строительства

Основным аспектом в любом строительстве являются стройматериалы. Многие конструктивные элементы собираются непосредственно на стройплощадках, но в условиях ограниченного пространства это не всегда представляется возможным. Поэтому некоторые строительные материалы, такие как бетон и арматура доставляются на стройплощадку уже в почти готовом виде. Изготавливаются эти материалы, как правило, на предприятиях за пределами стройплощадки.

Кроме того, на стройплощадку желательно доставлять уже окрашенные изделия и оборудование, чтобы уменьшить вредные выбросы в атмосферу и неприятные запахи с территории строительства.

Также необходимо учитывать ограниченные возможности техники, в частности, кранов. На ограниченной площади уплотнительного строительства используют передвижные краны либо башенные, подкрановая площадь которых составляет не менее 9 м² и которые не требуют устройства подкрановых путей.

В процессе строительства появляется мусор, который необходимо вывозить. Это мероприятие должно быть организовано в соответствии с действующими нормативными актами. Также необходимо позаботиться о стоке вод, который должен быть организован в процессе планировки площадки и производства подготовительных работ [9].

Заключение

Перед началом строительства необходимо продумать все его детали, учесть всевозможные проблемы, которые могут появиться в процессе строительства. Это поможет сэкономить время, деньги и, самое главное, сохранит равновесие городской среды. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки обязывают обеспечить

комфорт жителей, проживающих в близлежащих домах, а также сохранить эксплуатационные показатели и характеристики этих зданий. Все эти сложности и особенности окупаются преимуществами, в число которых можно включить чрезмерную функциональность и большую вместимость. Очевидно, что такое строительство очень выгодно в финансовом плане, поскольку строительство производится в центральной части города, где проведены все коммуникации, созданы необходимые условия для комфортной жизни человека, а также повышены цены на жилую площадь.

В этой статье были рассмотрены основные трудности, которые могут возникнуть при строительстве в условиях плотной городской застройки. Также были подробно рассмотрено влияние свайных работ на близлежащие здания и сооружения, способы доставки материалов на стройплощадку, а также возможность сооружения автомобильной парковки, обеспечивающей максимально выгодное использование небольшого пространства, выделенного под строительство объекта.

Библиографический список

1. Грязнов, С. Ю. Особенности строительства вблизи существующих зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки / С. Ю. Грязнов, Е. А. Жалнина // Аллея науки. – 2018. – Т. 4. – № 6(22). – С. 354-357.
2. Коноплева, А. А. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки / А. А. Коноплева // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: Материалы II Национальной научно-практической конференции, Астрахань, 07 февраля 2019 года / под общ. ред. Т. В. Золиной. – Астрахань: Информационно-издательский центр, 2019. – С. 362-365.
3. Чередниченко, Н. Д. Особенности монтажа навесных вентилируемых фасадов в условиях плотной городской застройки / Н. Д. Чередниченко, Т. К. Кузьмина, Е. Н. Бабкина // Научное обозрение. – 2017. – № 12. – С. 27-31.
4. Петров, К. С. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки / К. С. Петров, В. Е. Морозов, К. Д. Бабаян, М. И. Кохан // Инновации в науке: пути развития: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 31 октября 2019 года. – Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования "Экспертно-методический центр", 2019. – С. 69-73.
5. Волков, Т.Д. Вибрационные воздействия при забивке свай в условиях городской застройки / Т.Д. Волков, Н.А. Позднышев // Alfabuild. 2019. 12. С. 34–43. DOI: 10.34910/ALF.12.4
6. Проблемы строительства высотных зданий в условиях плотной городской застройки [электронный ресурс]. – URL: <https://izron.ru> (дата обращения: 11.04.2021).
7. Дуванова, И.А. Оптимизация организации парковочного пространства в условиях жилой застройки / И.А. Дуванова, Т.Л. Симанкина // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №2 (41). С. 108-117.
8. Статистика российского рынка легковых автомобилей в 2008-2019 годах [электронный ресурс]. – URL: <https://research-center.ru/statistika-rossiyskogo-rynka-legkovykh-avtomobiley> (дата обращения: 25.04.2021).
9. Особенности возведения зданий в условиях городской застройки [электронный ресурс]. – URL: <http://ind.pskgu.ru> (дата обращения: 17.04.2021).
10. Шуплик, М. Н. Анализ специальных способов строительства подземных сооружений в городских условиях / М. Н. Шуплик // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S1. – С. 523-546.
11. Смирнов, О.О. Влияние высотной застройки на город и городскую среду / О.О. Смирнов // Жилищные стратегии. – 2019. – Т. 6. – № 1. – С. 45-64. – DOI:10.18334/zhs.6.1.40471

12. Гумерова, Э. И. Способы производства штукатурных работ / Э. И. Гумерова, О. С. Гамаюнова // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2016. – № 7(46). – С. 7-16.
13. Алексеев, С. В. Выявление наиболее надежных конструкций деформационных швов / С.В. Алексеев, С. М. Шевченко, А. А. Трифонова // *Путевой навигатор*. – 2021. – № 46(72). – С. 36-43.
14. Далинчук, В. С. Устранение просадки фундаментов с помощью технологии SLAB LIFTING / В. С. Далинчук, М. С. Ильмендеров, В. В. Яркин // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2015. – № 11(38). – С. 21-33.
15. Gumerova, E. Choosing the appropriate way of plastering works for transportation and construction facilities / E. Gumerova, O. Gamayunova, R. Gorshkov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Khabarovsk, 10–13 апреля 2017 года. – Khabarovsk: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012185. – DOI:10.1088/1755-1315/90/1/012185.
16. Соколов, В. А. Эффективность метода струйной цементации для закрепления грунтов основания / В.А. Соколов, Д. А. Страхов, Л. Н. Синяков, Г. В. Гарманов // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2017. – № 5(56). – С. 56-63. – DOI:10.18720/CUBS.56.5
17. Gamayunova, O. Solutions to the Urban Problems by Using of Underground Space / O. Gamayunova, E. Gumerova // *Procedia Engineering* (см. в книгах). – 2016. – Vol. 165. – P. 1637-1642. – DOI:10.1016/j.proeng.2016.11.904

References

1. Gryaznov, S. Yu. Features of construction near existing buildings and structures in conditions of dense urban development / S. Yu. Gryaznov, E. A. Zhalnina // *Alley of Science*. - 2018. - Т. 4. – No. 6(22). – Pp. 354-357.
2. Konopleva, A. A. Features of construction in conditions of dense urban development / A. A. Konopleva // *Innovative development of regions: the potential of science and modern education: Materials of the second Scientific and practical conference of the National, Astrakhan, February 07, 2019 / under the general editorship of T. V. Zolina*. - Astrakhan: Information and Publishing Center, 2019. - Pp. 362-365.
3. Cherednichenko, N. D. Features of installation of hinged ventilated facades in conditions of dense urban development / N. D. Cherednichenko, T. K. Kuzmina, E. N. Babkina // *Scientific Review*. - 2017. - No. 12. - Pp. 27-31.
4. Petrov, K. S. Features of construction in conditions of dense urban development / K. S. Petrov, V. E. Morozov, K. D. Babayan, M. I. Kohan // *Innovations in science: ways of development : Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference, Cheboksary, October 31, 2019*. - Cheboksary: Non-state educational private institution of additional professional education "Expert-methodical Center", 2019. - Pp. 69-73.
5. Volkov, T.D. Vibration effects when driving piles in urban conditions / T.D. Volkov, N.A. Pozdnyshv // *Alfabild*. 2019. 12. Pp. 34-43. DOI: 10.34910/ALF.12.4
6. Problems of construction of high-rise buildings in conditions of dense urban development [electronic resource]. - URL: <https://izron.ru> (date of reference: 11.04.2021).
7. Duvanova, I.A. Optimization of parking space organization in residential development / I.A. Duvanova, T.L. Simankina // *Construction of unique buildings and structures*. 2016. No.2 (41). pp. 108-117.
8. Statistics of the Russian passenger car market in 2008-2019 [electronic resource]. - URL: <https://research-center.ru/statistika-rossiyskogo-rynka-legkovykh-avtomobiley> (accessed: 04/25/2021).
9. Features of the construction of buildings in urban development [electronic resource]. - URL: <http://ind.pskgu.ru> (date of reference: 04/17/2021).

10. Shuplik, M. N. Analysis of special methods of construction of underground structures in urban conditions / M. N. Shuplik // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). - 2014. - No. 1. - Pp.523-546.
11. Smirnov, O. O. The influence of high-rise buildings on the city and the urban environment / O. O. Smirnov // Housing strategies. - 2019. - Vol. 6. - No. 1. - Pp. 45-64 – DOI:10.18334/zhs.6.1.40471
12. Gumerova, E. I. Methods of production of plastering works / E. I. Gumerova, O. S. Gamayunova // Construction of unique buildings and structures. – 2016. – No. 7(46). – Pp. 7-16.
13. Alekseev, S. V. Identification of the most reliable designs joints / S. V. Alekseev, S. M. Shevchenko, A. A. Trifonov // Waypoint Navigator. – 2021. – No. 46(72). – Pp. 36-43.
14. Milinchuk, V. C. Removing subsidence of the foundations with the technology of plate lifting / V. S. Dalinchuk, M. S. Elmenderov, V. V. Yarkin // Construction of unique buildings and structures. – 2015. – No. 11(38). – Pp. 21-33.
15. Gumerova, E. Choosing a suitable method of plastering work for transport and construction objects / E. Gumerova, O. Gamayunova, R. Gorshkov // IOP Conference Series: Earth and Environment Science, Khabarovsk, April 10-13, 2017. - Khabarovsk: Publishing House of the Institute of Physics, 2017. - p.012185. – DOI:10.1088/1755-1315/90/1/012185
16. Sokolov, V. A. Effectiveness of the jet cementation method for fixing foundation soils / V. A. Sokolov, D. A. Strakhov, L. N. Sinyakov, G. V. Garmanov // Construction of unique buildings and structures. – 2017. – No. 5(56). – Pp. 56-63– - DOI:10.18720/CUBS.56.5
17. Gamayunova, O. Solving urban problems through the use of underground space / O. Gamayunova, E. Gumerova // Engineering technologies (see books). - 2016. - Vol.165. - Pp.1637-1642. DOI:10.1016/j.proeng.2016.11.904

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

УДК 624.042:624.131.384

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной механики
Г.Е.Габриелян
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2715230
e-mail: grayr2010@rambler.ru
Студенты дорожно-транспортного
факультета
И.Н. Волков
Россия, г. Воронеж, тел. +7(908)141-26-12
e-mail: adnin4voronezh@bk.ru
А.В. Волокитина
Россия, г. Воронеж, тел. +7(904)212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
М.А. Габриелян
Россия, г. Воронеж, тел. +7(915)588-66-07
e-mail: gabrielyan-525@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
PhD of Tech.Sciences, Associate professor of
the Department of Structural Mechanics
G.E.Gabrielyan
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2715230
e-mail: grayr2010@rambler.ru
Students of the Faculty of Highways and
Transport
I.N.Volkov
Russia, Voronezh, tel. +7(908)141-26-12
e-mail: adnin4voronezh@bk.ru
A.V.Volokitina
Russia, Voronezh, tel. +7(904)212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
M.A.Gabrielyan
Russia, Voronezh, tel. +7(915)588-66-07
e-mail: gabrielyan-525@mail.ru*

Г.Е. Габриелян, И.Н. Волков, А.В. Волокитина, М.А. Габриелян

РАСЧЕТ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ С УЧЕТОМ ПОСТАДИЙНОГО НАГРУЖЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ И ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ГРУНТОВОЙ СРЕДЫ

Изучается напряженно-деформированное состояние водопропускных труб под насыпью автодороги с применением конечноэлементной расчетной схемы. Показывается, что применение дискретных методов расчета позволяет наиболее точно учесть особенности совместного деформирования трубы и окружающей грунтовой среды и является приоритетным в практике проектирования. Предлагается алгоритм расчета труб с учетом пошагового нагружения временной нагрузкой и изменения свойств грунтового массива. Анализируются результаты расчета для большого диапазона цилиндрических жесткостей труб.

Ключевые слова: насыпь автодороги, водопропускные трубы, грунтовая засыпка, напряженно-деформированное состояние.

CALCULATION OF CULVERTS TAKING INTO ACCOUNT STEP-BY-STEP LOADING WITH A TEMPORARY LOAD AND CHANGES IN THE PROPERTIES OF THE SURROUNDING SOIL ENVIRONMENT

The stress-strain state of pipe culvert located under the road earth-deposit with application of finite elemental design model is studied. It is shown that the use of discrete calculation methods makes it possible to most accurately take into account the features of joint deformation of the pipe and surrounding soil environment and is a priority in design practice. The calculation algorithm is proposed taking into account the step-by-step loading with a temporary load and changes in the properties of the soil massif. The calculation results for a large range of cylindrical pipe stiffness are analyzed.

Keywords: road earth-deposit, pipe culvert, soil filling, deflected mode.

Действующие в настоящее время нормативные документы для расчета водопропускных труб под насыпями автомобильных дорог не позволяют учесть особенности совместного деформирования трубы и окружающей грунтовой среды. В современной практике проектирования используют приближенные методы расчета, содержащие простой математический расчетный аппарат. Эти методы не учитывают разновидность грунтового массива, резкое различие деформативности трубы и отпорности грунта, наличие арочного эффекта, образование безотпорных зон в верхней части гибких труб и т.д. Это приводит к неточности результатов и перерасходу материала.

Использование метода конечных элементов (МКЭ) при расчете водопропускных труб позволяет не только учесть указанные особенности совместного деформирования трубы и окружающего грунтового массива, но и дать оценку точности применения приближенных методов расчета. Этот подход используется и в настоящем исследовании.

Расчеты выполнялись в линейной постановке. Рассматривались круглые водопропускные трубы отверстием 1,5 м в большом диапазоне значений цилиндрической жесткости. Для гибких труб этот диапазон составляет 0,06-0,36 кНм² (толщина волнистого листа 1,5÷2,7 мм), для жестких 375-3000 кНм² (толщина стенки 6-12 см). Модуль деформации окружающего грунта принимается равным 40 МПа, коэффициент Пуассона 0,2. Высота насыпи составляет 2 м. В качестве временной нагрузки принимается колесная нагрузка НК-80, прикладываемая в узлы конечноэлементной схемы. Результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) трубы в детерминированном и вероятностной постановках приведены в [1-5]. В настоящей работе исследовалось НДС труб при ступенчатом нагружении временной нагрузкой с учетом изменения свойств грунтовой среды.

На основе анализа нескольких различных схем, отличающихся конфигурацией расчетной области и густотой элементной разбивки, для оценки НДС трубы и грунтовой среды была выбрана плоская конечноэлементная модель, представленная на рис.1.

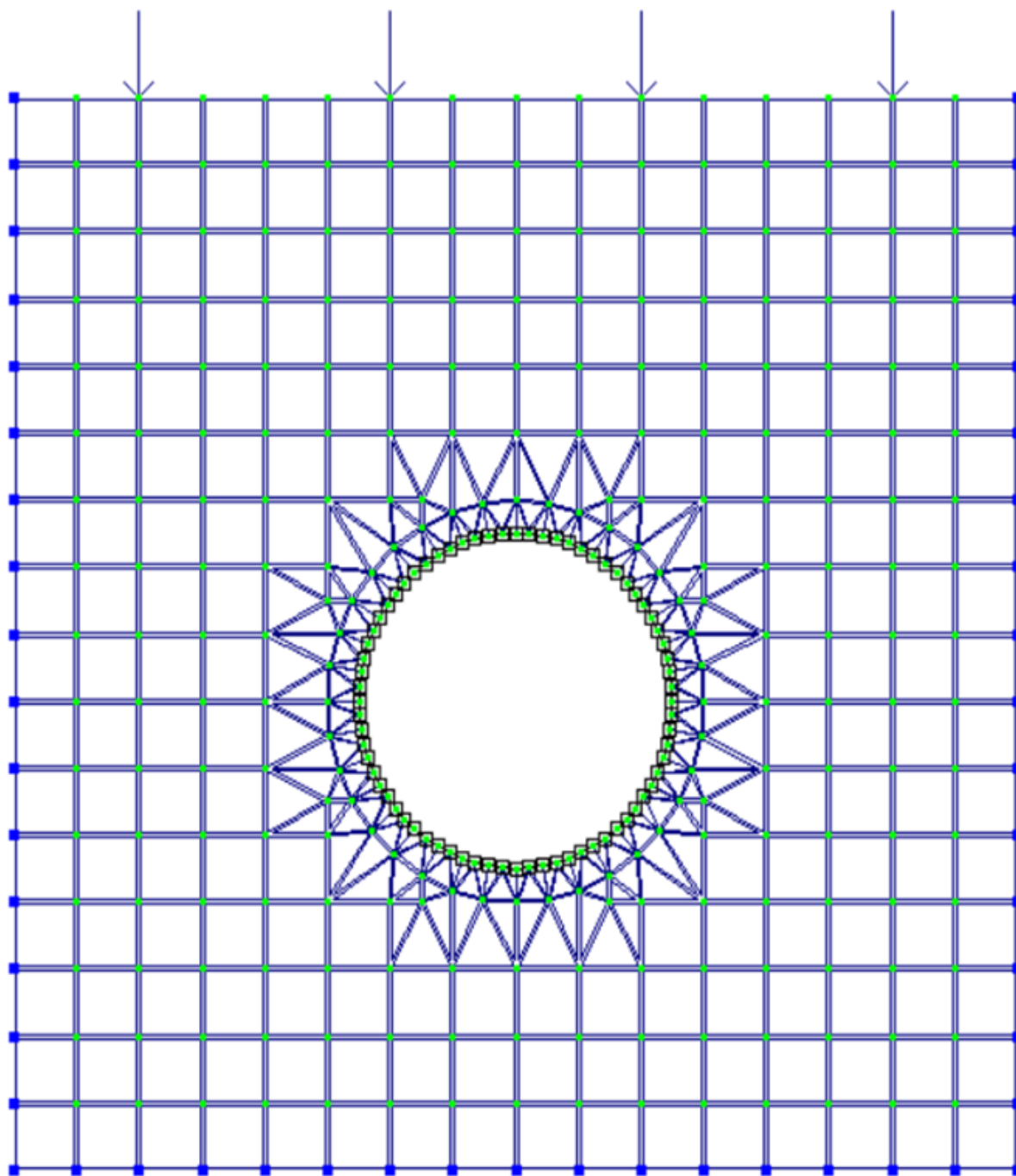


Рис. 1. Расчетная схема МКЭ

В принятой плоской конечноэлементной расчетной схеме кольцевое сечение трубы моделировалось 64мя стержневыми конечными элементами (КЭ), сопротивляющимися совместному действию сжатия и поперечного изгиба. Грунтовый массив представлен прямоугольными и треугольными КЭ, реализующими состояния плоской деформации. Грунт, непосредственно соприкасающийся с трубой, моделируется стержневыми КЭ одноосного растяжения-сжатия. Использование таких КЭ обеспечивает, с одной стороны, достаточную точность решения при сравнительно простом аналитическом аппарате, а с другой – возможность детальной аппроксимации исследуемой области любого очертания ее границ и зон неоднородности. Временная нагрузка прикладывалась частями (всего 10 шагов), на каждом шаге изменялись жесткостные характеристики грунтового массива, непосредственно соприкасающегося с трубой (рис.2).

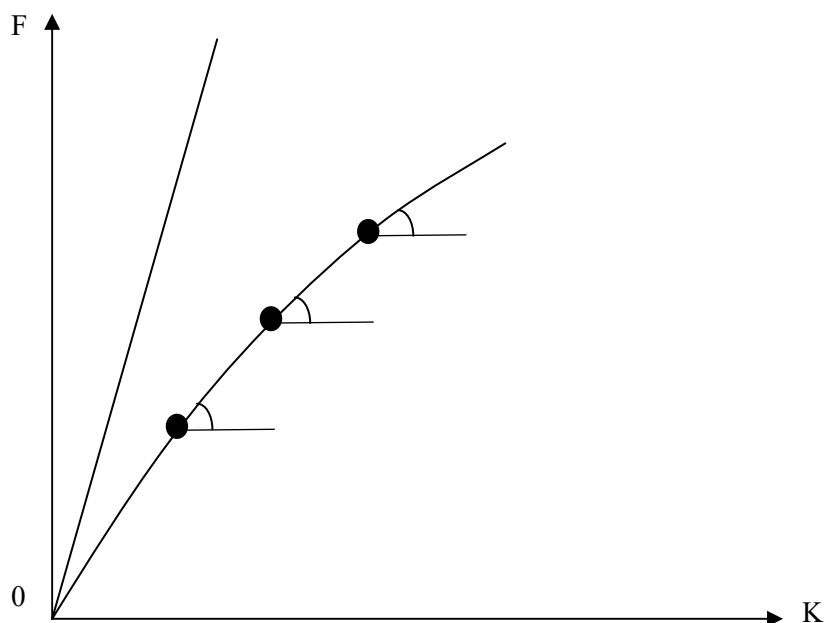


Рис. 2. Схема приложения нагрузки

Результаты расчетов моментов в замковом сечении трубы для гибких и жестких труб приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Нагружение гибкой трубы

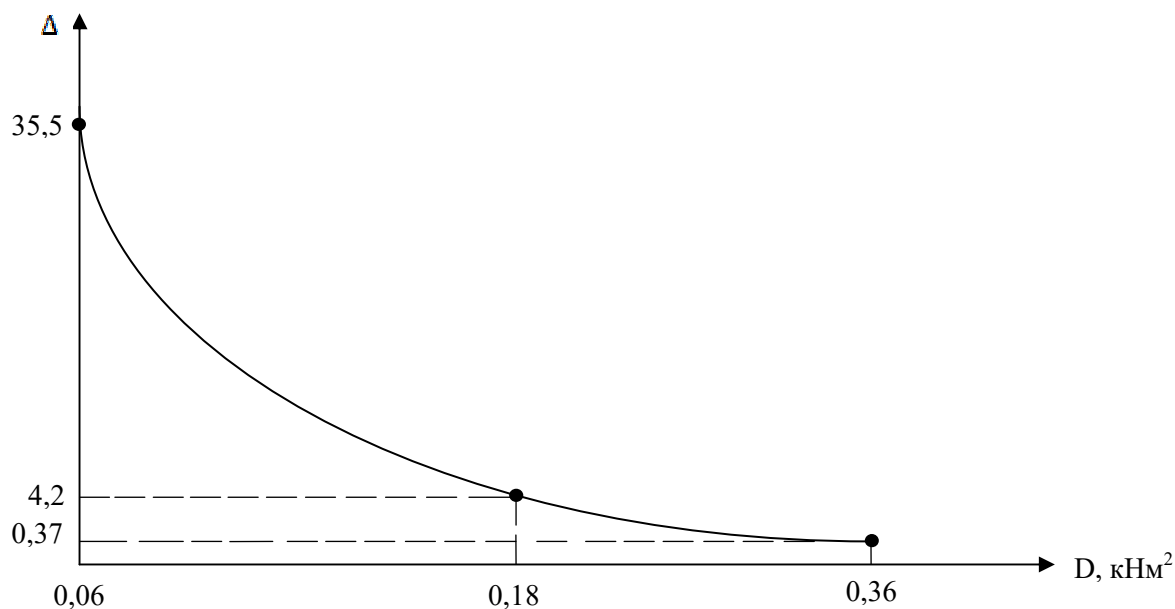
Шаг	Нагрузка, кН	Коэффициент жесткости, МПа	Моменты в замковом сечении трубы, кНм		
			D=0,06 кНм ²	D=0,18 кНм ²	D=0,36 кНм ²
1	20	22	0,000807	0,000460	0,0000662
2	20	24	0,000810	0,000466	0,0000749
3	20	26	0,000813	0,000473	0,0000833
4	20	28	0,000815	0,000479	0,0000916
5	20	30	0,000818	0,000486	0,0000999
6	20	32	0,000820	0,000490	0,000108
7	20	34	0,000823	0,000496	0,000115
8	20	36	0,000825	0,000501	0,000123
9	20	38	0,000827	0,000507	0,000131
10	20	40	0,000830	0,000512	0,000140
Суммарные моменты, кНм			0,00819	0,00487	0,00103
Моменты при одновременном нагружении, кНм			0,000231	0,00117	0,00277

Таблица 2

Нагружение жесткой трубы

Шаг	Нагрузка, кН	Коэффициент жесткости, МПа	Моменты в замковом сечении трубы, кНм			
			D=375 кНм ²	D=1500 кНм ²	D=3000 кНм ²	D=4500 кНм ²
1	20	22	0,0433	0,251	0,533	0,770
2	20	24	0,0365	0,222	0,481	0,709
3	20	26	0,0358	0,198	0,437	0,650
4	20	28	0,0262	0,178	0,398	0,599
5	20	30	0,0222	0,160	0,365	0,553
6	20	32	0,0187	0,144	0,335	0,512
7	20	34	0,0157	0,130	0,308	0,476
8	20	36	0,0131	0,118	0,285	0,443
9	20	38	0,0108	0,107	0,263	0,414
10	20	40	0,0088	0,098	0,244	0,387
Суммарные моменты, кНм			0,231	1,606	3,649	5,513
Моменты при единовременном нагружении, кНм			0,409	1,660	3,120	4,310

Для анализа полученных результатов был введен параметр Δ , равный отношению суммарного момента поэтапного нагружения к моменту при единовременном нагружении временной нагрузкой. Зависимости параметра Δ от цилиндрической жесткости труб приведены на рис.3 и 4.

Рис. 3. Зависимость параметра Δ от жесткости гибкой трубы

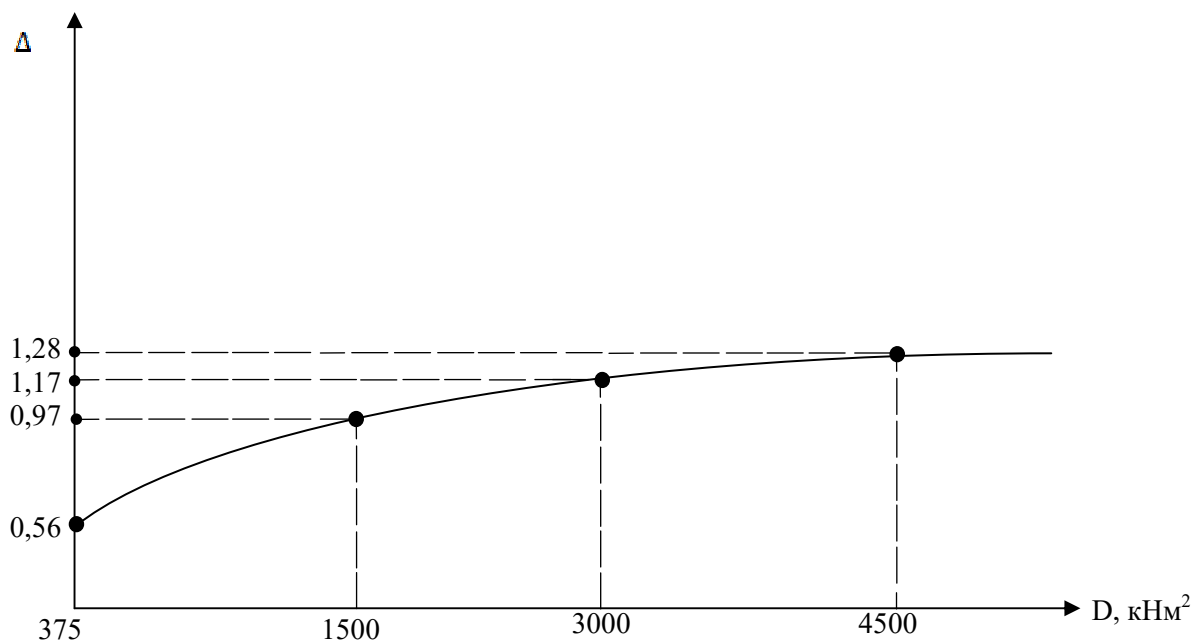


Рис. 4. Зависимость параметра Δ от жесткости жесткой трубы

Как видно из рис.3, 4 параметр Δ имеет большие значения для гибких труб малой жесткости, а при увеличении жесткости трубы он уменьшается по кривой мягкого типа. Для жестких труб параметр Δ увеличивается незначительно по кривой жесткого типа. Из графиков видно, что на некотором диапазоне жесткостей параметр Δ становится меньше единицы.

Выводы

Использование дискретных методов расчета (например, МКЭ) позволяет учесть особенности совместного деформирования гибких и жестких водопропускных труб и окружающей грунтовой засыпки. Кроме того, результаты расчетов по МКЭ позволяют оценить точность приближенных методов расчета, используемых в практике проектирования.

Библиографический список

1. Габриелян Г.Е. Расчетный анализ влияния параметров системы «труба-грунтовой массив» на напряженно-деформированное состояние водопропускных труб / Г.Е. Габриелян, Ив Ндайирагидже // Строительная механика и конструкции. – 2015. – Вып.№2 (11). – С. 71-77.
2. Лисов В.М. Дорожные водопропускные трубы. М.: Информ.-изд. центр «ТИМР», 1998.-140 с.
3. Лисов В.М. Водопропускные трубы под насыпями автодорог. Воронеж: изд-во Воронеж. гос. арх.-строит. акад., 1996.-124 с.
4. Сафронов В.С. Расчет гибких водопропускных труб с учетом разброса характеристик деформативности грунта насыпи / В.С. Сафронов, Г.Е. Габриелян // Современные методы статического и динамического расчета сооружений и конструкций. – Воронеж, 1998.-Вып.4. – С.24-31.

5. Зазвонов В.В. Влияние деформационных характеристик печатной засыпки на напряженно-деформированное состояние грунтозасыпных мостов / В.С. Сафронов, В.В. Зазвонов // Строительная механика и конструкции. - 2010.- Вып. №1. -С.16-20.

References

1. Gabrielyan G.E. Calculation analysis of the system "pipe-ground massif" parameters influence on pipe deflected mode / G. E. Gabrielyan, Iv Ndairagidzhe // Structural Mechanics and Structures. – 2015. -Issue №2 (11). – P. 71-77.
2. Lisov V. M. Road culverts. M: Information and publishing center "TIMR", 1998.-140 p.
3. Lisov V.M. Culverts under road embankments. Voronezh: Publishing house of the Voronezh State Academy of Architecture and Construction, 1996.-124 p.
4. Safronov V.S. Calculation of flexible pipe culvert with account of earth-deposit soil characteristic spread / V.S. Safronov, G.E. Gabrielyan // Modern static and dynamic design of constructions and structures. - Voronezh, 1998. – Issue. 4. - P.24-31.
5. Zazvonov V.V. Sand backfilling deformative characteristics influence on deflected mode of soil filled bridges / V.S. Safronov, V.V. Zazvonov // Structural Mechanics and Structures. – 2010.- Issue №1.-P.16-20.

*Воронежский государственный
технический университет
старший преподаватель кафедры Жилищ-
но-коммунального хозяйства
Лобанов Дмитрий Валерьевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: ldv-36@mail.ru
к.т.н., доцент кафедры Жилищно-
коммунального хозяйства
Новосельцев Борис Петрович
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: belebey36@mail.ru
старший преподаватель кафедры Жилищ-
но-коммунального хозяйства
Мерщев Александр Александрович
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.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
Ph.D., associate professor of the Department
of Housing and Communal Services
Novoseltsev Boris Petrovich
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 271-28-92
e-mail: belebey36@mail.ru
Senior Lecturer of the Department of Housing
and Communal Services
Mershchiev Alexander Alexandrovich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.ru*

Д.В. Лобанов, Б.П. Новосельцев, А.А. Мерщев

ВЛИЯНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ (ДЕФЕКТОВ) МЕСТНЫХ СИСТЕМ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Формирование нормируемых параметров воздушной среды в производственных помещениях – одна из сложнейших задач вентиляции помещений различного назначения. Вид, характер и количество выделяющихся вредных веществ зависят от технологического процесса производственного помещения. В настоящее время современное высокотехнологичное оборудование снабжено заводскими встроенными местными отсосами, применяемыми при создании новых производственных линий. Однако, довольно большое количество производств различного профиля в нашей стране укомплектовано технологическим оборудованием, снабженным устаревшими вентиляционными устройствами и системами. Работать на таких предприятиях, к сожалению, опасно, так как высок риск получения профессионального заболевания. Анализ работоспособности вентиляционных систем многих промышленных площадок с вышеуказанными характеристиками показывает, что системы, предназначенные для борьбы с загрязняющими веществами производственного характера (газы, теплоизбытки, влагоизбытки и т.д.) с поставленными задачами фактически не справляются вследствие износа вентиляционных систем.

Ключевые слова: дефект вентиляционной системы, воздух рабочей зоны, местная вытяжная вентиляция, эксплуатация вентиляционных систем.

IMPACT OF DAMAGES (DEFECTS) OF LOCAL EXHAUST VENTILATION SYSTEMS ON ENVIRONMENTAL SITUATION IN WORKING AREA OF PRODUCTION ROOM

The formation of regulated parameters of the air environment in production premises is one of the most difficult tasks of ventilation of premises of various purposes. The type, nature and amount of harmful substances released depend on the technological process of the production room. Currently, modern high-tech equipment is equipped with factory built-in local suction pumps used in the creation of new production lines. However, a rather large number of industries of various profiles in our country are equipped with technological equipment equipped with outdated ventilation devices and systems. It is unfortunately dangerous to work in such enterprises, since there is a high risk of getting a professional illness. An analysis of the operation of ventilation systems of many industrial sites with the above characteristics shows that systems designed to combat industrial pollutants (gases, heat, moisture, etc.) do not actually cope with the tasks set due to wear of ventilation systems.

Keywords: ventilation system defect, working area air, local exhaust ventilation, operation of ventilation systems.

Согласно [1] содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимых концентраций (ПДК). В основу качественного гигиенического нормирования загрязнения воздушной среды положено понятие вредного вещества [2]. Количественное гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и населенных мест должно осуществляться с использованием величин предельно допустимых концентраций. В большинстве случаев имеет место следующее неравенство:

$$ПДК_{р.з.} > ПДК_{м.р.} > ПДК_{с.с.},$$

где $ПДК_{р.з.}$ - предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, $мг/м^3$; $ПДК_{м.р.}$ - предельно допустимая максимально разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, $мг/м^3$; $ПДК_{с.с.}$ - Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, $мг/м^3$.

Указанные предельно допустимые концентрации приводятся в государственном стандарте и гигиенических нормативах [1, 3]. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, включающие 109 наименований, установлены согласно [4].

Для удаления, загрязненного вредными веществами воздуха из помещения служат системы вытяжной вентиляции. Загрязненный воздух без очистки выбрасывается в атмосферу установками общеобменной вытяжной вентиляции при небольшой концентрации вредных веществ в удаляемом воздухе. Если концентрация вредностей в удаляемом воздухе местной вытяжной вентиляцией значительная, то перед выбросом в атмосферу воздух очищается [5].

Системы приточной и вытяжной вентиляции предназначены для создания и поддержания требуемых санитарно-гигиенических и технологических параметров воздуха в рабочей зоне помещений. На промышленных предприятиях устраивают, как правило, местную и общеобменную вытяжную вентиляцию, предназначенные, соответственно, для удаления загрязненного воздуха у мест его образования и вредных веществ, не удаленных местной вытяжной вентиляцией. Приточная вентиляция служит для разбавления вредных веществ до концентрации ниже ПДК и для компенсации количества воздуха, удаляемого местными отсосами.

Виды и количество выделяющихся в помещение вредных веществ определяют по технологическому заданию или расчетом по действующим нормативным документам или справочным данным [6], от которых зависят расчетные расходы воздуха вентиляционных систем.

Воздух, удаляемый местными отсосами, часто содержит пары щелочи, кислоты, абразивной пыли и другие загрязняющие вещества, которые обладают коррозирующими или истирающими свойствами. Поэтому воздуховоды в процессе эксплуатации часто выходят из строя: в элементах систем вентиляции образуются неплотности (отверстия). Их образование возможно по следующим причинам: при транспортировании удаляемого воздуха, содержащего пары щелочи или кислоты возникает коррозия воздуховодов; при транспортировании запыленного воздуха, содержащего абразивную пыль, происходит истирание воздуховодов абразивным материалом и т.д. Неплотности могут образовываться и при небрежной эксплуатации, например, при ударах тяжелыми предметами по воздуховодам.

На приведенных рисунках показаны наиболее часто встречающиеся повреждения элементов вентиляционных систем, которые возникли в процессе эксплуатации. Например, на рис. 1 показан прорыв в отводе, который возник из-за коррозии или за счет истирания транспортируемым абразивным материалом.



Рис. 1. Неплотность в отводе

На рис. 2 показана неплотность в вентиляционной сети в месте подсоединения воздуховода к всасывающему (рис.2а) и нагнетательному (рис. 2б) отверстиям вентилятора (дефект монтажа, возможно усиленный коррозией металла). При вибрации вентилятора происходят его вертикальные и горизонтальные колебательные движения (перемещения). Для сохранения целостности металлических воздуховодов нормы предусматривают установку гибких (мягких) вставок на всасывающей и нагнетательной сторонах вентилятора. Величина вертикальных и горизонтальных перемещений вентилятора при вибрации зависит от его номера: чем больше номер вентилятора, тем больше величина амплитуды колебаний. Значит, длина гибких (мягких) вставок должна зависеть от номера вентилятора. На рис. 2 видно, что длина мягких вставок занижена. Следовательно, возможность порыва (разрыва) гибких вставок усиливается при применении слишком короткой длины вставок.

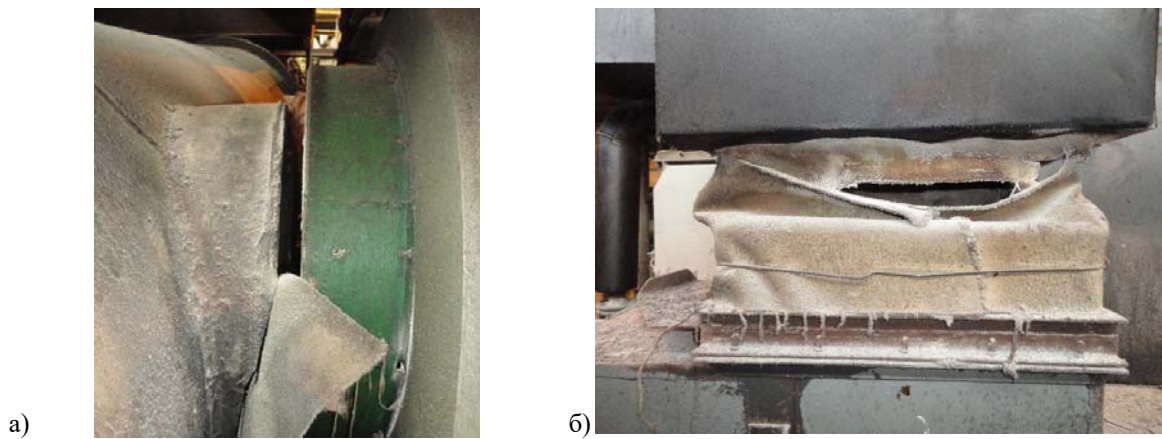


Рис. 2. Дефекты мест подсоединения, всасывающего (а) и нагнетательного (б) воздуховодов вытяжной системы к радиальному вентилятору

На рис. 3 показано нарушение конфигурации воздуховода из-за небрежного монтажа или эксплуатации вентиляционной сети.



Рис. 3. Нарушение заводской конфигурации прямого участка воздуховода

Неплотность на воздуховодах может образовываться на всасывающей или нагнетательной части вытяжной системы, рис. 4а.

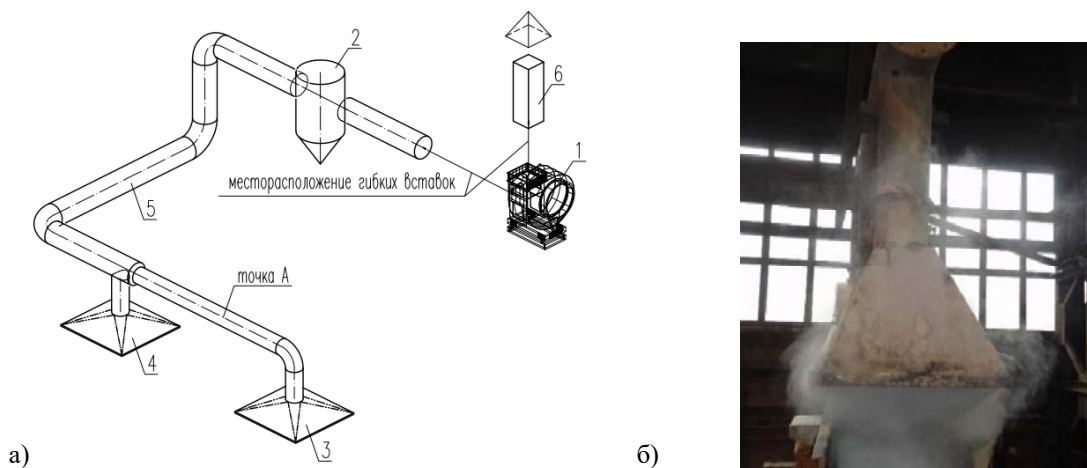


Рис. 4. Местная вытяжная вентиляция:

а) схема; б) работа местного отсоса;

1 – вентилятор; 2 – устройство для очистки воздуха; 3, 4 – местный отсос;
5 – всасывающий воздуховод; 6 – нагнетательный воздуховод

В случае образования неплотности в точке А на всасывающей части воздуховода 5, через образовавшееся отверстие воздух из помещения (где проложен воздуховод) будет всасываться вентилятором 1. Так как вентилятор подобран на заданный расход воздуха, то количество удаляемого воздуха через местный отсос 3 будет меньше на объем подсасываемого воздуха, значит количество улавливаемых вредных веществ местным отсосом будет меньше; не уловленные вредные вещества поступят в рабочую зону помещения. Следовательно, концентрация вредных веществ в рабочей зоне может повыситься выше ПДК, что недопустимо [2].

Когда неплотности образовались на нагнетательной части системы, то загрязненный воздух будет выходить из воздуховода 6 под действием давления, создаваемого вентилятором: если воздуховод 6 расположен вне обслуживаемого помещения, то будет загрязняться воздушная среда, расположенная рядом с воздуховодом; если воздуховод проложен в помещении венткамеры или в обслуживаемом помещении, то загрязняющие вещества будут поступать в помещение венткамеры (или обслуживаемого помещения) и концентрация загрязняющих веществ будет увеличиваться. В обоих случаях это недопустимо.

На рис. 4б видно, что пары вредных веществ не улавливаются местным отсосом и поступают в рабочую зону помещения.

Как правило, вышеупомянутые дефекты приводят к нарушению работоспособности вентиляционных систем и снижению их эффективности.

Выводы

Нарушение заводской конфигурации элементов вентиляционной сети (см. рис. 3) приводят к увеличению ее аэродинамического сопротивления, а нарушение целостности (неплотности) (см. рис. 1, 2) – к уменьшению расхода воздуха, удаляемого через местный отсос, и увеличению количества вредных веществ, поступающих в рабочую зону. При этом концентрация вредных веществ в рабочей зоне повышается и может быть выше ПДК.

Подобные нарушения целостности и конфигурации вентиляционных систем приводят к снижению эффективности их работы, ухудшению экологической обстановки внутри обслуживаемого производственного помещения. Это может привести к более быстрым и тяжелым формам появления профессиональных заболеваний у работников предприятий, а также летальному исходу.

В рабочих инструкциях по эксплуатации вентиляционных систем и установок на промышленных предприятиях должно быть особо отмечено, чтобы соответствующие службы систематически проверяли состояние воздухопроводов и местных отсосов, своевременно устраняли все неисправности, которые возникают в процессе эксплуатации вентиляционных систем. Также следует отметить несоблюдение (в ряде случаев) требований и рекомендаций [7] по срокам проведения диагностики и выполнения регламентных работ по системам вентиляции.

В заключение отметим, что большинство предприятий, построенных в прошлом столетии, требуют проведения реконструкции систем приточной и вытяжной вентиляции.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1);
2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»;
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;

4. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»;
5. СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;
6. Тищенко Н. Ф. «Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе». Справочник. — М.: Изд. «Химия», 1991. — 362 с;
7. СП 336.1325800.2017 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила эксплуатации.

References

1. GOST 12.1.005-88 Occupational Safety Standards System. General sanitary and hygienic requirements for the working area air (with Change N 1);
2. GOST 12.1.007-76 SSBT "Harmful substances. Classification and general safety requirements ";
3. SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness for humans of habitat factors";
4. SanPiN 2.1.3684-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water facilities, drinking water and drinking water supply to the population, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures";
5. SP 60.13330.2020 "SNiP 41-01-2003 Heating, ventilation and air conditioning";
6. Tishchenko N.F. "Protection of atmospheric air. Calculation of the content of harmful substances and their distribution in the air. " Directory. - M.: Ed. "Chemistry," 1991. - 362 s;
7. SP 336.1325800.2017 Ventilation and air conditioning systems. Operating rules.

*Воронежский государственный
технический университет
старший преподаватель кафедры Жилищ-
но-коммунального хозяйства
Мерщиев Александр Александрович
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.ru
старший преподаватель кафедры Жилищ-
но-коммунального хозяйства
Лобанов Дмитрий Валерьевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: ldv-36@mail.ru
к.т.н., доцент кафедры
Гидравлики, водоснабжения
и водоотведения
Гармонов Кирилл Валерьевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: garmonkir@mail.ru
к.т.н., доцент кафедры
Жилищно-коммунального хозяйства
Воробьева Юлия Александровна
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: cccp38@yandex.ru
Военно-воздушная академия имени профес-
сора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
к.т.н., начальник лаборатории научно-
исследовательского центра
Певцов Станислав Сергеевич
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-28-92
e-mail: vgasu.gkh@gmail.com*

*Voronezh State
Technical University
Senior Lecturer of the Department of Housing
and Communal Services
Mershchiev Alexander Alexandrovich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: sasha_1990@mail.ru
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
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Housing and
Communal Services
Garmonov Kirill Valerievich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: garmonkir@mail.ru
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Hydraulics,
water supply and wastewater disposal
Vorobyova Julia Alexandrovna
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: cccp38@yandex.ru
Military Air Academy named after Professor
N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, Candidate
of Technical Sciences, Head of R&D Center
Laboratory Pevtsov Stanislav Sergeevich
Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-28-92
e-mail: vgasu.gkh@gmail.com*

А.А. Мерщиев, Д.В. Лобанов, К.В. Гармонов, Ю.А. Воробьева, С.С. Певцов

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

В настоящее время отопление и горячее водоснабжение большинства зданий в городах РФ осуществляется зачастую от централизованных систем теплоснабжения. Наиболее острой проблемой существующих сетей теплоснабжения является их состояние, которое требует значительных капиталовложений для повышения их энергетической эффективности и снижения аварийных ситуаций.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, теплоснабжение, сети теплоснабжения, надежность, вероятность, коррозия.

A.A. Mershchiev, D.V. Lobanov, K.V. Garmonov, Y.A. Vorobyova, S.S. Pevtsov

ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF HEAT NETWORKS

Currently, heating and hot water supply of cities of the Russian Federation is often carried out from centralized heat supply systems. The most acute problem of the heating network that exists today is its condition, which requires significant investments to improve the energy efficiency of the system.

Keywords: power efficiency, heat supply, networks of heat supply, reliability, probability, corrosion.

Основными показателями при выборе схемы системы теплоснабжения объекта являются безопасность, надежность, энергетическая эффективность, требования по экологичности и безопасности при эксплуатации. Надежность тепловых сетей в целом обеспечивается в течение заданного времени режима работы в зависимости от параметров и качества теплоснабжения здания, а также технологических потребностей потребителя. Зачастую надежность определяется по трем критериям: вероятность, долговечность и коэффициент готовности.

Минимальная вероятность безотказной работы тепловых сетей, согласно [1], равна 0,9, но этот показатель может быть увеличен по требованию Заказчика. Чтобы снизить вероятность безотказной работы тепловых сетей следует проводить плановые осмотры, текущий и капитальные ремонты согласно требованиям действующей нормативной и рекомендаций справочной литературы [2, 3, 4, 5]. На рис. 1 и 2 приведены изображения участков тепловых сетей в непроходных каналах, которые подвержены активной коррозии и требуют выполнения ремонтных работ. На рис. 3 приведена коррозия трубопроводов в тепловых камерах.



Рис. 1. Коррозия тепловых сетей в непроходных каналах



Рис. 2. Сквозная коррозия тепловых сетей в непроходных каналах



Рис. 3. Коррозия трубопроводов в тепловых камерах

Причины неудовлетворительного состояния тепловых сетей различны и их можно условно разделить на группы некачественного выполнения работ:

- по проектированию (отсутствие требуемой антикоррозийной защиты, несоблюдение в полном объеме нормативных требований и рекомендаций и др.);
- монтажу (грубые нарушения требований и рекомендаций по монтажу тепловых сетей, отклонения при выполнении работ от проектных решений без согласования с проектной организацией, замена проектного оборудования, изделий и материалов на иное, не предусмотренное проектом (без согласования), а также нарушение или отсутствие тепловой изоляции трубопроводов и др.);
- эксплуатации (несоблюдение требований и рекомендаций по выполнению эксплуатационных работ (физический износ трубопроводов в результате длительной эксплуатации выше нормативного срока, подтопление непроходных каналов водами аварийных участков, неудовлетворительное состояние строительных конструкций и т.д.), применение труда неквалифицированных специалистов и др.). Долговечность и надежность работы тепловых сетей напрямую зависят от вышеперечисленных причин.

Увеличенные потери тепла при транспортировке теплоносителя от источника теплоты (генератора тепла) к потребителю (по длине трубопроводов) зависят от многих факторов (в том числе перечисленных выше), а также выбранного способа прокладки трубопроводов систем теплоснабжения [6]. В среднем по России потери в тепловых сетях составляют 20–25 %. В ряде европейских стран (таких как Литва) в начале 21 века решили выйти из «иллюзий», признав потери в тепловых сетях равными 20 % и провести целенаправленную работу по их снижению [7]. Несвоевременное техническое обслуживание и низкое качество эксплуатационных работ приводят к повышению потерь по сравнению с нормативными еще на 5–35 %.

Надежность тепловых сетей – это сохранение качеств элементом или системой во времени [8]. Из этого понятия следует, что свойством надежности является вероятность безотказной работы системы теплоснабжения в течении определенного периода времени. Причин, влияющих на надежность работы сетей теплоснабжения достаточно много, но основная – коррозия. Она возникает, прежде всего, из-за вида материала трубопровода тепловых сетей (зачастую, сталь) и применяемых антикоррозионных мероприятий (без учета конкретных местных условий, например, геологии). Однако, возможно применение предварительно изолированных полимерных трубопроводов, которые позволят снизить коррозию, но они весьма ограничены в диаметрах и могут использоваться только по низкотемпературному графику, например, 85–65°C.

Перечисленные причины износа и деформации тепловых сетей по-разному влияют на срок безаварийной эксплуатации систем теплоснабжения. Для увеличения срока службы трубопроводов тепловой сети необходимо производить своевременное определение изно-

шенных ее участков путем проведения диагностики трубопроводов, при этом современные приборы позволяют это проводить в любое время года и без нарушения режима работы системы теплоснабжения.

Периодичность регламентных работ по выявлению дефектов следует предусматривать в соответствии с расчетными сроками службы применяемых материалов трубопроводов. В связи с этим предлагается проводить обследования, по результатам которых можно установить объемы регламентных работ, со сроком не менее один раз в месяц.

Энергоэффективность сетей теплоснабжения можно значительно увеличить путем применения труб с ППУ-изоляция, а также правильный подбор средств автоматизации для эффективного контроля и управления.

Библиографический список

1. СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003" (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 280).
2. Приказ Госстроя РФ от 13.12.2000 N 285 Об утверждении Типовой инструкции по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения.
3. Постановление Правительства РФ от 6 сентября 2012 г. N 889 "О выводе в ремонт и из эксплуатации источников тепловой энергии и тепловых сетей" (с изменениями и дополнениями).
4. МДК 4-02.2001 ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения СТО 70238424.27.010.004-2009.
5. Стандарт организации НП "ИНВЭЛ" тепловые сети организация эксплуатации и технического обслуживания нормы и требования.
6. Бирюзова Е.А. Влияние способа прокладки трубопроводов на энергоэффективность тепловой сети. / Глуханов А.С. // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского №10 (4). 2019 С. 59-66.
7. A. Ignotas. Lithuanian legal and regulatory framework for district heating. Presented at IEA workshop «District heating policy in transition economies». Prague. February 2004.
8. Ионин А.А. Теплоснабжение: Учебник для вузов. // М.: Стройиздат, 1982.

References

1. SP 124.13330.2012. Set of rules. Heat networks. Updated version of SNiP 41-02-2003 "(utv. By order of the Ministry of Region of Russia from 30.06.2012 N 280).
2. Order of Gosstroy of the Russian Federation dated 13.12.2000 N 285 On approval of the Standard Instruction on Technical Operation of Heating Networks of Municipal Heat Supply Systems.
3. Decree of the Government of the Russian Federation of September 6, 2012 N 889 "On the removal for repair and decommissioning of thermal energy sources and heat networks" (with amendments and additions).
4. MDK 4-02.2001 STANDARD INSTRUCTION on technical operation of heat networks of municipal heat supply systems SТО 70238424.27.010.004-2009.
5. NP "INVEL" standard thermal networks organization of operation and maintenance of norms and requirements.
6. Biryuzova E.A. Influence of pipeline laying method on energy efficiency of thermal network ./Glukhanov A.S.//St. Petersburg State University of Architecture and Construction. Military Space Academy named after A.F. Mozhaivsky No. 10 (4). 2019 С. 59-66.
7. A. Ignotas. Lithuanian legal and regulatory framework for district heating. Presented at IEA workshop «District heating policy in transition economies». Prague. February 2004.
8. Ionin A.A. Heat supply: Textbook for universities ./M.: Stroyizdat, 1982.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 622.24

*Воронежский государственный
технический университет
Аспирант кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог
А.Г.Востриков
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)236-18-89,
e-mail: vostr95@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Post-graduate student of the Department of
Construction and Operation of Highways
A.G. Vostrikov
Russia, Voronezh, tel. :+7 (473) 236-18-89,
e-mail: vostr95@mail.ru*

А.Г. Востриков

КОНЦЕПЦИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Рассматривается концепция по улучшению качества дорожной разметки, в присутствии доступного, дешевого или вторичного сырья, что в свою очередь ведет к удешевлению материала, а также к решению ряда экологических проблем. Предпосылку можно использовать для исследования дорожных разметок на долговечность, хорошую видимость в любое время суток и в любых погодных условиях, что очень важно для снижения опасности на дорогах.

Ключевые слова: концепция, вторичное сырье, дорожная разметка, экологические проблемы, снижения опасности.

A.G. Vostrikov

CONCEPT TO IMPROVE ROAD MARKING WITH AN ENVIRONMENTAL CONCEPT

A concept is considered to improve the quality of road markings, in the presence of available, cheap or secondary raw materials, which in turn leads to a reduction in the cost of material, as well as to the solution of a number of environmental problems. The premise can be used to study road surfaces for durability, good visibility at any time of the day and in any weather conditions, which is very important for reducing road hazards.

Keywords: concept, secondary raw materials, road markings, environmental problems, hazard reduction.

В современном мире с каждым годом появляется все больше и больше дорог, обстановка на дорогах становится все опасней, постоянно растет интенсивность дорожного движения, и чтобы снизить риск опасности на дорогах, большое внимание уделяется дорожной разметке. Именно разметка, ее вид, цвет, яркость и качество, способствует обеспечить и сохранить безопасность на дорогах. Необходимо отметить, что существуют разные виды до-

рожной разметки: горизонтальная и вертикальная. В каждом виде есть свои особенности и преимущества, так например, *горизонтальная разметка*, используется непосредственно на асфальте любой проезжей части, помогает обеспечить безопасность дорожного движения и уменьшает количество дорожно-транспортных происшествий. *Вертикальная* - наносится на поверхности, которые расположены вертикально, а не на асфальт. Данный вид разметки встречается на вертикальных сооружениях, например, путепроводы, ограждения, мосты и другое (рис.1).



а) б)
Рис. Виды дорожной разметки:
а) горизонтальная; б) вертикальная

Дорожная разметка - краска, эмаль, пластики и термопластики - помогает водителям ориентироваться на дорогах и снижает риск возникновения аварий. Дорожная разметка представляет собой характерные линии, которые наносятся на проезжую часть дороги для удобства ориентирования автомобилей. Процесс нанесения дорожной разметки является сложным и проходит в несколько этапов, поэтому им должны заниматься только профессионалы. При нанесении дорожной разметки необходимо уделить должное внимание качеству материалов и методам нанесения разметки. Ведь именно это обуславливает срок эксплуатации разметки, ее долговечность, хорошую видимость в любое время суток и в любых погодных условиях. Нанесение линий дорожной разметки проходит по ГОСТу, который периодически обновляется, последний был утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 февраля 2018 г. N 81-ст. ГОСТ Р 51256-2018 [1].

В данной работе, особое внимание направлено на новейшие технологии по созданию дорожной разметки пластика высокого качества. Пластик - это плавкая сыпучая смесь из полимерных связующих и минеральных заполнителей, образующая плотный слой цветного покрытия, за счет стойких пигментов, на дорожном полотне. Для придания материалу влагостойкости, морозостойчивости, стойкости к ультрафиолету и агрессивным средам в состав вводятся специальные добавки: модификаторы, стабилизаторы, пластификаторы и пр., в результате чего получается хороший композиционный материал. Пластик для разметки дорог может иметь в своём составе стеклошарики, которые увеличивают эффект световозвращения, благодаря чему линии на дороге лучше видны водителям в тёмное время суток. Стеклошарики также можно добавить в уже нанесённую разметку, рекомендуемый размер световозвращающих элементов – 400-1200 мкм.

Недостатков у композиционных материалов, практически по всем техническим требованиям, нет. Они обладают высокой адгезивностью ко всем видам асфальтобетонных покрытий, используются на участках, где имеется значительный перепад температур, интенсивное движение транспортных средств. Однако, композиционные материалы на основе пластика для дорожной разметки в 2-5 раз дороже, по сравнению с традиционными красками дорожной разметки. Сравнить цены некоторых компаний и посмотреть расход различных материалов, которые используются в дорожном строительстве можно в таблице.

Стоимость и расход различных материалов дорожной разметки

Стоимость дорожной разметки, кв.м	Название компании, местонахождение		Приблизительный расход материала, кг
	«ДОРЗНАК» г. Москва	«ЛИДЕРДОР» г. Москва	
Краска	~ от 300 руб.	~ от 350 руб.	0,8-1,5
Термопластик	~ от 850 руб.	~ от 900 руб.	1,5-8
Холодный пластик	~ от 1500 руб.	~ от 700 руб.	1,5-6

В связи с тем, что расход материалов зависит от ряда факторов, пределы значительно отличаются друг от друга, тем не менее, анализируя табличные данные по расходу материалов и их стоимости, сразу возникает цель и задачи по оптимизации снижения стоимости композиционных материалов на основе пластика, для дорожной разметки, без снижения качества материала. Известно, что из-за высокой изнosoустойчивости дорожную разметку с использованием термопластика применяют на трассах и дорогах федерального значения, а следовательно выделяются только на нее миллиарды рублей, для поддержания мер по безопасности дорог, что является экономически невыгодно для нашего государства. Над такими задачами надо работать и выдвигать различные идеи, которые будут направлены на благо человечеству.

Вероятно, выгодно использовать дешевое, доступное или вторичное сырье, что в свою очередь, позволит решить ряд экологических задач, например, сможет решиться вопрос по утилизации вторичных полимерных материалов, за счет включения их в материалы дорожной разметки так, чтобы физико-механические показатели нового удешевленного материала, не уступали дорогим аналогам [2-3]. По данному вопросу были проанализированы разные источники литературы, в которых отмечаются в основном достоинства горячего и холодного пластика, но не отмечаются недостатки. Однако, экологические проблемы и финансовые вопросы всегда являются важными и актуальными в жизнедеятельности человека [4].

Выводы

Литературных данных по выше изложенной концепции практически нет, а это вероятно означает, что удешевление термопластика без потерь качества дорожной разметки, за счет введения, т.е. утилизации вторичного сырья, еще тщательно не исследовано и является актуальной научно-исследовательской работой в области экологических проблем, которые с пользой можно применить в строительстве дорожного комплекса.

Известно, что качество дорожной разметки также зависит от правильности использования термопластика, поэтому доверять работу нужно только профессионалам, знающим особенности материала и правила нанесения разметочных линий.

Библиографический список

- ГОСТ Р 51256-2018 - Технические средства организации дорожного движения <https://docs.cntd.ru/document/1200158480>.
- Востриков А.Г., Вострикова Г.Ю., Хорохордин А.М., Тимошинов О.В., Галактионов А.И. Влияние модификатора на физико-механические показатели цементных систем. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 30-33.

3. Востриков А.Г., Вострикова Г.Ю., Останкова И.В., Никулин С.С. Изучение физико-механических показателей пропиточных растворов для строительства Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2017. № 1 (14). С. 53-57

4. <https://liderdor.ru/razmetka-kholodnym-plastikom/> Производство и монтаж средств организации дорожного движения.

References

1. GOST R 51256-2018: Technical means of traffic control <https://docs.cntd.ru/document/1200158480>.

2. Vostrikov A.G., Vostrikova G.Yu., Horokhordin A.M., Timoshinov O.V., Galaktionov A.I. Influence of the modifier on the physical and mechanical properties of cement systems. Scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2016. No. 1 (12). S. 30-33.

3. Vostrikov A.G., Vostrikova G.Yu., Ostankova I.V., Nikulin S.S. Study of physical and mechanical properties of impregnating solutions for construction Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2017. No. 1 (14). S. 53-57

4. <https://liderdor.ru/razmetka-kholodnym-plastikom/> Production and installation of traffic control devices.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 539.3

*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
Канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной
математики и механики
Ю.Б. Рукин*

*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
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
of Mechanical and Aerospace Engineering
Y.B. Rukin*

Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ГРУЗОЛЮКА

В работе рассматривается конструирование привода люка самолёта по результатам дискретного моделирования его напряжённо-деформированного состояния при нагружении технологическими усилиями.

Ключевые слова: линейно-упругие конструкции, метод конечных элементов, концентрация напряжений.

R.A. Zhilin, Y.B. Rukin

NUMERICAL SIMULATION OF THE MECHANICAL HATCH DRIVE

Process of designing of the lever of a drive of the luggage hatch of the plane by results of discrete modelling of its is intense-deformed condition is described at loading by technological efforts.

Keywords: linearly-elastic designs, finite element method, concentration of pressure.

В современных экономических условиях значительно возросла стоимость производственных площадей и топливно-энергетических затрат, и соответственно их доля в себестоимости изготавливаемой продукции авиастроения превысила ранее установившиеся в мировой практике критерии. Поэтому разработке рациональной конструкции сборочных единиц и отдельных деталей должно уделяться пристальное внимание.

Вычисление действительных напряжений в деталях сложных механизмов аналитическими методами затруднено, вследствие сложного напряженно-деформированного состояния их и пространственного характера приложения нагрузки.

Детали механизма привода крышки грузолюка находятся в сложном пространственном напряженно-деформированном состоянии. Наиболее напряжёнными деталями данного механизма являются рычаги (Рис. 1). В крайнем положении рычаг упирается в ограничитель и изгибается под действием усилия от гидроцилиндра.

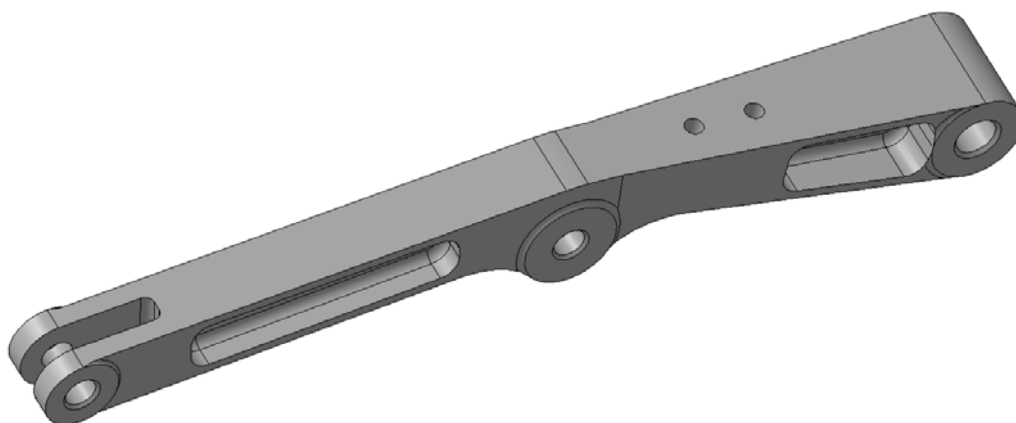


Рис. 1. Рычаг привода багажного люка

Наиболее детальное исследование напряженно-деформированного состояния деталей привода возможно только при использовании современных численных методов.

Постановка задачи предусматривает исследование напряженно-деформированного состояния пространственной линейно-упругой конструкции рычагов механизма привода, статически нагруженных усилием от гидроцилиндра с одной стороны и усилием от собственного веса крышки люка с другой стороны. Исследуется вариант нагружения рычага в случае воздействия на него полного усилия от гидроцилиндра при упоре рычага в крайнем открытом положении (это возможно при несрабатывании системы отключения гидроцилиндра в крайних положениях люка) (Рис. 2).

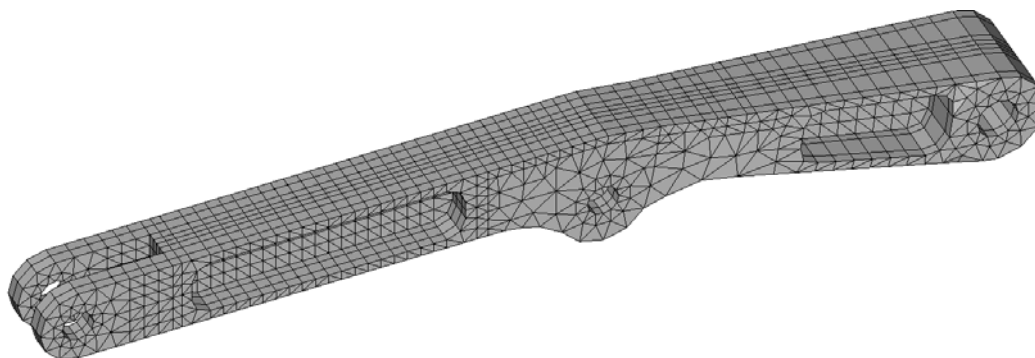


Рис. 2. Конечноэлементная модель рычага привода механизма открытия крышки люка

При формировании расчетной модели использованы объемные конечные элементы в виде произвольного пентаэдра. Количество элементов 3556, количество узлов 3190, размерность рассматриваемой системы линейных уравнений равна 9570. Усилие, передаваемое со стороны гидроцилиндра равно 11822 Н, со стороны крышки – 245 Н. Материал рычага ВТ22 с параметрами: модуль Юнга $1,2 \times 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона – 0,32.

Полученные массивы узловых перемещений позволяют определить напряжения в центре тяжести каждого конечного элемента. Эпюры распределения напряжений по телу исследуемого рычага представлены в среде постпроцессора, значительно повышающего эффективность восприятия результатов конструктором и облегчающего процесс обработки многомерных массивов полученной информации. На рисунке 3 представлена эпюра распределения интенсивности напряжений в теле рычага.

Для уменьшения напряжений в зоне приложения нагрузки от гидроцилиндра выполнен расчет рычага измененной конфигурации. На рисунке 4 представлены фрагменты конечноэлементной сетки в процессе изменения конфигурации переходной области между осями.

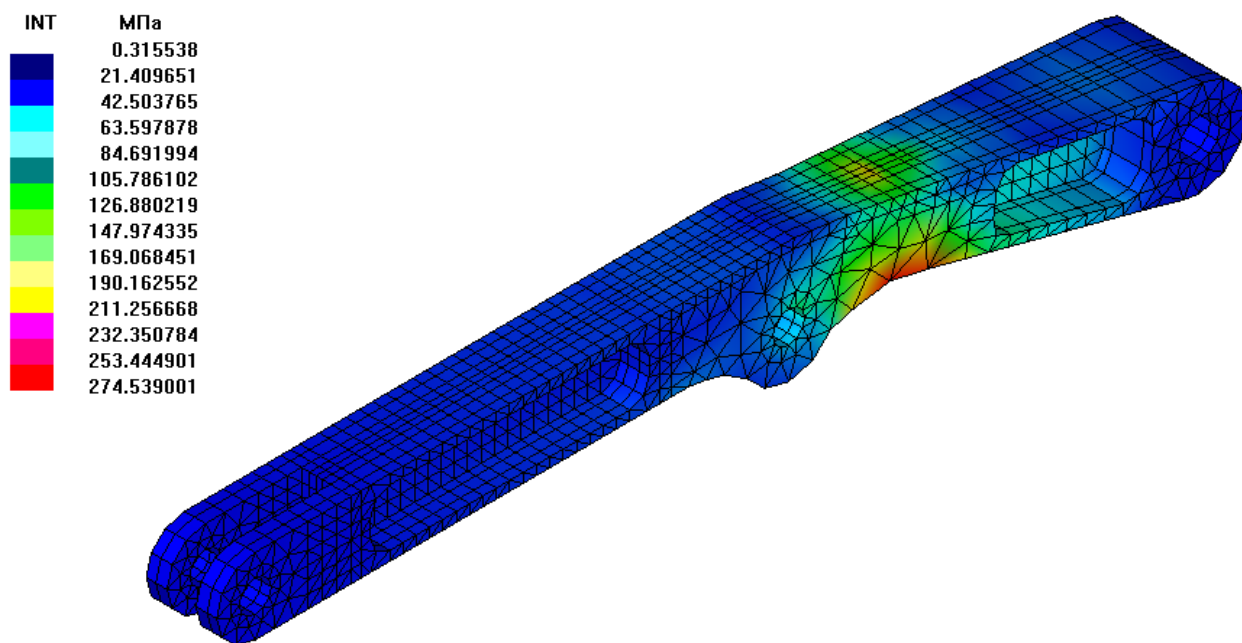
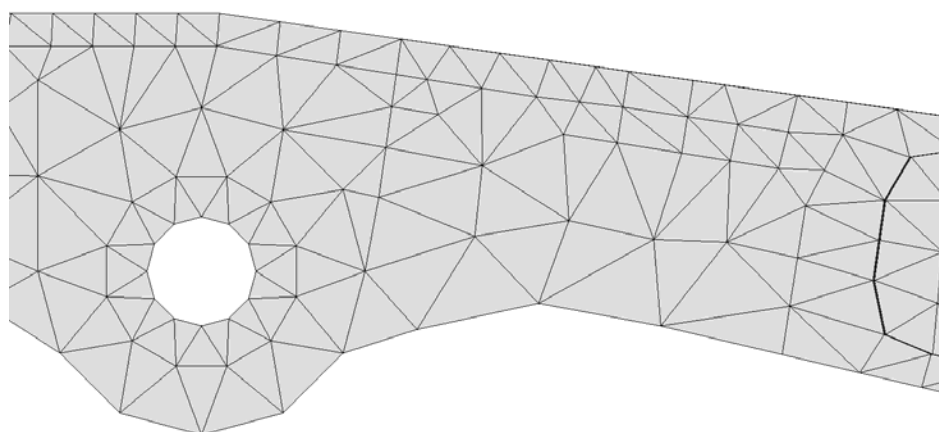
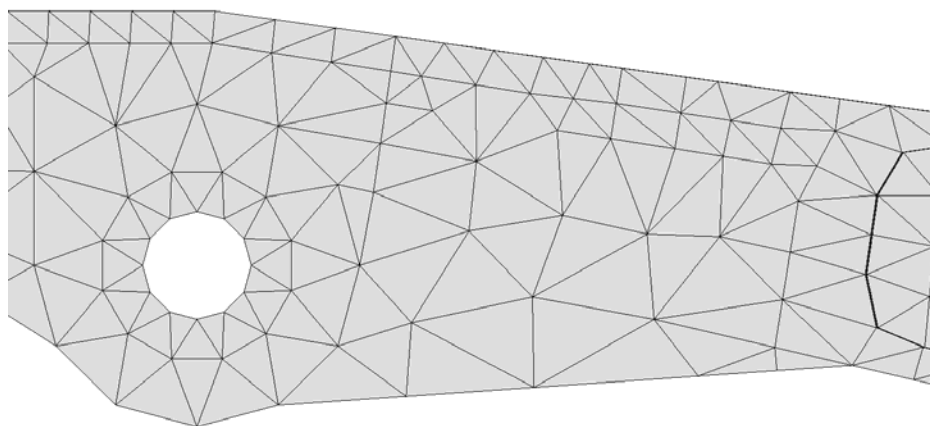


Рис. 3. Эпюра распределения интенсивности напряжений в теле рычага



a)



б)

Рис. 4. Фрагменты изменения конечноэлементной сетки модели рычага в зоне перехода:
a – базовая конструкция; *б* – вариант 2

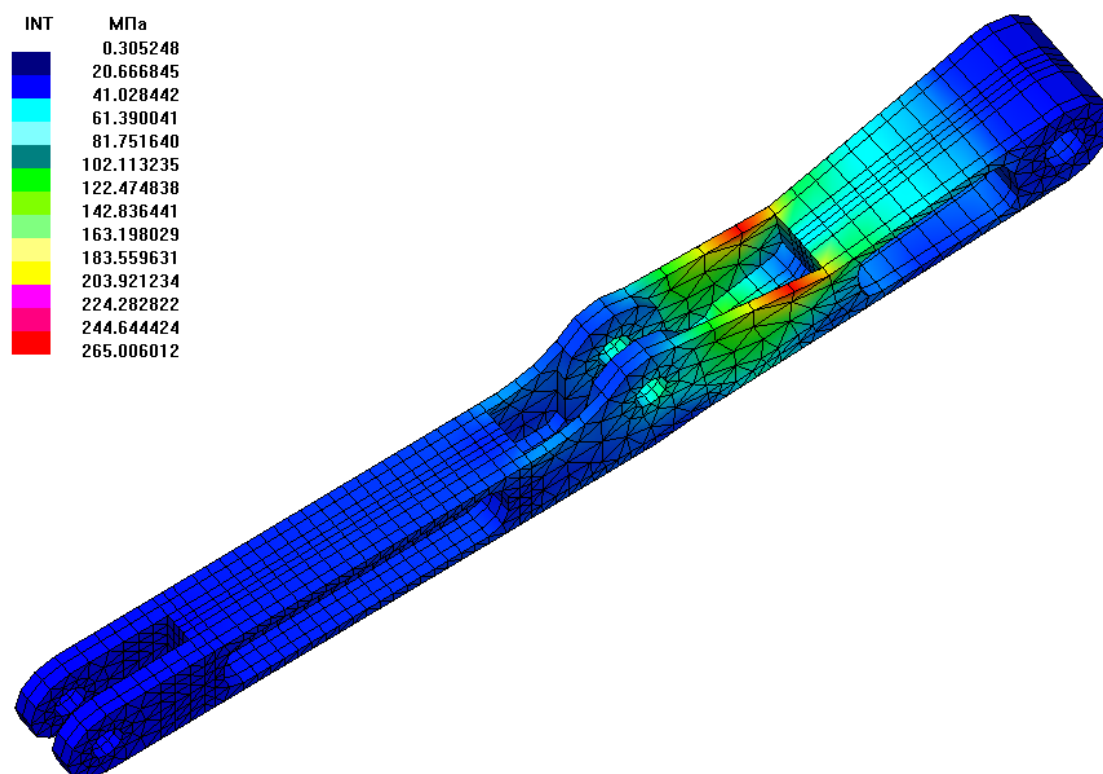


Рис. 5. Эпюра распределения интенсивности напряжений в теле рычага

Такое изменение базовой конфигурации при незначительном увеличении веса привело к уменьшению максимальных напряжений на 60 МПа (Рис. 5).

Проведенные исследования показали, что конструкция рычага удовлетворяет условиям прочности, но имеет резервы для снижения концентрации напряжений. Численный эксперимент выявил характер распределения напряжений в рычаге. Незначительным изменением конструкции было достигнуто значительное снижение градиентов напряжений рычага привода багажного люка.

Используемая методика позволяет проектировать детали механизмов, обладающих наиболее рациональным распределением материала в конструкции и соответственно обладающих наименьшим весом.

Библиографический список

1. Жилин Р.А. Дискретное моделирование многотельных контактных систем / Р.А. Жилин, В.А. Нилов и др. // Вестник ВГТУ, Том 10 № 6. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. С. 44–47.
2. Рукин Ю.Б., Жилин Р.А., Измайлов В.Ю. Дискретное моделирование машин и конструкций // НАУКА - ПРОИЗВОДСТВУ. – 2006. – № 5. – С. 119–121.

References

1. Zhilin R.A. Discrete modeling of multibody contact systems / R.A. Zhilin, V.A. Nilov et al. // Bulletin of VSTU, Volume 10 No. 6. Voronezh: Voronezh State Technical University, 2014. P. 44–47.
2. Rukin Y.B., Zhilin R.A., Izmailov V.Yu. Discrete modeling of machines and structures // SCIENCE - PRODUCTION. - 2006. – № 5. - pp. 119–121.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строи-
тельной техники и инженерной механики
им. профессора Н.А. Ульянова*

В.А. Жулай;

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
им. профессора Н.А. Ульянова*

В.Л. Тюнин;

*Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
им. профессора Н.А. Ульянова*

А.Н. Щиенко;

*ст. преп. кафедры строительной техники
и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова*

Е.В. Кожакин

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90
e-mail: kozhak-in-e@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University*

*Dr. Sci. Tech., prof., head of the chair of con-
struction machinery and engineering mechanics
of a name of professor N.A. Ulyanov*

V.A. Zhulai;

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov*

V.L. Tyunin;

*Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov*

A.N. Shchienko;

*chief lecturer of the chair of construction ma-
chinery and engineering mechanics of a name of
professor N.A. Ulyanov*

E.V. Kozhakin,

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-70-66-90,
e-mail: kozhak-in-e@mail.ru*

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.Н. Щиенко, Е.В. Кожакин

КОНСТРУКЦИЯ НЕСИММЕТРИЧНОГО БАЛАНСИРА В ПРИВОДЕ ЗАДНИХ ВЕДУЩИХ КОЛЕС АВТОГРЕЙДЕРА

Рассмотрена конструкция зубчатых передач несимметричного балансира привода задних ведущих колес автогрейдера, обеспечивающая равенство вертикальных реакций на передние и задние колеса балансира привода и исключая возможность появления эффекта циркуляции «паразитной» мощности без изменения количества передач и принципиальных изменений его конструкции за счет смещения оси подвеса балансира.

Ключевые слова: балансирующий привод, колесный движитель.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.N. Shchienko, E.V. Kozhakin

THE DESIGN OF AN ASYMMETRICAL BALANCER IN THE DRIVE OF THE REAR DRIVING WHEELS OF THE GRADER

The design of the gears of the asymmetric balancer drive of the rear driving wheels of the grader is considered, which ensures equality of vertical reactions to the front and rear wheels of the balancing drive and eliminates the possibility of the effect of circulation of "parasitic" power without changing the number of gears and fundamental changes in its design due to the displacement of the axis of the suspension of the balancer.

Keywords: balance drive, wheel drive.

Основным типом привода задних ведущих колес автогрейдера является тандемная тележка с эксцентричными балансирами с зубчатыми передачами. Такая конструкция обеспечивает высокие планирующие свойства и проходимость автогрейдеров.

Но недостатком такого типа привода является снижение его КПД и тяговой мощности колесного движителя вследствие появления процесса циркуляции паразитной мощности из-за изменения силовых радиусов ведущих колес, возникающих от перераспределения вертикальных реакций действующих на них. [1-8]. Перераспределение вертикальных реакций, действующих на ведущие колеса вызывают: несовпадение центров колес и оси подвески балансирного привода и действие реактивных сил и моментов, разворачивающих балансирный привод вокруг точки подвеса.

Для устранения этого недостатка используют несимметричный балансирный привод ведущих колес [1]. Он содержит центральную ведущую шестерню, промежуточные «паразитные» зубчатые колеса и зубчатые колеса приводов ведущих колес, установленные в корпусе балансира, при этом центральная ведущая шестерня соединена через промежуточные «паразитные» зубчатые колеса с зубчатыми колесами приводов колесных движителей. А сам центральный ведущий привод с точкой подвеса балансира установлен со смещением от центра балансира в сторону от заднего более нагруженного колеса несимметричного балансирного привода со смещением $(0,25 \div 0,35) B$, где B - расстояние между центрами ведущих колес, а между промежуточными приводами ведущих колес установлен взаимодействующий с ними дополнительный привод.

Основными недостатками такого балансирного привода являются: увеличенное количество приводов, приводящее к снижению КПД и надежности балансирного привода, а также трудность компоновки балансира с уменьшенным эксцентриситетом (расстояние между осью центрального ведущего привода и ось ведущих колес) от величины которого зависит величина неравномерности распределения вертикальных реакций на ведущие колеса.

Для устранения указанных недостатков предложена конструкция несимметричного балансира привода ведущих колес автогрейдера [2], у которого в его корпусе установлены центральная ведущая шестерня, два промежуточных «паразитных» зубчатые колеса и зубчатые колеса приводов ведущих колес. При этом центральная ведущая шестерня соединена с каждым из двух зубчатых колес приводов колесных движителей через одно свое промежуточное «паразитное» зубчатое колесо. А для изменения соотношения рычагов действия вертикальных реакций опорной поверхности на ведущие колеса и компенсации реактивных сил и моментов промежуточные «паразитные» зубчатые колеса выполнены различного диаметра.

Схема взаимодействия зубчатых колес расположенных в корпусе предлагаемого несимметричного балансира привода ведущих колес автогрейдера приведена на рисунке.

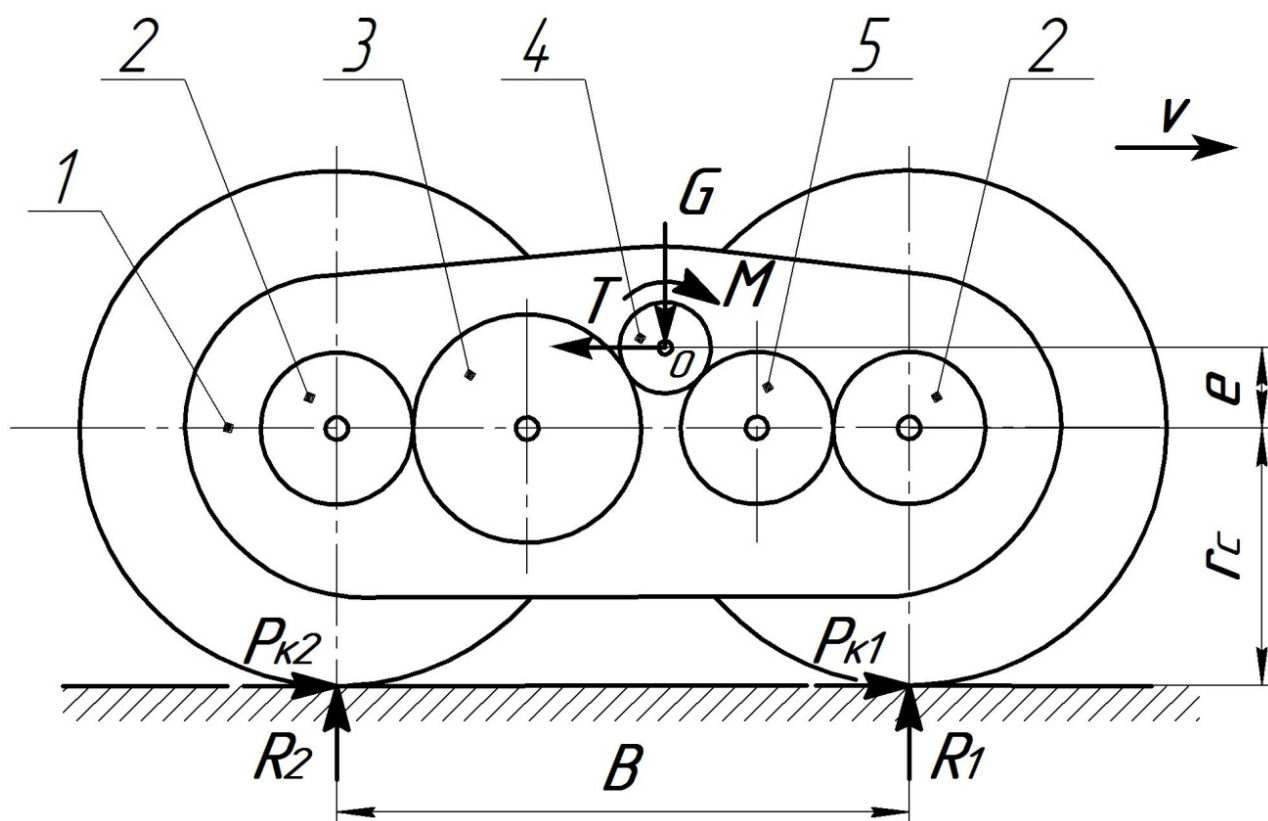


Рис. Схема взаимодействия зубчатых колес расположенных в корпусе несимметричного балансира привода ведущих колес автогрейдера

На рисунке обозначены: G – вертикальная нагрузка на шарнир балансира; $P_{к1}$, $P_{к2}$ – окружные силы ведущих колес; R_1 , R_2 – вертикальные реакции опорной поверхности на ведущие колеса; T – горизонтальная нагрузка в шарнире балансира; M – крутящий момент подводимый к ведущей шестерне центрального привода балансира; e – эксцентриситет балансира (расстояние между осью подвеса балансира и осью ведущих колес); B – расстояние между центрами ведущих колес балансира; 1 – корпус балансира; 2 – приводы ведущих колес; 3 – промежуточное «паразитное» зубчатое колесо заднего ведущего колеса с пневматической шиной; 4 – ведущая шестерня центрального привода балансира; 5 – промежуточное «паразитное» зубчатое колесо переднего ведущего колеса с пневматической шиной.

Таким образом, при такой компоновке предлагаемого несимметричного балансирного привода ведущих колес автогрейдера изменение расстояний между осью подвеса балансира и осями ведущих колес осуществляется за счет исполнения промежуточного привода заднего колеса большего диаметра, чем промежуточного привода переднего колеса и смещения оси подвеса балансира.

Несимметричный балансирный привод колес автогрейдера работает следующим образом. Крутящий момент от двигателя передается через трансмиссию на ведущую шестерню центрального привода 4, взаимодействующую с промежуточными «паразитными» зубчатыми колесами 3 и 5, заднее из которых (3) имеет больший диаметр, чем переднее (5), и через них с приводами ведущих колес 2. При этом обеспечивается одинаковая угловая скорость ведущих колес, а также за счет, увеличения плеча действия вертикальной реакции опорной поверхности на заднее колесо R_2 происходит компенсация действия реактивных сил и моментов.

Следовательно, за счет выравнивания вертикальных нагрузок на ведущие колеса, циркуляция паразитной мощности будет значительно снижена и будет оказывать минимальный вред узлам и агрегатам трансмиссии и ходовой части НТТМ, что приведет к увеличению полезной тяговой мощности развиваемой его колесным двигателем, а отсутствие дополнительных передач в приводе обеспечит его высокую надежность. Этим и достигается цель изобретения.

Разработанная конструкция несимметричного балансира привода ведущих колес автогрейдера обеспечивает компенсацию реактивных сил и моментов, разворачивающих балансиры относительно точки подвеса и ведущих к циркуляции паразитной мощности без снижения его надежности. Положительный эффект от использования предложенной конструкции несимметричного балансира состоит в снижении расхода топлива, затрат на техническое обслуживание (ТО) и ремонт, увеличении времени работы машины за счет снижения простоев в ТО и ремонтах при снижении нагрузок в узлах и агрегатах трансмиссии и ходовой части, а следовательно, повышении объема выполненных работ и эффективности использования этих машин.

Библиографический список

1. Жулай В.А., Феденев А.А., Андрухов Д.И., Перетрухин Д.С. Определение величины смещения оси подвески балансира несимметричного привода автогрейдера // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. №2. С. 113-118.
2. Несимметричный балансирный привод ведущих колес наземных транспортнотехнологических машин. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Феденев А.А., Андрухов Д.И. / Патент на изобретение № 2 727 224 с приоритетом от 21.10.2019, Оpubл. 21.07.2020, Бюл. № 21.
3. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Щиенко А.Н. Экспериментальные исследования тяговых качеств колесного тягача землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 2019. – № 12. – С. 20 – 23.
4. Жулай В.А., Кожакин Е.В., Тельпов А.К., Осипов А.А. Определение статистических характеристик рабочих нагрузок землеройно-транспортных машин // Естественные и технические науки. – 2020. – № 3 (141). – С. 206 – 211.
5. 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": материалы международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 441 с., С. 169 – 173.
6. Никулин П.И., Бузин Ю.М., Жулай В.А. К вопросу оценки тяговых качеств землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 1993. – № 2. – С. 22-23.
7. Жулай В.А. О производительности землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 3. – С. 37-39.
8. Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. Моделирование работы автогрейдера с объемным гидроприводом переднего моста // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 10. – С. 44-45.
9. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.

References

1. Zhulai V. A., Fedenev A. A., Andrukhov D. I., Peretrukhin D. S. Determination of the value of the displacement of the suspension axis of the balancer of an asymmetric motor grader drive / / High technologies in the construction complex. 2019. №. 2.p. 113-118.
2. Unbalanced balancing drive of driving wheels of ground transport and technological machines. Zhulai V. A., Tyunin V. L., Fedenev A. A., Andrukhov D. I. / Patent for invention No. 2,727,224 with priority from 21.10.2019, Publ. 21.07.2020, Byul. №. 21.
3. Zhulai V. A., Tyunin V. L., Shienko A. N. Experimental studies of the traction qualities of a wheeled tractor of earth-moving vehicles // Construction and road machines.- 2019. - №. 12. - p. 20-23.
4. Zhulai V. A., Kozhakin E. V., Telpov A. K., Osipov A. A. Determination of statistical characteristics of working loads of earth-moving machines / / Natural and technical Sciences. – 2020. – № 3 (141). – p. 206-211.
5. Zhulai V. A., Ustinov Yu. F., Tyunin V. L., Kozhakin E. V. Sensor of axial force in constructions with a ball joint of construction machines // "Energy-resource-saving technologies and equipment in road and construction industries": materials of the international scientific and practical conference. - Belgorod: BSTU publishing House, 2020. - 441 sec., p. 169-173.
6. Nikulin P. I., Buzin Yu. M., Zhulai V. A. On the issue of evaluating the traction qualities of earthmoving and transport machines // Construction and road machines. - 1993. - №. 2. - p. 22-23.
7. Zhulai V. A. On the productivity of earthmoving and transport machines // Construction and road machines. - 2013. - №. 3. - P. 37-39.
8. Zhulai V. A., Enin V. I., Serov A. A. Modeling of the operation of a motor grader with a three-dimensional hydraulic drive of the front bridge // Construction and road vehicles. - 2007. - №. 10. - p. 44-45.
9. Tractors: Theory: Textbook for University students / Under the General editorship Of V. V. Guskov. - M.: Machine building, 1988. - 376 sec.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Магистранты кафедры строительной
техники и инженерной механики им. про-
фессора Н.А. Ульянова В.О. Наумов,
А.В. Гоголев, М.А. Майоров, Д.И. Андрухов,
А.В. Камышенков*

*Воронежский государственный
промышленно-технологический колледж*

*Канд. пед. наук, преподаватель общепро-
фессиональных дисциплин О.Е. Наумов*

*Преподаватель общепрофессиональных
дисциплин О.М.Снегирева*

Россия, г. Воронеж, тел. +79507592627

e-mail: pro100bitall@gmail.com

*Voronezh State
Technical University*

*Undergraduates of the pulpit of the chair of
building technique and mechanics engineering
named after Professor N.A. Ul'yanova
V.O. Naumov, A.V. Gogolev, M.A. Mayorov,
D.I. Andrukhnov, A.V. Kamysheknov*

*Voronezh State
Industrial and Technological College*

*Ph.D. in Pedagogy sciences, teacher of general
professional disciplines O.E. Naumov*

*Teacher of general professional disciplines
O.M. Snegireva*

Russia, Voronezh, tel. +79507592627

e-mail: pro100bitall@gmail.com

**В.О. Наумов, А.В. Гоголев, М.А. Майоров, Д.И. Андрухов,
А.В. Камышенков, О.Е. Наумов, О.М. Снегирева**

ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗВУКОЗАЩИТЫ В КАБИНЕ СОТОВЫМИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

В данной статье предлагается методика и математическая модель технико-экономической оптимизации звукозащиты оператора в кабине с использованием сотовых звукопоглощающих материалов. Для оптимизации звукозащиты в кабине дорожно-транспортных машин необходимо на первом этапе определяется максимально возможное снижение шума в кабине, а на втором этапе определяются наиболее выгодный экономический вариант для предлагаемого материала фенилон.

Ключевые слова: звукозащита оператора, дорожно-транспортные машины, математическая модель, звукоизоляционный материал, технико-экономическая оптимизация.

**V.O.Naumov, A.V. Gogolev, M.A. Mayorov, D.I. Andrukhnov,
A.V. Kamysheknov, O.E. Naumov, O.M. Snegireva**

TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF SOUND PROTECTION IN THE COCKPIT CELLULAR SOUND ABSORBING STRUCTURES

This article proposes a technique and mathematical model of techno-economic optimization of sound protection of the operator in the cockpit using cellular sound absorbing materials. In order to optimize sound protection in the cab of road vehicles, it is necessary to determine at the first stage the maximum possible reduction of noise in the cab, and at the second stage the most profitable economic option for the proposed material phenylon will be determined.

Keywords: sound protection of the operator, road transport machines, mathematical model, sound insulation material, technical and economic optimization.

Человек всегда жил в условиях природного акустического фона, который, как правило, не оказывал неблагоприятного на него воздействия. Техногенез привёл к появлению большого числа искусственных акустических эмиссий, ставших одной из форм загрязнения окружающей среды [1].

Шумом, по Н. Реймерсу, принято называть звуковые колебания, выходящие за рамки звукового комфорта. Чаще всего это беспорядочные колебания различной физической природы, которые могут иметь следующее происхождение [1]:

- механическое, связанное с работой машин и оборудования, вследствие ударов в сочленениях, вибрации роторов и т.п.;
- аэродинамическое, вызванное колебаниями в газах;
- гидравлическое, связанное с колебаниями давления и гидроударами в жидкостях;
- электромагнитное, вызванное колебаниями элементов электромеханических устройств под действием переменного электромагнитного поля или электрических разрядов.

Как и все акустические колебания, шум может восприниматься ухом человека в пределах частот от 16 до 20000 Гц (выше - ультразвук).

Создание производства надежных, высокоэффективных видов, систем и комплексов машин различного назначения, обеспечивающих высокое качество работ, существенное повышение производительности и сокращение материальных, энергетических и трудовых затрат является определяющей задачей строительного и дорожного машиностроения.

Работа подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин характеризуются частыми и резкими сменами рабочих режимов. Это связано с неоднородностью дорожного покрытия, спусками и подъемами, интенсивностью движения, разнообразием характера выполняемых работ [1,2,3,4,5].

В нашей стране допустимые шумовые характеристики регламентируются по ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования». При этом нормируемой шумовой характеристикой различных рабочих мест при постоянном шуме является уровень звукового давления L , дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Кроме частоты и акустического (звукового) давления P , к основным характеристикам шума относят: интенсивность I , уровень звука L , а также мощность источника шума W .

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что средние уровни звука на дорогах крупных городов, в результате эксплуатации автомобильного транспорта, составляют 75...85 дБА, а максимальные значения достигают 95 дБА и выше, что существенно превышает нормативные уровни шума.

В настоящее время, проблема снижения шума на дорожно-строительных машинах приобретает большое значение. При разработке противозвукового комплекса кабин транспортных средств, агрегируемых с дополнительным оборудованием, решение данного рода проблем вызвано значительными трудностями, так как в этом случае шумозащитный комплекс базовых автомобилей является недостаточно эффективным при работе операторов машин специального назначения

Под звукопоглощением понимают свойство акустически обработанных поверхностей уменьшать интенсивность отраженных ими волн за счет преобразования звуковой энергии в тепловую. Почти все широко используемые звукопоглощающие материалы и конструкции являются по своей структуре пористыми, механизм поглощения которых заключается в превращении энергии звуковой волны в тепловую энергию за счет вязкого трения в капиллярах пор или необратимых потерь при деформациях упругого скелета.

В соответствии с принятой в ГОСТ 23499-79 классификацией, звукопоглощающие материалы и изделия различают по следующим основным признакам: назначению, форме, жесткости, возгораемости, структуре.

По форме звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют:

- на штучные (плиты, блоки, форменные конструкции);
- рулонные (маты, холсты);
- рыхлые и сыпучие (вата минеральная и стеклянная, другие пористые заполнители).

По возгораемости различают две группы материалов — несгораемые и трудносгораемые.

По структурным признакам звукопоглощающие материалы подразделяются на:

- пористо-волоконистые (из минеральных, базальтовых, стеклянных и других волокон);
- пористо-ячеистые;
- пористо-губчатые (пенопласт) .

Основными характеристиками различных звукопоглощающих конструкций являются акустический импеданс, Z_q (сопротивление) и нормальный коэффициент звукопоглощения, O_n .

В своем большинстве звукопоглощающие элементы представляют собой геометрические тела различной формы и делятся по конструктивным особенностям на два основных типа: однослойные и многослойные.

Наибольшее распространение получили схемы звукопоглощения с использованием облицовки:

- из жестких однородных пористых материалов (главным образом волокнистых);
- облицовки с перфорированным покрытием и в защитных оболочках из ткани, картона или пленки; объемных элементов различных форм, представляющие собой комбинации двух первых поглотителей.

При необходимости обеспечить максимальное поглощение звука в широком диапазоне частот рекомендуется изготавливать звукопоглощающие конструкции нескольких типоразмеров, а их размещение в кабине автомобиля и под капотом (кожухом) двигателя производить по квадратной решетке или в шахматном порядке [3].

Для достижения наибольшего снижения шума необходимо правильно выбрать или спроектировать конструкцию звукопоглощающей облицовки, ведь эффективность ее применения определяется не только достигнутым снижением уровня шума, но и фактором субъективного воздействия, необходимостью создания акустического комфорта [3,4].

Звукопоглощающие материалы и изделия из них должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими свойствами в течение всего периода эксплуатации, быть биостойкими и влагостойкими, не выделять в окружающую среду вредных веществ в количествах, превышающих предельно допустимые нормы.

Современные исследования показывают, что для предотвращения вредного действия шума на организм человека необходимо принимать ряд организационных, технических и медицинских мер:

- а) устраняют и уменьшают причины, порождающие шум на месте его образования – снижение шума в источниках акустической энергии;
- б) предотвращают распространение шума от его источников, используя местную звукоизоляцию шумящих узлов машины, амортизацию и звукопоглощение – снижение шума по пути распространения;
- в) уменьшают шум за счет применения средств шумозащиты – уменьшение шума в точке приема.

На различных технологических машинах таких как шнекороторной снегоочистительной машине типа ДЭ-210, коммунальные дорожные машины на базе КАМАЗ и т.д. большую часть акустической энергии генерирует дизельный двигатель, находящийся под металлическим кожухом (капотом).

Наиболее распространенный и эффективный способ снижения шума двигателя и предотвращения концентрации звуковой энергии под капотом - применение звукопоглощающих конструкций, которыми облицовывают кожух с внутренней стороны. В результате этого зву-

ковые волны, генерируемые двигателем, перед излучением в пространство многократно отражаются от звукопоглощающей поверхности, что приводит к уменьшению уровней звука.

Опыт применения звукозащитного комплекса на транспортных, тяговых, строительных и дорожных машинах показывает, что разработка мероприятий по снижению шума на уже освоенных производством машинах – задача весьма сложная и дорогостоящая в силу ограничений, накладываемых компоновочными схемами и конструктивными решениями. Кроме того шумы одинаково распространяются как и от двигателя так и от подвески технологической машины. В этой связи звукозащита оператора может быть осуществлена путем применения высокоэффективных звукопоглощающих сотовых конструкций, используемых в кабине в виде облицовочных панелей.

Вопросы, связанные с разработкой звукоизолирующих капотов и экранов, а также мероприятий по снижению звуковой вибрации, передаваемой через опорные связи источников и кабины в данном случае не входят в круг задач, решаемых в работе, так как требуют дополнительных сложных специальных экспериментов большого объема.

При таких допущениях задача сводится к оптимизации звукопоглощающих конструкций, которые в виде облицовочных плиток внутри кабины образуют звукозащитные панели, рассчитанные на поглощение шума на характерных частотах. Другими словами, сколько площади в кабине должно отводиться под разные сотовые конструкции, эффективно поглощающие шум на каждой характерной частоте, чтобы общий шум в кабине был снижен на максимально возможное значение, а их стоимость не превышала заданного значения критерием оптимизации является снижение общего шума в кабине.

Задачи подобного типа относятся к классу задач оптимального назначения и при числе допустимых решений даже в несколько десятков могут быть решены полным перебором всех возможных вариантов. При числе допустимых решений, измеряемых тысячами и более, необходимо применять математическое моделирование.

Для составления математической модели задачи необходимо выполнить следующее:

1. Ввести критерий – в данном случае за критерий принимаем снижение общего шума в кабине ΔL_p , за счет поглощения звука на i -ой частоте в 1/3-октавной полосе в зависимости от площади сотовой конструкции;

2. Обозначить искомые величины как переменные – для каждой пары сочетания ЗПМ и занимаемой им площади принимаем x_{ij} , где j – номер занимаемой площади (столбцы); i – номер ЗПМ (строки);

3. Составить ограничения, т.е. зависимость между переменными. В этой связи на все искомые переменные x_{ij} накладываем принципиально важные ограничения: во-первых, все эти переменные в результате решения не могут принимать никаких других значений, кроме 1 и 0; во вторых принимаем, что

$$x_{ij} \begin{cases} 1, \text{ если } i\text{-я конструкция занимает } j\text{-ю площадь;} \\ 0 - \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

На основании численных исследований на ЭВМ с использованием МКЭ составлена таблица 1, где критерием является уровень снижения шума в кабине – ΔL_p , который представлен в верхней части каждой клетки.

Таблица 1

Матрица исходных данных для оптимизации звукопоглощения в кабине

№ ЗПМ (i) 1/3– окта- вы, Гц	Площадь, занимаемая ЗПМ, м ² (j)									
	1 $S_j=0,153$	2 $S_j=0,237$	3 $S_j=0,378$	4 $S_j=0,426$	5 $S_j=0,474$	6 $S_j=0,520$	7 $S_j=0,568$	8 $S_j=0,615$	9 $S_j=0,662$	10 $S_j=0,710$
1 160	$\Delta L_{P11}=0,4$ 0 $c_{11}=1,76$ x_{11}	0,60 2,73	0,90 4,35	1,60 4,90	2,30 5,45 x_{15}	2,40 6,00	2,40 6,53	2,60 7,07	2,80 7,61	3,00 8,17 x_{110}
2 200	0,50 1,76	0,70 2,73	1,00 4,91	1,50 5,54	2,00 6,16	2,25 6,76	2,50 7,38	2,70 8,00	3,00 8,61	3,50 9,23
3 250	0,60 2,83	0,65 4,38	0,95 7,00	1,40 7,90	1,90 8,77	2,30 9,62	2,60 10,51	2,70 11,38	2,90 12,25	3,20 13,14
4 315	0,45 4,44	0,50 6,87	0,80 10,96	1,45 12,35	1,80 13,75	2,00 15,10	2,50 16,47	2,65 17,84	2,90 19,20	3,30 20,60
5 400	0,50 7,86 x_{51}	0,55 12,18	0,70 19,43	1,55 21,90	1,85 24,36 x_{55}	2,35 26,73	2,55 29,20	2,80 31,61	3,20 34,03	3,40 36,49 x_{510}
6 500	0,65 11,32	0,75 17,54	0,85 28,00	1,40 31,52	1,95 35,10	2,45 38,50	2,65 42,03	2,90 45,50	3,25 49,00	3,40 52,54
7 630	0,55 17,75	0,80 27,50	0,75 43,85	1,65 49,42	2,40 55,00	2,55 60,32	2,75 65,90	2,85 74,34	3,35 76,80	3,45 82,36
8 800	0,70 25,50	0,85 39,50	0,95 63,00	1,70 71,00	2,50 79,00	2,60 86,63	2,85 94,63	2,95 102,46	3,40 110,30	3,55 118,30
9 1000	0,50 52,02	1,00 80,60	1,50 128,50	2,00 144,84	2,50 161,16	2,75 176,80	3,00 193,12	3,50 209,10	3,75 225,08	4,00 241,40
10 4000	0,75 407,90 x_{101}	1,20 631,84	1,45 1007,7 5	1,80 1135,7 2	2,45 1263,6 5 x_{105}	2,80 1386,3 2	3,20 1514,2 9	3,55 1639,6 0	3,80 1764,9 0	3,95 1892,8 6 x_{1010}

Примечание: $S_{ЗПМ} = \sum_{j=1}^{10} S_j = 4,743 \text{ м}^2$ общая площадь звукопоглощаемого материала.

Чтобы составить ограничения, необходимо принять условие, что i -я сотовая конструкция одновременно может быть установлена либо на площади, обозначенной цифрой 1, либо 2 и т.д. Это условие можно записать так:

$$x_{11} + x_{12} + \dots + x_{110} = 1, \quad (2)$$

т.е. сумма всех переменных в таблице 1 по первой строке равна единице. Аналогично для второй и последующих строк.

Соответственно для площади, обозначенной цифрой 1 (первый столбец), имеем

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{101} = 1. \quad (3)$$

Аналогично для второго и последующих столбцов.

В рассматриваемой задаче о назначениях, где число сотовых конструкций $n=10$ и число возможных площадей, покрываемых сотовыми конструкциями также $n=10$, возможное число допустимых решений определяется по формуле

$$N = n! \quad (4)$$

В данном случае число вариантов допустимых решений $N=3628800$.

Для того, чтобы из возможных решений выбрать лучшее, необходимо установить, в каком смысле искомое решение должно быть оптимальным. Ранее было отмечено, что оптимальным вариантом будем считать тот, при котором поглощение общего шума в кабине будет наибольшим. Следовательно, целевая функция должна быть выражена следующей зависимостью

$$F = 0,4x_{11} + 0,6x_{12} + 0,9x_{13} + \dots + 0,75x_{101} + \dots + 3,95x_{1010} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где коэффициенты перед переменными – оценки уровня снижения шума в кабине для каждой пары, взятые из таблицы 1.

Таким образом табл.1 является матрицей условий задачи о назначениях. В общем случае математическая модель задачи о назначениях будет иметь вид:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \Delta L_{p_{ij}} x_{ij} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad j = \overline{1, n} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad i = \overline{1, n} \\ S_{\text{зпм}} &= \sum_{j=1}^n S_j \quad j = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (6)$$

где i – номер сотового ЗПМ;

j – номер площади, занятой соответствующим сотовым ЗПМ;

$S_{\text{зпм}}$ – площадь кабины для установки звукопоглощающего материала;

S_j – площадь, занимаемая отдельным ЗПМ.

Величина $\Delta L_{p_{ij}}$ принимается из матрицы условий задачи (табл. 5.1); условие (а) означает, что каждая i -я конструкция ЗПМ может занимать только одну j -ю площадь; условие (б) означает, что каждая j -я площадь может быть использована только под одну i -ю конструкцию ЗПМ; выражение (в) – граничное условие, определяющее предельное конкретное значение суммарной площади панелей кабины, которая может быть облицована различными по конструкции звукопоглощающими материалами; F_1 – целевая функция, определяет максимальное значение технического параметра (максимальное значение снижения уровня звукового давления в кабине за счет применения сотовых звукопоглощающих конструкций).

Используя типовые программы для ЭВМ для задач о назначениях, получим решения задачи, которые представлены уравнениями:

$$\begin{aligned}
1) \quad & 2,3x_{15} + 1,0x_{23} + 0,65x_{32} + 0,45x_{41} + 1,55x_{54} + 2,45x_{65} + \\
& + 2,75x_{77} + 3,55x_{810} + 3,5x_{98} + 3,8x_{109} \Rightarrow 22 \text{ дБА}; \\
2) \quad & 2,3x_{15} + 1,0x_{23} + 0,6x_{31} + 0,5x_{42} + 1,55x_{54} + 2,55x_{76} + \\
& + 2,9x_{68} + 2,85x_{87} + 3,75x_{99} + 3,95x_{1010} \Rightarrow 22 \text{ дБА}; \\
3) \quad & 1,6x_{14} + 2,0x_{25} + 0,95x_{33} + 0,45x_{41} + 0,55x_{52} + 2,45x_{66} + \\
& + 2,75x_{77} + 2,95x_{88} + 4,0x_{910} + 3,8x_{109} \Rightarrow 22 \text{ дБА}.
\end{aligned} \tag{7}$$

Таким образом, общий шум в кабине будет снижен на 22 дБА, если будет принят какой-либо вариант из трех возможных.

Данные уравнения получены с учетом погрешности вычисления $\pm 0,05$ дБА. Если допустить разброс максимальных значений с погрешностью $\pm 0,1$ дБА, то число полученных уравнений может достичь нескольких десятков и даже сотен.

Однозначно задача технико-экономической оптимизации может быть решена на втором этапе при введении новой целевой функции и новых граничных условий. В общем виде в этом случае математическая модель представляется следующими выражениями

$$\begin{aligned}
F_2 = C & \rightarrow \min \\
S_{\text{ЗПМ}} &= \sum_{j=1}^n S_j \quad j = \overline{1, n}. \quad a) \\
F_1 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \Delta L_{Pij} x_{ij} = F_{1 \max}
\end{aligned} \tag{8}$$

где F_2 – новая целевая функция, определяющая наименьшее значение стоимости облицовки кабины ЗПМ;

Выражение (a) – ограничение;

F_1 – технический параметр, представляющий собой граничное условие. В данном случае $F_{1 \max} = 22$ дБА – выражение (б).

По данным завода-изготовителя стоимость сотовых ЗПМ (высоко-термостойкая бумага «Фенилон» (БФСК) ТУ ОП-81-07-27-80) без учета НДС составляет 133333 руб/м³ за сотовую конструкцию со стороной ячейки 2,5 мм. При установленной толщине сотовых панелей 20 мм имеем стоимость 0,1 м² равную 266,66 руб. Стоимость сотовых конструкций с различными размерами стороны ячейки представлена в таблице 2.

Таблица 2

Стоимость 0,1 м² сотовой конструкции толщиной 20 мм

Размер стороны сотовой ячейки a , мм	Частота f , Гц	Стоимость руб/0,1 м ²
2,5	4000	266,66
7	1000	34,00
10	800	16,66
12	630	11,60
15	500	7,40
18	400	5,14
24	315	2,90
30	250	1,85
36	200	1,30
38	160	1,15

На основании таблицы 2 введем значения стоимости в матрицу исходных данных (таблица 1, средняя строка каждой клетки) – c_{ij} . Тогда выражения (7) через стоимость ЗПМ будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
 1) \quad & 5,45x_{15} + 4,91x_{23} + 4,38x_{32} + 4,44x_{41} + 21,90x_{54} + 35,10x_{65} + \\
 & + 65,90x_{77} + 118,30x_{810} + 209,10x_{98} + 1764,90x_{109} \Rightarrow 2234,38; \\
 2) \quad & 5,45x_{15} + 4,91x_{23} + 2,83x_{31} + 6,87x_{42} + 21,90x_{54} + 60,32x_{76} + \\
 & + 45,5x_{68} + 94,63x_{87} + 225,08x_{99} + 1892,86x_{1010} \Rightarrow 2360,35; \\
 3) \quad & 4,90x_{14} + 6,16x_{25} + 7,00x_{33} + 4,44x_{41} + 12,18x_{52} + 38,50x_{66} + \\
 & + 65,90x_{77} + 102,46x_{88} + 241,40x_{910} + 1764,90x_{109} \Rightarrow 2247,84.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Вполне очевидно, что 1-й вариант является оптимальным, так как он наиболее дешевый и обеспечивает максимальное снижение шума в кабине, он и рекомендуется для осуществления звукозащиты оператора.

Выводы

1. Оптимизацию звукозащиты в кабине целесообразно производить на двух этапах: на первом этапе определяется максимально возможное снижение шума в кабине, а на втором определяются наиболее выгодный экономический вариант.

2. Разработана методика и математическая модель технико-экономической оптимизации звукозащиты оператора в кабине с использованием сотовых звукопоглощающих материалов. Результаты оптимизации показывают, что максимальное снижение воздушного шума в кабине оператора технологической достигает 5 дБА при наименьшей стоимости используемого сотового ЗПМ 2830,38 руб.

3. Применение мероприятий, связанных с установкой звукозащиты дает экономический эффект 1507 руб/год, влечет за собой снижение шума в кабине на 20% и позволяет добиться значительного социального эффекта за счет меньшей заболеваемости оператора.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Дуплищев С.М., Кравченко А.А., Никитин С.А., Покачалов А.С. Методология прогнозирования виброакустических параметров тяговых машин. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 9. С. 121-124
2. Никитин С.А. Шнекороторный снегоочиститель с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2004.
3. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Муравьев А.В., Волков Н.М., Харламов А.Ю. Звукоподавляющая ячеистая панель. Патент на изобретение RUS 2239238 18.03.20с.
4. Дегтев Д.Н. Повышение эффективности виброакустической защиты колесных погрузчиков среднетоннажного модельного ряда. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2006.
5. Никитин С.А. Шнекороторный снегоочиститель с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2004.

References

1. Ustinov Y. F, N.M. Volkov, Degtev D.N, Duplishev S.M, A.A. Kravchenko, S.A. Nikitin, A.S. Pokachalov. Methodology for predicting vibro-acoustic parameters of traction machines. News of higher educational institutions. Construction. 2003. Number 9. S. 121-124.
2. S.A.Nikitin. Loader-mount snowblower with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2004.
3. Ustinov Y.F., Ants, V.A., Degtev D.N., Ants A.V., Volkov N.M., A. Kharlamov. Zvukopodavlyayuschaya mesh panel. A patent for an invention RUS 2239238 18.03.2003.
4. Degtev D.N. Improving the efficiency of vibro-acoustic protection of wheel loaders srednemoschnostnogo lineup. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2006.
5. S.A.Nikitin. Loader-mount snowblower with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2004.

УДК 621.878.62 (27)

*Воронежский государственный
технический университет
д-р. техн. наук, проф. кафедры
строительной техники и инженерной
механики В.А. Нилов,
магистрант А.С. Дедяев,
доцент, канд. техн. наук
Федоров Е.В.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: vladnil1024@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., building engineering
and engineering mechanics Dept
V.A. Nilov,
undergraduate A.S. Dedyayev,
associate professor, cand. tech. sciences
E.V. Fedorov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29
e-mail: vladnil1024@mail.ru*

В.А. Нилов, А.С. Дедяев, Е.В. Федоров

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПРИЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА СКРЕПЕРА

В статье рассмотрен вопрос о проектировании прицепного устройства скрепера. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, показавших возможность стабилизации и увеличения сцепного веса тягача при разработке грунта. Исследовано напряженно-деформированное состояние тяговой рамы.

Ключевые слова: скрепер, тягач, прицепное устройство, сцепной вес, стабилизация.

V.A. Nilov, A.S. Dedyayev, E.V. Fedorov

MODERNIZATION OF STRUCTURES TOW SCRAPER DEVICE

The article discusses the issue of designing a scraper hitch. The results of theoretical and experimental studies, which showed the possibility of stabilizing and increasing the coupling weight of a tractor during soil development, are presented. The stress-strain state of the traction frame has been investigated.

Keywords: scraper, truck, tow hitch, coupling weight, stabilization.

Прицепные скреперы в летом выполняют земляные работы при строительстве автомобильных дорог и ирригационных сооружений. При этом они позволяют в зимний период использовать освободившиеся тягачи на других строительных работах. Исследованиями [1] установлено, что при копании грунта с прицепным скрепером сцепной вес тягача уменьшается, что затрудняет поступление грунта в ковш и снижает производительность прицепного скрепера.

Прицепное устройство [2] включает (рис. 1) передний мост 1 и прицепной брус 3, сваренных в жесткую Т-образную конструкцию, усиленную подкосами 2. Над верхней балкой 1 установлена опора 9, несущая конический хвостовик шаровой опоры 5, которая охвачена сферическим вкладышем 7 и крышкой 8. Снизу к переднему концу прицепного бруса 3 приварена опора 12, в которой помещен хвостовик продольного шкворня 11, снабженного прицепной серьгой 4.

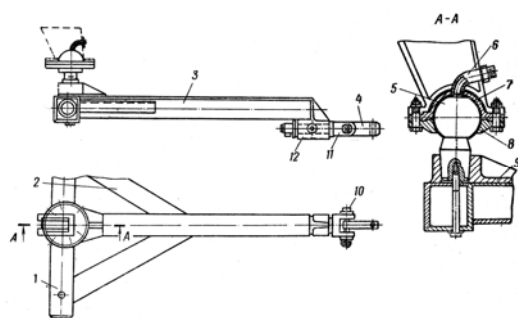


Рис. 1. Конструкция стандартного прицепного устройства скрепера

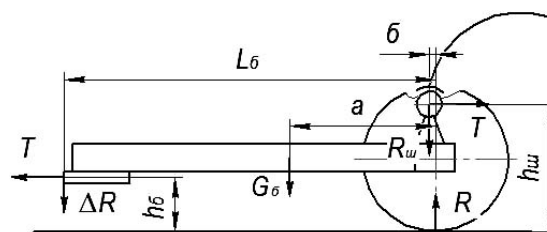


Рис. 2. Схема сил, действующих на прицепное устройство

Анализ схемы сил, действующих на серийное прицепное устройство, позволяет найти условие, при котором вертикальное усилие ΔR в прицепном устройстве будет отсутствовать. Именно оно и вызывает уменьшение сцепного веса тягача при копании грунта. Это условие состоит в равенстве высот над грунтом шарового $h_{ш}$ и прицепного $h_{б}$ устройств и реализовано в конструкции по патенту РФ [3].

Для инструментального подтверждения возможности стабилизации сцепного веса тягача при копании грунта был разработан двухкомпонентный тензометрический датчик (рис. 3), фиксирующий как горизонтальную T , так и вертикальную ΔR составляющую вертикального взаимодействия прицепного бруса и тягача. Особенностью конструкции датчика является то, что его можно без переделок монтировать как с нижней, так и с верхней стороны прицепного бруса серийного прицепного устройства.

На первом этапе испытаний двухкомпонентный датчик занимал нижнее положение (под прицепным брусом), что соответствовало установке прицепного устройства серийного скрепера. Датчик вертикального усилия 4 (рис. 3) работает на растяжение, что свидетельствует о направлении вертикального усилия ΔR вверх (от скрепера к тягачу). На рис. 4 приведены результаты исследования вертикального взаимодействия прицепного бруса и тягача при копании грунта. Видно, что с увеличением силы тяги T тягача увеличивается вертикальное усилие ΔR , разгружающее тягач. Зависимость носит практически линейный характер.

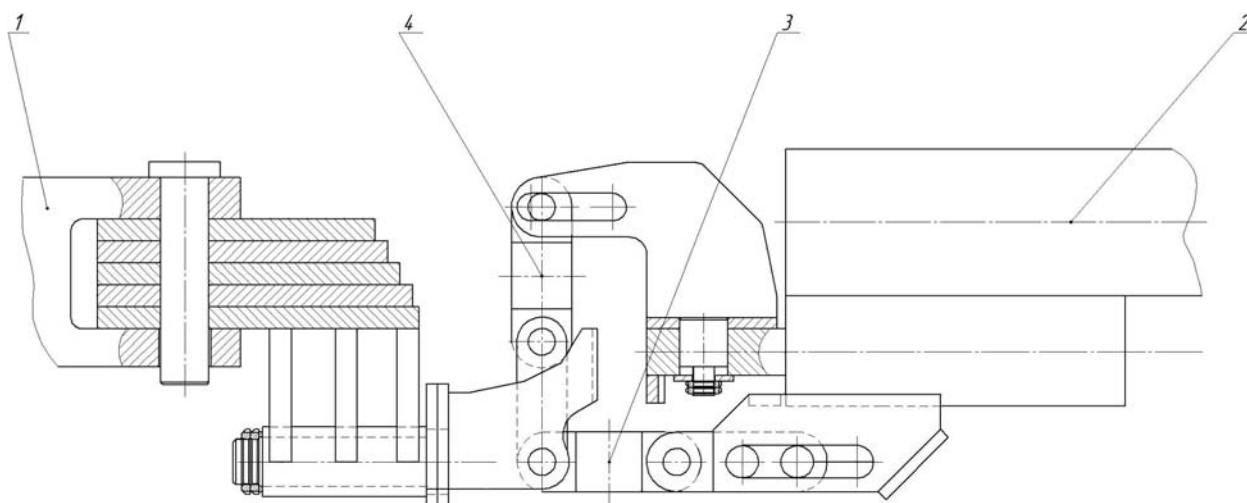


Рис. 3. Схема двухкомпонентного датчика:
1 – тягач; 2 – прицепной брус; 3 – датчик горизонтальный; 4 – датчик вертикальный

Затем двухкомпонентный датчик был установлен с верхней стороны прицепного бруса, причем его вертикальный элемент, как и раньше, работал на растяжение (рис. 5). Такое размещение датчиков соответствовало рекомендациям, изложенным в работе [3].

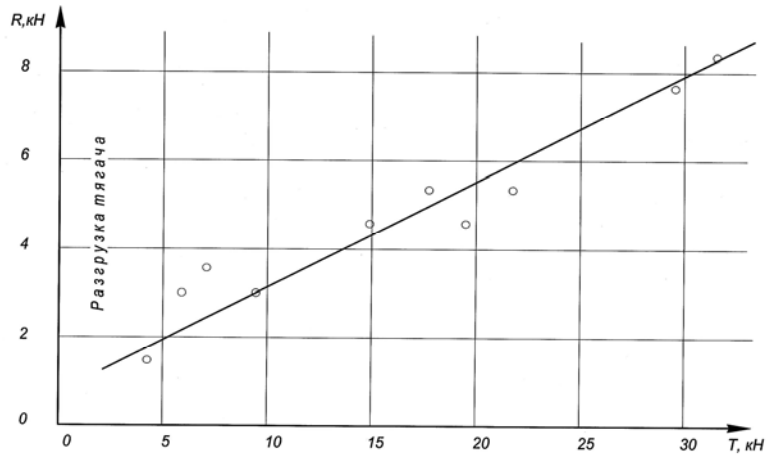


Рис. 4. Влияние силы тяги трактора T на его разгрузку (уменьшение сцепного веса) при копании грунта скрепером

Данные, приведенные на рис. 6, показывают уменьшение вертикального взаимодействия прицепного бруса и тягача при копании в том же диапазоне силы тяги, что и при нижнем размещении датчика (рис. 3, 4).



Рис. 5. Верхнее размещение датчика

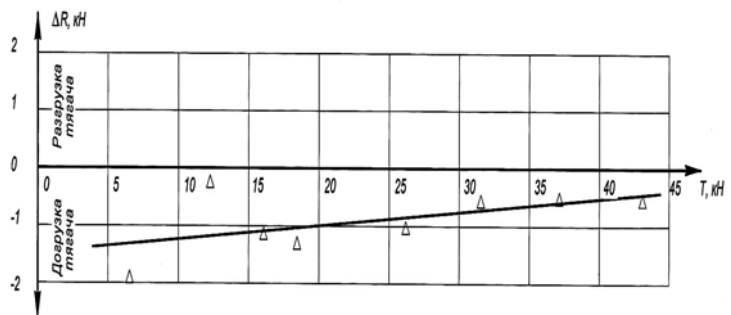


Рис. 6. Воздействие прицепного бруса скрепера на тягач с увеличением высоты h_6

Это явление подтверждает вывод о том, что для стабилизации сцепного веса тягача при копании необходимо конструктивно обеспечить равенство высот над грунтом шарового шарнира и прицепного устройства ($h_u = h_6$). При этом возможна не только стабилизация сцепного веса тягача, но и его увеличение (рис. 6) за счет назначения высоты присоединения прицепного устройства к тягачу при больших значениях h_6 .

Увеличение сцепного веса и реализуемой тягачом силы тяги вызывает возрастание нагрузок на его тяговую раму. На рис. 7 приведена 3D модель тяговой рамы скрепера, а на рис. 8 даны результаты исследования напряженно-деформированного состояния тяговой рамы при возросших нагрузках.

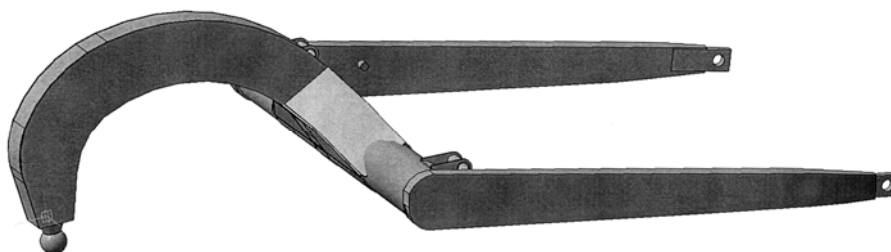


Рис. 7. 3D модель тяговой рамы скрепера

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния тяговой рамы скрепера при стабилизации сцепного веса его тягача показали, что допустимые значения суммарных напряжений, перемещений и коэффициентов запаса прочности не превышают допустимых значений.

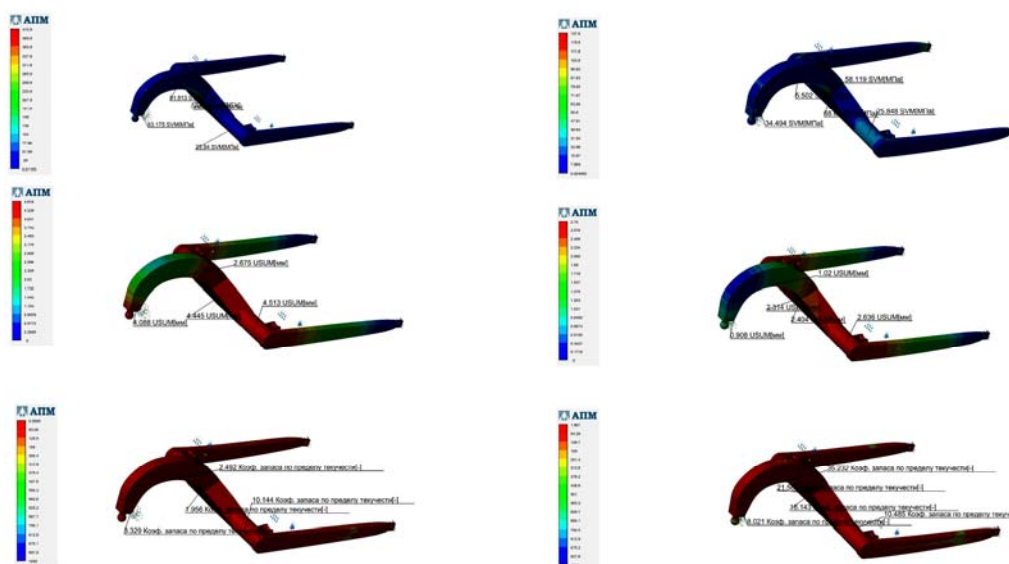


Рис. 8. Исследование напряженно-деформированного состояния тяговой рамы

Выводы

1. Экспериментально подтверждено уменьшение сцепного веса тягача при копании грунта прицепным скрепером, оборудованным серийным прицепным устройством.
2. Для стабилизации сцепного веса тягача необходимо рационально проектировать прицепное устройство, обеспечив высоту его присоединения к тягачу выше шарового устройства тяговой рамы скрепера.
3. Исследование напряженно-деформированного состояния тяговой рамы скрепера при увеличении сцепного веса тягача при копании не показали существенного увеличения суммарных напряжений, перемещений и коэффициентов запаса прочности.

Библиографический список

1. Зинченко Н.С. Исследование рабочего процесса прицепного скрепера, увеличивающего сцепной вес гусеничного тягача при копании грунта: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.С. Зинченко. Омск, 1980. 17 с.
2. Плешков Д.И. Бульдозеры, скреперы, грейдеры: учебник для проф.-техн. учебных заведений / Д.И. Плешков, М.И. Хейфец, А.А. Яркин. М., «Высш. школа», 1972. 328 с.
3. Пат. 2230158 Российская федерация, МПК⁷ E02F 3/64. Прицепное устройство скрепера / Нилов В.А., Косенко А.А., и др.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. № 2002128327/03; заявл. 21.10.2002; опубл. 10.06.2004, Бюл. № 16. 3 с.

References

1. Zinchenko N.S. Research workflow trailed scraper, increasing the weight of the towing tractor crawler digging earth: Author. Dis. ... Cand. tehn. Science / NS Zinchenko. Omsk, 1980. 17 p.
2. Pleshkov D.I. Bulldozers, scrapers, graders: a textbook for prof. techno. educational Covenants / D.I. Pleshkou, M.I. Heifetz, A.A. Iarkin. M., «Executive. School», 1972. 328 pp.
3. Pat. 2230158 Russian federation MPK⁷ E02F 3/64. Tow hitch scraper / Nilov V.A., Kosenko A.A., et al.; applicant and patentee Voronezh State Technical University. № 2002128327/03; appl. 21.10.2002; publ. 10.06.2004, Bull. № 16. 3.

*Воронежский государственный
технический университет
д-р. техн. наук, проф. кафедры
строительной техники и инженерной
механики В.А. Нилов,
магистрант С.А. Черник,
доцент, канд. техн. наук
Федоров Е.В.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: vladnil1024@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., building engineering
and engineering mechanics Dept
V.A. Nilov,
undergraduate S.A. Chernik,
associate professor, cand. tech. sciences
E.V. Fedorov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29
e-mail: vladnil1024@mail.ru*

В.А. Нилов, С.А. Черник, Е.В. Федоров

РАЦИОНАЛЬНОЕ АГРЕГАТИРОВАНИЕ ТЯГАЧА И СКРЕПЕРА

В статье рассмотрен вопрос о рациональном агрегатировании колесного тягача и скрепера. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, показавших возможность увеличения сцепного веса тягача, уменьшения сопротивления копания скрепера и выбору рациональной вместимости его ковша.

Ключевые слова: тягач, скрепер, вместимость ковша, агрегатирование.

V.A. Nilov, S.A. Chernik, E.V. Fedorov

RATIONAL AGGREGATION OF THE TRACTOR AND SCRAPER

The article deals with the issue of rational aggregation of a wheeled tractor and a scraper. The results of theoretical and experimental studies are presented, which showed the possibility of increasing the adhesion weight of a tractor, reducing the scraper's digging resistance and choosing a rational capacity of its bucket.

Keywords: tractor, scraper, bucket capacity, aggregation.

Производительность скрепера можно увеличить за счет уменьшения сопротивления копания грунта и увеличения его сцепного веса. В увеличении мощности двигателя тягача нет необходимости, поскольку промышленность выпускает энергонасыщенные тягачи, обладающие большим запасом мощности при копании, например, трактор ОпТЗ 150К. С целью уменьшения эксплуатационных затрат необходимо ориентироваться на самостоятельный набор грунта скрепером в расчетном грунте, без применения дополнительного трактора-толкача. При этом, с одной стороны, необходимо уменьшить сопротивление копанию, а с другой – увеличить тяговые возможности энергонасыщенного тягача.

Уменьшить сопротивление копанию возможно за счет применения различной конструкции интенсификаторов копания, среди которых наиболее простым является сменный совковый режущий орган, рис. 1. Совковый режущий орган имеет простую конструкцию, малую стоимость и позволяет уменьшить сопротивление копанию до 40%, рис. 2.

Увеличить тяговые возможности современного колесного энергонасыщенного трактора можно за счет увеличения его сцепного веса. Поэтому при проектировании принята не прицепная, а полуприцепная схема агрегатирования тягача и скрепера, которая позволяет увеличить сцепной вес базового тягача, как при копании, так и при транспортировании грунта. Па-

тентно-информационный поиск показал, что имеются конструкции, позволяющие увеличивать сцепной вес тягача при передаче тяговой нагрузки на прицепное оборудование [2], рис. 3. Сцепной вес тягача при копании увеличивается за счет наклонного положения буксирной петли 3.

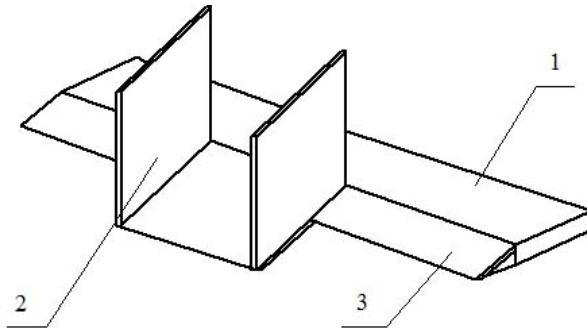


Рис. 1. Совковый режущий орган скрепера

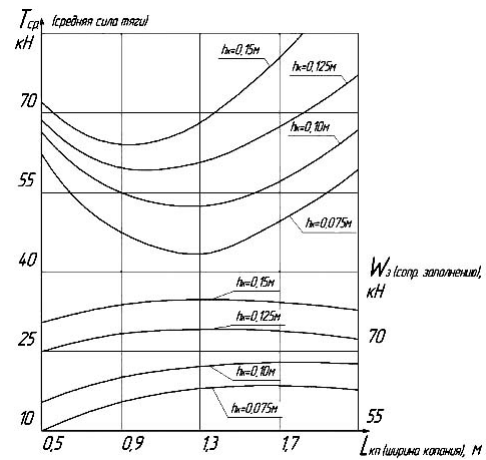


Рис. 2. Влияние ширины резания на сопротивление копанию

Для увеличения надежности нового полуприцепного скреперного агрегата СА в его конструкции необходимо применить очень простое и надежное шаровое седельно-сцепное устройство (ССУ), которое реализовано в конструкции скрепера ДЗ-87-1, рис. 4. Обладая существенными преимуществами, шаровое ССУ все же имеет высокое расположение точки приложения тяговой нагрузки, что неизбежно приводит к перераспределению вертикальных нагрузок на ведущие мосты тягача при копании грунта. Кроме того, оно нагружает арку-хобот тяговой рамы значительной тяговой нагрузкой.

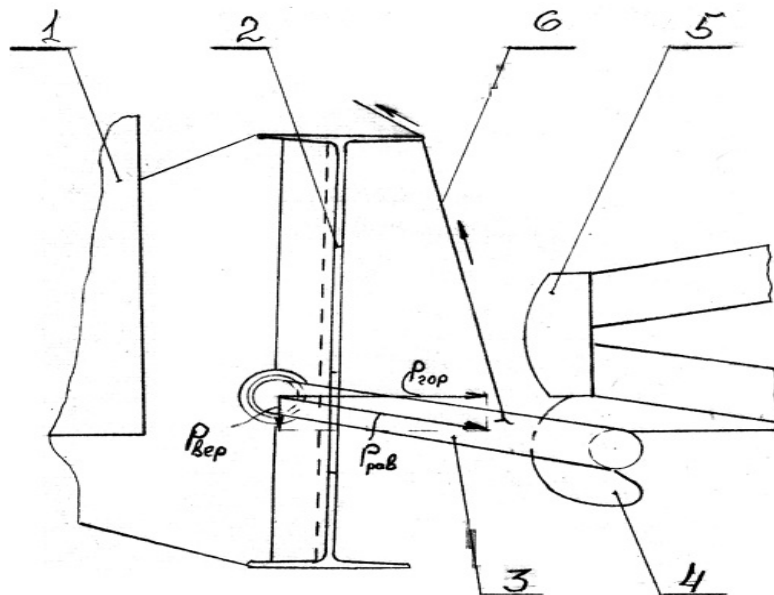


Рис. 3. Догрузка тягача при копании грунта



Рис. 4. Скрепер ДЗ-87-1 с шаровым ССУ

Подытоживая анализ конструктивных решений нового СА, необходимо установить съемную ножевую систему с совковым режущим органом, которая позволит снизить сопротивление копанию до 40%, увеличить сцепной вес колесного тягача за счет полуприцепной схемы его агрегатирования с тягачом, дополнительно увеличить сцепной вес при копании за счет наклонного расположения тягового элемента, установить шаровое ССУ и предусмотреть понижение точки приложения тяговой нагрузки к тягачу.

Оценить технико-экономические показатели СА, как на стадии проектирования, так и при их эксплуатации можно, применяя экономико-математическое моделирование [1], основанное на подробном математическом описании всех выполняемых технологических процессов и операций по их техническому обслуживанию. В современных условиях подобные расчеты принято выполнять с помощью ЭВМ-программ [2, 3, 4].

Для снижения экологической нагрузки на окружающую среду важно применять не гусеничные, а колесные СА, обладающие высокой производительностью и меньшими энергозатратами (исключение дополнительных толкачей). Эту серьезную задачу можно решить за счет рационального агрегатирования уже имеющихся в эксплуатации скреперов путем сравнения их технико-экономических показателей [5]. При этом нужно учитывать, что производительность СА можно увеличивать за счет повышения развиваемой силы тяги или путем снижения технологического сопротивления машины при работе.

На рис. 6 приведены технико-экономические показатели работы прицепного скрепера вместимостью $4,5 \text{ м}^3$ к гусеничному тягачу Т-150 при самонаборе, которые четко демонстрируют зоны рационального объема перевозимого грунта.

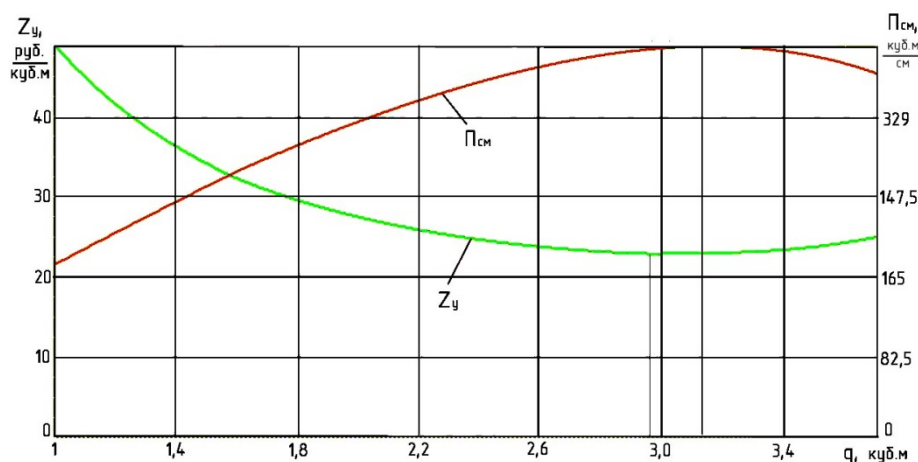


Рис. 6. Влияние вместимости ковша на технико-экономические показатели скрепера

Улучшить технико-экономические показатели работы прицепного скрепера можно за счет увеличения силы тяги (применение толкача Т-150) и увеличения скорости транспортирования грунта (колесный тягач Т-150К). Расчеты показывают существенное увеличение производительности при осуществлении таких мер (рис. 7).

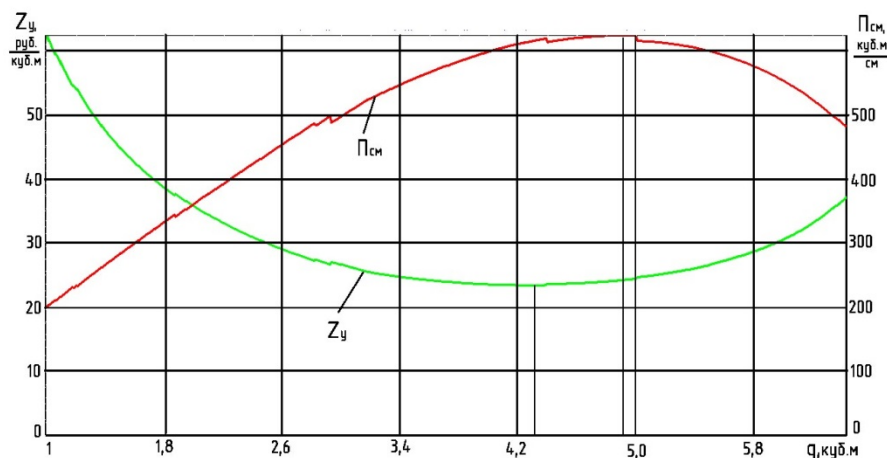


Рис. 7. Техничко-экономические показатели скрепера ДЗ-111 с колесным тягачом и гусеничным толкачом Т-150

В этом случае рациональная вместимость ковша составляет $4,2 \dots 4,8 \text{ м}^3$. Максимальная сменная производительность – $628 \text{ м}^3/\text{см}$, а приведенные удельные затраты (дальность транспортирования 100 м) равны $23,5 \text{ руб.}/\text{м}^3$. Эти данные вполне соответствуют серийному скреперу ДЗ-111 с тягачом Т-150К.

Исследованиями [6] показано положительное влияние на производительность скрепера уменьшения ширины резания при копании грунта до значений $0,6 \dots 0,65$ ширины ковша (рис. 8), что позволяет уменьшить сопротивление копанию на $30 \dots 40 \%$.

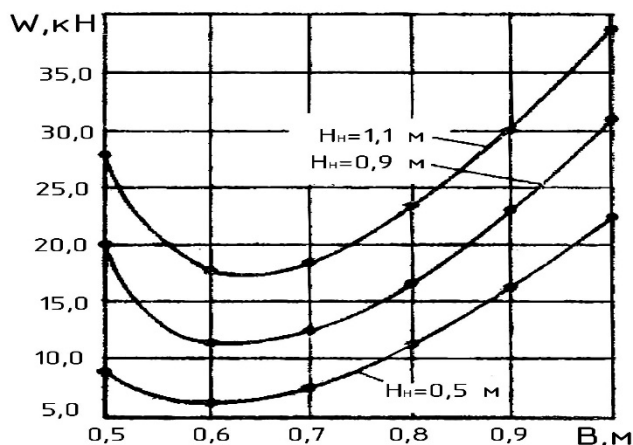


Рис. 8. Влияние ширины резания на сопротивление копанию

Результаты моделирования рабочего процесса прицепного СА с уменьшенной шириной резания к тягачу Т-150К без применения толкача приведены на рис. 9. Они показывают существенное улучшение процесса копания и соответствующее улучшение технических и экономических показателей работы СА.

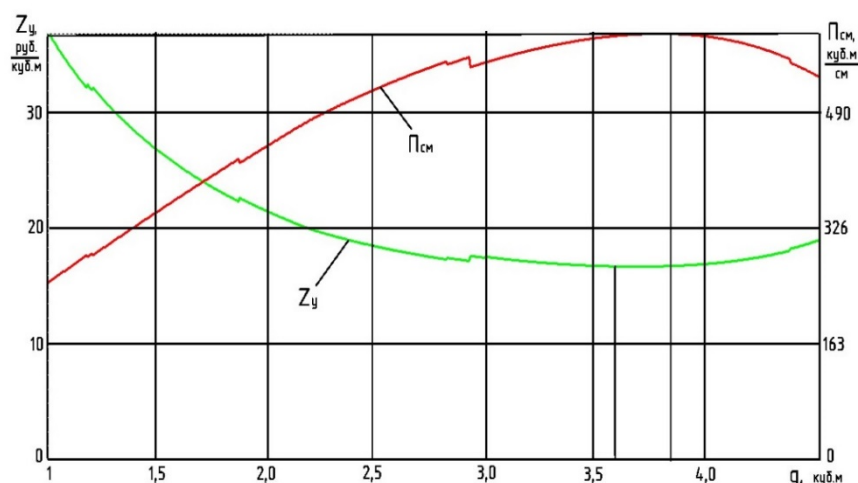


Рис. 9. Влияние уменьшения ширины резания

Уменьшение ширины резания существенно увеличивает рациональный объем перевозимого грунта (до 3,6...4,0 м³), повышает производительность до 597 м³/см и снижает приведенные удельные затраты до значений существенно меньше, чем при работе с дополнительным толкачом (16,8 руб./м³). В таблице приведены обобщенные данные о влиянии состава и конструкции скреперного агрегата на его технико-экономические показатели.

Таблица

Технико-экономические показатели сравниваемых СА
(колесный тягач Т-150К с прицепным скрепером, дальность возки 100 м)

п/п	Состав агрегата:	Рациональный объем грунта в ковше, м ³	Максимальная производительность, м ³ /см	Минимальные приведенные затраты, руб./м ³
1	с толкачом Т-150	4,2...4,8	628	23,5
2	самонабор, ширина резания уменьшена	3,6...4,0	597	16,8
3	самонабор, ширина резания уменьшена, увеличен сцепной вес тягача	5,0...5,5	788	13,43

Из полученных данных видно, что минимальные приведенные затраты обеспечивает скреперный агрегат, работающий без дополнительного толкача, но имеющий увеличенный сцепной вес.

Наибольший эффект можно получить при сочетании рассмотренных выше факторов: колесный тягач с увеличенным сцепным весом, отсутствие толкача (самонабор) и уменьшение ширины резания. Для уменьшения ширины резания (совковый режущий орган) необходима реконструкция ковша в его наиболее нагруженной режущей части. Для увеличения сцепного веса тягача необходимо применить полуприцепную схему агрегатирования его со скреперным оборудованием и дополнительно (при копании) увеличить сцепной вес за счет наклонного расположения буксирной петли (рис. 10).

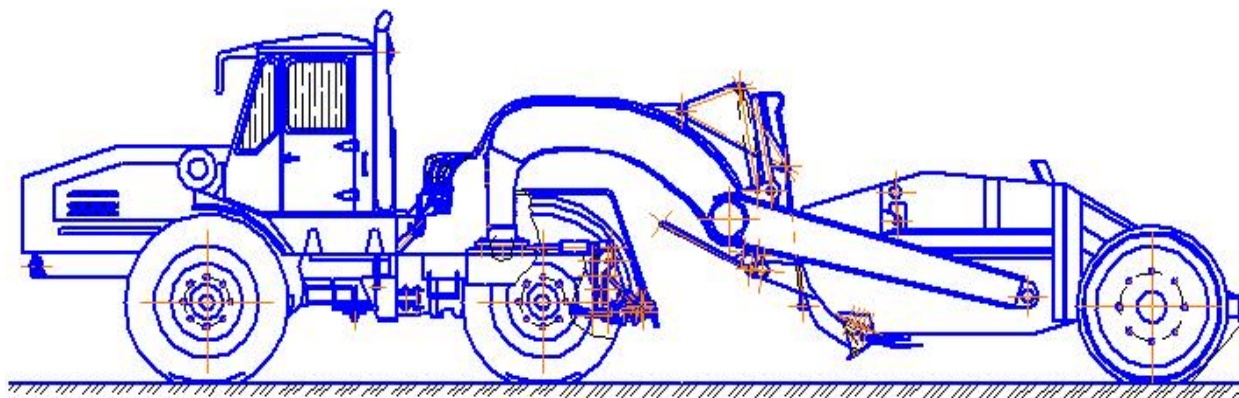


Рис. 10. Полуприцепной скрепер к тягачу ОрТЗ 150К

Применение энергонасыщенного колесного трактора ОрТЗ 150К позволяет реализовать увеличенный сцепной вес, увеличив силу тяги агрегата при копании до 60 кН. Эти технические решения одновременно с уменьшением ширины резания способствуют обеспечению самонабора грунта без дополнительного толкача.

Выполненные расчеты служат обоснованием для проектирования скреперного агрегата, включающего колесный тягач ОрТЗ 150К в агрегате с полуприцепным ковшом вместимостью 4,5 м³.

Заключение

В результате проведенной работы по исследованию и проектированию полуприцепного скрепера к тягачу ОрТЗ-150К были установлены: подвижная шаровая опора и средства для понижения точки приложения к тягачу технологической нагрузки. Это позволило увеличить статический сцепной вес тягача до 97,5 кН, а при копании за счет наклонного расположения буксирной тяги сцепной вес может достигать 104,7 кН.

Это привело к увеличению производительности скрепера на 26% по сравнению с выпускаемой базовой моделью (прицепной скрепер вместимостью 4,5 м³ к тягачу Т-150К).

Библиографический список

1. Ульянов Н.А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин. М., «Машиностроение», 1969.
2. А.с. № 364477 СССР, МКИ В60D 1/00. Сцепное устройство для скреперов, работающих совместно с последовательным забором грунта. Авт. изобр. Нехорошев И.И., Жеребцов В.В. № 1480407/29-14; заявл. 05.10.70; Опубл. 28.12.72, бюл. № 5.
3. Пат. 2209887 Российская Федерация, МПК7 E02F 3/64. Скрепер / Нилов В.А., Великанов А.В., Косенко А.А., Гаврилов А.В.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. № 2002107262/03; заявл. 21.03.2002; опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22. 3 с.
4. Борисенков В.А. Оптимизация скреперных агрегатов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 248 с.
5. Нилов В.А., Иванищев П.И. Экономико-математическое моделирование скреперных агрегатов (алгоритм) / Свидетельство № 2010612814, заяв. № 2009617251. Дата поступл. 18.12.2009, регистрация 23.04.2010 ГОУВПО ВГТУ.
6. Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. Моделирование работы автогрейдера с объемным гидроприводом переднего моста // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 10. С. 44-45.

References

1. Ulyanov N.A. The theory of self-propelled wheeled earth-moving vehicles. M., "Mechanical Engineering", 1969.
2. A.S. No. 364477 USSR, MKI B60D 1/00. Hitch for scrapers working in conjunction with sequential soil picking. Auth. fig. I. I. Nekhoroshev, V. V. Zherebtsov No. 1480407 / 29-14; declared 10/05/70; Publ. 28.12.72, bul. No. 5.
3. Pat. 2209887 Russian Federation, MPK7 E02F 3/64. Scraper / Nilov V.A., Velikanov A.V., Kosenko A.A., Gavrilov A.V; applicant and patentee Voronezh State Technical University. No. 2002107262/03; application filed on March 21, 2002; publ. 10.08.2003, Bul. No. 22.3 p.
4. Borisenkov V.A. Optimization of scraper units. Voronezh: Voronezh State University Publishing House, 1990. – 248 p.
5. Nilov V.A., Ivanishchev P.I. Economic and mathematical modeling of scraper units (algorithm) / Certificate No. 2010612814, application. No. 2009617251. Date of receipt. 12/18/2009, registration 04/23/2010 GOUVPO VSTU.
6. Zhulay V.A., Enin V.I., Serov A.A. Modeling the operation of a motor grader with a volumetric hydraulic drive of the front axle // Construction and road machines. - 2007. - No. 10. S. 44-45.

*Тихоокеанский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры Транспорт-
но-технологические комплексы в строи-
тельстве и горном деле К.П. Позынич
Россия, г. Хабаровск, тел. +7(4212) 37-52-02
e-mail: kpp.51@mail.ru*

*Pacific National University
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
Department of Transport and Technological
Systems in Construction and Mining
K.P. Pozynich
Russia, Khabarovsk, tel. +7 (4212) 37-52-02
e-mail: kpp.51@mail.ru*

К.П. Позынич

КОНСОЛЬНО-ПОВОРОТНЫЕ КРАНЫ, ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРАНОВ ПРОЛЕТНОГО И КОНСОЛЬНОГО (СТРЕЛОВОГО) ТИПА

При необходимости расширения площади обслуживания краном находят применение поворотные консольные краны на колонне с переменным вылетом. Консольные краны применяются для обслуживания ограниченных площадей, примыкающих к стенам зданий или другим сооружениям, а также для передачи грузов из одного пролета здания в другой; могут быть установлены на открытых площадках и использованы для погрузочно-разгрузочных работ в пределах зоны обслуживания, образуемой минимальным и максимальным вылетами и углом поворота стрелы.

Ключевые слова: Кран консольный, кран пролётного типа, сравнение, эффективность, область применения.

K.P. Pozynich

CANTILEVER-ROTARY CRANES COMBINING ELEMENTS OF CRANES OF SPAN AND CANTILEVER (BOOM) TYPE

If it is necessary to expand the service area with a crane, rotary cantilever cranes on a column with variable overhang are used. Cantilever cranes are used for servicing limited areas adjacent to the walls of buildings or other structures, as well as for transferring cargo from one span of the building to another; they can be installed in open areas and used for loading and unloading operations within the service area formed by the minimum and maximum departures and the angle of rotation of the boom.

Keywords: stand-alone system, independent suspension, the rotor-stator, rotor shape of the elastic line, the critical speed.

Консольно-поворотный кран можно отнести к оборудованию, которое используется в самых разных целях. Консольно-поворотные краны работают вместе с мостовыми кранами на технологических линиях, используются в составе гибких производственных модулей, на складах. Благодаря простоте монтажа и меньшему количеству конструкционных ограничений по сравнению с другими типами грузоподъемной техники, консольно-поворотные краны находят самое широкое применение - от цехов до сборочных конвейеров, портов и даже атомных электростанций. Такая эксплуатационная гибкость объясняется разнообразием кон-

струкций консольно-поворотных кранов, которые предлагают изготовители. Стандартная грузоподъемность этих кранов - до 2-х тонн. У консольного крана грузозахватный орган подвешен к консоли или к тележке, перемещающейся по консоли. Отличительной особенностью этого крана является наличие такой консоли и разнесенных по вертикали опор.

Консольные краны выполняются передвижными и стационарными поворотными. Многие предприятия сегодня специализируются не в изготовлении, а в области сервиса и технического обслуживания грузоподъемной техники, в том числе и консольных поворотных кранов, что также объясняется их большим конструктивным разнообразием. По конструктивным признакам существуют следующие консольно-поворотные краны (рис.1).

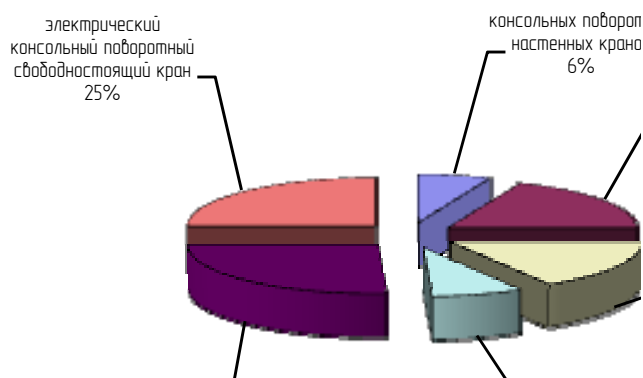


Рис. 1. Состав парка стационарных консольных кранов

Настенно-консольные краны применяют в цехах для уменьшения объема работы мостовых кранов (рис. 2) [1]. Так как данную конструкцию крана крепят непосредственно к стене, она может иметь значительную до 18 метров высоту подъема груза при вылете крана до 10 метров.

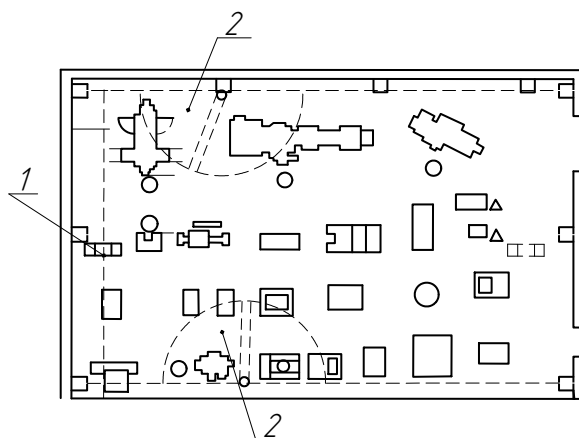


Рис. 2. Схема агрегатного отделения с настенно-консольными кранами:
1 – мостовой кран; 2 – консольные краны

Колонные краны применяют главным образом в цехах машиностроительных заводов для обслуживания отдельных агрегатов (рис. 3). Консольный кран на свободностоящей колонне т.е. не имеющей дополнительных креплений кроме крепления к полу в отличие от настенного крана, не требует возведения капитальных сооружений для его установки.

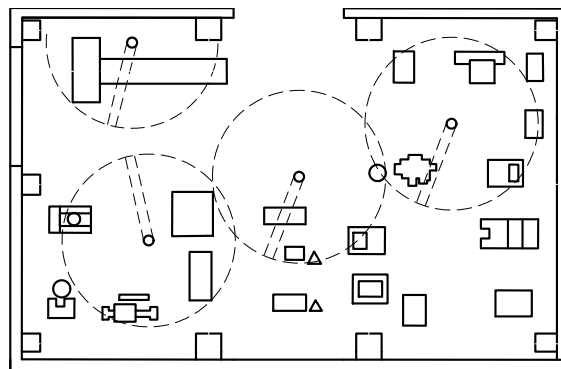


Рис. 3. Схема применения консольных кранов на колонне

Грузами, перемещаемыми консольными кранами в рассмотренных производствах являются: двигатели внутреннего сгорания; коробки передач; муфты сцепления; детали, устанавливаемые на металлообрабатывающие станки и т.п. [2, 3].

При необходимости расширения площади обслуживания краном применяют поворотные краны с переменным вылетом. В этом случае кран может обслуживать площади сектора кольца между двумя окружностями, радиусы которых соответствуют максимальному и минимальному вылета.

Недостатками настенных консольных кранов являются:

- затраты на капитальные сооружения для их крепления и установки
- незначительная зона обслуживания ограниченная вылетом и радиусом поворота стрелы.

Недостатками консольных кранов на колонне являются:

- незначительная зона обслуживания ограниченная вылетом и радиусом поворота стрелы.

Настенный консольный кран, объединяющий в себе элементы кранов пролетного и стрелового типов (рис. 4), и лишённый части указанных выше недостатков, состоит из основной балки 1 и выдвижной секции 2. По нижнему поясу выдвижной секции передвигается электрическая таль 3. Основная балка 1 консольно закреплена на неподвижной колонне 4 и может свободно поворачиваться вокруг оси 5.

В задней части выдвижной секции имеется пара опорных катков 6. Катки 6 могут перемещаться по нижнему поясу балки 1. На переднем конце основной балки 1 находятся приводные ролики 7, на которые опирается верхний пояс выдвижной секции 2. С помощью клиноременной передачи 8 приводные ролики приводятся во вращение от электродвигателя 9, закрепленного на балке 1. Вращение роликов 9, 7 вызывает перемещение выдвижной секции 2 вдоль основной балки 1.

На рис.4 показана конструкция консольного крана, имеющего дополнительную, выдвижную секцию стрелы.

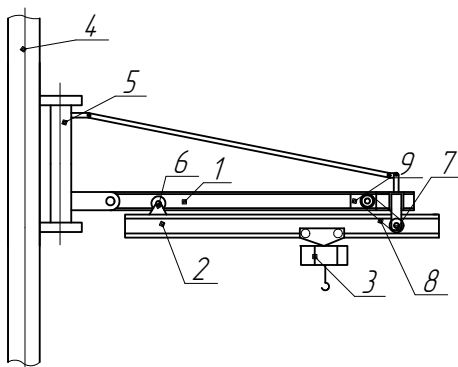


Рис. 4. Консольный кран с выдвижной стрелой

При рассмотрении и сравнении схем работы мостовых и настенного консольного крана с выдвижной стрелой, показанного на рис.4, выявляются следующие достоинства крана:

- рабочая зона стрелового крана, практически не уступает площади охвата крана пролетного типа
- в сравнении с краном пролетного типа для консольного крана на колонне не требуется возведения капитальных сооружений для его установки,
- снижение затрат на возведение капитальных сооружений в связи с их ненадобностью.

Консольный полноповоротный кран на колонне с выдвижной стрелой представлен на рис. 5.

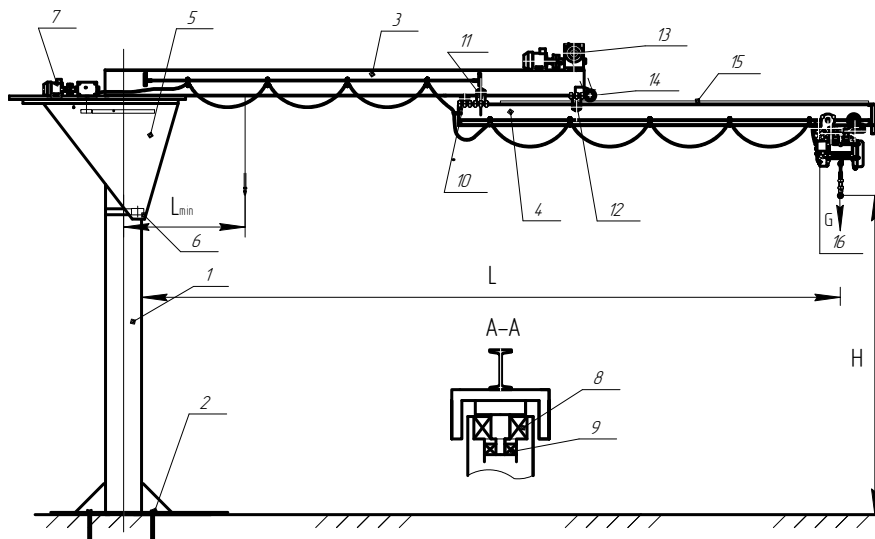


Рис. 5. Схема консольного крана

Консольный кран состоит из неподвижной колонны 1, которая при помощи анкерных болтов 2 крепится к фундаменту. Стрела консольного крана состоит из основной 3 и выдвижной секции 4. Основная секция имеет коробчатую платформу 5, на которой установлены ролики 6 и механизм поворота 7. Стрела поворачивается относительно колонны на цапфе, установленной в радиальный 8 и упорный 9 подшипники. Дополнительная секция стрелы 4 перемещается вдоль основной секции 3 на роликах 10, 11 и 12 при помощи механизма изменения вылета 13, шестерня 14 которого входит в зацепление с зубчатой рейкой 15 зафиксированной на дополнительной секции 4. Вдоль секции 4 перемещается таль 16.

Схема работы в ремонтном цехе полноповоротного консольного крана, имеющего дополнительную, выдвижную секцию стрелы, показана на рис. 6.

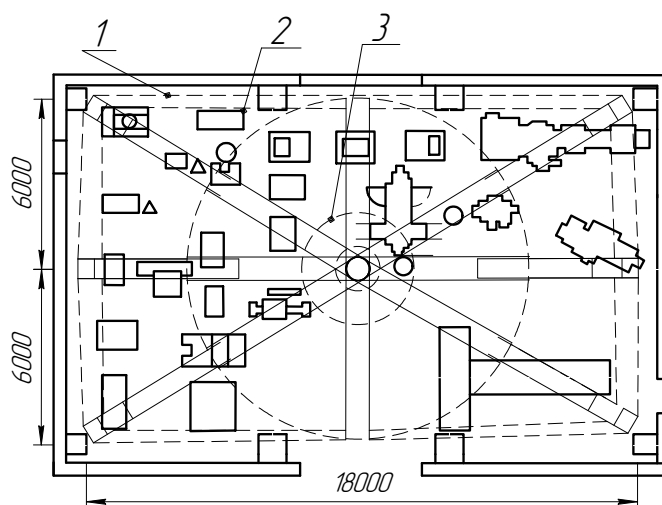


Рис. 6. Схема работы консольного крана с выдвижной стрелой:
1 – зона охвата стрелы; 2 – рабочая зона; 3 – нерабочая зона

Выводы

1. При рассмотрении и сравнении схем работы мостового и стрелового консольного крана на предлагаемой конструкции выявляются следующие достоинства разрабатываемого крана:
 - рабочая зона стрелового крана, практически не уступает площади охвата крана пролетного типа;
 - в сравнении с краном пролетного типа для консольного полноповоротного крана на колонне не требуется возведения капитальных сооружений для его установки;
 - снижение затрат на возведение капитальных сооружений в связи с их ненужностью.
2. Оснащение ремонтных и сервисных предприятий надежными высокоэффективными машинами, ускоренная замена устаревшей техники новой, высокопроизводительной – это один из важных рычагов повышения эффективности производства.

Библиографический список

1. Справочник по кранам / Под ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение, 1988, Т.1. – Т.2. – 569 с.
2. Технология подъемно-транспортного машиностроения / Колесник Н. П. и др. – М.: Машиностроение. 1988. – 280 с.
3. Косилова А. Г. Сухов А. Ф. Технология производства подъемно-транспортных машин / А.Г. Косилова, А.Ф. Сухов. М.: Машиностроение. 1982. – 301 с.

References

1. Handbook of cranes / Edited by M. M. Gokhberg. L.: Mechanical Engineering, 1988,– Vol.2– - 569 p.
2. Technology of lifting and transport engineering / Kolesnik N. P. et al. - M.: Mechanical engineering. 1988– - 280 p.
3. Kosilova A. G. Sukhov A. F. Technology of production of lifting and transport machines / A.G. Kosilova, A.F. Sukhov. M.: Mechanical engineering. 1982– - 301 p.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Н.М. Волков

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Д.Н. Дегтев

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

С.А. Никитин

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

А.Н. Щиенко

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Voronezh State Technical University

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova E.A. Tarasov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova N.M. Volkov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova D.N. Degtev*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova S.A. Nikitin*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko*

Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ УЧАСТНИКА ДТП АВТОМОБИЛЯ ОПЕЛЬ АСТРА

Исследование имело своей целью установление основных параметров видеопотока, пригодности визуального качества методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным и инструментальным) с использованием комплекса программных и аппаратных средств. Решается вопрос определения скорости движения участника ДТП автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. перед столкновением.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, скорость движения, ДТП, обстоятельства ДТП.

Е.А. Tarasov, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.A. Nikitin, A.N. Shchienko

DETERMINATION OF THE SPEED OF THE PARTICIPANT OF THE OPEL ASTRA CAR ACCIDENT

The purpose of the study was to establish the main parameters of the video stream, the suitability of visual quality by methods of forensic examination of video recordings (visual and instrumental) using a set of software and hardware. The issue of determining the speed of a participant in an accident of an Opel Astra car with a license plate xxxxxx region, under the control of V. R. I. before the collision is being resolved.

Keywords: auto technical expertise, speed of movement, accident, circumstances of the accident.

Для производства экспертного исследования поступили следующие материалы:

- видеозаписи, зафиксированные в файлах «25 Нижнекамск 04_ch2_20210817223640_20210817223742.mp4», «25 Нижнекамск 08_ch1_20210818004738_20210818005256.mp4», «25 Нижнекамск 08_ch2_20210818004157_20210818005934.mp4».
- копии административных материалов.

На разрешение эксперта поставлен вопрос:

Какова скорость движения участника ДТП автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. перед столкновением?

Обстоятельства дела известны эксперту из представленных на исследование материалов.

И С С Л Е Д О В А Н И Е

I. Предварительное исследование

Исследование имело своей целью установление основных параметров видеопотока, пригодности визуального качества методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным и инструментальным) с использованием комплекса программных и аппаратных средств:

- ПЭВМ INTEL Core i5 2500k CPU 3.3 GHz, 16 Gb ОЗУ, монитор Philips 273E;
- программные пакеты: VirtualDub-1.10.4., K-Lite Mega Codec Pack 11.2.0, HashTab 5.2.0.14, Adobe Photoshop Elements 9.0, MediaInfo 0.7.79.

Проверка целостности и работоспособности программного обеспечения и компьютера осуществлялась путем выполнения штатных тестовых процедур.

Представленные на исследование видеозаписи были скопированы в память ПЭВМ на накопитель на жестком магнитном диске.

Предварительное исследование показало, что наиболее подходящая для решения поставленного вопроса видеозапись зафиксирована в файле «25 Нижнекамск 08_ch1_20210818004738_20210818005256.mp4» (хэш-сумма MD5: A6358C0560055502AA543A86A9AB604F), далее по тексту СВ2.

Представленная на исследование видеозапись была зафиксирована при помощи стационарно установленной камеры наружного наблюдения. В нижней левой части кадра расположен маркер, вероятно содержащий информацию о номере камеры системы видеонаблюдения. В верхней правой части кадра расположен маркер, содержащий информацию о дате и времени съемки. Видеозапись является монохромной, проводилась в темное время суток при искусственном освещении. Изображения объектов имеют удовлетворительные резкостные характеристики. При появлении в кадре ярких источников света, некоторые локальные участки кадров визуально неразборчивы. Проезжая часть и некоторые объекты освещаются с помощью искусственного освещения (с помощью фонарей уличного освещения, фар проезжающих транспортных средств. Исследуемая видеозапись имеет продолжительность 05 мин. 37 с. и состоит из 8425 кадров. Более полные характеристики видео и аудиоряда представлены ниже.

С помощью программы MediaInfo были установлены основные параметры видеопотока:

Параметры видеопотока CB2

Общее

Формат : MPEG-4
Профиль формата : Base Media
Идентификатор кодека : isom (isom/iso2/avc1/mp41)
Размер файла : 5,47 Мбайт
Продолжительность : 5 м. 37 с.
Режим общего битрейта : Переменный
Общий поток : 136 Кбит/сек
Дата кодирования : UTC 2021-08-19 16:12:40
Дата пометки : UTC 2021-08-19 16:12:40

Видео

Идентификатор : 1
Формат : HEVC
Формат/Информация : High Efficiency Video Coding
Профиль формата : Main@L4@Main
Идентификатор кодека : hev1
Идентификатор кодека/Информация : High Efficiency Video Coding
Продолжительность : 5 м. 37 с.
Битрейт : 101 Кбит/сек
Ширина : 1 920 пикселей
Высота : 1 080 пикселей
Соотношение сторон : 3:2
Режим частоты кадров : Постоянный
Частота кадров : 25,000 кадров/сек
Цветовое пространство : YUV
Субдискретизация насыщенности : 4:2:0
Битовая глубина : 8 бит
Бит/(Пиксели*Кадры) : 0.002
Размер потока : 4,07 Мбайт (74%)
Дата кодирования : UTC 2021-08-19 16:12:40
Дата пометки : UTC 2021-08-19 16:12:40
Цветовой диапазон : Full
Основные цвета : BT.709
Характеристики трансфера : BT.709
Коэффициенты матрицы : BT.709
Codec configuration box : hvcC

Аудио

Идентификатор : 2
Формат : AAC LC
Формат/Информация : Advanced Audio Codec Low Complexity
Идентификатор кодека : mp4a-40-2
Продолжительность : 5 м. 36 с.
Вид битрейта : Переменный

Битрейт	: 31,1 Кбит/сек
Каналы	: 1 канал
Channel layout	: C
Частота	: 16,0 КГц
Частота кадров	: 15,625 кадров/сек (1024 SPF)
Метод сжатия	: C потерями
Размер потока	: 1,25 Мбайт (23%)
Дата кодирования	: UTC 2021-08-19 16:12:40
Дата пометки	: UTC 2021-08-19 16:12:40

Покадровым просмотром было установлено, что период смены кадров равен периоду кадровой частоты.

Как видно из приведенных данных, технические характеристики видеозаписывающего устройства, используемого для видеозаписи, достаточно высокие, визуальное качество удовлетворительное.

Таким образом, технические характеристики и визуальное качество представленной на исследование видеозаписи достаточны для проведения дальнейшего исследования.

II. Решение вопроса: «Какова скорость движения участника ДТП автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. перед столкновением?»

Данное исследование было направлено на определение скорости автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, движущегося в правом направлении в картинной плоскости кадра по представленной на исследование видеозаписи методами криминалистической экспертизы видеозаписей (визуальным, инструментальным и расчетным). Данное исследование было проведено при помощи программно-аппаратного комплекса, указанного в части I настоящего заключения.

В ходе визуального анализа СВ2, изучения представленных копий административных материалов было установлено, что:

- движущийся с отрицательной динамикой в картинной плоскости кадра слева направо автомобиль, зафиксированный в начале второй минуты видеозаписи, это BMW с госномером xxxxx (далее по тексту ТС1);
- движущийся в попутном с ТС1 направлении с более высокой скоростью автомобиль, это Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. (далее по тексту ТС2);
- столкновение происходит при выходе из поля кадра обоих ТС, в районе правой границы кадра.

Вычисление скорости ТС (транспортного средства) сводится к установлению расстояния пройденного им за определённое время. Так как на видеоролике ТС фиксируется в дискретные моменты времени с периодом, равным периоду смены кадров, то по изменению координат объекта в кадрах с номером n и $n+1$ и по известной частоте смены кадров можно определить среднюю скорость движения автомобиля в текущий момент времени.

При решении данной задачи известными параметрами или параметрами легко определяемыми являются время смены кадров T_k , геометрические размеры автомобиля [мм] и размеры отображения автомобиля на первичном преобразователе [в пикселях]. В большинстве случаев при нахождении скорости автомобиля можно использовать шкалу отношений. Шкалой отношений называется шкала, в которой численные значения числовой системы определяются с точностью до преобразований подобия $\Psi(x) = ax$, $a > 0$.

В данной шкале фиксируется начало отсчета, но не единица измерения. Свойство шкалы: при выборе любой системы измерений отношение измерений одинаково при переходе от одной системы к другой. Данному условию удовлетворяет ракурс съемки устройства видеозаписи, с помощью которого была произведена запись представленной на исследование видеопанорамы.

Выбор кадров для расчета скорости был обусловлен тем, что на данном участке видеозаписи правые колеса объекта не маскированы иными объектами, ракурс съемки наиболее оптимален и скорость движения относительно постоянная и визуально не изменяется.

Расчет скорости выполняется следующим образом:

1. В кадре с номером 1698 (Рис. 1) с помощью программы Adobe Photoshop Elements определяем координаты крайних точек TC2. Определяем расстояние между крайними точками TC2

$$B = \sqrt{(X_z - X_n)^2 + (Y_z - Y_n)^2} \text{ [пикселей]}, \quad (1)$$



Рис. 1. Кадр № 1698

где X_z , Y_z – координаты задней точки TC2, X_n , Y_n – координаты передней точки TC2.

$X_z = 1264 \text{ pix}$, $Y_z = 106 \text{ pix}$ $X_n = 1308 \text{ pix}$, $Y_n = 111 \text{ pix}$. Подставляем значения координат этих точек в формулу (1) и получаем расстояние между крайними точками TC2, выраженную в пикселях. $B = 44,28$ пикселей.

2. На основании информации полученной от заказчика, длина TC2 составляет 4462 мм. (Рис. 2).



ОПЕЛЬ АСТРА, 2011 г.

VIN: W0LPD2EC0CG043118

Госномер: E22***716 (актуальный)

Год производства: 2011

Категория ТС: В

Расположение руля: левый руль

Тип двигателя: Бензиновый

Мощность двигателя: 140 л.с.

Объем двигателя: 1364 куб. см

Габариты, масса, объемы, клиренс
Opel Astra 3-дверный хэтчбек GTC

- Длина — 4466 мм
- Ширина — 1840 мм
- Высота — 1486 мм
- Снаряженная масса — от 1408 кг
- Полная масса — от 1840 кг
- Колесная база, расстояние между передней и задней осью — 2695 мм
- Колея передних и задних колес — 1587 мм
- Объем багажника — 380 литров, при сложенных сидениях 1165 л.
- Объем топливного бака — 56 литров
- Дорожный просвет Опель Астра хэтчбек GTC — 145 мм
- Размер шин — 225/55 R 17, 235/55 R 17
- Размер шин — 235/50 R 18, 245/45 R 17

Рис. 2. Данные о ТС2, в том числе и о его габаритных размерах

3. Определяем координаты крайней задней точки ТС2 в кадре под номером 1699 (Рис. 3) и находим пройденное расстояние ТС2 за время, равное периоду смены кадров

$$R = \sqrt{(X_n + l - X_n)^2 + (Y_n + l - Y_n)^2} \quad [\text{пикселей}], \quad (1)$$

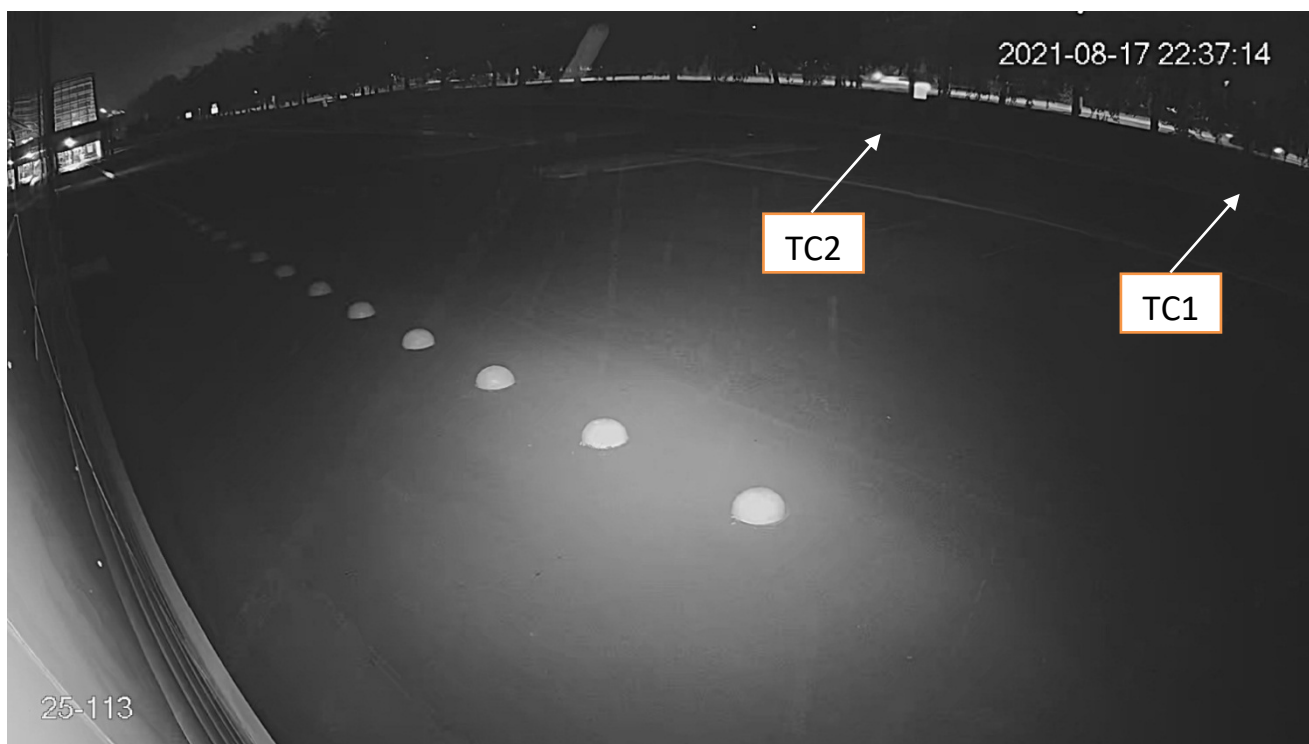


Рис. 3. Кадр № 1699

$X_{1698}=1264$ pix, $X_{1699}=1275$ pix; $Y_{1698}=106$ pix, $Y_{1699}=108$ pix. Подставляем координаты в формулу (2). Получаем путь, пройденный ТС2 за время, равное периоду смены кадров $R=11,18$ пикселей.

4. Соотносим данное расстояние к между крайними точками ТС2:

$$K = \frac{R}{B} \quad K=0,25$$

5. Рассчитываем скорость ТС2

Период смены кадров равен 0,04 секунды.

$$V1 = KL/T_k = 0,25 * 4,466 / 0,04 = 27,9 \text{ метров/секунду или } 100,5 \text{ км/час}$$

В ходе исследования было установлено наличие «скоростного смаза» изображения ТС2, то есть незначительное размытие контуров вышеуказанного объекта. Данное явление снижает точность позиционирования координат пикселей, вызывая тем самым незначительную погрешность с сторону завышения значения **В**, что приводит к занижению итогового результата. Следовательно, в данном случае расчетное значение скорости отражает минимально возможную скорость движения ТС2.

Таким образом, скорость движения участника ДТП автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. перед столкновением составляла не менее 100,5 км/ч.

Вывод

Скорость движения участника ДТП автомобиля Опель Астра с госномером xxxxx регион, под управлением В. Р. И. перед столкновением составляла не менее 100,5 км/ч.

Библиографический список

1. ГОСТ 13699-91 Запись и воспроизведение информации. Термины и определения. М.: 1991;
2. Каганов А.Ш. Криминалистические исследования видео– и звукозаписей// Криминалистика. Информационные технологии доказывания / под ред. д.ю.н. проф. В.Я. Колдина – М: Зерцало–М, 2007. – 752 с.;
3. Кочетков А.Т. Криминалистическая видеозапись. М: Щит–М, 2004.
4. С.С.Абрамов, А.С.Абрамов, А.М.Зимин, А.Ш.Каганов, П.А.Кириянов, Н.А.Романько, И.И.Чава Особенности проведения комплексных экспертиз по материалам видеозаписей – М:Издательский центр “Судэкс”, 2011. – 223 с.

References

1. GOST 13699-91 Recording and reproduction of information. Terms and definitions. M.: 1991;
2. Kaganov A.Sh. Criminalistic studies of video and sound recordings// Criminalistics. Information technologies of proof / ed. by D.Yu.n. prof. V.Ya. Koldin - M: Zertsalo-M, 2007. - 752 p.;
3. Kochetkov A.T. Forensic video recording. M: Shield-M, 2004.
4. S.S.Abramov, A.S.Abramov, A.M.Zimin, A.S.Kaganov, P.A.Kiryanov, N.A.Romanko, I.I.Chava Features of conducting complex examinations based on video recordings - M: Sudex Publishing Center, 2011. - 223 p.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Н.М. Волков

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Д.Н. Дегтев

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

С.А. Никитин

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

А.Н. Щиенко

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Voronezh State Technical University

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova E.A. Tarasov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova N.M. Volkov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova D.N. Degtev*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova S.A. Nikitin*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko*

*Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПОСЛЕ ДТП

Исследование имело своей целью установление стоимости восстановительного ремонта транспортного средства на дату ДТП от 21.06.2019 с учетом и без учета износа, без использования информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России, если при производстве настоящего исследования экспертом будет установлено, что сведения о стоимости необходимых для ремонта автомобиля материалов, запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ в информационных базах данных отличаются более чем на 10 % от стоимости материалов запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ, рассчитанных экспертом с учетом подходов и принципов, указанных в п.7.2 Методики банка России, по традиционным источникам информации в Центрально-Черноземном экономическом регионе.

Ключевые слова: ДТП, Единая Методика, ОСАГО, транспортное средство.

DETERMINATION OF THE COST OF RESTORATION REPAIRS VEHICLE AFTER AN ACCIDENT

The purpose of the study was to establish the cost of repair of the vehicle on the date of the accident from 06/21/2019, taking into account and excluding wear and tear, without using the information databases mentioned in the Unified Methodology of the Bank of Russia, if during the production of this study, the expert finds that the information on the cost of materials, spare parts and the cost of one standard hour by type of work in the information databases differ by more than 10% from the cost of materials of spare parts and the cost of one standard hour by type of work, calculated by the expert taking into account the approaches and principles specified in clause 7.2 of the Methodology of the Bank of Russia, according to traditional sources of information in the Central Chernozem Economic Region.

Keywords: Accident, Unified Methodology, ДТП, vehicle.

На разрешение эксперта поставлен вопрос:

1. Рассчитать стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser, на дату ДТП от 21.06.2019 с учетом и без учета износа, без использования информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России, если при производстве настоящего исследования экспертом будет установлено, что сведения о стоимости необходимых для ремонта автомобиля материалов, запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ в информационных базах данных отличаются более чем на 10 % от стоимости материалов запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ, рассчитанных экспертом с учетом подходов и принципов, указанных в п.7.2 Методики банка России, по традиционным источникам информации в Центрально-Черноземном экономическом регионе?

2. Определить стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser, на дату ДТП от 21.06.2019 в соответствии с Положением ЦБ РФ “О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства от 19.09.2014 № 432-П)?

Исследование

Целью расчета расходов на восстановительный ремонт является установление наиболее вероятной величины затрат, необходимых для приведения транспортного средства в состояние, в котором оно находилось до дорожно-транспортного происшествия.

Размер расходов по восстановлению поврежденного транспортного средства определяется с учетом расходов на материалы и запасные части, необходимые для ремонта (восстановления), расходов на оплату работ по ремонту и без учета дополнительных расходов, вызванных улучшением и модернизацией транспортного средства, и расходов, вызванных временным или вспомогательным ремонтом либо восстановлением.

В приложении 1 [18] в п.9 сказано “На фотографиях должны быть зафиксированы общий вид зоны повреждений и отдельные повреждения с привязкой по месторасположению и возможностью визуализации размеров повреждений, с фиксацией основных характеристик (динамические или статические, например, направленность, глубина проникновения, наличие наслоений)”.

Стоит добавить, что экспертный осмотр исследуемого автомобиля, получившего повреждения в ДТП от 21.06.2019 г. был проведен экспертом-техником Б. П.Е., о чем составлен соответствующий Акт осмотра транспортного средства № 3523 от 11.09.2019 г. ИП Л. В.А., по результатам осмотра автомобиля Toyota Land Cruiser, в котором проверена и отражена информация об идентификации транспортного средства, а также приведен перечень поврежденных элементов автомобиля Toyota Land Cruiser, и назначены ремонтные воздействия.

Описание повреждений автомобиля Toyota Land Cruiser, проиллюстрировано фотоматериалами, которые представлены на исследование на CD-диске. Фотоматериалы представлены в формате .pdf.

Эксперт по телефону, указанному в материалах дела, связался с представителем Истца с целью обеспечения возможности осмотра исследуемого транспортного средства. Представитель Истца пояснил, что автомобиль Toyota Land Cruiser, продан и возможность осмотра отсутствует.

В последующем по запросу через Суд, представителем Истца эксперту были предоставлены фотоматериалы осмотра поврежденного транспортного средства посредством e-mail.

На предоставленном фотоматериале наглядно визуализируются повреждения на следующих элементах исследуемого транспортного средства: решетка бампера с, бампер п, накладная часть фары, молдинг бампера п, решетка радиатора, фара л, подкрылок п л, панель передка. Кроме этого данные повреждения находятся в зоне аварийных повреждений и соответствуют заявленным обстоятельствам ДТП от 21.06.2019 г. Следовательно, эти перечисленные повреждения могут быть учтены в рамках настоящего исследования.

Разрыв жгута проводов п (с левой стороны транспортного средства) также четко визуализируется на предоставленном эксперту фотоматериале, но жгут не будет учитываться в настоящем исследовании, т.к. эксперт считает, что его повреждение могло возникнуть до исследуемых обстоятельств ДТП от 21.06.2019 г. На предоставленных фотографиях отчетливо видно, что левая часть бампера п подвергалась некачественному ремонту (в местах повреждений бампера п видны шпателька и “старые” трещины). Некачественным данный ремонт следует считать потому, что в технологии завода-изготовителя автомобилей Тойота отсутствует возможность ремонта бампера, производитель предписывает замену элемента в случае его повреждения.

В отношении панели передка эксперт считает необходимым назначить ремонтные воздействия – ремонт 1 н/ч, окраска. Данные ремонтные воздействия приняты на основании практического опыта эксперта, почтенного в результате работы в дилерских центрах г. Воронежа.

В отношении бампера п на основании Приложения 6 [18] следует применить дополнительный индивидуальный износ в размере 40 %, так как на бампере п визуально фиксируются следы ремонтных воздействий, проведенных с нарушением технологии завода-изготовителя.

1 Объект экспертизы – транспортное средство:

Тип легковой прочее Марка, модель Toyota Land Cruiser 200

Категория (А, В, С, D, прицеп) В Гос.

Идентификационный номер (VIN) Тип кузова -

Год (дата выпуска) 2015

Двигатель: тип - модель -

№ - рабочий объем (куб.см) -

Шасси (рама) № - Кузов (коляска) № Цвет черный

Свидетельство о регистрации: -

Дата повреждения транспортного средства: 21.06.2019 г.

Пробег на дату осмотра (км.) 123476

Все сведения об объекте экспертизы установлены на основании материалов гражданского дела.

2 Результаты экспертизы транспортного средства.

2.1 Идентификация транспортного средства и проверка соответствия его идентификационных параметров и характеристик данным регистрационных и иных документов:

№ п/п	Идентификационные характеристики и параметры транспортного средства	Запись в регистрационных и иных документах	
		соответствует	не соответствует
1	Тип транспортного средства (кузова)	+	-
2	Марка (модель, модификация) объекта экспертизы	+	-
3	Внесение изменений в конструкцию	+	-
4	Государственный регистрационный номер	+	-
5	Идентификационный номер (VIN)	+	-
6	Знак соответствия	+	-
7	Товарный знак	+	-
8	Двигатель		
9	тип двигателя	+	-
10	модель двигателя	+	-
11	номер двигателя	+	-
12	Номер шасси (рамы)	+	-
13	Номер кузова (коляски)	+	-
14	Цвет лакокрасочного покрытия	+	-
15	Шины		
16	размер	+	-
17	индекс несущей способности	+	-
18	категория скорости	+	-
19	Данные основной маркировки	+	-

Дополнительные сведения о проверке идентификации транспортного средства: -.

2.2 Установление методов, технологии и объемом (трудоемкости) ремонта для устранения повреждений, обусловленных страховым случаем

№ п/п	Наименование вида работы по устранению повреждений (по каждому повреждению)	Установление (обоснование) трудоемкости устранения повреждения по каждому виду работы	Трудоемкость устранения повреждения, нормо-час
1	Фара - регулировка	Нормативы завода-изготовителя по определению трудоемкости работ	0,40
2	Крыло п л – с/у (включая подкрылок с/у)		0,30
3	Бампер п – с/у		0,50
4	Бампер п - замена		0,70
5	Решетка радиатора – с/у		0,20
6	Решетка радиатора - замена		0,40
7	Фара л - замена		0,10
8	Фара пр – с/у		0,10
9	Подкрылок п л – с/у		0,10
10	Решетка – с/у		0,20
11	Колесо п л – с/у		0,20
12	Панель передка - ремонт		1,00
13	Подготовка раб окр пластика		0,50
14	Подготовка осн раб окраски металла		0,70
15	Бампер п – окраска новой детали		1,40
16	Панель передка – ремонтная окраска		0,80
Итого			7,60

2.3 Расчет стоимости ремонта для устранения повреждений, обусловленных страховым случаем

2.3.1 Расчет обоснование стоимости нормо-часа.

Ориентировочное значение объема выборки может быть определено перед началом выборочного наблюдения исходя из задаваемого уровня точности и надежности результатов расчета стоимости по согласованию с заказчиком. Объем выборки может быть рассчитан по формуле

$$n = \left[\frac{100^2 \cdot t_{\delta}^2 \cdot v^2}{\Delta C_{om}^2} \right] + 1, \quad (1)$$

где n – объем выборки, ед.;

t_{δ} – коэффициент доверия, соответствующий определенному уровню доверительной вероятности;

v – коэффициент вариации;

ΔC_{om}^2 – относительная предельная ошибка расчета стоимости в отношении транспортного средства, %;

$[]$ – квадратные скобки означают, взятие целой части от числа, находящегося в квадратных скобках.

Коэффициент доверия t_{δ} определяется в зависимости от выбранного уровня доверительной вероятности попадания результатов расчета стоимости в доверительный интервал. Надежность расчета стоимости определяется доверительной вероятностью (P_{δ}) того, что значение стоимости товаров и услуг в отношении транспортных средств, рассчитанное по генеральной совокупности единиц статистического наблюдения, находится в доверительном интервале (доверительная вероятность).

Таблица 1

Значения коэффициента доверия t_{δ}

№ п/п	Доверительная вероятность, P_{δ}	Коэффициент доверия t_{δ}	№ п/п	Доверительная вероятность, P_{δ}	Коэффициент доверия t_{δ}
1	0,700	1,04	9	0,940	1,88
2	0,750	1,15	10	0,950	1,96
3	0,800	1,28	11	0,960	2,06
4	0,850	1,44	12	0,970	2,18
5	0,900	1,65	13	0,980	2,32
6	0,910	1,69	14	0,990	2,58
7	0,920	1,75	15	0,995	2,80
8	0,930	1,81	16	0,999	3,50

При выборе уровня доверительной вероятности, характеризующего надежность расчета стоимости, следует руководствоваться тем, что расчеты уровня надежности разделяется на следующие классы:

- практически достоверные – $P_{\delta} \geq 0,99$;
- с высоким уровнем надежности – $0,95 \leq P_{\delta} < 0,99$;
- со средним уровнем надежности – $0,80 \leq P_{\delta} < 0,95$;
- с низким уровнем надежности – $0,60 \leq P_{\delta} < 0,80$;
- ненадежные – $P_{\delta} < 0,60$.

Для расчета стоимости товаров и услуг в отношении транспортных средств рекомендуется принять надежность не ниже $P_0 = 0,95$. В справочной литературе приведены значения коэффициента доверия t_0 (см. таблица 1) для различных значений доверительной вероятности.

Коэффициент вариации стоимости может быть рассчитан по результатам пробного выборочного наблюдения по формуле

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\omega} C_i - \frac{(\sum_{i=1}^{\omega} C_i)^2}{\omega}}{\omega - 1}}}{\frac{\sum_{i=1}^{\omega} C_i}{\omega}}, \quad (2)$$

где v – коэффициент вариации стоимости;

ω – объем пробной выборки;

C_i – i -е значение стоимости в пробной выборке, руб.

Выборка считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 0,33. Если коэффициент вариации превышает 0,33, следует провести анализ полученной выборочной совокупности на предмет наличия грубых ошибок и аномальных наблюдений с использованием более мощных критериев проверки однородности выборки, приведенных в работе.

Статистическое наблюдение с целью установления стоимости одного нормо-часа работ по ремонту транспортных средств проводится в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей:

- расположенных в предварительно определенных географических границах рассматриваемого рынка работ по ремонту транспортных средств j -го вида;

- зарегистрированных в установленном порядке и выполняющих работы по ремонту транспортных средств в соответствии с требованиями Правил оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств.

Если пробное выборочное наблюдение не проводится, то для расчета объема выборки по формуле 2 могут быть использованы рекомендуемые значения коэффициента вариации и рыночной стоимости для различных видов продукции и услуг в отношении транспортных средств, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Рекомендуемые коэффициенты вариации стоимости видов продукции и услуг в отношении транспортных средств

№ п/п	Вид продукции и услуг в отношении транспортных средств	Коэффициент вариации v
1	Новые транспортные средства	0,10
2	Подержанные транспортные средства	0,20
3	1 нормо-час работ по ремонту	0,25
4	Материалы	0,25
5	Запасные части	0,20

Относительная предельная ошибка расчета стоимости определяется по формуле

$$C_{om} = \frac{\Delta C_{аб}}{C_p^{63}} \cdot 100, \quad (3)$$

где C_{om} – относительная предельная ошибка расчета стоимости, руб.;

$\Delta C_{аб}$ – абсолютная предельная ошибка выборки, определяющая границы доверительного интервала, руб.;

C_p^{63} – средневзвешенное значение рыночной стоимости, руб.

При расчете различных видов стоимости в отношении транспортных средств рекомендуется принимать величину относительной предельной ошибки не более 10 процентов от средневзвешенного значения рыночной стоимости.

При использовании выборочного метода объем выборки для расчета стоимости одного нормо-часа работ по ремонту, материалов и запасных частей для ремонта транспортных средств в зависимости от относительной ошибки расчета стоимости и доверительной вероятности может быть рассчитан в соответствии с рекомендациями, представленными в таблице 3.

Таблица 3

Объем выборки для расчета одного нормо-часа работ
по ремонту транспортного средства, стоимости материалов
и запасных частей единиц статистического наблюдения

Доверительная вероятность	Относительная ошибка расчета стоимости, %					
	1	2	5	10	15	20
0,99	2663	666	107	27	12	7
0,95	1538	385	62	16	7	4
0,90	1090	273	44	11	5	3
0,85	830	207	34	9	4	3
0,80	657	165	27	7	3	2

При окончательном уточнении географических границ рынков товаров и услуг в отношении транспортных средств может быть проведено расширение этих границ за счет дополнительных территорий, на которых относительное отклонение цены товара (услуги) от соответствующего значения рассчитанной средневзвешенной стоимости товара (услуги) не превышает 10 процентов.

Исходя из вышепредставленного задаются следующие параметры результатов расчета:

доверительная вероятность = 0,900

относительная предельная ошибка $\leq 10\%$ ΔC_{om}

необходимый объем выборки = 11. n

Коэффициент вариации должен быть не более 0,25, рассчитанный по представленной выборке, составляет 0,17, что подтверждает однородность выборки.

Форма для сбора информации при проведении статистического наблюдения с целью установления стоимости одного нормо-часа работ по ремонту транспортных средств j -го вида приведена в таблице 4.

Таблица 4

Форма для проведения статистического наблюдения
с целью установления стоимости одного нормо-часа работ по ремонту транспортного средства

Наименование j-го вида работ по ремонту транспортного средства <i>Слесарные, кузовные</i>					
Вид (марка, модель, модификация) транспортного средства <i>Toyota Land Cruiser 200</i>					
Географические границы рынка услуг по ремонту транспортного средства <i>Воронежская обл.</i>					
№ единицы статистического наблюдения	Хозяйствующие субъекты, действующие на рынке услуг по ремонту транспортных средств		Цена 1 нормо-часа, руб.	Доля объема услуг хозяйствующего субъекта на рынке, %	Характеристика условий обращения услуг, ограничивающих возможности их получения
	полное наименование	адрес (место нахождения)			
1	Империя	Воронеж, Кленовый переулок, 34	1100	-	—
2	Автоблеск36	Воронеж, Старых Большеви-ков, 4а	1200	-	—
3	Центр36	Воронеж, Ленина,54	1400	-	—
4	Успех-777	Воронеж, Серова,22	1500	-	—
5	Гелиос	Воронеж, Га-ражный ту-пик,6а	1300	-	—
6	Отрожка	Воронеж, Планет-ная,26В	1200	-	—
7	Профавтоторг	Воронеж, Космонав-тов,6а	1400	-	—
8	Карабус	Воронеж, Ленинский проспект, 119а/3	1300	-	—
9	Техцентр на Казарменном	Воронеж, Ка-зарменный переулок,13	1500	-	-
10	Гарант-Авто	Воронеж, Димитро-ва,91	1200	-	-
11	Автодок36	Воронеж, Дорож-ная,36а	1100		

Таким образом, на основании проведенных исследований получаем следующий вариационный ряд:

1100-1100-1200-1200-1200-1300-1300-1400-1400-1500-1500

Исходя из п.7.2.2 [18] выбираем наиболее часто встречающуюся цену, т.е. **1200 руб.**

Средняя стоимость нормо-часа в Воронежской области определена на дату производства настоящего исследования. Для ответа на поставленный перед экспертом вопрос необходимо привести полученное значение к дате дорожно-транспортного происшествия, а именно 21.06.2019 г. Учитывая, что проведение анализа стоимости нормо-часа на вышеуказанную дату путем статистического наблюдения не представляется возможным, эксперт исходил из посылки, что в Российской Федерации, в т.ч. Воронежской области, происходит изменение индекса потребительских цен. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области изменение индекса потребительских цен на товары и услуги (<https://voronezhstat.gks.ru/>) в период с июля по декабрь 2019 г. составило 0,6 %, в 2020 г. – 6,7 %, а января и феврале 2021 г. – 1,6 %. Таким образом, эксперт полагает, что с момента ДТП на момент настоящего исследования произошло повышение цен на услуги на 8,9 %. Таким образом, стоимость нормо-часа на дату ДТП, т.е. 21.06.2019 г. принимаем равной $1200 \cdot 0,911 = 1093$ руб.

При этом стоимость нормо-часа для ремонта исследуемого автомобиля в Центрально-Черноземном регионе на дату ДТП по данным сайта Российского Союза Автостраховщиков составляет **930 рублей.**

2.3.2 Расчет (обоснование) стоимости заменяемых запасных частей по каждой номенклатурной позиции.

Расчет стоимости заменяемых запасных частей по каждой номенклатурной позиции производится аналогично методике представленной выше.

Исходя из вышепредставленного задаются следующие параметры результатов расчета:

доверительная вероятность $= 0,800$.

Относительная предельная ошибка $= 15\%$.

необходимый объем выборки n_3 . ΔC_{om}

Определение стоимости новой запасной части, установка которой назначается взамен подлежащего замене комплектующего изделия (детали, узла и агрегата) j -го наименования, осуществлялась методом статистического наблюдения, проводимого среди хозяйствующих субъектов (продавцов), действующих в пределах географических границ товарного рынка новой запасной части j -го наименования, соответствующего месту дорожно-транспортного происшествия. Стоимость новой запасной части j -го наименования рассчитывалась как средневзвешенное значение ее цены с учетом долей хозяйствующих субъектов (продавцов) на товарном рынке новой запасной части этого наименования.

Статистическое наблюдение проводилось в интернет-магазинах, осуществляющих свою деятельность, в том числе и на территории Воронежской области. Результаты статистического наблюдения представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты статистического наблюдения стоимости запасных частей
транспортного средства Toyota Land Cruiser

Наименование	Каталожный номер	Стоимость детали в интернет-магазине, руб.			Средняя стоимость согласно п.7.2.1 [18], руб.
		exist.ru	autodoc.ru	emex.ru	
Решетка бампера с	5311260110	5154	5246	4015	5154
Бампер п	521196A958	36106	31981	31798	31981
Накл л пр-тум фары	5204060071	6925	-	6768	6925
Молд с бампера п	5252160130	3278	2946	2770	2946
Решетка радиатора		8647	8876	8205	8647
Фара л	8118560F30	54509	56605	52270	54509
Подкрылок п л	5387660060	7880	6980	6650	6980
Мелкие детали		2450	2253	2250	2253
Итого					119395

Средняя стоимость вышеуказанных запасных частей в Воронежской области определена на дату производства настоящего исследования. Для ответа на поставленный перед экспертом вопрос необходимо привести полученное значение к дате дорожно-транспортного происшествия, а именно 21.06.2019 г. Учитывая, что проведение анализа стоимости запасных частей на вышеуказанную дату путем статистического наблюдения не представляется возможным, эксперт исходил из посылки, что в Российской Федерации, в т.ч. Воронежской области, происходит изменение индекса потребительских цен на товары и услуги. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области

[https://voronezhstat.gks.ru/storage/mediabank/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%86%D0%B5%D0%BD\(44\).pdf](https://voronezhstat.gks.ru/storage/mediabank/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%86%D0%B5%D0%BD(44).pdf) изменение индекса потребительских цен на товары и услуги в период с июля по декабрь 2019 г. составило 0,6 %, в 2020 г. – 6,7 %, а января и феврале 2021 г. – 1,6 %. Таким образом, эксперт полагает, что с момента ДТП на момент настоящего исследования произошло повышение цен на товары на 8,9 %.

Также стоимость запасных частей для ремонта исследуемого автомобиля в Центрально-Черноземном регионе на дату ДТП определялась по данным сайта Российского Союза Автостраховщиков.

2.5.3 Расчет (обоснование) стоимости одной единицы каждого вида материалов, используемых при ремонте.

Трудоемкость работ, необходимых для устранения повреждений транспортного средства, обусловленных страховым случаем, определяется на основе результатов, полученных на этапе независимой технической экспертизы по установлению методов, технологии и объема ремонта транспортного средства.

Виды и количество материалов, используемых для ремонта транспортных средств, определяются в соответствии с нормативно-технической документацией предприятий-изготовителей транспортных средств, производителей материалов, а также в соответствии с видом работ по ремонту транспортных средств (руководства по текущему ремонту транспортных средств, технологии текущего ремонта транспортных средств и т.д.). Основные виды материалов, используемых при ремонте транспортных средств, и единицы их измерения приведены в справочной литературе. В стоимости материалов основную долю составляют затраты на материалы, используемые для окраски, в состав которых входят краска (эмаль), прозрачный лак, шпатлевка, грунтовка, защитная мастика (анти-гравийное покрытие), отвердитель и растворитель, шлифовальная шкурка, чистящие и вспомогательные средства, материалы для укрывания неокрашиваемых поверхностей, респираторы, обтирочный материал.

Средняя стоимость лакокрасочных материалов составляет **4088 руб.** (при стоимости нормо-часа 1093 руб.).

Средняя стоимость лакокрасочных материалов составляет **3478 руб.** (при стоимости нормо-часа 930 руб.).

Стоимость лакокрасочных материалов определялась согласно п.7.23 [19]. В частности, экспертом принята стоимость лакокрасочных материалов равная 110 % от стоимости работ по окраске.

2.3.4. Расчет износа транспортного средства

Расчет износа транспортного средства производим согласно [18].

2.3.4.1 Износ комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов) рассчитывается по следующей формуле

$$I_{КИ} = 100 \cdot \left(1 - e^{-(\Delta_T \cdot T_{КИ} + \Delta_L \cdot L_{КИ})} \right), \quad (4)$$

где $I_{КИ}$ – износ комплектующего изделия (детали, узла и агрегата), %,

$$I_{КИ} = 40,62;$$

e – основание натуральных логарифмов,

$$e = 2,72;$$

Δ_T – коэффициент, учитывающий влияние на износ комплектующего изделия (детали, узла и агрегата) его возраста,

$$\Delta_T = 0,049;$$

$T_{КИ}$ – возраст комплектующего изделия (детали, узла и агрегата), лет,

$$T_{КИ} = 4,33;$$

Δ_L – коэффициент, учитывающий влияние на износ комплектующего изделия (детали, узла и агрегата) величины пробега транспортного средства с этим комплектующим изделием,

$$\Delta_L = 0,0025;$$

$L_{КИ}$ – пробег транспортного средства с комплектующим изделием (деталью, узлом и агрегатом), тыс.км,

$$L_{КИ} = 123,5.$$

Износ комплектующих изделий (деталей, узлов, агрегатов) составляет 40,62 %.

2.5.5 Расчет стоимости ремонта транспортного средства

Результатом такого этапа независимой технической экспертизы, как установление стоимости ремонта транспортного средства, является рассчитанное значение стоимости ремонта поврежденного транспортного средства как суммарной стоимости устранения всех повреждений, причиной которых является страховой случай, с учетом, установленных для каждого повреждения методов, видов работ, технологий и трудоемкости ремонта. Расчет стоимости ремонта поврежденного транспортного средства проводится по формуле

$$C_{рем} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m C_{ji}^{нч} \cdot t_{ji} + \sum_{\gamma=1}^k C_{\gamma i}^{mat} \cdot N_{\gamma i}^{mat} \cdot S_{\gamma i}^P + \sum_{l=1}^{\pi} C_{li}^{зчнс} + K_{кр} \cdot \sum_{\varphi=1}^{\mu} C_{\varphi i}^{зчс} \right) + C_{нз} \cdot t_{нз}, \quad (5)$$

где $C_{рем}$ – стоимость ремонта поврежденного транспортного средства, руб.;

n – количество повреждений транспортного средства, обусловленных страховым случаем;

m – количество видов работ по ремонту транспортного средства, необходимых для устранения i -го повреждения, обусловленного страховым случаем;

$C_{ji}^{нч}$ – рыночная стоимость одного нормо-часа работы по ремонту j -го вида, выполнение которой необходимо при устранении i -го повреждения транспортного средства обновленного страховым случаем, руб.;

t_{ji} – трудоемкость работы по ремонту j -го вида, выполнение которой необходимо при устранении i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем, нормо-час;

k – количество видов материала, необходимых для устранения i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем;

$C_{\gamma i}^{mat}$ – рыночная стоимость одной единицы измерения (м.кв.м, кг и т.д.) материала j -го вида, который должен быть использован при устранении i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем, руб.;

N_{ji}^{mat} – норма расхода материала j -го вида, который должен быть использован при устранении i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем единица материала/ремонтная единица транспортного средства (деталь, узел, агрегат и т.д.);

$S_{\gamma i}^P$ – количество ремонтных единиц (деталь, узел, агрегат, кг, м.кв.м и т.д.), подвергаемых ремонту при устранении i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем, с использованием материала γ -го вида;

π – количество несъемных элементов транспортного средства, подлежащих замене при устранении i -го повреждения транспортного средства, обусловленного страховым случаем;

$C_{li}^{зчнс}$ – рыночная стоимость в новом состоянии l -го несъемного элемента транспортного средства, подлежащего замене при устранении i -го повреждения транспортного средства обусловленного страховым случаем, руб.;

$K_{кр}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную стоимость крепежных деталей (болты гайки, винты, стяжки, шайбы, шпильки. Заклепки, поршоны, пластмассовые крепежные материалы, прокладки и т. Д.) при проведении работ по замене поврежденных съемных элементов транспортного средства (принимается $K_{кр} = 1,02$);

$C_{\varphi i}^{зчс}$ – рыночная стоимость в новом состоянии φ -го съемного элемента транспортного средства, подлежащего замене при устранении i -го повреждения транспортного средства обусловленного страховым случаем, руб.;

$C_{нз}$ – стоимость 1 нормо-часа подготовительно-заключительных работ по ремонту транспортного средства в целом, руб.;

$t_{нз}$ – трудоемкость подготовительно-заключительных работ по ремонту транспортного средства в целом, нормо-час.

Принимая во внимание среднюю стоимость нормо-часа в Воронежской области на дату ДТП получим следующее:

№ п/п	Наименование вида работы по устранению повреждений (по каждому повреждению)	Трудоемкость устранения повреждения, нормо-час	Стоимость устранения повреждения, руб.
1	Фара - регулировка	0,40	437,20
2	Крыло п л – с/у (включая подкрылок с/у)	0,30	327,90
3	Бампер п – с/у	0,50	546,50
4	Бампер п - замена	0,70	765,10
5	Решетка радиатора – с/у	0,20	218,60
6	Решетка радиатора - замена	0,40	437,20
7	Фара л - замена	0,10	109,30
8	Фара пр – с/у	0,10	109,30
9	Подкрылок п л – с/у	0,10	109,30
10	Решетка – с/у	0,20	218,60
11	Колесо п л – с/у	0,20	218,60
12	Панель передка - ремонт	1,00	1093,00
13	Подготовка раб окр пластика	0,50	546,50
14	Подготовка осн раб окраски металла	0,70	765,10
15	Бампер п – окраска новой детали	1,40	1530,20
16	Панель передка – ремонтная окраска	0,80	874,40
Итого по работам		7,60	8306,80

Принимая во внимание стоимость нормо-часа по данным сайта РСА в Центрально-Черноземном регионе на дату ДТП получим следующее:

№ п/п	Наименование вида работы по устранению повреждений (по каждому повреждению)	Трудоемкость устранения повреждения, нормо-час	Стоимость устранения повреждения, руб.
1	Фара - регулировка	0,40	372
2	Крыло п л – с/у (включая подкрылок с/у)	0,30	279
3	Бампер п – с/у	0,50	465
4	Бампер п - замена	0,70	651
5	Решетка радиатора – с/у	0,20	186
6	Решетка радиатора - замена	0,40	372
7	Фара л - замена	0,10	93
8	Фара пр – с/у	0,10	93
9	Подкрылок п л – с/у	0,10	93
10	Решетка – с/у	0,20	186
11	Колесо п л – с/у	0,20	186
12	Панель передка - ремонт	1,00	930
13	Подготовка раб окр пластика	0,50	465
14	Подготовка осн раб окраски металла	0,70	651
15	Бампер п – окраска новой детали	1,40	1302
16	Панель передка – ремонтная окраска	0,80	744
Итого по работам		7,60	7068

На основании средней стоимости заменяемых запасных частей в Воронежской области на дату ДТП получим следующее:

№ п/п	Наименование запасной части	Цена на 20.03.2021 г., руб.	Цена на 21.06.2019 г., руб.	Цена с учетом износа, руб.
1	Решетка бампера с	5154	4695,29	2788,07
2	Бампер п	31981	29134,69	5646,30 (включая дополнительный износ)
3	Накл л пр-тум фары	6925	6308,68	3746,09
4	Молд с бампера п	2946	2683,81	1593,64
5	Решетка радиатора	8647	7877,42	4677,61
6	Фара л	54509	49657,70	29486,74
7	Подкрылок п л	6980	6358,78	3775,84
8	Мелкие детали	2253	2052,48	1218,76
Итого по запасным частям		119395	108768,85	52933,06

На основании стоимости нормо-часа по данным сайта РСА в Центрально-Черноземном регионе на дату ДТП получим следующее:

№ п/п	Наименование запасной части (каталожный номер)	Каталожный номер	Цена на 21.06.2019 г., руб.	Цена с учетом износа, руб.
1	Решетка бампера с	5311260110	1340	795,69
2	Бампер п	521196A958	6480	1255,82 (включая дополнительный износ)
3	Накл л пр-тум фары	5204060071	3210	1906,10
4	Молд с бампера п	5252160130	1930	1146,03
5	Решетка радиатора		8647	5134,59
6	Фара л	8118560F30	19900	11816,62
7	Подкрылок п л	5387660060	1480	878,82
8	Мелкие детали		860	510,67
Итого по запасным частям			43847	23444,35

На основании всех вышепроведенных исследований получим следующее:

Стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser на дату ДТП с использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (данные сайта РСА) составляет с учетом износа **33990,35 руб.**; без учета износа – **54393 руб.**

Стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser на дату ДТП без использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (средние цены в регионе) составляет с учетом износа **65327,86 руб.**; без учета износа – **121163,70 руб.**

Очевидно, что стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser на дату ДТП без использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (средние цены в регионе) **выше**, чем с использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (данные сайта РСА).

Определим величину превышения стоимости (условно обозначим ее - X) в %, исходя из пропорциональных соотношений.

$$X = \frac{65327,86 \cdot 100}{33990,35} = 192,19 \% - \text{с учета износа.}$$

$$X = \frac{121163,70 \cdot 100}{54393} = 222,76 \% - \text{без учета износа.}$$

Таким образом, стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser на дату ДТП без использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (средние цены в регионе) выше, чем с использованием информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России (данные сайта РСА) **на 92,19 % с учетом износа и на 122,76 % без учета износа.**

Отвечая на вопрос экспертизы следует заключить следующее:

Стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser на дату ДТП, без использования информационных баз данных, упомянутых в Единой методике Банка России, т.к. при производстве исследования экспертом было установлено, что сведения о стоимости необходимых для ремонта автомобиля материалов, запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ в информационных базах данных отличаются более чем на 10 % от стоимости материалов, запасных частей и стоимости одного нормо-часа по видам работ, рассчитанных экспертом с учетом подходов и принципов, указанных в п.7.2 Методики банка России, по традиционным источникам информации в Центрально-Черноземном экономическом регионе составляет с учетом износа **65327,86 руб.;** без учета износа – **121163,70 руб.**

Стоимость восстановительного ремонта транспортного средства Toyota Land Cruiser, 2015 года выпуска, на дату ДТП от 21.06.2019 в соответствии с Положением ЦБ РФ “О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства от 19.09.2014 № 432-П) составляет с учетом износа **33990,35 руб.;** без учета износа – **54393 руб.**

Библиографический список

1. Материалы гражданского дела в 2-х томе.
2. Копия определения о назначении экспертизы от 01.02.2021 г.
3. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный Закон от 31 мая 2001 № 73-ФЗ [Текст] // Российская газ. – 2001. – 05.06. – С. 3.
4. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств: Федеральный Закон от 25 апреля 2002 № 40-ФЗ [Текст] // Российская газ. – 2002. – 07.05. – С. 2.
5. Синельников, А. Ф. Кузова легковых автомобилей. Техническое обслуживание и ремонт [Текст] : учебник / А. Ф. Синельников, С. К. Лосавио, С. А. Скрипников – М. : Академкнига, 2004. – 537 с.
6. Синельников, А. Ф. Ремонт аварийных кузовов легковых автомобилей отечественного и иностранного производства [Текст] : учебник / А. Ф. Синельников, С. К. Лосавио, С. А. Скрипников – М. : Транспорт, 2001. – 397 с.
7. Андрианов, Ю. В. Экспертиза транспортных средств при ОСАГО [Текст] : учебник / Ю. В. Андрианов – М. : Международная академия оценки и консалтинга, 2008. – 399 с.
8. Иларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] : учебник / В. А. Иларионов – М. : Транспорт, 1989.

9. Об утверждении Правил обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств: Постановление Правительства РФ от 07 мая 2003 № 263 [Текст] // Российская газ. – 2003. – 13.05. – С. 2.
10. О форме справки о дорожно-транспортном происшествии: Приказ Министерства внутренних дел РФ от 25 сентября 2006 № 748 [Текст] // Российская газ. – 2006. – 03.10. – С. 2.
11. Селиванов, Н. А. Расследование дорожно-транспортных происшествий [Текст] : справочно-методическое пособие / Н. А. Селиванов, А. И. Дворкин, Б. Д. Завидов – М. : Лига Разум, 1998.
12. Об образце извещения о дорожно-транспортном происшествии: Приказ Министерства внутренних дел РФ от 14 июня 2003 № 414 [Текст] // Российская газ. – 2003. – 11.07. – С. 2.
13. Беляева, Л. Д. Современные возможности экспертиз [Текст] : методическое пособие для экспертов, следователей и судей / Л. Д. Беляева, А. Ю. Бутырин, Ю. М. Воронков – М. : Триада-Х, 2000.
14. Алгазин, А. И. Страхование мошенничество и методы борьбы с ним [Текст] : учеб. пособие / А. И. Алгазин, Н. Ф. Галагуза, В. Д. Ларичев – М. : Дело, 2003. – 232 с.
15. Суворов, Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Техничко-юридический анализ причин ДТП и причинно-действующих факторов [Текст] : учебное пособие / Ю. Б. Суворов – М. : Издательство ПРИОР, 1998.
16. Суворов, Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. [Текст] : учебное пособие / Ю. Б. Суворов – М. : Экзамен, 2003.
17. Андрианов, Ю. В. Учебно-методическое пособие по дисциплине “Оценка стоимости транспортных средств” [Текст] : учебно-методическое пособие / Ю. В. Андрианов – М. : Московская финансово-промышленная академия, 2010.
18. Положение Банка России от 19 сентября 2014 г. N 432-П "О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства".
19. Методические рекомендации по проведению судебных автотехнических экспертиз и исследований колесных транспортных средств в целях определения размера ущерба, стоимости восстановительного ремонта и оценки, Москва 2018 г.
20. Андрианов Ю.В., Юдин А.В. Параметрическое обеспечение косвенных методов оценки машин и оборудования в рамках сравнительного подхода, 2004.
21. Тарасов Е.А. Важность определения судебной автотехнической экспертизы с точки зрения процессуальных противоречий и практической эффективности применения результатов // Российский следователь. - 2020. - № 10. - С. 17-20.
22. Дуюнов В.К., Тарасов Е.А. Приобщение образцов лакокрасочных покрытий к базе вещественных доказательств при криминалистическом исследовании автомобиля // Судебная экспертиза. - 2020. - № 4. - С. 124-132.
23. Тарасов Е.А. Особенности и тактика назначения судебной автотехнической экспертизы с учетом необходимости ситуационного моделирования обстоятельств возникновения ДТП // Транспортное право. 2020. № 2. С. 25–28.
24. Тарасов Е.А. Важность применения криминалистических методов при сборе материалов для автотехнической экспертизы обстоятельств ДТП // Адвокатская практика. - 2020. - № 4. - С. 37-43.

References

1. Materials of the civil case in 2 volumes.
2. A copy of the ruling on the appointment of the examination dated 01.02.2021.
3. On State Forensic Expert Activity in the Russian Federation: Federal Law No. 73-FZ of May 31, 2001 [Text] // Russian Gas. - 2001. - 05.06. - p.

- 3.4. On Compulsory insurance of civil liability of vehicle owners: Federal Law No. 40-FZ of April 25, 2002 [Text] // Russian gas. - 2002. - 07.05. - p. 2.
5. Sinelnikov, A. F. Car bodies. Maintenance and repair [Text] : textbook / A. F. Sinelnikov, S. K. Losavio, S. A. Skripnikov - M. : Akademkniga, 2004— - 537 p.
6. Sinelnikov, A. F. emergency Repair of bodies of cars of domestic and foreign production [Text] : textbook / A. F. Sinelnikov, S. K. Losavio, S. A. Skripnikov – M. : Transport, 2001. – 397 p.
7. Andrianov, V. Examination of vehicles in CTP [Text] : textbook / V. Andrianov, M. : the international Academy of valuation and consulting, 2008. – 399 p.
8. Ilarionov, V. A. Examination of road accidents [Text] : textbook / V. A. Ilarionov - M. : Transport, 1989.
9. On approval of the Rules of compulsory insurance of civil liability of vehicle owners: Decree of the Government of the Russian Federation dated May 07, 2003 No. 263 [Text] // Russian Gas. - 2003. - 13.05. - p.2.
10. On the form of a certificate of a traffic accident: Order of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation No. 748 of September 25, 2006 [Text] // Russian gas. - 2006. - 03.10. - p. 2.
11. Selivanov, N. A. the Investigation of traffic accidents [Text] : a reference Handbook / N. A. Selivanov, A. I. Dvorkin, B. D. Zavidovo – M. : League Intelligence, 1998.
12. Sample notice of a traffic accident: the order of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation from June 14, 2003 No. 414 [Text] // Rossiyskaya gazeta. - 2003. - 11.07. - P. 2.
13. Belyaeva, L. D. Modern possibilities of expertise [Text] : a methodological guide for experts, investigators and judges / L. D. Belyaeva, A. Y. Butyrin, Y. M. Voronkov - M. : Triad-X, 2000.
14. Algazin, A. I. Insurance fraud and methods of combating it [Text] : textbook. manual / A. I. Algazin, N. F. Galaguz, V. D. Larichev - M. : Delo, 2003. - 232 p.
15. Suvorov, Yu. B. Forensic road transport expertise. Technical and legal analysis of the causes of accidents and causal factors [Text] : textbook / Yu. B. Suvorov - M. : PRIOR Publishing House, 1998.
16. Suvorov, Yu. B. Forensic road transport expertise. [Text] : textbook / Yu. B. Suvorov - M. : Exam, 2003.
17. Andrianov, V. textbook on discipline “Valuation of vehicles,” [Text] : textbook / V. Andrianov, M. : Moscow University of industry and Finance, 2010.
18. The Bank of Russia regulation dated 19 September 2014, No. 432-P "On the uniform methodology for determining the cost of repair in relation to the damaged vehicle".
19. Methodological recommendations for conducting forensic automotive technical examinations and studies of wheeled vehicles in order to determine the amount of damage, the cost of repair and evaluation, Moscow 2018
20. Andrianov Yu.V., Yudin A.V. Parametric provision of indirect methods for evaluating machines and equipment within the framework of a comparative approach, 2004.
21. Tarasov E.A. The importance of determining forensic automotive expertise from the point of view of procedural contradictions and the practical effectiveness of applying the results // Russian investigator. - 2020. - No. 10. - pp. 17-20.
22. Duunov V.K., Tarasov E.A. Introduction of paintwork samples to the database of physical evidence in the forensic examination of the car // Forensic examination. - 2020. - No. 4. - pp. 124-132.
23. Tarasov E.A. Features and tactics of appointment of forensic auto-technical expertise, taking into account the need for situational modeling of the circumstances of the occurrence of an accident // Transport law. 2020. No. 2. pp. 25-28.
24. Tarasov E.A. The importance of using forensic methods when collecting materials for an auto-technical examination of the circumstances of an accident // Lawyer's practice. - 2020. - No. 4. - pp. 37-43.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Н.М. Волков

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Д.Н. Дегтев

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

С.А. Никитин

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

А.Н. Щиенко

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Voronezh State Technical University

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova E.A. Tarasov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova N.M. Volkov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova D.N. Degtev*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova S.A. Nikitin*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko*

Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29

e-mail: stim@vgasu.vrn.ru

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко

ПРИМЕР СУДЕБНОЙ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ ДТП

Решаются вопросы относительно скорости автомобиля INFINITI QX70 в момент получения повреждений; соответствовали ли действия водителя автомобиля INFINITI QX70 требованиям ПДД в момент ДТП; имел ли возможность водитель автомобиля INFINITI QX70 предотвратить ДТП; могли ли образоваться повреждения указанные истцом в иске в результате ДТП произошедшего 11 апреля 2018 г.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, автотехнический эксперт, ДТП, обстоятельства ДТП.

Е.А. Tarasov, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.A. Nikitin, A.N. Shchienko

AN EXAMPLE OF A FORENSIC CAR TECHNICAL EXAMINATION TO INVESTIGATE THE CIRCUMSTANCES OF AN ACCIDENT

Issues are being resolved regarding the speed of the INFINITI QX70 car at the time of damage; whether the actions of the driver of the INFINITI QX70 car met the traffic regulations at the time of the accident; whether the driver of the INFINITI QX70 car had the opportunity to prevent an accident; whether the damage indicated by the plaintiff in the lawsuit could have been caused as a result of an accident that occurred on April 11, 2018.

Keywords: auto technical expertise, auto technical expert, accident, circumstances of the accident.

===== ИССЛЕДОВАНИЕ =====

Исходные данные

1. 11.04.2018 г. xxxx В.С. двигаясь на автомобиле INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx по ул. Буденного в районе дома № 20 совершил наезд на выбоину дорожного покрытия в результате чего автомобилю были причинены значительные механические повреждения.

2. Из схемы места совершения административного правонарушения от 11.04.2018 г. следует, что дорожная выбоина имеет следующие размеры – ширина – 270 см., глубина – 20 см., длина – 15 м.

3. В соответствие с приложением к схеме в связи с дорожно-транспортным происшествием от 11.04.2018 г. у автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx повреждено: *“переднее правое колесо, левая противотуманная фара”*.

4. Заключение эксперта № 055/А от 19.04.2018 г. стоимость восстановительного ремонта автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx определена в размере 128601 руб.

===== ИССЛЕДОВАНИЕ =====

Осмотр автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx не производился, исследование будет произведено по материалам гражданского дела.

Для удобства проведения исследования порядок решения вопросов изменен.

----- Вопрос № 4 -----

Для ответа на поставленный вопрос исследован механизм дорожно-транспортного происшествия от 11.04.2018 г.

Механизм дорожно-транспортного происшествия – есть процесс развития во времени и пространстве дорожной ситуации в месте дорожно-транспортного происшествия (ДТП) с момента возникновения опасности для движения до момента, когда наступление вредных последствий от данного ДТП прекращается.

Дорожно-транспортная ситуация (ДТС) – совокупность развивающихся на дороге событий, обусловленных взаимодействием водителя и других участников движения в определенных пространственно-временных границах.

Вещественная обстановка с места ДТП зафиксирована в административном материале, который представлен следующими документами:

- Определение об отказе в возбуждении дела об административном правонарушении от 11.04.2018 г.;

- Схема места совершения административного правонарушения от 11.04.2018 г. с приложением;

- Схема места совершения административного правонарушения от 06.06.2017г.;

- Объяснение xxxx Владимира Сергеевича от 11.04.2018 г.

На Схеме (рис. 1) места совершения административного правонарушения от 11.04.2018 г. (далее по тексту – Схема) зафиксирована следующая вещественная обстановка, при ее описании за базовое принято направление движения автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx по ул. Буденного со стороны ул. Казачья в сторону ул. Новороссийская г. Урюпинска.

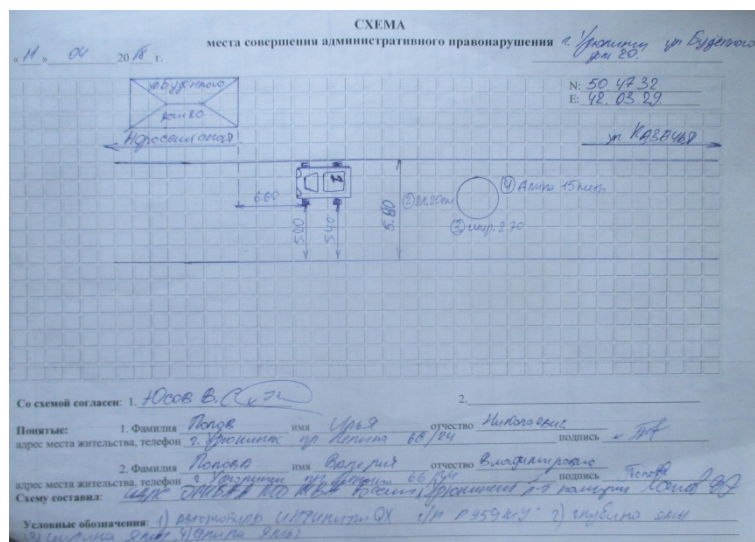


Рис. 1. Схема места совершения административного правонарушения

Проезжая часть представляет собой прямолинейный горизонтальный участок по ул. Буденного со стороны ул. Казачья в сторону ул. Новороссийская г. Урюпинска, ширина проезжей части на Схеме указана 5,80 м, дорожная горизонтальная разметка отсутствует. Автомобиль INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx изображен на Схеме передней частью в сторону первоначального направления движения, на проезжей части, вдоль осевой линии проезжей части, расстояние от передней оси (левое колесо) до левой границы проезжей части составляет 5,20 м, расстояние от задней оси (левое колесо) до левой границы проезжей части составляет 5,40 м, продольное расстояние от условной линии передней оси (левое колесо) до условной линии угла дома 20 по ул. Буденного составляет 6,60 м.

Условным символом на Схеме обозначено место наезда автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxxx на дорожную яму, которая имеет глубину – 20 см., ширину – 2,70 м., длину – 15 м.

Схема заполнена рукописным способом, содержит подписи водителя, двух понятых и должностного лица, составившего Схему.

Каких-либо иных следов на месте ДТП (следов торможения, осыпи грязи, лакокрасочного покрытия, пластмасс, следов масла, жидкостей, повреждений дорожного покрытия и пр.), которые имели бы отношения к данному событию, на схеме не зафиксировано.

В соответствии с Определением об отказе в возбуждении дела об административном правонарушении от 11.04.2018 г. обстоятельства дорожно-транспортного происшествия с участием автомобиля INFINITI QX70, гос.рег.знак xxxxx описаны следующим образом: «11.04.2018 г. в 21:55 гражданин xxxxx Владимир Сергеевич, 07.07.1987 г. проживающий г. Урюпинск, ул. Красногвардейская, дом 30 со слов неработающий, управлял а/м Инфинити QX70, г/н xxxxxx не учел условия особые дороги выбоины и совершил наезд на выбоину, в результате чего повредил колесо».

Для дальнейшего исследования изучены деформации и следы на поврежденных элементах транспортного средства. В соответствии с описанием, представленным в приложении к схеме в связи с дорожно-транспортным происшествием, следует, что они локализованы в правой габаритной плоскости автомобиля (рис. 2) и передней части левой габаритной плоскости автомобиля, локализация деформаций соответствует обстоятельствам и особенностям данного дорожно-транспортного происшествия, изложенным в административном материале.

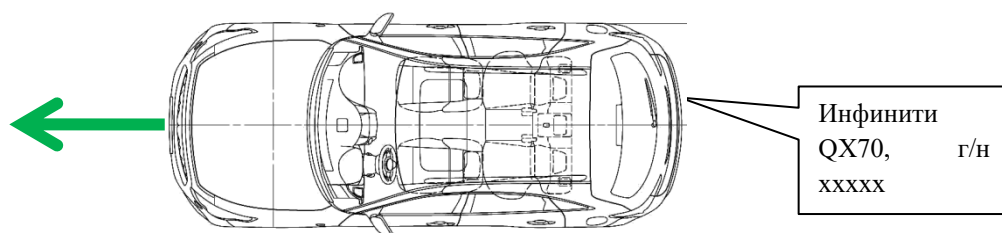


Рис. 2

На рисунке 2 зеленой стрелкой показано направление движения автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx, примерная зона локализации деформаций выделена цветом.

В акте осмотра транспортного средства № 055/А от 12.04.2018 г. (БЮРО НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ) деформации автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx описаны следующим образом:

- автошина DUNLOP 265/45 R21 104W – деформирована имеет боковое вздутие;
- диск колеса INFINITI (BLACK EDITION) имеет деформацию изгиб (подтверждено на стенде);
- фара ПТФ левая (трещина оптики стекла).

Описание деформаций, представленное в акте осмотра транспортного средства № 055/А от 12.04.2018 г. (БЮРО НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ), проиллюстрировано фотоматериалами.

Деформации автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxxx выражены в виде статических следов, локализованных в правой габаритной плоскости и передней части левой габаритной плоскости автомобиля; при этом вещественно-следовая обстановка правой и левой габаритной плоскости представлена в деформации шины, диска и ПТФ имеют статический характер и выражены в виде заломов (замятий), изгибов (нарушение геометрии), вздутия, разрушения, трещина.

Характер следов, их локализация и взаимное расположение позволяют прийти к выводу, что следы (деформации) на поврежденных конструктивных элементах правой габаритной плоскости (шина и диск колеса) Инфинити QX70, г/н xxxxx могли образоваться в результате контактного взаимодействия с твердым объектом (объектами) неопределенной формы, обладающими прочностью и твердостью, достаточными для нанесения данных повреждений и образования вещественно-следового комплекса на деформированных конструктивных элементах, при этом следообразующие объекты (их контактные поверхности) должны располагаться на высоте, сопоставимой с высотой расположения данных следов. Характер статических следов на конструктивных элементах автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxxx позволяет сделать вывод, что они могли образоваться в результате блокирующего контактного взаимодействия автомобиля с твердой следообразующей поверхностью, обладающей прочностью и твердостью, достаточными для нанесения данных повреждений. В следах не представилось возможным установить наличие частных признаков следообразующего объекта в связи с особенностями контактировавших поверхностей, выразившееся в низкой информативности следов, что делает их непригодными для идентификации следообразующего объекта, вместе с тем, установленного выше комплекса общих признаков достаточно для проведения сравнительного исследования (сопоставления) объектов либо для установления групповой (родовой) принадлежности следообразующего объекта.

Для проведения сравнительного исследования определены габаритные параметры автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxxx:

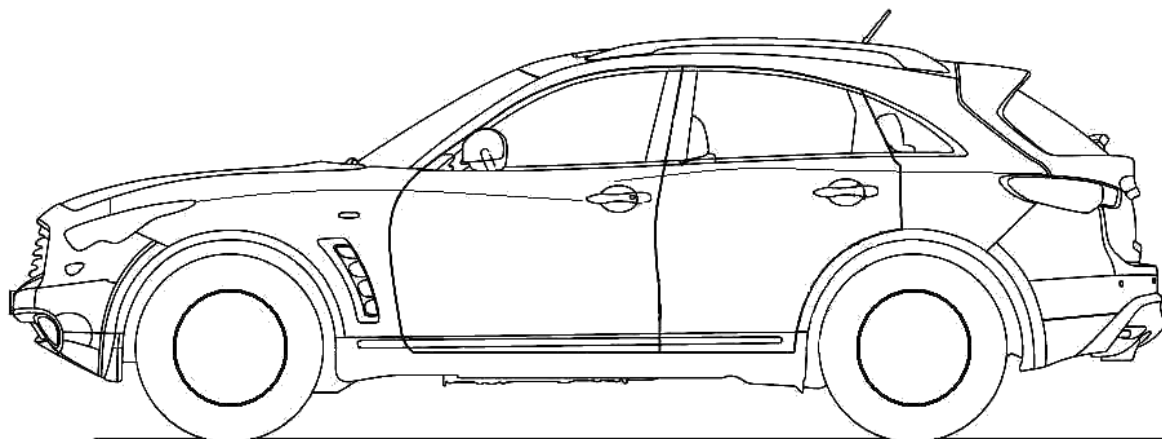


Рис. 3

Габаритные размеры автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxxx приняты с сайта <https://avtomarket.ru/catalog/Infiniti/QX70/57925/> и составляют:

- длина 4865 мм;
- ширина 1925 мм;
- высота 1650 мм;
- колея колес спереди 1635 мм;
- колея колес сзади 1640 мм;
- клиренс – 184 мм.

Также для сравнительного исследования исследована дорожная яма. В соответствии со схемой места совершения административного правонарушения яма имеет глубину – 20 см., ширину – 2,70 м., длину – 15 м.

Сравнением деформаций автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxxx с особенностями описанной выше дорожной ямы, установлено соответствие механизма образования данных деформаций наезду автомобиля на препятствие в виде дорожной ямы. В данном случае, представляется возможным как образование деформаций в результате резкого падения колеса в яму (происходит деформации стоек, рычагов и т.д.), так и в результате наезда на край дорожной ямы в процессе торможения (происходит деформации дисков, шин, ступиц и т.д.) – рис. 4.

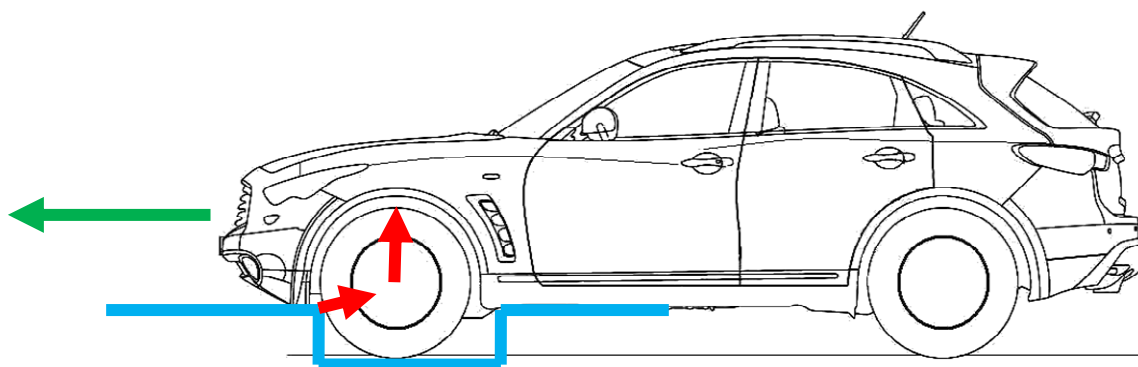


Рис. 4

На рис. 4 зеленой стрелкой показано направление движения автомобиля, красными стрелками – направления деформирующего усилия, действующего на колесо и элементы подвески автомобиля.

Как видно из приведенных данных глубина дорожной ямы больше чем клиренс (дорожный просвет) автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx. Учитывая клиренс (дорожный просвет) автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx, глубину дорожной ямы, ход сжатия передней подвески при попадании в яму можно сделать вывод, что повреждения передней правой шины и переднего правого диска могли образоваться при попадании в дорожную яму, зафиксированную на Схеме.

Соответствие установлено по общим признакам (характер деформаций, локализация и т.д.), что дает основания для вывода о том, что деформации переднего правого диска колеса и шины передней правой автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx могли быть образованы в результате резкого попадания автомобиля в яму, а также в результате наезда на край дорожной ямы.

Геометрические параметры автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx были установлены выше. Также для сравнительного исследования необходимо изучить геометрические параметры шины DUNLOP 265/45 R21 104W автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx. Высота профиля данной шины, т.е. расстояние между внутренним и наружным диаметром шины, составляет 119 мм.

В соответствии со схемой места совершения административного правонарушения яма имеет глубину – 20 см., ширину – 2,70 м., длину – 15 м.

Сравнив геометрические размеры ямы, указанной в схеме места совершения административного правонарушения от 11.04.2018 г. с шиной DUNLOP 265/45 R21 104W автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx, можно прийти к выводу, что повреждения на переднем правом диске колеса и шине передней правой образовались в результате ДТП от 11.04.2018 г., т.к. высота профиля шины значительно меньше глубины ямы, указанной в схеме места совершения административного правонарушения от 11.04.2018 г., соответственно шина не погасит энергию удара.

Повреждение левой противотуманной фары (ПТФ) автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx, указанной в акте осмотра транспортного средства № 055/А от 12.04.2018 г. (БЮРО НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ) находит отражение в предоставленном эксперту фотоматериале. При этом ПТФ является сопряженным элементом облицовки переднего бампера, которая в результате исследуемого ДТП повреждений не получила. Известно, что облицовка бампера – это демпфер, предотвращающий повреждение автомобиля при незначительных ДТП. Облицовка бампера может восстанавливать свою форму при незначительных контактных взаимодействиях. При деформациях облицовки бампера на ПТФ передается усилие, которое приводит к повреждениям (разрушениям) противотуманной фары. Необходимо отметить, что при контактном взаимодействии с твердым объектом (объектами) неопределенной формы, обладающими прочностью и твердостью, к каковым относится дорожная яма, на облицовке переднего бампера должны были образоваться динамические следы в виде царапин, разрезов, задиров и т.д. В акте осмотра транспортного средства № 055/А от 12.04.2018 г. (БЮРО НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ) и на предоставленном эксперту фотоматериале отсутствует информация о повреждении облицовки переднего бампера. Следовательно, можно сделать вывод, что повреждение левой противотуманной фары не имеет отношения к рассматриваемому ДТП от 11.04.2018 г. и произошло при иных обстоятельствах.

На основании сказанного выше можно сделать вывод, что ни все повреждения указанные истцом в иске могли быть образованы в результате ДТП 11 апреля 2018 года. Фактически в результате рассматриваемого ДТП были получены повреждения переднего правого диска колеса и шины передней правой.

----- Вопрос № 1, 2, 3 -----

Техническая возможность предотвратить столкновение устанавливается сравнением расстояния (S_a), на котором автомобиль Инфинити QX70, г/н хххх находился от места наезда на дорожную яму в момент обнаружения опасности для движения и остановочного пути автомобиля (S_o) в условиях места происшествия.

Остановочный путь (S_o) автомобиля Инфинити QX70, г/н хххх в условиях места происшествия определяется по формуле (1.1)

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \cdot \frac{V_{al}}{3,6} + \frac{V_{al}^2}{26 \cdot j}, \quad (1)$$

где S_o – остановочный путь автомобиля (м);

$t_1 = 1,4$ с – время реакции водителя (неровности и разрушения проезжей части, находившиеся на проезжей части объекты...);

$t_2 = 0,1$ с – время запаздывания срабатывания тормозного привода ТС [14];

$t_3 = 0,35$ с – время нарастания замедления ТС;

V_{al} – скорость движения автомобиля;

j – установившееся замедление технически исправного ТС при торможении на горизонтальном участке дороги;

$$j = g \cdot \varphi, \quad (2)$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ускорение свободного падения;

$\varphi = 0,75$ - коэффициент сцепления для асфальтобетона.

Подставив данные в формулу 1.2 получаем установившееся замедление технически исправного автомобиля Инфинити QX70, г/н хххххх в условиях места происшествия:

$$j = 9,8 \cdot 0,75 = 7,35 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

В данном случае следует сделать отступление и дать расшифровку понятия «Опасность для движения», в соответствии с ПДД РФ, «Опасность для движения» - ситуация, возникшая в процессе дорожного движения, при которой продолжение движения в том же направлении и с той же скоростью создаёт угрозу возникновения дорожно-транспортного происшествия».

Таким образом, исходя из трактовки термина «Опасность для движения», возникает понятие «Момент возникновения опасности для движения» - момент, возникающий в процессе дорожного движения, при котором продолжение движения в том же направлении и с той же скоростью создаёт угрозу возникновения дорожно-транспортного происшествия.

Дополнительно необходимо обратить внимание на то, что в материалах дела имеются фотоснимки с места дорожно-транспортного происшествия от 11.04.2018 г. – рис. 5, на которых видно, что дорожная яма не освещена, таким образом у водителя автомобиля Инфинити QX70, г/н хххххх хххх В.С. отсутствовала объективная возможность своевременно определить момент возникновения опасности для движения и избежать наезда на дорожную яму; экспертным путем так же не представляется возможным определить момент возникновения опасности для движения, так как дорожная яма не освещена и момент возникновения опасности для движения возник в момент наезда автомобиля Инфинити QX70, г/н хххххх на дорожную яму.



Рис. 5

Таким образом, определить имел ли возможность водитель автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx возможность предотвратить ДТП не представляется возможным.

Согласно принятым в экспертной практике методикам скорость ТС может быть определена по следам, оставленным им на проезжей части дороги до и после расположения дорожной ямы на проезжей части дороги по следам торможения, бокового скольжения.

В предоставленном административном материале отсутствует информация о следах юза, бокового скольжения автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxx.

Таким образом, определить скорость автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxx в момент получения повреждений не представляется возможным.

При движении прямолинейно в районе дома 20 по ул. Буденного со стороны ул. Казачья в сторону ул. Новороссийская г. Урюпинска, водитель автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxx В.С., должен был действовать в соответствии с требованиями следующих пунктов Правил дорожного движения РФ:

- п.1.3. «Участники дорожного движения обязаны знать и соблюдать относящиеся к ним требования Правил, сигналов светофоров, знаков и разметки...»;

- п.10.1. «Водитель должен вести транспортное средство со скоростью, не превышающей установленного ограничения, учитывая при этом интенсивность движения, особенности и состояние транспортного средства и груза, дорожные и метеорологические условия, в частности видимость в направлении движения. Скорость должна обеспечивать водителю возможность постоянного контроля за движением транспортного средства для выполнения требований Правил.

При возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять возможные меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства»;

Таким образом, водитель автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxxx В.С., должен был действовать в соответствии с требованиями п.п. 1.3 и 10.1 Правил дорожного движения РФ.

С технической точки зрения, в действиях водителя автомобиля Инфинити QX70, г/н xxxx, не соответствие требованиям ПДД РФ в момент ДТП не установлено.

Библиографический список

1. Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях (диагностические исследования). – 1998. – Вып. 1, ВНИИСЭ. – 100 с.
2. Сыромля Л. Б. О применении комплексной методики предварительного исследования совокупности материальных следов на месте дорожно-транспортного происшествия // Судебная экспертиза. 2015. № 2 (42). С. 150–159
3. Байэтт Р., Уотс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт. – 1978. – 288 с.
4. Илларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. 255 с.
5. Белкин Р.С. Криминалистическая энциклопедия. 2-е изд., доп. М.: Мегатрон XXI, 2000. 334 с.
6. 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.
7. Майлис Н.П. Судебная трасология: учебник для студентов юридических вузов. М.: Экзамен, 2003. 272 с.
8. Орлов Ю.К. Судебная экспертиза как средство доказывания в уголовном судопроизводстве. М.: РФЦСЭ, 2005. 261 с.

References

1. Transport and tracological expertise in cases of road accidents (diagnostic studies). - 1998. - Issue 1, VNIISE – - 100 p.
2. Syromlya L. B. On the application of a comprehensive method of preliminary investigation of the totality of material traces at the site of a road accident // Forensic examination. 2015. No. 2 (42). pp. 150-159
3. Byatt R., Watts R. Investigation of road accidents. - M.: Transport. - 1978. - 288 p.
4. Illarionov V. A. Examination of road accidents. Textbook for universities. Moscow: Transport, 1989. 255 p.
5. Belkin R. S. Criminalisticheskaya enciklopediya. 2nd ed., additional M.: Megatron XXI, 2000. 334 p.
6. Rossinskaya E. R., Galyashina E. I., Zinin A.M. Theory of forensic expertise (forensic expert science): textbook. 2nd ed., reprint. and add. M.: Norma, 2017. 368 p.
7. Mailis N. P. Judicial tracology: textbook for law students. Moscow: Exam, 2003. 272 p.
8. Orlov Yu. K. Forensic examination as a means of proof in criminal proceedings. Moscow: RFTSSE, 2005. 261 p.

*Российский университет транспорта
Канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно – технологические средства»
И.В. Трошко*

*Россия, г. Москва, тел. +7(925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru*

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

*Россия, г. Москва, тел. +7(916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru*

*Russian University of Transport
D.Sc.(Engineerin), Associate Professor of the
Department "Ground Transport and
Technological Means" I.V. Troshko*

*Russia, Moscow, tel. +7(925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru*

*Russian University of Transport
D.Sc.(Engineerin),, Associate Professor of
the Department "Ground Transport and
Technological Means" M.Y. Chalova*

*Russia, Moscow, tel. +7(916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru*

И.В. Трошко, М.Ю. Чалова

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье приведены основные требования к путевым машинам, обоснованы комплекты щебнеочистительных машин, применяемых на железных дорогах ОАО «РЖД».

Ключевые слова: эксплуатация, работоспособность, железные дороги, щебнеочистительные машины.

I.V. Troshko, M.Y. Chalova

COMPREHENSIVE SOLUTION FOR EFFECTIVE USE OF CHILDR CLEANING MACHINES

The article presents the basic requirements for track machines, justifies the sets of crushed stone cleaning machines used on the railways of Russian Railways.

Key words: operation, efficiency, railways, crushed stone cleaning machines.

Современный парк подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин, используемых в путевом хозяйстве железнодорожного транспорта, представляет собой сложную, высокотехнологичную систему. С помощью машин, механизмов и оборудования осуществляются строительство, текущее содержание и ремонт железнодорожного пути, выполняются погрузочно-разгрузочные работы на железнодорожном транспорте. Использование машин по прямому назначению является объективным показателем производственно-хозяйственной деятельности предприятия, оказывающем решающее значение на основной показатель – доход или прибыль.

Одним из конкретных путей максимального использования машинного парка в путевом хозяйстве является осуществление комплексных мероприятий по поддержанию технически исправного состояния машин – своевременное и полномасштабное проведение качественного технического обслуживания.

ГОСТ 25866—83 [1] определяет термин «эксплуатация» как стадию жизненного цикла

объекта, в течение которой реализуются, поддерживаются и восстанавливаются качества объекта. Для предприятий путевого хозяйства эксплуатация различных машин представляет собой многофункциональную область деятельности различных специалистов, служб и организаций, работа которых направлена на целенаправленное использование машин. Методы достижения указанных целей изменяются в зависимости от задач, стоящих на определенных этапах работ.

На всех этапах эксплуатации машин и механизмов главной заботой персонала является поддержание и восстановление их работоспособности; соответствие параметров машин значениям, указанным в технических характеристиках; соблюдение режимов работы машин в процессе их функционирования; хранение машин в периоды, когда они не используются по назначению; обеспечение машин рекомендованными эксплуатационными материалами, а также их транспортирование.

В процессе эксплуатации машины происходит физическое старение составляющих ее элементов и самой машины, результатом чего является возрастание частоты отказов, ухудшение исполнения рабочих функций машины и других качественных свойств. Это приводит к значительным материальным издержкам и другим нежелательным последствиям. Для устранения этих вредных явлений проводятся работы по поддержанию работоспособности и исправности машины, получившие название «техническое обслуживание (ТО) и ремонт». ГОСТ 18322—2016 [2] определяет термин «система технического обслуживания и ремонта техники» как совокупность средств, методов, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества объектов, входящих в систему. Устранение причин, вызывающих неисправности машин, сопряжено с издержками на ТО и ремонт. Одним из направлений уменьшения этих издержек и повышения эффективности эксплуатации современных путевых машин является техническое диагностирование.

Применение методов и средств технического диагностирования позволяет эффективно и быстро оценить техническое состояние машин в целом и их составных частей без разборки, в результате чего снижается трудоемкость их обслуживания и ремонта, повышается ресурс, уменьшается расход эксплуатационных материалов и запасных частей. Поэтому решение целого комплекса задач, в том числе и качество технического диагностирования узлов машин и машин в целом, позволяет значительно снизить материальные и финансовые издержки.

Для определения трудоемкости ТО и ремонта машин, данные по которым отсутствуют в НТД (в частности, на импортные машины), может быть использована следующая зависимость [чел · ч]:

$$T_{Px} = T_{Pa} \sqrt[3]{\frac{Q_x^2}{Q_a^2}},$$

где T_{Pa} – трудоемкость ТО или ремонта машины-аналога, [чел · ч];

Q_x – масса машины, трудоемкость которой определяется, т;

Q_a – масса машины-аналога, т.

Используя переходной коэффициент $\sqrt[3]{\frac{Q_x^2}{Q_a^2}}$, можно с достаточной степенью точности

определять и другие параметры машин.

Современные Российские железные дороги (РЖД) на сегодняшний день и в дальнейшей перспективе развития, ставят перед собой актуальные задачи. Одна из этих задач, это увеличение грузоперевозок и пассажироперевозок, а также строительство новых участков железных дороги реконструкции уже существующих. Чтобы решать данные задачи,

РЖД оснащают свои подразделения современной путевой техникой для строительства и текущего содержания пути.

Для этого следует обеспечивать высокое качество железнодорожного пути. Существующие машины во многом устарели и не могут поддерживать путь в должном состоянии, поэтому создаются машины нового поколения. Ежегодно с ростом уровня экономики в России стремительно увеличиваются объемы грузовых и пассажирских перевозок. Прирост пассажиров создает необходимость расширения парков подвижного состава. Это соответственно ведет к увеличению курсирования поездов различного типа на железной дороге, что одновременно приводит к повышенной эксплуатации и износу верхнего и нижнего строений пути. Поэтому в настоящие дни одним из ключевых аспектов железнодорожной работы является развитие железнодорожной инфраструктуры.

Важным предприятием для поддержания железнодорожного пути в пригодном для эксплуатации состоянии, является очистка и обновление балластного слоя, непосредственно воспринимающего давление от шпал и равномерно распределяющего его по основной площадке земляного полотна.

В связи с ежегодным ростом объемов перевозок на сети ОАО "РЖД" возникают немалые затруднения с предоставлением "окон" достаточной продолжительности для производства путевых работ.

Современные щебнеочистительные машины поднимают рельсошпальную решётку и производят вырезку балласта под ним и очистку его от загрязнений, очищенный щебень разравнивается равномерно по ширине пути. Созданы щебнеочистительные машины, включаемые в путевые комплексы, состоящие из машин, работающих с высокими рабочими скоростями, осуществляющими вырезку балласта и погрузку его на подвижной состав, а также очистку щебня на всю его глубину при любых поперечных профилях балластной призмы. Загрязнитель перемещается транспортёрной лентой щебнеочистительной машины и выбрасывается за пределы пути [3].

В настоящее время для содержания железнодорожного пути в ОАО «РЖД» насчитывают 170 комплектов щебнеочистительных машин, 56 из которых находятся на обслуживании Южно-Уральской, Забайкальской, Дальневосточной, Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской железных дорог.

Количество комплектов щебнеочистительных машин можно рассмотреть на примере Забайкальской железной дороги, где эксплуатируется 21 комплекс щебнеочистительных машин (рис. 1). Это связано с тем, что Забайкальская железная дорога является важнейшей транзитной составляющей Транссибирской магистрали и одной из ключевых транспортных магистралей восточной части России. Она обеспечивает функционирование трансконтинентального коридора, связывающего страны Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы, а также железнодорожное сообщение Российской Федерации с Китайской Народной Республикой через пограничный переход Забайкальск – Маньчжурия. Ее эксплуатационная длина – 3320, 72 км. Специфика дороги связана со сложными климатическими условиями территорий, по которым она пролегает. Низкая температура зимой (до – 40-50°C), короткое, но знойное лето с резкими перепадами дневных и ночных температур (до + 20°C), наличие почв с вечной мерзлотой, изменчивый рельеф и многочисленные реки существенно усложняют содержание путевой и энергоснабжающей инфраструктуры, обслуживание подвижного состава [4]. Вторая по значимости - это Дальневосточная железная дорога, ее эксплуатационная длина составляет 6826,7 км. Дальневосточная железная дорога проходит по территории 6 субъектов федерации - Приморскому и Хабаровскому краям, Амурской, Сахалинской и Еврейской автономной областям, Республике Саха (Якутия). В зоне ее обслуживания находятся также Магаданская область, Камчатский край и Чукотский автономный округ - свыше 40% территории России.

ДВЖД состоит из широтных магистралей: Южной - часть Транссибирского

направления и Северной - части бывшей Байкало-Амурской магистрали. Также в составе дороги находится единственный в России островной участок железной дороги - на о. Сахалин [5].

Основными показателями эффективности путевых щебнеочистительных машин являются производительность, выработка, высвобождение путейцев, уровень механизации путевых работ. Поэтому на Восточно-Сибирской железной дороге появляются современные щебнеочистительные машины, такие как RM-95, ЩОМ-1200, ЩОМ-1600; Забайкальской и Дальневосточной – ЩОМ 1200 (рис. 1).

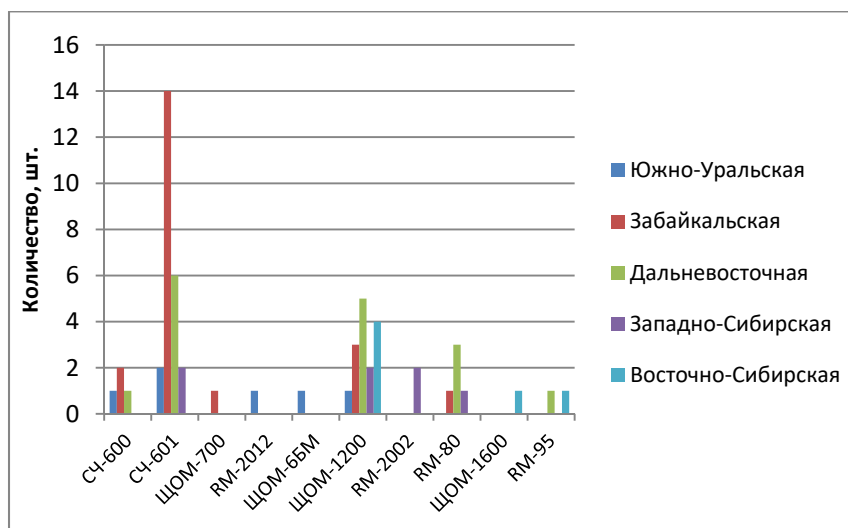


Рис. 1. Количество комплектов щебнеочистительных машин

Выводы

Согласно планам правления ОАО «РЖД» [6] в ближайшие годы до 2025 года на сети железных дорог России необходимо полностью устранить просрочку по всем видам ремонта пути. А это значит, что отремонтировать предстоит не много, ни мало – 25 тыс. км. Выполнить это нужно в непростых финансово-экономических условиях, рачительно, эффективно, стараясь избегать избыточных и непроизводительных расходов. Поэтому необходимо свести к минимуму отказы технических средств, чётко соблюдать графики предоставления и открытия «окон», ни в коем случае не допуская их передержки [7].

Библиографический список

1. ГОСТ 25866—83 Эксплуатация техники. Термины и определения. Издание. Государственный стандартный книжный номер. Использование и издательское оформление. – Издательство стандартов, 1983. 5 с.
2. ГОСТ 18322—2016 Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Издание. Межгосударственный стандартный книжный номер. Использование и издательское оформление. М.: Стандартинформ, 2017. – 5 с.
3. Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Щебнеочистительная_машина
4. Дальневосточная железная дорога URL: <https://dvzd.rzd.ru/ru/2174/page/103290?id=2409#main-header>
5. Забайкальская железная дорога URL: <https://zabzd.rzd.ru/>
6. Белая книга ОАО «РЖД» URL: https://docviewer.yandex.ru/view/1066043086/?*=61Qe7EptALNUInYx5X2McmxAmb97InVybc

[I6Imh0dHA6Ly9jaXBpLnNhbwD0dS5ydS9zaXRlc9jaXBpLnNhbwD0dS5ydS9maWxlc9iZWxheWFfa25pZ2EucGRmliwidGI0bGUiOiJiZWxheWFfa25pZ2EucGRmliwibm9pZnJhbWUiOnRydWUsInVpZCI6IjEwNjYwNDMwODYiLCJ0cyI6MTYzMTI2ODA4NTI3NiwieXUiOiIzOTA4Mzg2Nzg2OTQ2ODEzIiwic2VycFBhemFtcyI6InRtPTE2MzEyNjgwNzc2GxkPXXJ1Jmxhbmc9cnUmbmFtZT1iZWxheWFfa25pZ2EucGRmJnRleHQ9JUQwJUIxJUQwJUI1JUQwJUJCJUQwJUIwJUQxJThGKyVEMCVCSVEMCVCRVEMCVCOVEMCVCMYVEMCVCMCsIRDEIODAIRDAIQjYIRDAIQjQrJUQwJUI0JUQwJUJFKzlwMjUmdXJsPWh0dHAIM0EvL2NpcGkuc2FtZ3R1LnJ1L3NpdGVzL2NpcGkuc2FtZ3R1LnJ1L2ZpbGVzL2JlbGF5YV9rbmlnYS5wZGYmbHI9MjE0Jm1pbWU9cGRmJmwxMG49cnUmc2lnbj0yNDgyYWNiMDAxOTRlMDcxYzIxMTI1OWNmYjE1YmNkYiZrZXlubz0wIn0%3D&lang=ru](https://www.stopstamp.ru/statty/4dm9u5498qbp2yhzukdi.html)

7. Без штампов. URL: <http://www.stopstamp.ru/statty/4dm9u5498qbp2yhzukdi.html>

References

1. GOST 25866-83 Operation of equipment. Terms and definitions. Edition. State standard book number. Usage and publishing design. - Publishing House of Standards, 1983. 5 p.

2. GOST 18322-2016 Interstate standard. The system of maintenance and repair of equipment. Edition. Interstate standard book number. Usage and publishing design. Moscow: Standartinform, 2017– - 5 p.

3. Wikimedia URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Щебнеочистительная_машина

4. Far Eastern Railway URL: <https://dvzd.rzd.ru/ru/2174/page/103290?id=2409#main-header>

5. Trans-Baikal Railway URL: <https://zabzd.rzd.ru/>

6. The White Paper of JSC "Russian Railways" URL: https://docviewer.yandex.ru/view/1066043086/?*=61Qe7EptALNUInYx5X2McmxAmb97InVyBCI6Imh0dHA6Ly9jaXBpLnNhbwD0dS5ydS9zaXRlc9jaXBpLnNhbwD0dS5ydS9maWxlc9iZWxheWFfa25pZ2EucGRmliwidGI0bGUiOiJiZWxheWFfa25pZ2EucGRmliwibm9pZnJhbWUiOnRydWUsInVpZCI6IjEwNjYwNDMwODYiLCJ0cyI6MTYzMTI2ODA4NTI3NiwieXUiOiIzOTA4Mzg2Nzg2OTQ2ODEzIiwic2VycFBhemFtcyI6InRtPTE2MzEyNjgwNzc2GxkPXXJ1Jmxhbmc9cnUmbmFtZT1iZWxheWFfa25pZ2EucGRmJnRleHQ9JUQwJUIxJUQwJUI1JUQwJUJCJUQwJUIwJUQxJThGKyVEMCVCSVEMCVCRVEMCVCOVEMCVCMYVEMCVCMCsIRDEIODAIRDAIQjYIRDAIQjQrJUQwJUI0JUQwJUJFKzlwMjUmdXJsPWh0dHAIM0EvL2NpcGkuc2FtZ3R1LnJ1L3NpdGVzL2NpcGkuc2FtZ3R1LnJ1L2ZpbGVzL2JlbGF5YV9rbmlnYS5wZGYmbHI9MjE0Jm1pbWU9cGRmJmwxMG49cnUmc2lnbj0yNDgyYWNiMDAxOTRlMDcxYzIxMTI1OWNmYjE1YmNkYiZrZXlubz0wIn0%3D&lang=ru

7. Without stamps. URL: <http://www.stopstamp.ru/statty/4dm9u5498qbp2yhzukdi.html>

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
доктор техн.наук, профессор кафедры
«Механика» Кыргызская Республика,
г. Бишкек, тел. +996 708 57-91-38

Тургумбаев Женишбек Жумадылович,
jenishtur@gmail.com

Таласский государственный университет
кандидат технических наук, доцент кафедр
«Технологии технических процессов»
Кыргызская Республика, г.Талас,
тел. +996 701 17-77-34

Тургулбаев Мелисбек Сыргабаевич,
melis.turgunbaev08@gmail.com

I. Razzakov Kyrgyz State Technical University,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of Mechanics,
Kyrgyz Republic, Bishkek,
tel. +996 708 57-91-38

Turgumbayev Jenishbek Jumadylovich,
jenishtur@gmail.com

Talas State University, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor of the Depart-
ment of Technologies of Technical Processes,
Kyrgyz Republic, Talas,
tel. +996 701 17-77-34

Turgunbayev Melisbek Syrgabayevich
melis.turgunbaev08@gmail.com

Ж.Ж. Тургумбаев, М.С. Тургулбаев

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗАНИЮ ГРУНТА, СОДЕРЖАЩЕГО РАЗЛИЧНЫЕ КАМЕНИСТЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

Дана классификация каменистых включений грунта по геометрической форме. На основе теории предельного равновесия сыпучей среды разработана модель прогнозирования силы сопротивления резанию грунта, содержащего различные по геометрической форме каменистые включения. Для расчета искомой силы сопротивления грунта поверхность каменистого включения разбивается на элементарные пояса, к ним прикладывается пассивное давление грунта с учетом активной поверхности взаимодействия каменистого включения с грунтом. Проведен сравнительный вычислительный анализ изменения силы сопротивления грунта резанию в зависимости от коэффициента сжатия шаровидного каменистого включения.

Ключевые слова: Каменистое включение, закономерность изменения геометрической формы каменистого включения, коэффициент сжатия шаровидной формы, теория предельного равновесия сыпучей среды, сила сопротивления грунта резанию, пассивное давление грунта, элементарные пояса, векторная сумма элементарных сил сопротивления.

J.J. Turgumbayev, M.S. Turgunbaev

PREDICTION MODEL OF THE CUTTING RESISTANCE FORCE CONTAINING DIFFERENT STONE INCLUSIONS

The classification of rocky soil inclusions is given by geometric shape. On the basis of the theory of the limiting equilibrium of a granular medium, a model has been developed for predicting the force of resistance to cutting of soil containing rocky inclusions of various geometric shapes. To calculate the required soil resistance force, the surface of the stony inclusion is divided into elementary belts, passive soil pressure is applied to them, taking into account the active surface of the interaction of the stony inclusion with the ground. A comparative computational analysis is carried out of the change in the resistance of the soil to cutting depending on the compression ratio of a spherical rocky inclusion.

Key words: Rocky inclusion, regularity of changes in the geometric shape of a rocky inclusion, compression ratio of a spherical shape, theory of limiting equilibrium of a granular medium, soil cutting resistance force, passive soil pressure, elementary belts, vector sum of elementary resistance forces.

Введение

Известно, что в грунте содержатся каменные включения в разном количестве, геометрические форма и размеры, глубина залегания их в массиве грунта изменяются случайным образом [1], [2]. Площадь каменистых почв в Кыргызской Республике только в зоне земледелия составляет около 3809 тыс. га, в том числе: слабокаменистых – 1477 тыс. га; среднекаменистых – 1495 тыс. га; сильнокаменистых – 10,4 тыс. га [3]. Разработка грунтов, содержащих каменные включения сопровождается преждевременным повреждением и разрушением металлоконструкции землеройных машин, повышением силовых и энергетических затрат разработки единицы объема грунта [4]. Эффективная реализация плана разработки как однородных так и неоднородных грунтов землеройными машинами в основном зависит от учета грунтовых условий и силовых ограничений на рабочем оборудовании [5], [6].

Постановка задачи

Геометрические размер и форма каменистых включений грунта изменяются стохастически от одной точки к другой [1],[2]. При практических расчетах силы сопротивления грунта, содержащего различные каменные включения, влияния формы каменного обломка учитывается закономерностью изменения его шаровидной формы. Принимая во внимание случайность содержания различных каменистых включений в грунте, разработка модели прогнозирования силы сопротивления резанию грунта с различными каменными включениями становится актуальной задачей.

Разработка методики и результаты исследования

Для практических расчетов силы резания грунта предлагаются следующие геометрические формы каменистых включений (рис.1) (табл.1).

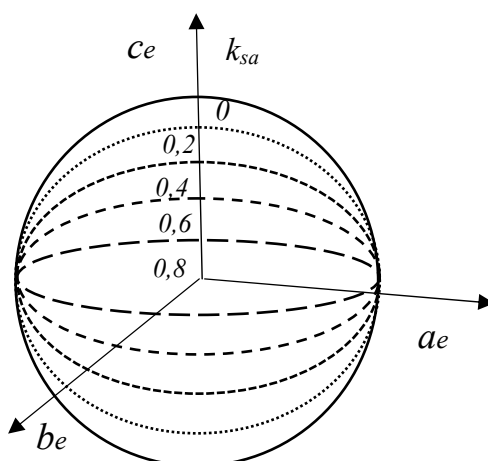


Рис. 1. Схема получения каменистого включения различной геометрической формы в зависимости от коэффициента сжатия – k_{sa} :
 a_e - большая полуось эллипсоида, b_e, c_e - маленькие полуоси эллипсоида

Коэффициент сжатия определяется зависимостью

$$k_{sa} = \frac{a_e - b_e}{a_e} \quad (1)$$

Таблица 1

Граничные значения коэффициента сжатия шаровидной формы

№	Граничное значение коэффициента сжатия, k_{sa}	Описание геометрической формы
1	0...0,1	Близкошаровидная форма
2	0,1...0,3	Близкоэллипсоидновыпуклая форма
3	0,3...0,5	Близкоэллипсоидная форма
4	0,5...0,7	Близкоэллипсоидносплюснутая форма
5	0,7...0,9	Близкоэллипсоидносплюснутая форма

При разработке модели прогнозирования силы сопротивления резанию грунта с каменным включением различной формы на основе методов системного анализа выделяется подсистема: узкий клиновидный режущий элемент – грунт, содержащий каменное включение (рис.2). Рассматривается случай резания грунта с эллипсоидным каменным включением. Следует отметить, что большая полуось эллипсоидного каменного включения в процессе резания может располагаться как параллельно направлению резания, так и перпендикулярно последнему (рис.2). Учитывая множества влияющих факторов для практических расчетов силы сопротивления грунта резанию применяется приближенный метод расчета.

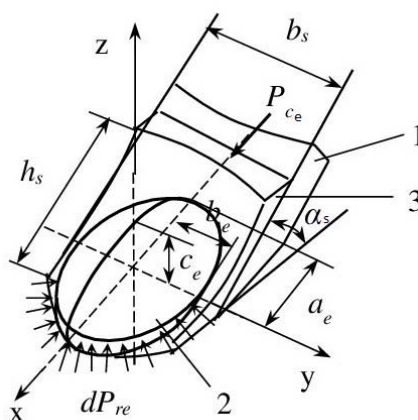


Рис. 2. Схема резания грунта, содержащего эллипсоидное каменное включение:

1 – режущий элемент, 2 – каменное включение, 3 – грунт, P_{ce} – сила резания грунта, dP_{re} – элементарные силы сопротивления грунта резанию, α_s – угол резания, b_s – ширина резания, h_s – глубина резания

В момент наступления предельного равновесия сила резания, действующая со стороны режущего элемента – P_{ce} уравнивается силой сопротивления резанию со стороны массива грунта с каменным включением – P_{re}

$$P_{ce} = P_{re} \quad (2)$$

Согласно [8] сила P_{re} состоит из сил сопротивления резанию однородной зоны – P_{he} и каменной зоны – P_{se} , а также силы выталкивания камня на поверхность грунта – P_{ge}

$$P_{re} = P_{he} + P_{se} + P_{ge} \quad (3)$$

Сила сопротивления резанию однородной зоны определяется в работе [7]. Теперь с помощью метода дискретизации поверхность эллипсоидного каменистого включения разбивается на элементарные пояса - 4, на которых действуют пассивное давление грунта (отпор грунта) [9] (рис.3).

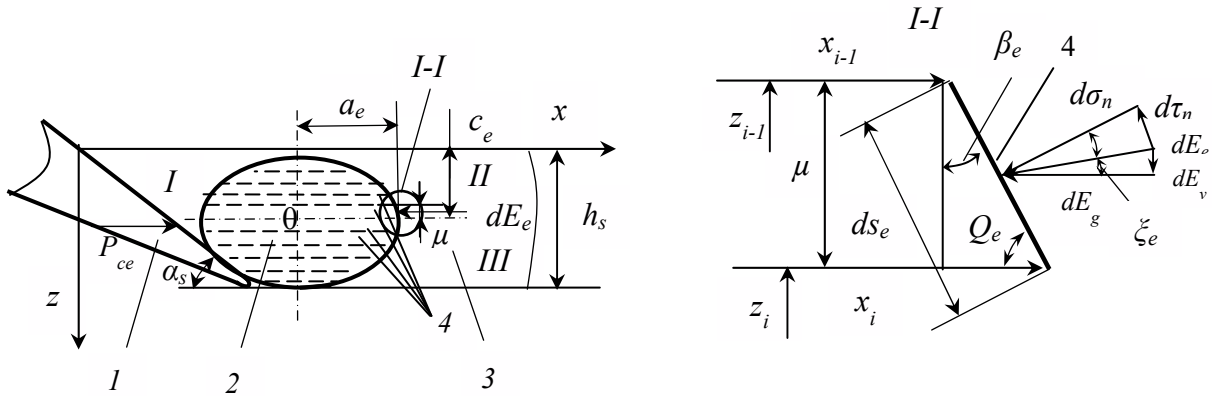


Рис.3. Расчетная схема для прогнозирования силы сопротивления грунта, содержащего эллипсоидное каменистое включение:

- 1 – режущий элемент, 2 – каменистое включение, 3 – грунт, 4 – элементарные пояса (подпорные стенки),
 β_e – угол наклона элементарной поверхности от вертикали, ds_e – высота подпорной стенки,
 I, II, III – зоны действия пассивного давления грунта, $d\sigma_n, d\tau_n, dE, dE_g, dE_v$ – нормальная, касательная, равнодействующая, горизонтальная, вертикальная компоненты пассивного давления грунта,
 μ – шаг разбивки секущей плоскости

Равнодействующая пассивного давления грунта определяется выражением

$$dE_e = \sqrt{d\sigma_n^2 + d\tau_n^2}. \quad (4)$$

Нормальное (как гидростатическое) давление грунта на элементарных полосках [9] определяется формулой

$$\sigma_{n_i} = (\gamma z_i + p + H) a_{\beta_i} - H, \quad i = 1, 2, 3 \dots n, \quad (5)$$

где γ – объемный вес грунта;

p – пригрузка;

z_i – высота залегания элементарных полосок на поверхности каменистого включения;

a_{β_i} – коэффициент наклона подпорных стенок.

и касательное давление грунта на элементарных полосках [9] определяется выражением

$$\tau_{n_i} = (\sigma_{n_i} + H) \tan \varphi_0, \quad i = 1, 2, 3 \dots n. \quad (6)$$

В свою очередь H определяется как

$$H = C \operatorname{ctg} \varphi, \quad (7)$$

где C – сцепление;

φ – угол внутреннего трения;

φ_0 – угол внешнего трения.

Высота залегания элементарных полосок определяется выражениями в сторону дневной поверхности грунта

$$z_{u_i} = (h_s - c_e) - i\mu, \quad i = 1, 2, 3 \dots n, \quad (8)$$

причем $z_0 = h_s - c_e$.

в сторону вглубь массива грунта

$$z_{m_i} = (h_s - c_e) + i\mu, \quad i = 1, 2, 3 \dots n, \quad (9)$$

причем $z_0 = h_s - c_e$.

Положение элементарных пояс относительно горизонтальной оси симметрии эллипсоида определяет шаг секущей плоскости $i\mu$, $i = 1, 2, 3 \dots n$. Величина шага μ задается. Криволинейная поверхность элементарных пояс аппроксимируется прямолинейной поверхностью, при этом погрешность аппроксимации зависит от величины шага разбивки (рис.3).

Параметры оси x , y определяются каноническим уравнением эллипсоида ($b_e = c_e$), а оси z - положением секущей плоскости

$$x_i = a_e \sqrt{1 - \frac{z_{e_i}^2}{c_e^2}}, \quad (10)$$

$$y_i = b_e \sqrt{1 - \frac{z_{e_i}^2}{c_e^2}}, \quad (11)$$

$$z_{e_i} = i\mu, i = 1, 2, 3 \dots n. \quad (12)$$

Длина элементарной подпорной полоски равна

$$dS_i = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + \mu^2}. \quad (13)$$

В зависимости от β_e элементарные пояса, обращенные в сторону дневной поверхности (зоны *I, II*), будут находится в крутой ($j_j = 1$), промежуточной ($j_j = 2$) и пологой областях ($j_j = 3$), а пояса, которые обращены вглубь массива грунта (зона *III*) располагаются в так называемых ломаных областях ($j_j = 4$) (рис.3). Граничные значения угла β_e и коэффициент $a_{\beta i}$ определены в [9].

Угол наклона подпорной стенки равен

$$\beta_{e_i} = \frac{\pi}{2} - Q_{e_i}, \quad (14)$$

$$Q_{e_i} = \arctg\left(\frac{\mu}{x_i - x_{i+1}}\right), \quad (15)$$

причем $Q_{e0} = \pi/2$.

На основе принципа независимости действия сил, векторная сумма элементарных сил сопротивления представляет собой общую силу сопротивления резанию грунта, содержащего эллипсоидное каменистое включение. Для нахождения этой силы необходимо сначала равнодействующую элементарного пассивного давления грунта спроектировать на параллельную траекторию резанию ось

$$dE_g = dE_e \cos \xi_e. \quad (16)$$

Значения угла ξ определяются выражениями

$$\xi = \varphi_0 - \beta_e, \text{ если } (Q_e + \varphi_0) > \pi/2, \quad (17)$$

$$\xi = \pi/2 - \varphi_0, \text{ если } (Q_e + \varphi_0) = \pi/2, \quad (18)$$

$$\xi = \pi/2 - Q_e - \varphi_0, \text{ если } (Q_e + \varphi_0) < \pi/2. \quad (19)$$

Элементарная сила сопротивления резанию грунта равна

$$dP_{re} = dE_g dF_e, \quad (20)$$

где dF_e – площадь элементарного пояса на поверхности камня.

В свою очередь элементарная площадь полоски определяется

$$dF_e = dC_e dS_e, \quad (21)$$

где dC_e – длина элементарной плоски, dS_e – высота элементарной полоски.

Длина эллипсоида определяется формулой Рамануджаны

$$C_{e_i} = k_{ce} \pi \left[3(x_{ic} + y_{ic}) - \sqrt{(3x_{ic} + y_{ic})(x_{ic} + 3y_{ic})} \right], \quad (22)$$

$$x_{ic} = (x_i + x_{i+1})/2, \quad y_{ic} = (y_i + y_{i+1})/2,$$

где k_{ce} – коэффициент длины окружности эллипсоида.

По результатам экспериментальных исследований установлено [10], что при резании на поверхности каменистого включения формируется стабильное ядро из уплотненного грунта, подобно резанию грунта с изношенным режущим элементом [11]. Границы появления уплотненного ядра определяют зону активного взаимодействия каменистого включения с грунтом, активной площади поверхности камня и влияет на коэффициент длины окружности каменистого включения. Размеры продольного сечения ядра по оси симметрии зависят от параметров грунта, его резания и вида разрушения, а также от геометрической формы каменистого включения.

Изменение ширины резания определяется зависимостями:

а) Большая полуось эллипсоида параллельна направлению резания

$$b_s = \begin{cases} b, & \text{когда } (c_e / \cos \psi_e - c_e + k_h c_e) \operatorname{ctg} \psi_e \leq b \\ b_s, & \text{когда } (c_e / \cos \psi_e - c_e + k_h c_e) \operatorname{ctg} \psi_e > b \end{cases} \quad (23)$$

б) Большая полуось эллипсоида перпендикулярно направлению резания

$$b_s = \begin{cases} b, & \text{когда } (a_e / \cos \psi_e - a_e + k_h a_e) \operatorname{ctg} \psi_e \leq b \\ b_s, & \text{когда } (a_e / \cos \psi_e - a_e + k_h a_e) \operatorname{ctg} \psi_e > b \end{cases} \quad (24)$$

где k_h – коэффициент глубины залегания каменистого включения [12];

ψ_s – боковой угол разрушения прорези.

Суммарная сила сопротивления резанию грунта, содержащего каменистое включение определяется зависимостью

$$P_{re} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{j=4 \\ i=n}} dP_{re_{ij}}, \quad (25)$$

Теперь в формулу (25) подставляя значений формул (16) и (21) с учетом (4),(13),(22) получим обобщенную формулу для определения силы сопротивления грунта, содержащего каменистое включение разной геометрической формы острым клиновидным режущим элементом землеройной машины

$$P_{re} = \pi k_{ce} \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=n \\ j=4}} \sqrt{d\sigma_{n_i}^2 + d\tau_{n_i}^2} \cos \xi_{e_i} \left[3(x_{ic} + y_{ic}) - \sqrt{(3x_{ic} + y_{ic})(x_{ic} + 3y_{ic})} \right] \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + \mu^2}, \quad (26)$$

Анализ (26) показывает, что на значение силы сопротивления влияют параметры прочности, физического состояния, резания грунта и геометрические параметры каменистого включения. Теперь проведем вычислительный анализ влияния геометрических параметров каменистого включения на силу сопротивления грунта резанию, при следующих параметрах резания: $\alpha_s = 30^\circ$, $h_s = 0,15$ м, $b_s = 0,15$ м, $k_h = 0$ (табл.2), рис.4.

Таблица 2

Влияние геометрических параметров каменистого включения на P_{re}

k_{sa}	a_e	$b_e = c_e$	$C, \text{ н/м}^2$	$\gamma, \text{ н/м}^3$	$\varphi, \text{ град}$	$\varphi_0, \text{ град}$	k_{se}	$P_{re}, \text{ н}$
0	0,07	0,07	14955	19760	32,0	25,6	0,3465	2423,02
0,2	0,07	0,056	14955	19760	32,0	25,6	0,442	2419,23
0,4	0,07	0,042	14955	19760	32,0	25,6	0,4965	2268,59
0,6	0,07	0,028	14955	19760	32,0	25,6	0,491	2036,44
0,8	0,07	0,014	14955	19760	32,0	25,6	0,475	1857,23



Рис. 4. Влияния геометрических параметров каменистого включения на силу сопротивления грунта резанию

Анализ рис.4 показывает, что с увеличением коэффициента сжатия шаровидной формы уменьшается активная площадь поверхности взаимодействия каменистого включения с грунтом. В результате снижается сила сопротивления грунта резанию менее интенсивно в области малых коэффициентов сжатия, и более интенсивно – когда шаровидная форма переходит в эллипсоидно-суженную форму. Снижение силы сопротивления грунта с близкоэллипсоидно-суженным каменистым включением относительно шаровидной формы составляет 23,25%.

Перспектива применения разработанной модели

Разработанная модель силы сопротивления грунта резания позволяет рассчитать силу резания грунта, содержащего различные по форме каменистые включения рабочим органом землеройной машины. На основе известных моделей, составляющих энергоемкости резания грунта можно аналитически определить энергоемкость резания грунта в вероятностном аспекте, с учетом грунтовых условий эксплуатации землеройной техники.

Библиографический список

1. Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев М.С. Грунтовые условия эксплуатации землеройной техники на территории Кыргызской Республики: монограф. Бишкек: Бишкектранзит, 2008. 80 с.
2. Тургунбаев М.С. Грунты, содержащие крупные обломки Сборник научных трудов Карагандинский университет «Болашак» 2010. 420 с.
3. Мамытова Д.А. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельных ресурсов Кыргызской Республики: Авт. Дис... д-ра сх. Наук: 03.00.27: защищена 09.10.1998. – Бишкек: НАН КР, 1998.- 35 с. [электронный ресурс] // URL:<http://earthpapers.net/preview/35594>.
4. Рабатов О.Ж. Влияние износа зубьев ковша гидравлических экскаваторов на нагруженность металлоконструкций рабочего оборудования: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 1993, Алма-Ата.
5. Zhihong Zou, Jin Chen and Xiaoping Pang. Task space-based dynamic trajectory planning for digging process of a hydraulic excavator with the integration of soil–bucket interaction. DOI: 10.1177/1464419318812589. Journals.sagepub.com/home/pik
6. Kim YB, Ha JH, Kang H, et al. Dynamically optimal trajectories for earthmoving excavators. Autom Constr 2013; 35: 568–578.
7. Turgumbayev J. J., Turgunbayev M. S. (2021) Predicting the resistance force of homogeneous ground to cutting // News of the Natonal Academy of Sciences of the Republic of Kazakh-

stan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 4, Number 448 (2021), 91-98. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.86>. (in Eng).

8. Turgumbayev J.J., Turgunbayev M.S. Prediction of the cutting resistance force of the soil containing stony fractions // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 5, Number 449 (2021), 161-169. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.110>. (in Eng).

9. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. Гостехтеориздат, 1954.

10. Тургунбаев М.С., Шамуратов К.Т. Стенд для исследования процесса резания грунтов. Патент на полезную модель Кыргызской Республики №113 от 30.08.2010.

11. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. - М.: Машиностроение, 1971. - 359 с.

12. Тургунбаев М.С. Характеристики прорези разрушения грунта, содержащего обломочно-каменное включение. Высокие технологии в строительном комплексе. Воронеж. 2019. №2, С.61 - 71.

References

1. Turgumbaev Zh.Zh., Turgunbaev M.S. Soil operating conditions for earthmoving equipment in the territory of the Kyrgyz Republic: monograph. Bishkek: Bishkektransit, 2008.80 p.

2. Turgunbaev M.S. Soils containing large debris. Collection of scientific papers Karaganda University "Bolashak" 2010. 420 p.

3. Mamytova D.A. Natural and agricultural zoning and use of land resources of the Kyrgyz Republic: Ed. Dis ... dr. Sciences: 03.00.27: protected 09.10.1998. - Bishkek: NAS KR, 1998. - 35 p. [electronic resource] // URL: <http://earthpapers.net/preview/35594>.

4. Rabatov O. Zh. Influence of wear of bucket teeth of hydraulic excavators on the loading of metal structures of working equipment: abstract of dis. ... candidate of technical sciences: 1993, Alma-Ata.

5. Zhihong Zou, Jin Chen and Xiaoping Pang. Task space-based dynamic trajectory planning for digging process of a hydraulic excavator with the integration of soil – bucket interaction. DOI: 10.1177 / 1464419318812589. journals.sagepub.com/home/pik

6. Kim YB, Ha JH, Kang H, et al. Dynamically optimal trajectories for earthmoving excavators. AutomConstr 2013; 35: 568-578.

7. Turgumbayev J. J., Turgunbayev M. S. (2021) Predicting the resistance force of homogeneous ground to cutting // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 4, Number 448 (2021), 91-98. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.86>. (in Eng).

8. Turgumbayev J.J., Turgunbayev M.S. Prediction of the cutting resistance force of the soil containing stony fractions // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. ISSN 2224-5278 Volume 5, Number 449 (2021), 161-169. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.110>. (in Eng).

9. Sokolovsky V.V. Bulk media statistics. Gostekhteorizdat, 1954.

10. Turgunbaev M.S., Shamuratov K.T. Stand for the study of the process of cutting soil. Utility model patent of the Kyrgyz Republic No. 113 dated 30.08.2010.

11. Vetrov Yu.A. Soil cutting with earth-moving machines. - М.: Mashinostroenie, 1971. - 359 p.

12. Turgunbaev M.S. Characteristics of the fracture slot of soil containing detrital-stone inclusion. High technologies in the building complex. Voronezh. 2019.No. 2, p. 61 - 71.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Кандидат технических наук, доцент ка-
федры проектирования автомобильных до-
рог и мостов В.П. Волокитин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (910) 343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Воронежский государственный
технический университет
студентка группы Б-АМТ 181
А.В. Волокитина
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
Воронежский государственный
технический университет
студентка группы Б-АМТ 191
М.А. Габриелян
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (915) 588-66-07
e-mail: gabrielyan-525@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
D.Sc. (Engineerin), the senior lecturer of Post-
graduate at the Department of Road and
Bridge V.P. Volokitin
Russia, Voronezh, tel. (910) 343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Voronezh State
Technical University
Student of the group B-AMT 181
Volokitina A.V.
Russia, Voronezh, tel. +7 (904) 212-18-21
e-mail: nasya.v@mail.ru
Voronezh State
Technical University
Student of the group B-AMT 191
M.A. Gabrielyan
Russia, Voronezh, tel. +7 (915) 588-66-07
e-mail: gabrielyan-525@mail.ru*

В.П. Волокитин, А.В. Волокитина, М.А. Габриелян

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Произведен анализ причин снижения транспортно-эксплуатационного состояния дорожных одежд. Обоснована необходимость разработки метода оценки деформационно-прочностных характеристик конструктивных слоев с целью получения адекватных показателей конструктивных слоев, на основании которых можно осуществлять проектирование конструкций дорожных одежд.

Ключевые слова: слой, дорожная одежда, деформация, прочность, напряжения.

V.P. Volokitin, A.V. Volokitina, M.A. Gabrielyan

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING STRENGTH OF A STRUCTURE SMOOTH ROAD CLOTHING

The analysis of the reasons for the decrease in the transport and operational state of road pavements has been carried out. The necessity of developing a method for assessing the deformation and strength characteristics of structural layers in order to obtain adequate indicators of structural layers, on the basis of which it is possible to design the structures of road pavements, has been substantiated.

Keywords: layer, road clothing, deformation, strength, stresses.

С ростом интенсивности и скорости движения возросший поток автомобилей значительно увеличил силовые воздействия на проезжую часть автомобильных дорог и в частности на конструкцию дорожной одежды, которая оказалась подвержена многократному воздействию, имеющему циклический динамический характер. Так как данный вид воздействия является одним из важнейших факторов, влияющих на снижение транспортно-эксплуатационного состояния дорожных одежд и разрушение их конструктивных слоев, необходимо при конструировании и расчете создавать конструкции дорожных одежд, обеспечивающие достаточные прочностные характеристики и долговечность на расчетный период срока службы. Решающая роль в обеспечении прочности и долговечности конструкции принадлежит верхним асфальтобетонным слоям, которые, с одной стороны, должны иметь необходимые деформационно-прочностные свойства для восприятия нагрузок от транспорта в условиях изменяющихся погодных-климатических воздействий, а с другой стороны, должны снижать и перераспределять эти воздействия на нижележащие слои дорожной одежды. Исследования показывают, что разрушение материала покрытия под действием многократных нагрузок обусловлено образованием и накоплением микродефектов с постепенным снижением прочности во времени. Поэтому на стадии конструирования и расчета дорожных одежд нежесткого типа особо важным вопросом является знание реальных прочностных и деформационных показателей конструктивных слоев.

Исследованию усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий посвящены работы Салль А.О., Радовского Б.С, Руденского А.В., Бахрах Г.С. и др.[1-5]. В связи с увеличивающимся с каждым годом транспортным потоком и снижением реальных сроков службы асфальтобетонных покрытий особое внимание уделяется усталостному разрушению материала конструктивного слоя покрытия. Именно поэтому в ряде зарубежных методов проектирования дорожных одежд расчет на усталость материала изгибаемого слоя считается главным при определении требуемой толщины слоев конструкции [1]. В данных методах большое внимание уделено вопросам усталостного трещинообразования (рассматривается два вида усталостного трещинообразования: восходящее и нисходящее). При этом увеличение или уменьшение толщины асфальтобетонного покрытия приводит к повышению его усталостной долговечности. Учитывая, что в РФ согласно ОДН 218.046.01 [2] на дорогах наименьшая толщина слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее в зависимости от типа покрытия, составляет 12 - 18 см, следует уделять повышенное внимание разработке мероприятий по повышению сопротивления асфальтобетонов усталостному разрушению.

Поскольку дорожная одежда является многослойной конструкцией, элементы которой должны воспринимать нагрузку комплексно, необходимо учитывать определенную долю влияния свойств слоев основания, которые участвуют в работе конструкции и вносят определенные особенности в процессы формирования дорожной одежды, а также подстилающего слоя грунта.

Слои основания, их качество и качество применяемых материалов в главной степени отвечают за прочностные свойства всей дорожной конструкции. Работая совместно со слоями покрытия, они должны воспринимать все расчетные нагрузки от проходящих транспортных средств и работать по расчету в упругой стадии без возникновения остаточных деформаций, обеспечивая тем самым прочность дорожной одежды в целом.

Практика эксплуатации дорожных конструкций в России и за рубежом упорно доказывает связь конечного состояния поверхности дороги с объемом автомобильного движения, а точнее, с объемом работы по деформированию конструкций, совершаемой массой транспортных потоков. Кроме того, оказалось, что чем выше прочность слоев дорожных конструкций, тем больше их внутренняя работоспособность или потенциальная энергия, необходимая для их деформирования, и стойкость к разрушающему деформированию.

В современной инженерной механике слоистых дорожных конструкций [6-9] для целей их расчета и дальнейшего мониторинга их состояния в процессе эксплуатации применяют се-

рию показателей, характеризующих истощение их ресурса до наступления предельного состояния, или критерии прочности. Эти критерии могут быть динамическими и статическими и дополнительно подразделяются на виды напряженного состояния (частные и общие). Общим критерием прочности дорожной конструкции является критерий общей обратимой деформативности слоистой одежды, учитывающий сумму обратимых деформаций слоев:

$$\begin{aligned} K_u &= \frac{|u|}{u}; K_u^{\text{дин}} = \frac{|u^{\text{дин}}|}{u^{\text{дин}}}; K_u = \frac{P \times D}{|u|} / P \times \frac{D}{u}; \\ K_u^{\text{дин}} &= \frac{P^{\text{дин}} \times D^{\text{дин}}}{|u^{\text{дин}}|} / \frac{P^{\text{дин}} \times D^{\text{дин}}}{u^{\text{дин}}}, \\ u &= \sum_1^M u_j; |u| = \sum_1^M |u|_j, \end{aligned} \quad (1)$$

где $u, u^{\text{дин}}$ - общий обратимый статический и динамический прогибы поверхности дорожной конструкции; $|u|, |u^{\text{дин}}|$ - допустимые статический и динамический прогибы поверхности дорожной конструкции, при которых транспортные качества проезжей части ухудшаются; $P, P^{\text{дин}}, D, D^{\text{дин}}$ - удельные статическое и динамическое давления от колесной нагрузки, распределенной по кругам диаметра D в покое и $D^{\text{дин}}$ при движении; $K_u, K_u^{\text{дин}}$ - расчетные коэффициенты прочности (статические и динамические), которыми обладает конструкция в начале эксплуатации.

Условием обеспечения статической и динамической прочности конструкций является расчет и назначение толщины и свойств слоев в пределах

$$K_u \leq K_u^{\text{min}}; K_u^{\text{дин}} \leq K_u^{\text{дин.min}}, \quad (2)$$

где $K_u^{\text{min}}, K_u^{\text{дин.min}}$ - коэффициенты прочности (статические и динамические), устанавливаемые опытным путем, при которых дорожная конструкция требует ремонта.

Особенностью коэффициентов прочности $K_u, K_u^{\text{дин}}$ является то, что они оценивают конструкцию по деформациям и близки по физическому смыслу к общеизвестной теории прочности твердых тел по относительным деформациям. Эти деформации (вертикальные обратимые прогибы поверхности конструкции) хорошо измеряются и являются активным средством контроля прочности в дорожном мониторинге. Вместе с этим вертикальный прогиб конструкции не является исчерпывающе информационным, так как не позволяет ответить на вопрос, за счет какого слоя получена деформация конструкции в целом.

Частными критериями прочности отдельных слоев конструкций (покрытий, оснований, подстилающих слоев) являются критерии по растягивающим напряжениям при изгибе и активным напряжениям сдвига, значение которых больше единицы означает наступление предельных состояний в слое по этим видам покрытий

$$K_{\sigma_r} = |R|_u / \sigma_r; K_r = |\tau| / \tau_\sigma, \quad (3)$$

где σ_r, τ_σ - растягивающее при изгибе и сдвигающее напряжения в слое от нагрузки; $|R|_u, |\tau|$ - расчетное сопротивление материала растяжению при изгибе или сдвигу с учетом выносливости или многократности нагружения.

К частным критериям прочности относятся: 1) износ поверхности проезжей части $K_{\text{изн}} = h/|h|$, 2) ускорения колебаний $K_a = a/|a|$ в отдельных слоях или элементах придорожных сооружений (h и $|h|$ - фактический и допустимый износ, a и $|a|$ - фактическое и допускаемое ускорения колебаний). Наконец, ремонт конструкций может быть произведен по критерию накопления недопустимых деформаций на поверхности одежды. Изобилие общих и частных коэффициентов прочности и устойчивости дорожных конструкций, с одной стороны, демонстрирует глубину всестороннего инженерного обоснования их расчета, а с другой - приводит к неопределенности при принятии конкретных решений, т.е. к росту энтропии.

На рис. 1 показана схема перехода дорожной слоистой конструкции, состоящей из четырех слоев, из состояния А (в начале эксплуатации) в состояние Б (в конце эксплуатации) за период времени от 0 до Т. Очевидно, что критерии общей деформации K_u , частные

рии K_{σ_r} , K_r , $K_{изн}$ в процессе нагружения, будучи первоначально больше единицы, постоянно или периодически достигают единицы и предельных состояний (РС) через время, i_r , различное для каждого слоя. Поэтому достижение конструкцией состояния Б (разрушение) T_{σ_r} при соответствии его значению K_u^{min} и исчерпанию срока службы T не дает никакой гарантии строго описывать процесс разрушения, а условия расчета и конструирования дорожных конструкций эмпиричны и обусловлены недостатком знаний о работе слоистых сред.

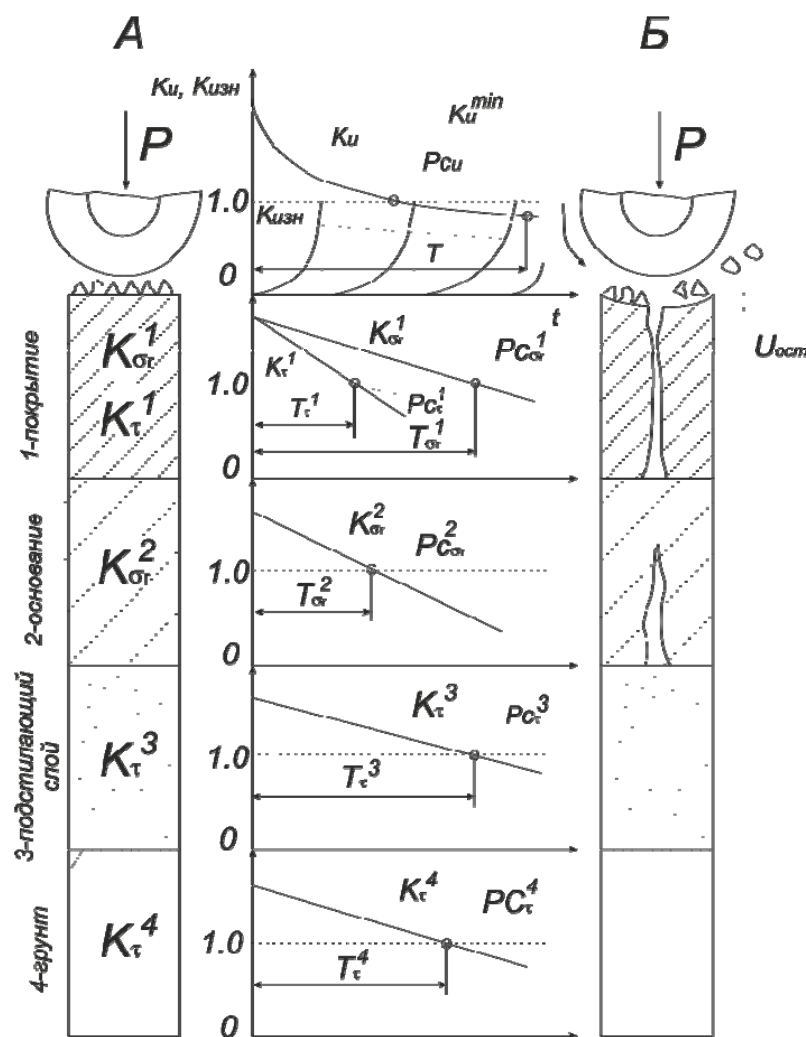


Рис. 1. Схема изменения критериев частной и общей прочности слоев дорожной конструкции в процессе эксплуатации

В то же время необходимо отметить, что в научной литературе недостаточно отражены вопросы влияния качества технологии производства работ по устройству отдельных конструктивных слоев на деформационно-прочностные свойства дорожных одежд в целом.

Большое влияние на качество и уровень надежности запроектированных дорожных одежд оказывают субъективные факторы. Проектировщики при назначении расчетных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд основываются на фактических значениях, приведенных в нормативной литературе, однако данные значения даны слишком обобщено и не учитывают большого разнообразия материалов, значительно отличающихся по своим механическим свойствам. Эти значения также не учитывают и не отражают технологических особенностей строительства дорожной одежды, оказывающих значительное влияние на прочность конструкции.

Ни одним из нормативных документов не предусматривается определение деформативных характеристик отдельных конструктивных слоев дорожной одежды и соответственно не предусматривается сопоставление фактического значения модуля упругости слоя с назначенным при расчете дорожной одежды или определенным в лабораторных условиях.

Модуль упругости определялся на поверхности дорожной одежды, т.е. модуль упругости всей конструкции. Нахождение модуля упругости одного слоя возможно путем пересчета конструкции с назначением табличных значений модулей упругости других слоев. Это не дает гарантии точности определения искомого модуля упругости.

Реальное значение модуля упругости отдельного конструктивного слоя можно получить при послойном испытании дорожной одежды жестким штампом при динамическом или статическом действии нагрузки [10]. Этот метод наиболее применим в процессе строительства слоев дорожной одежды, но не является достаточно надежным, так как определение модуля упругости может производиться на недостаточно сформировавшихся слоях.

Вывод

Для повышения качества проектирования дорожных одежд и качества технологии строительства необходима разработка метода оценки расчетных характеристик конструктивных слоев, которые могли бы являться расчетными при проектировании конструкции дорожных одежд и контролируемыми в процессе строительства и эксплуатации.

Библиографический список

1. Б.С. Радовский, А.Е. Мерзликин «Руководство по механико-эмпирическому проектированию новых и реконструируемых дорожных одежд» (США) // Наука и техника в дорожной отрасли. 2005, №1, С.32 – 33.
2. ОДН 218.046 – 01. Проектирование нежестких дорожных одежд. -М., 2001. 146 с.
3. А.О. Салль К вопросу о конструировании дорожных одежд с асфальтобетонными основаниями/ Тр. Союздорнии, вып. 105. М, 1979, с. 142 – 155.
4. А.В. Руденский Дорожные асфальтобетонные покрытия. – М.: Транспорт, 1992. 253 с.
5. В.П. Матуа Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций при проектировании нежестких дорожных одежд / В.П. Матуа, Е.М. Баранова, Д.В. Чирва // Строительство-2005: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: РГСУ, 2005. - С. 20-21.
6. С.К. Илиополов, М.Г. Селезнев, Е.В. Углова Динамика дорожных конструкций.- Ростов-на-Дону: Изд-во «Юг», 2002. 260 с.
7. О.А. Волокитина Особенности проектирования и расчета нежестких дорожных одежд на основе реальных расчетных характеристик конструктивных слоев / О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. № 4 (20). С. 100-105.
8. В.П. Волокитин, О.А. Волокитина, А.В. Еремин Теоретическое обоснование метода определения деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях / В.П. Волокитин, О.А. Волокитина, А.В. Еремин // ДОРОГИ И МОСТЫ, 2017 - №1 (37) С.14, 205-212.
9. А.В. Ерёмин, В.П. Волокитин Испытание асфальтобетона сферическим штампом./ Научный вестник ВГАСУ, Выпуск № 3 (11) – 2008 – С.133.
10. ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд М.: Информавтор, 2002. 33 с.

References

1. B.S. Radovsky, A.E. Merzlikin "Guidelines for the mechanical-empirical design of new and reconstructed pavements" (USA) // Science and technology in the road industry. 2005, No. 1, p. 32 - 33.
2. IRS 218.046 - 01. Design of non-rigid road pavements. - M., 2001.- 146 p.
3. A.O. Sall On the design of pavements with asphalt concrete grounds / Tr. Soyuzdornii, no. 105. M, 1979, p. 142 - 155.
4. A.V. Rudensky Road asphalt concrete pavements. - M.: Transport, 1992. - 253 p.
5. V.P. Matua Forecasting and accounting for the accumulation of residual deformations in the design of non-rigid road pavements / V.P. Matua, E.M. Baranova, D.V. Chirva // Construction-2005: materials of the international. scientific-practical conf. - Rostov n / a: RSSU, 2005. P. 20-21.
6. S.K. Iliopolov, M.G. Seleznev, E.V. Angle Dynamics of road structures. - Rostov-on-Don: Publishing house "Yug". 2002 - 260 p.
7. O.A. Volokitina Features of design and calculation of non-rigid road pavements based on real design characteristics of structural layers / O.A. Volokitina // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2010. No. 4 (20). S. 100-105.
8. V.P. Volokitin, O.A. Volokitina, A.V. Eremin Theoretical substantiation of the method for determining the deformation and strength characteristics of asphalt concrete pavements on bridge structures / V.P. Volokitin, O.A. Volokitina, A.V. Eremin // ROADS AND BRIDGES - 2017 - №1 (37) P.14, 205-212.
9. A.V. Eremin, V.P. Volokitin Testing of asphalt concrete with a spherical stamp. / Scientific Bulletin of VGASU, Issue No. 3 (11) - 2008 - P.133.
10. IRS 218.1.052-2002 Assessment of the strength of non-rigid road pavements M.: Informavtodor, 2002. 33 p.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры проекти-
рование автомобильных дорог и мостов
Еремин А. В.
Студент гр. мТПАД - 201 кафедры проек-
тирование автомобильных дорог и мостов
Р. С. Камаев
Студент гр. мТПАД - 211 кафедры проек-
тирование автомобильных дорог и мостов
Ю. А. Макаренко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: aeremin@vgasu.vrn.ru
y.makarenkova@btlvz.ru*

*Voronezh State Technical University Candidate
of Technical Sciences,
Professor of the Department Design of high-
ways and Bridges
Eremin A. V.
Student gr. mTPAD - 201 of the Department
Design of highways and Bridges
R. S. Kamaev
Student gr. mTPAD - 211 o of the Department
of design of highways and bridges
Yu. A. Makarenkova
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: aeremin@vgasu.vrn.ru
y.makarenkova@btlvz.ru*

А.В. Еремин, Р.С. Камаев, Ю.А. Макаренко

ОБЗОР ПРИМЕНЯЕМЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ, КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕМОНТА ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОССИЙСКИХ АНАЛОГОВ

Рассматриваются основные конструктивно-технологические решения при реконструкции, капитальном ремонте и ремонте опор мостовых сооружений в различных странах на примере Японии и РФ. Обосновано применение инновационных материалов в опорных конструкциях с позиции экологической эффективности. Описаны требования, предъявляемые к различным материалам и конструктивным элементам, мостовых сооружений.

Ключевые слова: мостовое сооружение, опоры, зарубежные технологии, российские аналоги, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт.

A.V. Eremin, R.S. Kamaev, Yu.A. Makarenkova

OVERVIEW OF FOREIGN TECHNOLOGIES AND MATERIALS USED FOR RECONSTRUCTION, OVERHAUL AND REPAIR OF SUPPORT STRUCTURES, THE POSSIBILITY OF USING RUSSIAN ANALOGUES

The main structural and technological solutions for the reconstruction, overhaul and repair of bridge supports in various countries are considered on the example of Japan and the Russian Federation. The use of innovative materials in supporting structures is justified from the standpoint of environmental efficiency. Describes the requirements for various materials and structural elements of bridge structures.

Keywords: bridge construction, supports, foreign technologies, Russian analogues, reconstruction, major repairs, repairs.

Важнейшими сооружениями на автомобильных дорогах являются искусственные сооружения и в первую очередь автодорожные мосты, основная задача которых – бесперебойный и безопасный пропуск автомобильного транспорта и пешеходов через водные препятствия в различные сезоны года. Опоры мостового сооружения воспринимают на себя постоянные и временные нагрузки и передают их основанию.

Конструкция опоры

- *Ригель или оголовок опоры* – воспринимает давление от пролетного строения и передает нагрузку от опорных частей вниз на тело и фундамент.

- *Тело опоры* – средняя часть, изготавливаемая из бетона или железобетона.

- *Фундамент опоры* – часть опоры, располагающаяся под землей или водой.

Типы опор

1) По способу изготовления

- Монолитные опоры.

- Сборные опоры (до 20% бетона в составе).

- Сборно-монолитные опоры (более 20% бетона).

2) По расположению:

- Устои – крайние опоры, на которые опираются концы пролетных строений.

- Быки – промежуточные опоры, воспринимающие давление от пролетного строения.

3) По типу мостовой конструкции тела и фундамента опоры:

1. Массивные опоры - используются при строительстве мостов, находящихся в сложных условиях.

2. Облегченные опоры:

- Столбчатые опоры. Опоры в виде отдельных столбов – оболочек, частично заполненных бетоном, объединенных сверху ригелем.

- Свайные опоры. Железобетонные опоры в виде свай, забитых в грунт и объединенных сверху железобетонной насадкой.

- Стоечные опоры. Опоры в виде отдельных стоек, опирающихся на сборный или монолитный фундамент. [2]

На основе зарубежного опыта технологии и материалы, применяемые при реконструкции, капитальном ремонте и ремонте опор в Японии.

В Японии была выполнена опытно-конструкторская разработка скользящей опалубки так называемого гибридного типа, предназначенная для возведения высоких опор автодорожных мостов и отличающаяся модернизированной конструкцией при высокой степени механизации и автоматизации технологической схемы ее применения. Эффективность новых оборудования и технологии, применение которых позволили снизить трудоемкость, сократить сроки и повысить безопасность работ в усложненных условиях строительства, на автомагистрали «Оита» это новое конструктивно-технологическое решение было применено впервые. [1]

Примером такого решения служит мост. Мост - представляет собой трехпролетную неразрезную рамную конструкцию с пролетной системой $47,4 + 72,0 + 47,4$ и общей длиной 168 м; ширина проезжей части 9,0 м; высота опор 31,0 и 34,0 м. Одностоечные опоры в целях повышения сейсмостойкости моста и упрощения технологии их возведения решены как сталежелезобетонные с закладными металлическими трубами — пустотообразователями и напрягаемыми хомутами. Достоинством применения в этой конструкции вертикальных металлических труб является:

- упрощение конструкции армокаркасов;

- исключение необходимости в устройстве специальных технологических постов для сборки армокаркасов в условиях пересеченной и стесненной строительной площадки;

- упрощение конструкции опалубки опор благодаря выполнению металлическими трубами одновременно нескольких функций: опалубки внутренних полостей, опоры для наружной скользящей опалубки и технологических подмостей, а также направляющей рамы для сборки армокаркаса железобетонной части тела опор и т.п.;

- повышение общей жесткости армокаркаса, что упрощает его сборку;

- повышение технологичности сварочных работ и создание условий для их автоматизации;

- достижение экономического эффекта за счет максимального использования набора стандартизированных конструктивных элементов.

Новая сталежелезобетонная конструкция высоких опор не уступает традиционной железобетонной по статическим параметрам, что подтверждено результатами стандартных испытаний стальных труб на прочность заделки в фундамент, определение сопротивления горизонтальным динамическим нагрузкам и т.д.

Таким образом, предложенная усовершенствованная конструкция опоры позволяет существенно сократить объем арматурных работ как в процессе предварительной подготовки арматурных стержней большого диаметра, так и при их установке, особенно на высоте.

Одновременно можно отказаться от цикличного монтажа армокаркаса последовательными секциями, что прежде обуславливало необходимость применения переставных опалубок. Тем самым создается возможность бетонирования опор с использованием скользящих опалубок, а это позволяет значительно повысить темпы бетонных работ.

Описываемое конструктивно-технологическое решение предусматривает использование специальной механизированной установки для навивки спирального хомута из напрягаемой арматуры. Эта установка, перемещаясь по рельсовым направляющим на верхней площадке скользящей опалубки, разматывает высокопрочную проволоку с барабана и укладывает ее в заданное положение на вертикальных арматурных стержнях; при этом хомуты фиксируются на вертикальных стержнях с помощью специальных зажимов. Благодаря совершенствованию конструкций скользящей опалубки, применявшейся ранее для возведения дымовых труб, градирен и т.п., удалось обеспечить возможность непрерывного круглосуточного бетонирования и существенно улучшить качество лицевых поверхностей бетона. Последняя цель была достигнута благодаря применению специально разработанного антифрикционного покрытия для внутренней поверхности опалубки.

Таким образом, по достижении бетоном распалубочной прочности перемещение опалубки может выполняться в любой момент и с любым шагом без ущерба для качества поверхности бетона. Циклограммой работ на описанном объекте было предусмотрено перемещение опалубки на 1,8 м в сутки при работе в одну восьмичасовую смену. В результате опора высотой 34 м была возведена за 19 рабочих дней при численности бригады монтажников 8 человек.

Технология возведения опор обеспечила не только сокращение трудоемкости и сроков работ, но и такие преимущества, как повышенный уровень безопасности, исключение необходимости в квалифицированном персонале, простые цикличные приемы труда. При реконструкции, капитальном ремонте и ремонте опор в России.

Для восстановления разрушенного бетона опор, а также для инъектирования трещин (заполнение трещин в бетоне, швов и дефектов в кирпичной кладке полимерными составами) следует использовать ремонтные составы, представляющие собой растворы на основе эпоксидных смол, на цементной основе и на основе тиоколовых материалов (серосодержащие массы, основу которых составляют меркаптаны, обладающие способностью вступать в реакцию с окислами металлов и образовывать эластичные соединения), а также использовать мастики.

1). Согласно СП 35.13330.2011[2]с материалами и конструктивными элементами предъявляют следующие требования.

2). Для заполнения швов между камнями в облицовке или между контурными блоками ремонтный состав должен иметь класс по прочности на сжатие не ниже В30 по ГОСТ 310.4, быть безусадочным и иметь адгезию к бетону не ниже 2,5 МПа.

3). При назначении материалов для выполнения работ по гидрозащите трещин следует руководствоваться требованиями СТО НОСТРОЙ 2.29.173-2015[3].

При капитальном ремонте бетонных и железобетонных конструкций опор мостов следует применять бетоны, отвечающие требованиям ГОСТ 10060, ГОСТ 10180, ГОСТ 12730.5 и ГОСТ 17624.

Для выполнения работ по капитальному ремонту железобетонных и бетонных опор в аварийных ситуациях следует применять специальные бетоны согласно проекту производства работ (далее - ППР).

Составляющие компоненты бетонной смеси (щебень, песок, вода) должны соответствовать требованиям ГОСТ 7473 и СТО НОСТРОЙ 2.29.173-2015[4].

Арматура, закладные детали и сварные соединения арматуры и электродов должны отвечать требованиям СТО НОСТРОЙ 2.29.110-2013[5].

В качестве предварительно напрягаемой арматуры следует применять высокопрочную гладкую проволоку диаметром 5 мм по ГОСТ 7348 и арматурные канаты по ГОСТ 13840.

При замене камней в облицовке опор следует применять камни, отвечающие требованиям СТО НОСТРОЙ 2.29.110-2013 [6].

Выводы

На основании вышеизложенного применение опалубки гибридного типа для воздействия высоких опор автодорожных мостов с учетом требований к материалам. Позволяет сократить срок работ, уменьшить трудоемкость и повысить безопасность при производстве работ.

Библиографический список

1. Mostow. Строительство мостов, тоннелей, путепроводов. [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия – / Mostow. - Электронные данные. Режим доступа: URL.: <http://www.mostow.ru/tehnologi3.php> (Новый способ сооружения высоких мостовых опор (Япония)), свободный – (дата обращения 25.11.2021).

2. СП 35.13330.2011 (таблица 7.5)

3. СТО НОСТРОЙ 2.29.185-2015 (пункт 4.1.5). Опоры бетонные и железобетонные. Правила выполнения капитального ремонта, контроль и требования к результатам работ. – Москва, Изд-во стандартов, 2018. – 67 с.

4. СТО НОСТРОЙ 2.29.173-2015 (пункты 4.3.3 - 4.3.6).

5. СТО НОСТРОЙ 2.29.110-2013 (подраздел 5.1).

6. СТО НОСТРОЙ 2.29.110-2013 (пункты 5.4.1 - 5.4.3)

7. Allrefrs. Сборник учебного материала. [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия – / Mostow. - Электронные данные. Режим доступа: URL.: <https://allrefrs.ru/1-34539.html> (Основные виды ремонта опор мостов), свободный – (дата обращения 25.11.2021).

8. Пат. 2309217 Российская Федерация, МПК E01D 21/00 (2006.01). Способ реконструкции опоры моста при ремонте ригеля опоры или замене опорных частей / Матеченков Владимир Петрович. заявитель и патентообладатель ООО «Институт по изысканиям и проектированию мостовых переходов». – № 2005136286/03; заявл. 23.11.2005; опублик. 27.10.2007, Бюл. № 30.

References

1. Mostow. Construction of bridges, tunnels, overpasses. [Electronic resource]: free encyclopedia - / Mostow. - Electronic data. Access mode: URL.: <http://www.mostow.ru/tehnologi3.php> (New method of construction of high bridge supports (Japan)), free – (accessed 25.11.2021).
2. SP 35.13330.2011 (Table 7.5)
3. CONSTRUCTION 2.29.185-2015 (item 4.1.5). The supports are concrete and reinforced concrete. Rules for capital repairs, control and requirements for the results of work. - Moscow, Publishing House of Standards, 2018. - 67 p.
4. STO NOSTROY 2.29.173-2015 (paragraphs 4.3.3 — 4.3.6).
5. STO NOSTROY 2.29.110-2013 (subsection 5.1).
6. STO NOSTROY 2.29.110-2013 (paragraphs 5.4.1 — 5.4.3)
7. Allrefrs. Collection of educational material. [Electronic resource]: free encyclopedia - / Mostow. - Electronic data. Access mode: URL.: <https://allrefrs.ru/1-34539.html> (Main types of bridge support repairs), svobodny – (accessed 25.11.2021).
8. Pat. 2309217 Russian Federation, IPC E01D 21/00 (2006.01)

*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
Канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной
математики и механики
Ю.Б. Рукин*

*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
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
of Mechanical and Aerospace Engineering
Y.B. Rukin*

Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин

ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе представлена программный продукт, визуализацию результатов дискретного моделирования.

Ключевые слова: линейно-упругие конструкции, метод конечных элементов, концентрация напряжений.

R.A. Zhilin, Y.B. Rukin

PROGRAM FOR ANALYSIS OF RESULTS NUMERICAL SIMULATION OF SHELL STRUCTURES

The paper presents a software product, visualization of the results of discrete.

Keywords: linearly-elastic designs, finite element method, concentration of pressure.

Дискретное моделирование методом конечных элементов статических и динамических состояний пространственных оболочечных конструкций объектов различного технического назначения приводит к необходимости создания многомерных моделей, у которых размерности достигают десятков и сотен тысяч неизвестных [1,2]. Результаты моделирования таких систем можно проанализировать только при помощи специальных программ, обеспечивающих дружественный интерфейс для пользователя.

Данный программный продукт предназначен для визуализации результатов дискретного моделирования рассмотренных систем. Для корректной работы программы обрабатываемый ею файл должен соответствовать поддерживаемому формату.

Программа написана в среде визуального программирования MS Visual C++ с использованием API OpenGL для облегчения трехмерного представления конструкции.

Программа позволяет по значениям координат и вычисленным перемещениям узлов построить анимированное изображение рассчитываемой конструкции в трехмерном пространстве, причем узлы с разными перемещениями закрашиваются в разные цвета для обеспечения наглядности изображения. В режиме представления конечных элементов производится линейная интерполяция цвета по элементу исходя из цвета узлов.

Визуализация деформированного состояния исследуемого объекта достигается посредством масштабирования перемещений узлов для удобства восприятия.

В программе реализованы следующие функции:

- автоматическое вращение объекта, с возможностью остановки (рис.1);
- изменение ориентации объекта заданием углов поворота относительно осей координат (рис.2);
- анимация объекта, что представляется особенно полезным при анализе форм колебаний в динамических задачах;
- отсечение объекта по заданной плоскости (рис.3);
- изображение видимой поверхности конструкции с нанесенной сеткой конечных элементов (рис.4).

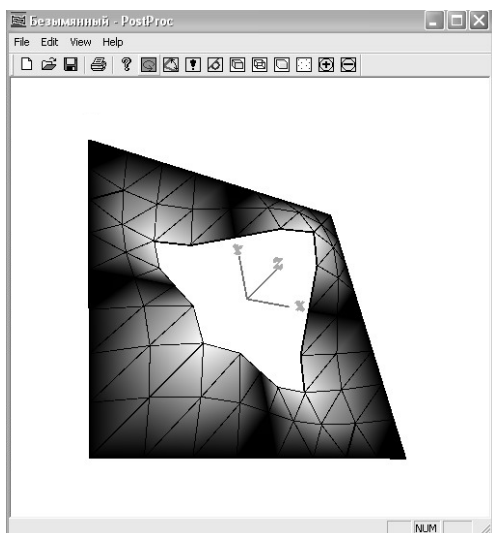


Рис. 1.

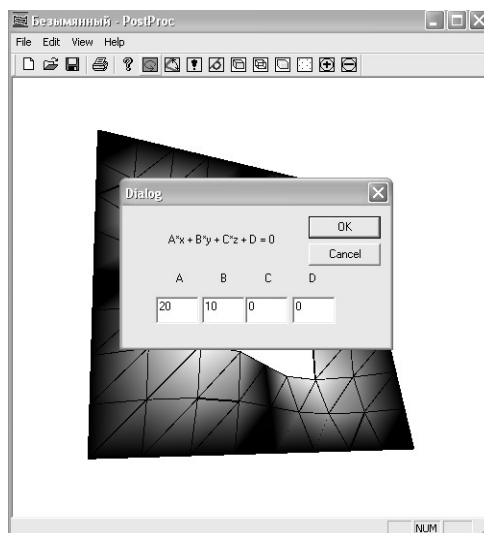


Рис. 2.

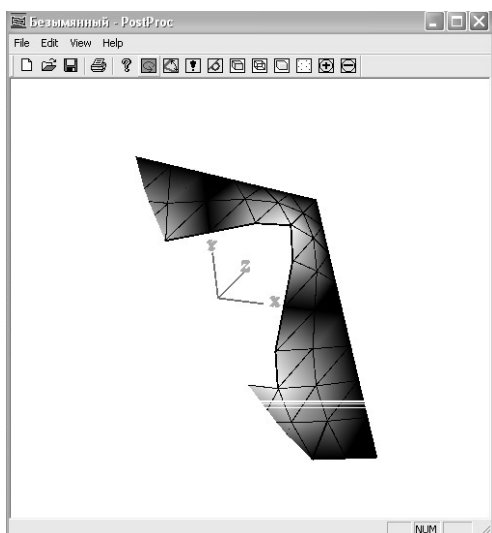


Рис. 3.

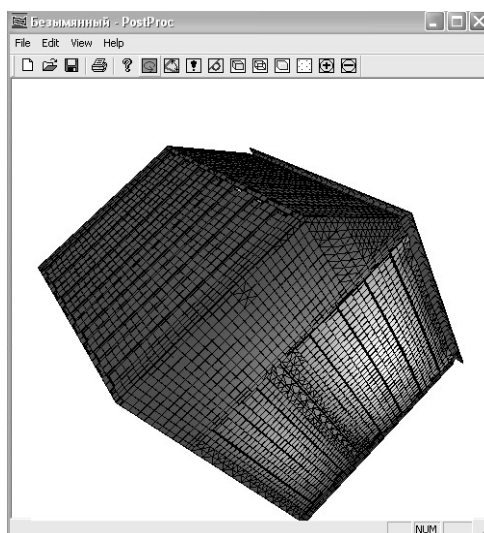


Рис. 4.

Ниже представлены поддерживаемые варианты отображения объектов:

- изображение конечноэлементной сетки, где цвет ребер определяется исходя из перемещений узловых точек;
- режим представления поверхности исследуемой конструкции без нанесения конечноэлементной сетки (цвет рассчитывается по перемещениям узлов);
- режим отображения узлов конечноэлементной сетки исследуемой конструкции (рис.5);

- в представленной версии программы реализована возможность увеличения и уменьшения изображения объекта (рис.6);
- в программе производится автоматическое масштабирование исходных координат, и позиционирование объекта на центральную часть трехмерной сцены;
- в качестве частного случая, поддерживаются двухмерные и одномерные объекты;
- имеется возможность отображения основной информации об объекте.

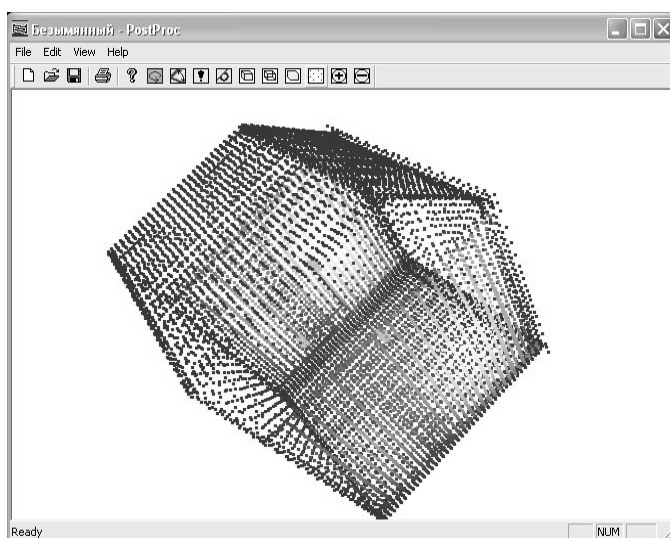


Рис. 1.

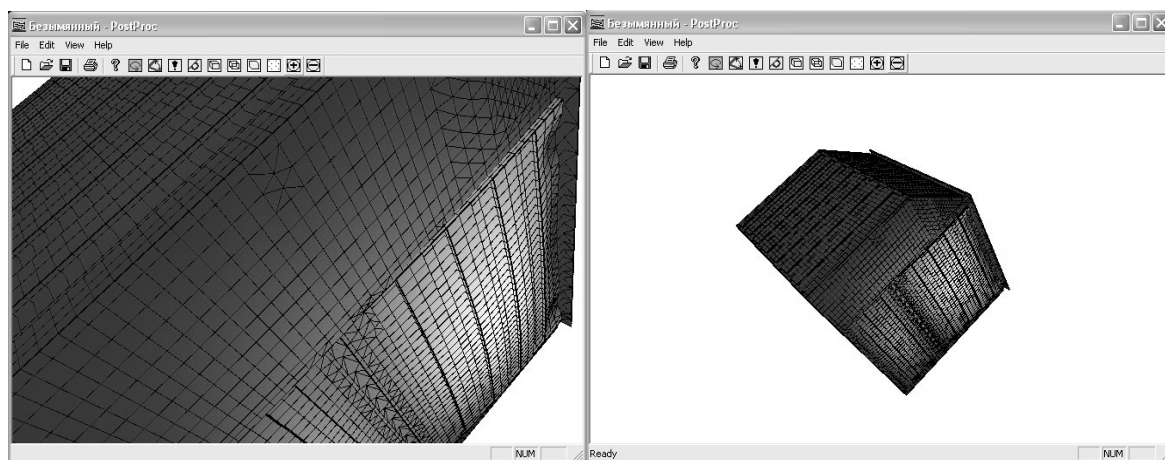


Рис. 2.

Библиографический список

1. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир, 1984, - 428 с.

References

1. Zenkevich O.S. Finite element method in engineering. - M.: Mir, 1975. -- 541 p.
2. Gallagher R. Method of finite elements. The basics. - M.: Mir, 1984, - 428 p.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)
Студентка Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства
О.А. Красильникова
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7(911)948-66-98
e-mail: krasilnikova2.oa@edu.spbstu.ru
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)
К.т.н, ст.преподаватель Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства
О.С.Гамаюнова
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7(921) 9658825
e-mail: gamayunova_os@spbtu.ru

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU).
Student of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction
O.A. Krasilnikova
Russia, St. Petersburg,
tel. +7(911)948-66-98
e-mail: krasilnikova2.oa@edu.spbstu.ru
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU).
D.Sc.(Engineering), Senior Lecturer of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction
O.S.Gamayunova
Russia, St. Petersburg,
tel. +7 (921) 9658825
e-mail: gamayunova_os@spbtu.ru

О.А. Красильникова, О.С. Гамаюнова

БЕЗРАМНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассмотрены системы безрамного остекления в малоэтажном строительстве, а также функционал разных видов остекления фасадов. Безрамное остекление в условиях климата России имеет большую актуальность: оно защищает от ветра и попадания осадков в холодных природно-климатических условиях. На примере существующих проектов представлены преимущества безрамного остекления по сравнению с альтернативными видами остекления фасадов. Также приведены сравнительные характеристики материалов, используемых при устройстве безрамного остекления.

Ключевые слова: безрамное остекление, малоэтажное строительство, остекление фасадов, система остекления, зажимной профиль, складывающиеся перегородки, финское остекление.

O.A. Krasilnikova, O.S. Gamayunova

FRAMELESS GLAZING IN LOW-RISE CONSTRUCTION

The article discusses frameless glazing systems in low-rise construction, as well as the functionality of different types of facade glazing. Frameless glazing in the climate of Russia is of great relevance: it protects against wind and precipitation in cold climatic conditions. On the example of existing projects, the advantages of frameless glazing in comparison with alternative types of facade glazing are presented. Comparative characteristics of the materials used in the construction of frameless glazing are also given.

Keywords: frameless glazing, low-rise building, facade glazing, glazing system, clamping profile, folding partitions, Finnish glazing.

Безрамное остекление – это подвижное остекление или остекление от пола до потолка, с опцией смещения в одну из сторон застекленного проема.

На сегодняшний день безрамное остекление является одним из самых элегантных видов оформления оконных проемов, балконов и террас. Его главным назначением является беспрепятственное пропускание максимального количества света. С его помощью достигается настоящий панорамный обзор с любого балкона, а с улицы не видно переплетов рам.

Все больше владельцев квартир хотят установить безрамное остекление. Также оно пользуется особым спросом при оформлении кафе, ресторанов, отелей. Беседки и террасы, летние площадки с таким оформлением становятся уютными и одновременно защищенными от непогоды, ветра и осадков. Итоговая стоимость систем окупается при их использовании на протяжении нескольких сезонов. В теплое время года площадка будет надежно защищена стеклопакетом, а на время зимы его можно легко демонтировать, если это потребуется. На следующую весну она легко монтируется снова.

Безрамное остекление, которое большинство называет «финским», принципиально отличается от классических оконных конструкций. Главная его черта – отсутствие базового переплета, сделанного из пластиковых, деревянных или алюминиевых профилей. Область применения этого вида остекления сегодня вышла за пределы коммерческой и офисной недвижимости, благодаря чему безрамные системы используются в жилом строительстве.

Безрамное остекление было придумано в Финляндии в конце 1980-х годов. В стране, где недостаточно солнца и тепла, было необходимо, чтобы в комнату проникало больше солнечного света.

Безрамный дизайн ценится не лишь только в северных странах. Оно быстро распространилось по миру. Первые образцы появились в России в начале 2000-х годов. Бескаркасное подвижное и бесшовное остекление применяется везде как в строительстве жилых домов, так и в строительстве коммерческих помещений [1-6].

Виды безрамного остекления фасадов

Существует множество разновидностей безрамного остекления, не только различающихся брендом и страной-изготовителем, но и техническими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1

Основные характеристики трансформируемых безрамных систем

Критерий	Вид безрамной системы			
	Гармошка	Парковка	Книжка	Слайдер
Сдвигается	✓	✓	✓	✓
Складывается	✓	✓	✓	
Распределение веса ВЕРХ	✓	✓	✓	
Распределение веса НИЗ			✓	✓
Верхний профиль	✓	✓	✓	✓
Нижний профиль			✓	✓
Монтаж парковочного места		✓		

Все существующие виды безрамного остекления можно объединить в три основные группы: нижне-опорное безрамное остекление, подвесное и витринное безрамное остекление (стационарное).

1. Нижне-опорное безрамное остекление

Основное отличие таких систем – вес всех стеклянных полотен приходится на нижний направляющий профиль (25 кг на квадратный метр), то есть система не нагружает крышу. Это принципиально при остеклении веранд, лоджий или беседок, в случаях, когда они уже построены, а нагрузка на перекрытия при строительстве не учитывала дополнительный вес на проем. Нижне-опорное безрамное остекление разделяется на несколько типов систем с различными вариациями открытия створок: «книжка», «слайдер».

Система остекления «Книжка»

Створки аккуратно укладываются на стены и фиксируются ремнями. Стандартный крепеж можно заменить на любой другой подходящей конструкции. Нижняя направляющая в этом безрамном стекле может быть утоплена в пол для облегчения прохода, при этом она выступает из поверхности на 5 мм. В местах с высокой проходимостью затвор закрывается алюминиевым ограждением круглой формы.



Рис. 1. Система остекления «Книжка»

В зависимости от типа подвеса системы «книжка» подразделяется на два вида:

- *Роликово-подвесной тип подвеса* - в подвесной системе остекления «книжка» панели висят на верхнем профиле, а нижний только направляет их при скольжении, которое осуществляется за счет пластиковых роликов.

- *Безроликовый нижне-опорный тип подвеса* - нижне-опорная система остекления «книжка» не нагружает верхнюю балку, вес распределяется по полу, панели двигаются по скользящему покрытию из твердого нестираемого полимера.



Рис. 2. Роликово-подвесной тип подвеса



Рис. 3. Безроликовый нижне-опорный тип подвеса

При толщине стекла 10 мм, данное остекление имеет максимальную высоту 3000 мм. Ширина створок у разных производителей систем различная и колеблется от 500 до 900 мм. Дополнительные технические характеристики безрамного раздвижного остекления «книжка» представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики безрамного раздвижного остекления «книжка»

Свойство	Значение	Описание
Теплоизоляция, Вт/м·К	0,99	Безрамное остекление не имеет терморазрыва и считается холодным
Ветроустойчивость, кН/кв.м	2,5	Отлично защищает от ветра, без разрушения и выхода из строя
Звукоизоляция, Дб	11	Достаточно не плохо защищает от звука снаружи, но, конечно, не как стеклопакет
Устойчивость к взлому	✓	Закаленное стекло в 5 раз прочнее обычного сырого
Водонепроницаемость	200 Па	Вода выводится через дренажные отверстия
Устойчивость к изгибу	1200 Па	При высоте 3000 мм изгиб составляет 91 мм без разрушения
Устойчивость к вертикальной точечной нагрузке	800Н	Образец высотой 3000 мм прошел испытание

2. Подвесное безрамное остекление

Основное отличие этих систем - вес всех стеклянных полотен приходится на верхний направляющий профиль, крепящийся к потолку или к балке перекрытия крыши.

В навесном безрамном остеклении есть системы не имеющие нижний профиль.

В случаях, когда штробы на полу для укрытых направляющих не были учтены, и уже положена дорогостоящая неповторимая чистовая отделка - это лучший вариант остекления.

К подвесным системам безрамного остекления относятся: «гармошка» и «парковка».



Рис. 4. Система «гармошка»

Технические характеристики безрамного раздвижного остекления «гармошка» представлены в таблице 3.

Технические характеристики системы «гармошка»

Свойство	Значение	Описание
Ветроустойчивость, кН/кв.м	2,5	Показывает устойчивость стеклянной стены к силе ветра. Достаточно не плохой показатель.
Теплоизоляция, Вт/м·К	0,99	Показывает способность материала сохранять тепло. В данном случае она мала, так как эти перегородки холодные.
Звукоизоляция, Дб	12	Показатель снижения уровня шума, проникающего в помещения извне. Средний показатель.
Прочность на сжатие, МПа	900	Механические свойства стекла
Прочность на изгиб, МПа	120	
Макс. высота, мм	3300	Особенности и размеры стеклянной конструкции «Гармошка»
Макс. ширина створки, мм	1200	
Макс. вес панели, кг	150	

3. Витринное безрамное остекление, стационарное

Это «глухое» остекление, применяемое для зонирования пространства в общественных зданиях, таких как: магазины, торгово-развлекательные центры, офисы и т.д.



Рис. 5. Стационарное остекление отеля



Рис. 6. Зажимной профиль

Зажимной профиль даёт возможность оформлять планы стеклянными полотнами большой площади. Стекла в просветах имеют все шансы быть скреплены коннекторами и в соприкосновении стекольных торцов могут быть проклеены особой плавной, не имеющей цвета, лентой, с целью исключения попадания холодных потоков воздуха. Как правило идут в комплекте с маятниковыми распашными дверями.

Изготовление стеклянных перегородок осуществляется с закаленным стеклом 8, 10, 12 мм, следовательно, они не имеют терморазрыва, и изделия являются холодными. Применяются они там, где нужно создать элегантное светопрозрачное пространство и поделить его на зоны (рис.7, рис.8).



Рис. 7. Остекление фасада отеля



Рис. 8. Остекление веранды

Разработка стеклянных складывающихся перегородок и пришла к нам с севера, в реальное время создание безрамного остекления налажено во множестве государств. Есть испанское, финское, турецкое, германское, китайское, итальянское остекление без рам. Известность вызвана не лишь только красотой, но, и широким диапазоном его использования.

Заключение

Несмотря на суровые российские природно-климатические условия, в современном малоэтажном строительстве существует большой интерес к системам безрамного остекления, о чем говорят существующие примеры жилых и общественных зданий и сооружений. Безрамное остекление не уступает традиционному виду остекления, а, следовательно, оно будет предпочтительнее для застройщиков, обходя привычные виды рамного остекления, благодаря своей неотъемлемой эстетической составляющей.

При помощи сравнительных таблиц были описаны достоинства и недостатки каждого вида безрамного остекления по отношению к традиционному виду остекления, а именно: теплоизоляция - низкая, звукоизоляция - стандартная, ветроустойчивость - высокая; оценили их особенности установки и эксплуатации, используемые материалы и технические характеристики [7-9].

Однако, было замечено, что, конкретно для малоэтажного строительства, безрамный вид остекления является невыгодным и дорогостоящим, вне зависимости от региона его реализации: цена на безрамное остекление за 1 кв. м. колеблется от 10 до 25 тыс. рублей.

В целом по итогу рассмотрения всех видов безрамного остекления, был сделан вывод, что наибольшее количество преимуществ по сравнению с другими видами безрамного остекления имеет система остекления «книжка».

Библиографический список

1. Сви́динская А.С. Преимущества и недостатки безрамного остекления. // Студенческий вестник: электрон. научн. журн. 2020. №18(116). URL: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/116>
2. Шабанова Е.Н. Безрамное остекление в малоэтажном строительстве / Е.Н. Шабанова, Н.В. Гепалова // Сборник материалов VIII Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая", Кемерово, 19–22 апреля 2016 года / Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф.

Горбачева; Ответственный редактор О.В. Тайлаков. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2016. – С. 609.

3. Федюнина Т.В., Иванисова Е.С. Отличительные особенности низкоэмиссионного стекла // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2018. № 1-2. С. 76-78.

4. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 5 (32). С. 112-128.

5. Gerasimova E., Galyamichiev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 6 (98). С. 9808.

6. Галямичев А.В., Кирикова В.А. Влияние проектных и монтажных ошибок на эксплуатацию светопрозрачных и навесных вентилируемых фасадов // Светопрозрачные конструкции. 2017. № 1 (111). С. 26-31.

7. Terekh M., Tretyakova D. Primary energy consumption for insulating // В сборнике: E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019. 2020. С. 06008.

8. Васильев М.С., Терех М.Д. Энергомоделирование как современная основа повышения энергоэффективности зданий // В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией А.А. Семенова. Санкт-Петербург, 2021. С. 85-92.

9. Le T.Q.T., Vavilova A. A method of accounting for higher vibration modes in structural dynamics problems // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 479-490.

References

1. Svidinskaya A.S. Advantages and disadvantages of frameless glazing. // Student Bulletin: electronic scientific journal 2020. No. 18 (116). URL: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/116>

2. Shabanova E.N. Frameless glazing in low-rise construction / E.N. Shabanova, N.V. Gepalova // Collection of materials of the VIII All-Russian, scientific and practical conference of young scientists with international participation "Young Russia", Kemerovo, April 19-22, 2016 / Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; Responsible editor O.V. Tailakov. - Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 2016.-- P. 609.

3. Fedyunina T.V., Ivanisova E.S. Distinctive features of low-emission glass // Construction: new technologies - new equipment. 2018. No. 1-2. S. 76-78.

4. Davydova E.I., Gnam P.A., Tarasova D.S. Translucent structures and methods of increasing their energy efficiency // Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 5 (32). S. 112-128.

5. Gerasimova E., Galyamichiev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 6 (98). P. 9808.

6. Galyamichiev A.V., Kirikova V.A. Influence of design and installation errors on the operation of translucent and hinged ventilated facades // Translucent constructions. 2017. No. 1 (111). Pp. 26-31.

7. Terekh M., Tretyakova D. Primary energy consumption for insulating // В сборнике: E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation, KTTI 2019. 2020. P. 06008.

8. Vasiliev M.S., Terekh M.D. Energy modeling as a modern basis for increasing the energy efficiency of buildings // In: BIM-modeling in the tasks of construction and architecture. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Edited by A.A. Semenova. St.Petersburg, 2021.S. 85-92.

9. Le T.Q.T., Vavilova A. A method of accounting for higher vibration modes in structural dynamics problems // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. P. 479-490.

Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности
С.Д. Николенко,
Канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко.
Россия, г. Воронеж,
e-mail: nikolenkoppl@yandex.ru

Voronezh State
Technical University
Cand. tech. Sciences, Associate Prof.
technosphere and fire safety
S.D. Nikolenko
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
A.N. Shchienko.
Russia, Voronezh,
e-mail: nikolenkoppl@yandex.ru

С.Д. Николенко, А.Н. Щиенко

БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

В данной статье рассматриваются особенности строительства быстро-
возводимых зданий и сооружений, их преимущества и недостатки, а также
области их применения. Показано, что при определенных условиях, каждый
вид быстровозводимых зданий имеет свои преимущества и недостатки.
Предложен вариант быстровозводимого сооружения на основе пневматиче-
ской опалубки.

Ключевые слова: быстровозводимое здание, пневматическая опалубка, технология возведе-
ния, область применения, достоинство, недостатки.

S.D. Nikolenko, A.N. Shchienko

FAST BUILDINGS AND STRUCTURES

This article examines the features of the construction of rapidly erected
buildings and structures, their advantages and disadvantages, as well as their areas
of application. It is shown that under certain conditions, each type of pre-
fabricated buildings has its own advantages and disadvantages. A variant of a pre-
fabricated structure based on pneumatic formwork is proposed.

Keywords: prefabricated building, pneumatic formwork, erection technology, scope, advantages,
disadvantages.

Введение

При строительстве зданий и сооружений кроме цены важным является скорость их воз-
ведения. Поэтому необходима разрабатывать сооружения с минимальными сроками строи-
тельства. В строительстве все чаще распространение получают быстровозводимые сооруже-
ния из различных материалов и конструкций. Такие сооружение особенно часто используют-
ся в зонах возможных ЧС. При этом некоторые виды быстровозводимых сооружений оста-
ются для постоянного применения в качестве временного жилья, складских объектов, про-
мышленных и других объектов.

В мире заняты поиском новых эффективных технологий возведения быстровозводимых зданий. Опробованные технологии внедряются в практику строительства. Сегодня можно выделить несколько распространенных типов быстровозводимых зданий: каркасно-панельные (каркасно-щитовые), каркасно-тентовые (каркасно-мембранные), бескаркасные, блочно-модульные, каркасно-монолитные (несъёмные опалубки). Целью исследования является анализ существующих видов быстровозводимых зданий и сооружений.

Анализ

Одним из самых распространенным видом быстровозводимых зданий является каркасная система из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), утеплителя, облицовочных листов и пароизоляционных пленок. [1,2].

Основными достоинствами способа строительства по технологии ЛСТК являются (рис. 1): быстрота возведения (срок возведения здания 4-5 месяцев.), лёгкость и простота монтажа (для возведения требуется 3-4 рабочих.), отсутствие усадки фундамента в период строительства и эксплуатации, всесезонный монтаж.

Минусы ЛСТК состоят в следующем:

малая жёсткость и прочность конструкции (тонкая стена). Есть мнение большинства людей, что ЛСТК можно согнуть или пробить ударом;

качество не соответствует действительности. Отдельные предприятия уменьшают толщину профиля и снижают толщину слоя цинка, что влияет на качество и безопасность всей конструкции.



Рис. 1. Вид каркаса малоэтажного дома из ЛСТК

Суть каркасно-щитового строительства сводится к тому, что стены дома возводятся на заранее просчитанной «хреботно-реберной» конструкции (рис.2). В традиционной европейской технологии фахверка в качестве несущего каркаса выступали деревянные балки, а в качестве стеновых наполнителей использовались самые разнообразные материалы минерального происхождения.

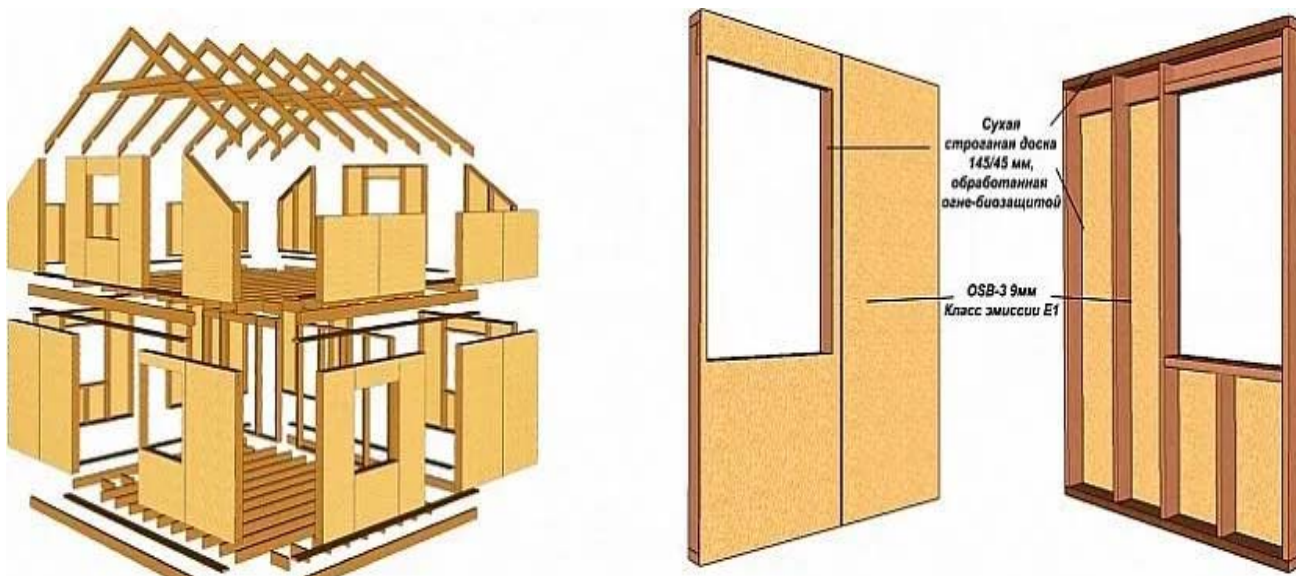


Рис. 2. Схема каркасно-щитового дома

Дом возводится из заранее изготовленных щитов, размеры которых просчитываются на стадии проектирования. Установленный на фундамент щит снаружи обтягивается пергамином с целью гидро- и ветроизоляции. Изнутри по пергамину прокладывают слой утеплителя (для этих целей чаще всего используется минеральная вата) толщиной 150 мм. Опять же изнутри на утеплитель кладут пароизоляционный материал, в качестве которого может выступать тот же самый пергамин.

Преимуществами каркасно-щитовых конструкций являются: быстрота возведения (от 4-6 недель), лёгкость конструкций, простота монтажа, высокие теплоизоляционные свойства каркасной конструкции [3]. Есть и недостатки: применение неэкологичных материалов, малая этажность.

Ещё одним из видов быстровозводимых зданий является каркасно-тентовые или каркасомембранные (рис. 3). Конструкция всегда состоит из тентовой оболочки, представляющей собой однослойный или двухслойный тент, поддерживаемый в проектом положении легким металлическим каркасом из алюминиевых, стеклопластиковых или полиэтиленовых труб. [4].

Такие мобильные конструкции, как правило, очень удобны для транспортировки и просты в сборке. Тентовая ткань представляет собой основу из полиэстера, полиэфира, покрытую с двух сторон поливинилхлоридом и защитным лаком, прочный и эластичный материал, который сохраняет свои характеристики при температурах от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Монтаж тентовых оболочек сводится к установке каркаса и устройству по нему тентового покрытия.



Рис. 3. Вид каркасно-тентового складского сооружения

Каркасно-тентовые сооружения имеют множество преимуществ таких как: мобильность, возможность быстрого монтажа (2-3 дня), демонтажа и переноса на другое место, низкая металлоемкость (малая цена по сравнению с капитальными конструкциями), светопрозрачность отдельных видов, простота сборки, минимальные затраты на технику и возможность модификации существующих конструкций (увеличения площади и длины).

К недостаткам таких сооружений стоит отнести: относительно малый срок службы (тент - 15 лет, каркас - 40 лет), отдельные виды требуют постоянной подкачки воздуха, значительные теплопотери, большие затраты на энергию, для натяжения гибких натяжных элементов каждому из них необходимо натяжное устройство типа талрепа, которое необходимо ручным способом натягивать, что замедляет общую сборку или разборку конструкции, элементы верхней периферийной обвязки каркаса выполнены жесткими из металлических труб или деревянных балок, или полимерных труб, что затрудняет очистку тентовой крыши от дождевой и талой воды, слабая защита от разрыва, в том числе от вандализма [5].

Технология возведения строительных конструкций с применением несъемной опалубки [6] более 30 лет успешно используется в США, Канаде и странах Европы. В России конструкции из несъемной опалубки применяют около 10 лет. Основным преимуществом применения технологии несъемной опалубки является возможность возведения многослойной конструкции с необходимой теплоизоляцией за один технологический цикл.

Несъемная опалубка состоит из комплектующих, которые в сборе представляют собой единую опалубочную конструкцию. В некоторые виды такой опалубки можно помещать утеплитель, армированные сетки или арматуру и заливать бетон. Пример несъемной опалубки приведен на рис. 4.



Рис. 4. Вид несъемной опалубки из пенополистирола

Быстровозводимые модульные здания состоят из блок-модулей конкретных размеров, что позволяют возводить сооружения с необходимыми размерами. Технология следующая, на строительную площадку модульный блок доставляется целиком или частично разобранным. На самой площадке требуется только возведение фундамента.

Модульные здания относятся к временным строениям (рис. 5), поэтому могут устанавливаться без фундамента (до трёх этажей). Они могут легко демонтироваться и перевозиться на другое место. Изготавливаются в различном исполнении для любых климатических условий, отвечают всем пожарным и санитарным требованиям, имеют систему отопления и вентиляции, сантехнику и электрооборудование [7].

Самое главное преимущество модульных зданий — это их мобильность и скорость возведения. Двухэтажное здание может быть собрано в течение нескольких дней. Преимуществом данного метода также является: возможность установки в местах, где обычное строительство затруднено или невозможно, высокая степень заводской готовности (применение современных отделочных материалов, высокое качество исполнения), стойкость к сейсмическим и снеговым нагрузкам.

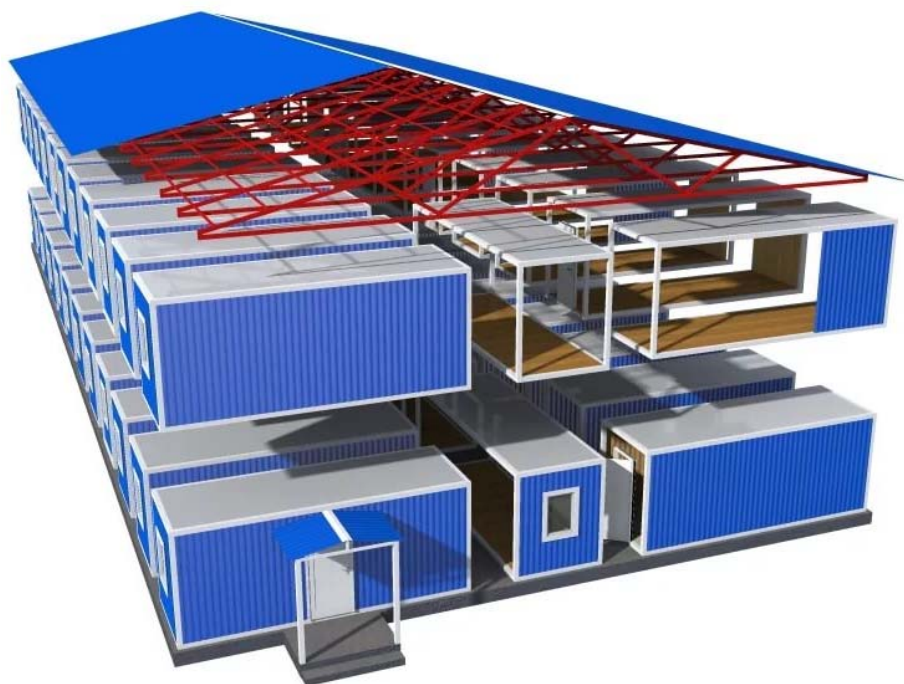


Рис. 5. Схема модульного здания

Недостатками у таких зданий являются: возможность ухудшения теплоизолирующих и прочностных свойств через несколько десятков лет эксплуатации, влияние на конструкции повышенной влажности и очень низких зимних температур, сложность монтажа предполагает проведение работ только высокопрофессиональной бригадой.

Все рассмотренные виды быстровозводимых зданий и сооружений в основном не используют бетонную смесь. Однако в отдельных случаях требуется возвести сооружение с использованием бетонной или фибробетонной смеси [8, 9]. В работах [10 -14] предложена конструкция быстровозводимого сооружения на основе пневматической опалубки (рис. 6).

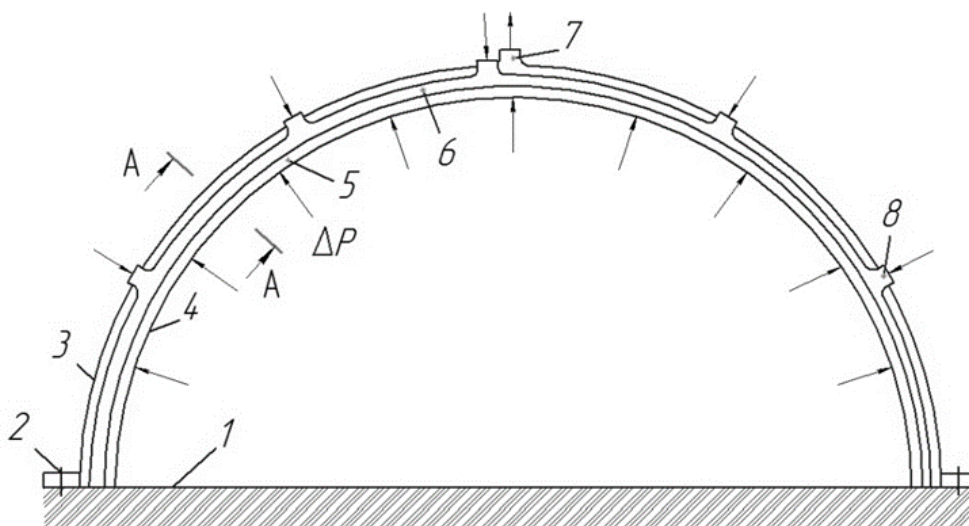


Рис. 6. Схема предлагаемого сооружения в разрезе:

- 1- основание; 2 – прижимная планка; 3 – внешняя оболочка;
- 4 – внутренняя оболочка; 5 – сухая смесь; 6 – перфорированные трубки;
- 7 – патрубок отсоса; 8 – патрубок подачи затворяющей жидкости;
- ΔP – избыточное давление

Сооружение состоит из наружной и внутренней оболочки из эластичного материала, которые соединены между собой гибкими связями. При этом внутренняя оболочка выполнена из более эластичного материала. Между оболочками расположены перфорированные трубки и сухая фибробетонная смесь на основе быстротвердеющего вяжущего. Гибкие связи обеспечивают фиксированное расстояние между оболочками и между перфорированными трубками (рис. 7). Гибкие связи вместе с фибровым армированием препятствуют сползанию сухой смеси при подъеме опалубки.

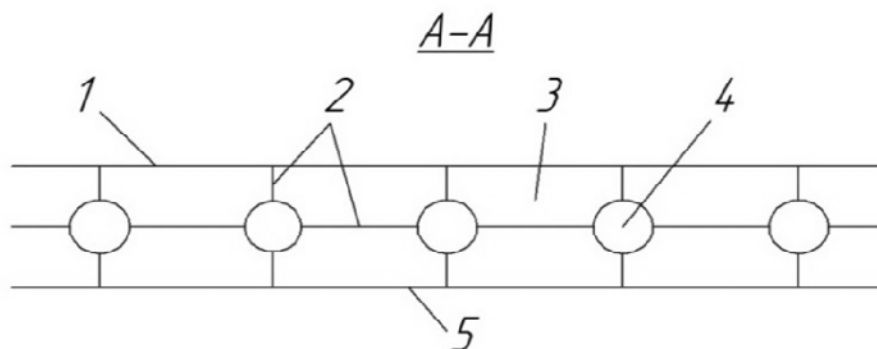


Рис. 7. Схема сечения А-А

где: 1- внешняя оболочка; 2 – гибкие связи; 3 – сухая смесь;
4 – перфорированные трубки; 5 – внутренняя оболочка

Перфорированные трубки соединены с патрубками для подачи жидкости в трубки расположенными на наружной оболочке опалубки. В верхней части наружной оболочки расположен патрубок отсоса воздуха, вытесненного в результате затворения сухой фибробетонной смеси. У возведенного сооружения наружная оболочка выполняет функцию кровли, а внутренняя оболочка функцию отделки. Гибкие связи и перфорированные трубки выполняют функцию дополнительной арматуры. Такая опалубка изготавливается заранее в заводских условиях и может храниться определенное время на складе.

Технология возведения такого сооружения, следующая [3]. Опалубка доставляется к месту возведения сооружения в свернутом состоянии. Разворачивается и герметично крепится по контуру к основанию прижимной планкой. В пространство между основанием и опалубкой нагнетается газ (воздух). После принятия опалубкой проектной формы в перфорированные трубки по патрубкам под давлением подается жидкость для затворения сухой фибробетонной смеси. Количество жидкости рассчитывается в зависимости от состава и количества сухой фибробетонной смеси.

После полного затворения, до начала сватывания, сухой фибробетонной смеси производят дополнительный поддув внутренней, более гибкой оболочки. Одновременно производят отсос воздуха, вытесненного в результате затворения сухой фибробетонной смеси через патрубок, расположенный в верхней части наружной оболочки. Это позволяет получить окончательную (заданную) толщину конструкции и уплотнить фибробетонную смесь. В таком положении конструкция выдерживается до набора заданной прочности. Затем подача воздуха прекращается. В сооружении устаиваются окна и двери (ворота) и после этого сооружение готово к эксплуатации.

Быстровозводимые сооружения с относительно большой массой требуют для доставки транспортные средства соответствующей грузоподъемности. Чем мощнее транспортное средство, тем большее влияние оно оказывает на экологию [15,16]. Это нужно учитывать при проектировании быстровозводимых сооружений.

Также необходимо соблюдать меры безопасности при погрузочно-разгрузочных работах с быстровозводимыми сооружениями [17].

Выводы

1. В результате проводимого анализа и исследования быстровозводимых зданий и сооружений выяснили. Самым главным достоинством быстровозводимого здания является, скорость возведения, не зависящая от времени года. Для районов, пострадавших от стихийных бедствий, быстровозводимые здания являются наилучшим вариантом для размещения людей и материально-технических средств.

2. У разных видов конструкций есть свои преимущества и недостатки, исходя из них выбирают нужный тип конструкций. Как видно из анализа одной из лучших технологии является ЛСТК, но если цена значительно выше или необходимые преимущества содержит другой тип конструкции, то выбирают нужную технологию. При определенных условиях можно применять быстровозводимые сооружения на основе пневмоопалубки.

Библиографический список

1. Альхименко А.И., Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Инновационные технологии ЛСТК. Теория и практика. // Технология легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) – Россия. 2008. С. 4-6.
2. Жмарин Е.Н., Рыбаков В.А. ЛСТК – инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» // СтройПРОФИЛЬ. 2007. №7(61). С. 118-119.
3. Ларионов И.И. Каркасно-щитовое строительство // Журнал Каталог Проектов, 2004. № 2 (23). С. 1-5.
4. Ким А.Ю., Доль Д.В. Быстровозводимое арочно-мембранное сооружение // Высшее профессиональное заочное образование на железнодорожном транспорте: настоящее и будущее: - М.: Изд-во РГОТУПС, 2001. С. 258 - 260.
5. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: вчера, сегодня, завтра // Академический вестник Урал-Н ИИ проект РААСН. 2010. № 1. С. 30-36.
6. Фетисова М.А. Строительство с использованием несъемной опалубки нового поколения из пенополистирола // Молодой ученый. 2012. №5. С. 70-71.
7. Адам Ф.М. Полносборное строительство модульных быстровозводимых малоэтажных зданий // Материалы научно-практической конференции «Постсоветское градостроительство». / Госстрой России ГУП НИИГрадостроительства. СПб, 2001. - С. 119-121.
8. Николенко С.Д. Применение фибрового армирования в зданиях и сооружениях, расположенных в сейсмоопасных районах. В сборнике: Системы жизнеобеспечения и управления в чрезвычайных ситуациях. межвузовский сборник научных трудов. Воронежский государственный технический университет, Международная академия наук экологии безопасности человека и природы; В. И. Федянин - ответственный редактор. Воронеж, 2006. С. 38-46.
9. Особенности технологических схем приготовления фибробетона. Николенко С.Д., Ткаченко А.Н., Федулов Д.В. В сборнике: Актуальные проблемы современного строительства. материалы Международной научно-технической конференции, (Пенза, 23-25 апреля 2007 года). под общей редакцией Т. И. Барановой. Пенза, 2007. С. 320-323.
10. Пневматическая опалубка для быстрого возведения сооружения. Николенко С.Д., Мамулин В.В., Леонтьев М.В. Авторское свидетельство SU 1649072 A1, 15.05.1991. Заявка № 4666832 от 27.03.1989.

11. К оценке надежности пневматической опалубки. Николенко С.Д., Манохин В.Я., Коптелова А.С. В сборнике: Высокие технологии в экологии. Труды 10-ой Международной научно-практической конференции. Главный редактор и ответственный за выпуск В.И. Белоусов. 2007. С. 188-194.
12. Николенко С.Д., Казаков Д.А. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке. Патент на изобретение RU 2371555 C1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.
13. Сравнительный анализ быстровозводимых сооружений для использования в чрезвычайных ситуациях. Николенко С.Д., Михневич И.В. Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2013. № 4 (13). С. 43-48.
14. Разработка конструкций пневматических опалубок. Николенко С.Д., Михневич И.В. Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 2 (15). С. 18-22.
15. К вопросу экологической безопасности автомобильных дорог. Николенко С.Д. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы строительного материаловедения. 2008. № 1. С. 141-145.
16. Влияние параметров автомобильных дорог на экологическую безопасность. Николенко С.Д. В сборнике: Научно-методическое обеспечение создания военной инфраструктуры вооруженных сил Российской Федерации. Москва, 2009. С. 229-236.
17. Обеспечение безопасности труда при погрузочно-разгрузочных работах. Николенко С.Д., Сазонова С.А., Манохин В.Я., Манохин М.В. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 22-27.

References

1. Al'khimenko A. I., Vatin N. I., Rybakov V. A. Innovative technologies of LSTK. Theory and practice. // Technology of light steel thin-walled structures (LSTK) - Russia. 2008. P. 4-6.
2. Zhmarin Ye.N., Rybakov V.A. LSTK - a tool for implementing the Affordable and Comfortable Housing program // StroyPROFIL. 2007. No. 7 (61). P. 118-119.
3. Larionov I.I. Frame-panel construction // Journal Catalog of Projects, 2004. No. 2 (23). P. 1-5.
4. Kim A.YU., Dol' D.V. Rapidly erected arch-membrane structure // Higher professional correspondence education in railway transport: present and future: - М.: Publishing house RGOTUPS, 2001. P. 258 - 260.
5. Skopenko V.A. Awning architecture: yesterday, today, tomorrow // Academic Bulletin Ural-N II project RAASN. 2010. No. 1. P. 30-36.
6. Fetisova M.A. Construction with the use of a new generation of fixed formwork made of expanded polystyrene // Young Scientist. 2012. No. 5. P. 70-71.
7. Adam F.M. Prefabricated construction of modular prefabricated low-rise buildings // Materials of the scientific-practical conference "Post-Soviet urban planning". / Gosstroy Rossi GUP NIIGrado-construction. SPb, 2001. - P. 119-121.
8. Nikolenko S.D. The use of fiber reinforcement in buildings and structures located in earthquake-prone areas. In the collection: Life support systems and emergency management. interuniversity collection of scientific papers. Voronezh State Technical University, International Academy of Sciences of Ecology, Human Safety and Nature; V. I. Fedyanin - executive editor. Voronezh, 2006. P. 38-46.
9. Features of technological schemes for the preparation of fiber-reinforced concrete. Nikolenko S.D., Tkachenko A.N., Fedulov D.V. In the collection: Actual problems of modern con-

struction. materials of the International Scientific and Technical Conference, (Penza, April 23-25, 2007). under the general editorship of T.I.Baranova. Penza, 2007. P. 320-323.

10. Pneumatic formwork for fast construction of the structure. Nikolenko S.D., Mamulin V.V., Leontiev M.V. Copyright certificate SU 1649072 A1, 05/15/1991. Application No. 4666832 dated 03/27/1989.

11. To the assessment of the reliability of pneumatic formwork. Nikolenko S.D., Manokhin V.Ya., Koptelova A.S. In the collection: High technologies in ecology. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. The editor-in-chief and responsible for the issue V.I. Belousov. 2007. P. 188-194.

12. Nikolenko S.D., Kazakov D.A. The structure, erected on a non-removable pneumatic formwork. Invention patent RU 2371555 C1, 27.10.2009. Application No. 2008122797/03 dated 06/05/2008.

13. Comparative analysis of pre-fabricated structures for use in emergency situations. Nikolenko S.D., Mikhnevich I.V. Science Magazine. Engineering systems and structures. 2013. No. 4 (13). P. 43-48.

14. Development of pneumatic formwork designs. Nikolenko S.D., Mikhnevich I.V. Science Magazine. Engineering systems and structures. 2014. No. 2 (15). P. 18-22.

15. On the issue of environmental safety of highways. Nikolenko S.D. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems of building materials science. 2008. No. 1. P. 141-145.

16. Influence of road parameters on environmental safety. Nikolenko S.D. In the collection: Scientific and methodological support for the creation of the military infrastructure of the armed forces of the Russian Federation. Moscow, 2009. P. 229-236.

17. Ensuring labor safety during loading and unloading operations. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Manokhin V.Ya., Manokhin M.V. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2016. No. 1. P. 22-27.

*Российский университет транспорта
Канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно – технологические средства»
И.В. Трошко*

*Россия, г. Москва, тел. +7(925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru*

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

*Россия, г. Москва, тел. +7(916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru*

*Российский университет транспорта
магистрантка кафедры «Наземные
транспортно – технологические средства»
А.А. Честнова*

*Россия, г. Москва, тел. +7(926) 247-79-92
e-mail: An4es095@rambler.ru*

*Russian University of Transport
D.Sc.(Engineerin), Associate Professor of the
Department "Ground Transport and
Technological Means" I.V. Troshko*

*Russia, Moscow, tel. +7(925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru*

*Russian University of Transport
D.Sc.(Engineerin),, Associate Professor of
the Department "Ground Transport and
Technological Means" M.Y. Chalova*

*Russia, Moscow, tel. +7(916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru*

*Russian University of Transport
graduate student of the Department "Ground
Transport and Technological means"
A.A. Chestnova*

*Russia, Moscow, tel. +7(926) 247-79-92
e-mail: An4es095@rambler.ru*

И.В. Трошко, М.Ю. Чалова, А.А. Честнова

НЕИСПРАВНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

При эксплуатации железнодорожного пути происходит постепенное деформирование балластной призмы и подбалластных слоев. В результате происходит образование дефектов пути, что приводит к плохому и неудовлетворительному состоянию железнодорожного пути

Ключевые слова: железнодорожный путь, земляное полотно, неисправности, выплески, способы устранения выплесков.

I.V. Troshko, M.Y. Chalova, A.A. Chestnova

MALFUNCTIONS OF THE ROADBED AND METHODS OF ELIMINATION

During the operation of the railway track, there is a gradual deformation of the ballast prism and the sub-ballast layers. As a result, the formation of track defects occurs, which leads to a poor and unsatisfactory condition of the railway track.

Keywords: railway track, roadbed, malfunctions, splashes, ways to eliminate splashes.

Железная дорога является основным транспортно-логистическим хабом в России. Содержание такой мощной инфраструктуры, несет на себе большие экономические затраты. Проблем остается очень много, и одна из основных проблем – это содержание верхнего строения железнодорожного пути.

Железнодорожный путь – комплекс инженерных сооружений для пропуска по нему поездов с нужной скоростью. Он представляет основу железных дорог. От состояния пути зависят непрерывность и безопасность движения поездов, а также эффективное использование всех технических средств железных дорог [1].

При эксплуатации железнодорожного пути происходит постепенное деформирование балластной призмы и подбалластных слоев, вызванное циклической нагрузкой от подвижного состава, засорением балласта, а также климатическими условиями. В результате происходит образование таких дефектов пути, как выплески, пучины, перекося пути и выброс пути т.д.

Выплески пути – неисправность пути, заключающаяся в сильном разжижении балласта под шпалами (рис. 1). Выплески образуются вследствие появления потайных толчков (просвета между нижней постелью шпал и балластом). При проходе поездов шпалы быстро оседают, и из-под них выбрасывается грязь на поверхность полотна. Выплески получают во время дождливой погоды под каждой отрясенной и своевременно не подбитой шпалой, под каждым отрясенным переводным брусом, лежащим в загрязненном балласте. Для предупреждения выплесков следует держать шпалы всегда подбитыми и при малейшем признаке отрясения немедленно плотно подбивать их чистым сухим балластом, утрамбовывать балластный слой в междушпальных ящиках и своевременно заменять грязный балласт [2].



Рис. 1. Разжиженный балласт на протяжении семи шпальных ящиков (выплески)

Пучины – представляют собой искажения положения рельсовых нитей в продольном и поперечном профилях в виде пучинных горбов, пучинных впадин и пучинных перепадов. Пучины образуются вследствие сезонного промерзания грунтов и льдообразования в зоне промерзания (рис. 2).



Рис. 2. Пучины

Перекас пути – просадки одной и другой рельсовой нитки, расположенные наискось одна против другой на расстоянии ближе 25 м (рис. 3). Перекас пути вызывает поперечное раскачивание подвижного состава, перегрузки и разгрузки рессор, способствующие их излому и набеганию реборды бандажа на головку рельса. Промеры пути по уровню на перекасе в двух местах, например в 2 – 4 м одно от другого, дают разную величину отклонений. Обнаруженные перекасы, по величине нарушающие "Технические условия и нормы содержания пути", подлежат немедленному исправлению. Просевший рельс поднимается домкратом и производится подбивка шпал. При своевременной подбивке, надежном закреплении пути от угона, замене загрязненного балласта и отводе вод перекас пути не образуется [2].



Рис. 3. Перекас пути

Выброс пути – результат увеличения напряжения в рельсах и его самопроизвольной разрядки. Температурное напряжение - это один из видов механического напряжения, которое возникает при неравномерном распределении температуры (рис. 4) [2].



Рис. 4. Выброс пути

В данной статье проводится анализ балластной призмы при наработке тоннажа от 0 до 150 млн. т груза брутто. Наибольшее количество повреждений призмы вызвано выплесками длиной от 1 до 10 м [3].

Попадающие в загрязненный балласт атмосферные воды не могут из него выходить вследствие его низких дренирующих свойств. В таком балласте под влиянием насосного воздействия шпал при проходе поездов образуются выплески. Такие выплески появляются независимо от того, загрязнялся ли балласт снизу подстилающими грунтами земляного полотна или загрязнение происходило иным образом. Поэтому выплески на стыках не следует ставить в полную зависимость от просадок основной площадки земляного полотна с образованием балластных корыт и лож. При вскрытии балластных лож в них можно наблюдать присутствие воды даже при сухой погоде, а лежащий в них балласт находится в неуплотненном состоянии. Наоборот, балласт в местах выплесков под стыками очень плотен.

Как правило, выплески пути происходят в результате загрязнения балласта в откосах балластной призмы, где такой загрязненный балласт препятствует выходу воды из балластного слоя. Загрязнители из балласта в шпальных ящиках переносятся водой к концам шпал и образуют здесь плотные перемычки препятствующие выходу воды из шпальных ящиков. При таких условиях процесс загрязнения балласта в шпальных ящиках ускоряется, усиливается насосное действие шпал с образованием выплесков, создаются неблагоприятные условия не только для общего состояния пути, но и для работы рельсов, шпал и креплений [4].

Образования выплесков зависят от следующих факторов:

- природные, погодные и климатические особенности;
- грузонапряженность участка;
- интенсивность движения грузовых и пассажирских поездов
- время и качество последнего проведенного ремонта
- глубина вырезки балласта при удалении выплесков

Для ликвидации локальных выплесков используют способы:

1. Вырезка выплесков вручную. Наиболее распространенный, способ. Применяется при удалении выплесков небольшой протяженности, характеризуется относительно низкими затратами, большой трудоемкостью и продолжительностью проведения работ. Глубина вырезки балласта составляет 10-20 см под шпалой, из-за чего такой способ является малоэффективным. В результате имеет место многократное образование выплесков на одной локации в течение года.

2. С использованием вакуумных уборочных машин. Вакуумные уборочные машины применяются на выплесках большой протяженности. К преимуществам можно отнести снижение ручного труда и времени проведения работ (при выплесках малой и средней протяженности работы проводятся в технологические «окна»), отсутствие необходимости зарядки/разрядки, в отличие от применения щебнеочистительной техники. К недостаткам можно отнести большой объем подготовительных и заключительных работ. Глубина вырезки составляет 25 см под подошвой шпалы, что приводит к улучшению качества устранения выплеска и, соответственно, к сокращению количества подходов к одному месту в течение жизненного цикла пути.

3. С применением щебнеочистительных машин Щебнеочистительные машины в основном применяются на капитальных и средних ремонтах пути [5]. Применение машин этого класса для ликвидации локальных выплесков является зачастую нецелесообразным из-за высоких расходов, связанных с эксплуатацией данной техники, а также ввиду необходимости проведения работ в «окно» продолжительностью 4 – 6 часов. Поэтому даже значительное сокращение подходов к месту образования выплеска и сокращение расхода материалов верхнего строения пути за жизненный цикл пути не позволяет достичь экономической эффективности (таблица).

Таблица

Периодичность возникновения выплесков и расход материалов верхнего строения пути при
вырезке вручную применения вакуумных и щебнеочистительных машин

№ п/п	Наименование МВСП	Расход на объем 50 м	Объем на период работ вручную (2 раза в год, период 9 лет)	Объем на период работ вакуум. машины (2 раза в год, период 5 лет)	Объем на период работ щебнеоч. машины (1 раз в год, период 9 лет)	Примечание
1.	Шпалы железо- бетонные, шт.	19 шпал, из них	342	190	171	20% от общего объема
		13	234	130	117	70% с/г годные для повторного использования
		6	108	60	54	30% новые
2.	Раздельное промежу-точное скрепление ЖБР, узел	38 узлов, из них	684	380	342	20% от общего объема
		26	468	260	34	70% с/г годные для повторного использования
		12	216	120	108	30% новые
3.	Щебеночный балласт, м ³	83,84	1207,26	838,4	1207,26	100% новый

Все три рассмотренных способа устранения локальных выплесков не обеспечивают соблюдение основного критерия качества проведения работ по решению данной проблемы, а именно однократность подхода к месту выплеска.

Несмотря на сокращение подходов к месту образования выплеска и сокращение расхода материалов верхнего строения пути применяют ручные технологии ликвидации выплесков, руководствуясь экономическим аспектом. Тем не менее, необходимость повышения качества устранения выплесков не должно основываться только на экономических показателях. Состояние железнодорожного пути является основой безопасности движения поездов.

Эффективным способом устранения причины возникновения локальных выплесков является вырезка балласта на глубину 60 см от подошвы шпалы с последующим формированием подбалластного защитного слоя. Такой метод может обеспечить однократность удаления выплесков на одном участке.

Выводы

В настоящее время единственной путевой машиной ОАО «РЖД», которая позволяет такие виды работ, является машина АНМ 800 – R фирмы Plasser&Theure. Машина предназначена для укрепления основной площадки земляного полотна путем создания подбалластного защитного слоя из щебеночно-гравийной смеси. Однако стоимость данной техники и расходы на ее эксплуатацию крайне высоки, из-за чего ее применение является экономически нецелесообразным, несмотря на единовременность проведения работ.

Поэтому перед конструкторами ОАО «РЖД» поставлена задача – разработать путевую машину, способную осуществлять глубокую вырезку балласта и укладку подбалластного защитного слоя, стоимость приобретения и эксплуатация которой будет значительно ниже машины АНМ 800 – R.

Создание новой путевой машины для устранения локальных выплесков позволит повысить безопасность движения поездов и снизить затраты содержание верхнего строения пути.

Библиографический список

1. Фомина Л.А. Устройство железнодорожного пути. Учебное пособие. Волгоград, ВТЖТ – филиал ФГБОУ ВО РГУПС, 2017, 205 с.
2. Studwood.ru URL: https://studwood.ru/1628299/tehnika/vypleski_puti
3. Гринь Е.Н. Факторные зависимости на дистанции пути // Мир транспорта. 2011. № 5 (38). С. 176–182.
4. lokomo.ru URL: <https://lokomo.ru/zheleznodorozhnyy-put/ochistka-ballasta.html>
5. Попович М.В., Бугаенко В.М. Путевые машины. Учебник. М., ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019, 960 с.

References

1. Fomina L.A. The structure of the railway track. Study guide. Volgograd, VTZHT - branch of FGBOU VO RGUPS, 2017, 205 p.
2. Studwood.ru URL: https://studwood.ru/1628299/tehnika/vypleski_puti
3. Grin E.N. Factor dependencies on the path distance // The world of transport. 2011. No. 5 (38). pp. 176-182.
4. lokomo.ru URL: <https://lokomo.ru/zheleznodorozhnyy-put/ochistka-ballasta.html>
5. Popovich M.V., Bugayenko V.M. Travel machines. Textbook. M., FSBI DPO "Educational and Methodological center for education in railway transport", 2019, 960 p

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 502:691

*Законодательное Собрание
Красноярского края Депутат С.Ф. Зяблов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391) 249-31-34
e-mail: Zyablov@sobranie.info*

*Сибирский федеральный университет
Доктор техн. наук, проф. кафедры
транспортных и технологических
машин В.В. Минин*

*Россия, г. Красноярск, тел. +7(913)047-78-04
e-mail: vminin@rambler.ru*

*Законодательное Собрание
Красноярского края Депутат, председатель
комитета по природным ресурсам и экологии
В.А. Дроздов
Россия, г. Красноярск, тел. +7 (391) 249-39-24
e-mail: drozdov@sobranie.info*

*Legislative Assembly Krasnoyarsk region
Deputy S.F. Zyablov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 249-31-34
e-mail: Zyablov@sobranie.info*

*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*

*Legislative Assembly Krasnoyarsk region
Deputy, Chairman of the Committee on Natural
Resources and Ecology
V.A. Drozdov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391) 249-39-24
e-mail: drozdov@sobranie.info*

С.Ф. Зяблов, В.В. Минин, В.А. Дроздов

РАДИАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРЬЕРОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Проведены исследования уровня облучения от природных источников ионизирующего излучения материалов из тринадцати карьеров Красноярского края. Разработаны математические модели и оценена радиационная активность строительных материалов.

Ключевые слова: радиационная активность, строительные материалы, моделирование, удельная эффективная активность, естественные радионуклиды.

S.F. Zyablov, V.V. Minin, V.A. Drozdov

RADIATION ACTIVITY OF BUILDING MATERIALS FROM THE PITS OF THE KRASNOYARSK REGION

Studies of the level of radiation from natural sources of ionizing radiation of materials from twenty-one open pits of the Krasnoyarsk Territory have been carried out. Modeling and assessment of radiation activity was carried out.

Keywords: radiation activity, building materials, modeling, specific effective activity, natural radionuclides.

Право граждан России, а также пребывающих на территории РФ иностранных граждан и лиц без гражданства на радиационную безопасность декларировано в ст. 22 Федерального за-

кона «О радиационной безопасности населения» и обеспечивается «за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил и нормативов, выполнения гражданами и организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, требований к обеспечению радиационной безопасности» [1].

Длительное время ученые считали, что основную долю облучения человек получает от естественных источников ионизирующего излучения, поэтому в своих рекомендациях Международная комиссия по радиологической защите (далее – МКРЗ) основное внимание уделяла нормированию и контролю только таких источников.

Природные источники ионизирующего излучения существовали в течение всей эволюции человека. Доза облучения этими источниками существенно не изменилась. Считалось так же, что эта доза определяется природными процессами и практически неподвластна человеку. Однако это противоречило существующей практике. Действительно, вся урановая промышленность имеет дело с природными источниками излучения и необходимость нормирования и организации радиационного контроля здесь ни у кого не вызывала сомнений. В дальнейшем основное внимание уделялось практике радиационной защиты в производственной сфере. Необходимость ограничений в строительном комплексе не отрицалась, однако в отношении естественных источников ионизирующего излучения практически игнорировалась. Прекращение испытаний атомного оружия в атмосфере и мораторий на наземные ядерные взрывы, принятый большинством ядерных государств, стабилизировали радиационную обстановку в мире. Ужесточение норм дозы необходимого облучения, совершенствование ядерных технологий и средств радиационной защиты, свертывание военных программ по производству оружейного плутония привели к сокращению выбросов предприятиями атомно-топливных центральных до уровня, когда они стали менее опасными, например, газопылевые выбросы в атмосферу и золошлаковые отходы атомных электростанций.

В целом пришло понимание того, что действие ионизирующего излучения не зависит от происхождения источника и определяется уровнем воздействия, а отношение к различным источникам ионизирующего излучения должно быть обусловлено их вкладом в ударную дозу и возможности.

Так, в уже упомянутом законе [1] приводятся понятия «естественный радиационный фон» (доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека) и «техногенно измененный радиационный фон» (естественный радиационный фон, измененный в результате деятельности человека).

В настоящее время установлена высокая изменчивость уровня облучения и излучения от природных источников ионизирующего излучения. Во многих передовых странах мира обнаружены уровни облучения населения в объемах, значительно превышающих допустимые пределы для облучения при профессиональной деятельности, вследствие использования строительных материалов с повышенным содержанием естественных радионуклидов (далее – ЕРН) и дочерних продуктов распада радона (далее – ДПР). Естественные радионуклиды в результате производственной деятельности человека вместе с разнообразными видами минерального сырья извлекаются из недр и поступают в биосферу.

Таким образом, формируется техногенно измененный, обычно усиленный радиационный фон, являющийся дополнительным источником облучения населения. Во многих странах (Россия, Франция, Германия, Италия, Япония, США) 95% населения живет в местах со средней дозой облучения $0,3\text{--}0,6\text{ мЗв}$ в год. Однако в некоторых районах с повышенным количеством природных радиоактивных элементов (например, в некоторых зонах Бразилии, Индии, Китая, Франции, Швеции, России) интенсивность гамма-излучения значительно превышает среднее значение. Так, в районе монацитных песков Бразилии она достигает 1000 нГр/ч (115 мкР/ч), в Индии – до $3\,000\text{ нГр/ч}$ (344 мкР/ч), в горных районах Франции –

200...400 нГр/ч (23...46 мкР/ч), в Пятигорске – 2 000...3 000 нГр/ч при среднем значении 55...182 нГр/ч в городах. Суммарный средний уровень внешнего облучения, который складывается из космических лучей, наземной гамма-радиации от почвы и от воздушных источников, для обычных районов составляет 114 нГр/ч. Серьезная проблема возникла в США (штат Колорадо) и Канаде (штат Онтарио) в результате применения в строительстве отвалов урановых рудников и использования отходов завода по извлечению радия из руды. В результате возникла необходимость проведения защитных мероприятий. В Швеции до середины 1970-х гг. в производстве легкого бетона использовали заполнитель из квасцовых сланцев, содержащий до 1500 Бк/кг радия и тория. Использование такого заполнителя было запрещено, но 700 000 домов из такого бетона успели построить, в настоящее время там проживает до 10% населения Швеции. Среднемировая эффективная доза от всех источников естественного фона составляет 2 370 мкЗв за один год. Это почти в 2,4 раза превышает предел годовой эффективной дозы (1 мЗв) от техногенных источников, установленный действующими Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 [2] для населения.

В разработке принципов нормирования, ограничения облучения населения природными источниками ионизирующего излучения активно принимает участие МКРЗ. В частности, разработанный ими принцип снижения доз облучения до разумного низкого уровня с учетом экономических и социальных факторов полностью применим к нормированию природных радионуклидов. Из этого принципа следует, что ограничения должны быть тем жестче, чем легче достигается снижение доз. В этой связи нормативы для конструируемых сооружений должны быть жестче, чем нормативы для уже эксплуатируемых.

Необходимо заметить, что часть общего облучения от ЕРН практически не зависит от деятельности людей и не может регулироваться ими. Это относится к излучению калия K , трития и радиоуглерода (^{14}C), которое поступает в организм человека с пищей, водой и воздухом. Содержание калия в организме регулируется гомеостатически, а два других радионуклида относятся к числу косвенных и относительно равномерно распределены в поверхностных геослоях Земли в результате глобальных атмосферных процессов.

Таким образом, основная часть природного облучения, хотя и зависит от деятельности человека, но практически не может регулироваться им. Это относится, скорее всего, к внешнему облучению космическими лучами, интенсивность которого резко возрастает на больших высотах, характерных для полётов на современных самолетах. Однако основная часть облучения населения от ЕРН уранового и ториевого воздействия зависит от деятельности и образа жизни людей и может регулироваться ими. Типичным примером является внешнее облучение гамма-излучением ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и внутреннее облучение за счёт вдыхания радона и торона, содержащихся в приземном слое атмосферы и в воздухе закрытых помещений. Концентрация этих радиоактивных газов определяется содержанием материнских радионуклидов ^{226}Ra и ^{232}Th в грунтах на участках застройки и строительных материалах, используемых при сооружении домов, а также процессами поступления радиоактивных эманаций из этих материалов и недр земли, и накопления их в воздухе помещений.

Подобным примером является облучение, связанное с производственной мобильностью, приводящей к перемещению недр на поверхность земли ископаемых с повышенным содержанием ЕРН и концентрированию активности в подобных продуктах и отходах переработки сырья. Радиационный риск при данных работах обусловлен как внешним облучением производственного участка и населения, так и внутренним облучением персонала, обусловленным так называемым пылерадиационным фактором. В данной связи особая роль в ограничении облучения населения природными останками ионизирующего излучения принадлежит дорожному строительству. Прежде всего, это объясняется крупными масштабами производства, связанного с добычей и вовлечением в сферу жизнедеятельности человека естественных сырьевых материалов и отходов промышленных предприятий.

В настоящее время в стандартах и технических условиях практически для всех видов строительных материалов или сырья для их изготовления имеются требования по ограничению содержания естественных радионуклидов. С 1995 г. введен в действие ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» [3]. Необходимость такой работы закреплена в Законах «О радиационной безопасности населения» [1] и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [4], а также «Нормами радиационной безопасности (НРБ-99)» [2] и «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)» [5].

Однако в сфере строительной продукции нормативная база по порядку организации и проведения радиационно-гигиенического обследования территорий застройки, жилых и общественных зданий на федеральном уровне, а также при строительстве автомобильных дорог и объектов придорожного сервиса практически отсутствует. Это обстоятельство вызвало появление региональных нормативных документов, регламентирующих порядок определения и величину мощности дозы на открытой местности, скорости эксхалляции ^{222}Rn из грунта, концентрацию радона и мощность дозы внутри помещений зданий.

В соответствии с НРБ-99 удельная эффективная активность ($A_{\text{эфф}}$) естественных радионуклидов в строительных материалах и сырье для их изготовления, а также в побочных продуктах и отходах промышленности, используемых для изготовления строительных материалов оценивается, по формуле $A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} = 1,3 A_{\text{Th}} + 0,09 A_{\text{K}}$ и не должна превышать: для материалов, используемых во вновь строящихся жилых и общественных зданиях (I класс), $A_{\text{эфф}} > 370$ Бк/кг; для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территорий населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс), $A_{\text{эфф}} < 740$ Бк/кг; для материалов, используемых в дорожное строительство вне населённых пунктов (III класс), $A_{\text{эфф}} < 1500$ Бк/кг.

При $1500 < A_{\text{эфф}} < 4000$ Бк/кг (IV класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом конкретном случае отдельно по согласованию с федеральным органом госсанэпиднадзора материалы не должны использоваться в строительстве. В формуле $A_{\text{эфф}}$ по расчету значений A_{Ra} , A_{Th} , и A_{K} , соответственно удельные активности ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в Бк/кг.

Согласно приложению ГОСТ 30108–44 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» [3] строительные материалы разделены на четыре класса (табл. 1). Указанный стандарт распространяется на неорганические сыпучие строительные материалы (щебень, гравий, песок, цемент, гипс и др.) и строительные изделия (плиты облицовочные, декоративные и другие изделия из природного камня, кирпич и камни стеновые), а также на отходы промышленного производства, используемые непосредственно в качестве строительных материалов или как сырье для их производства.

Таблица 1

Критерии для принятия решения об использовании строительных материалов

Удельная эффективная активность, Бк/кг		Класс материала	Область применения
ГОСТ 30108–94	НРБ-99		
До 370	До 370	I	Все виды строительства
От 370 до 740	От 370 до 740	II	Дорожное строительство в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, строительство производственных сооружений
От 740 до 1500	От 740 до 1500	III	Дорожное строительство вне населенных пунктов
От 1500 до 4000		IV	Вопрос об использовании материала решается по согласованию с Госкомсанэпиднадзором

Существуют некоторые расхождения между действующими нормативными документами в отношении материалов с повышенной удельной активностью. Предварительная оценка показывает, что при значении $A_{эфф} = 1350$ Бк/кг мощность дозы на поверхности дорожного покрытия составит приблизительно 80 мкР/ч. Этот показатель существенно выше регламентируемого ОСПОРБ [5] в части требовании мощности дозы на территории застройки. Поэтому даже применение материалов с $A_{эфф} < 1350$ Бк/кг в дорожном строительстве недопустимо. Поскольку дорожная отрасль является одной из ведущих в области переработки минерального сырья и производства строительных материалов и конструкций, необходим постоянный контроль для обеспечения радиационной безопасности.

С этой целью были обследованы 13 самых крупных карьеров, поставляющих каменные материалы для дорожной отрасли Красноярского края. Сети автомобильных дорог общего назначения края насчитывают около 35 тыс. км, в том числе порядка 12 тыс. км с капитальным покрытием. В течение года в отрасли поставляется до 460 тыс. м³ каменных материалов. Выбор карьеров произведен с учетом расположения на сети дорог при дальностях транспортировки 500 км. Отборы проб осуществлялись партиями по 40 кг на каждую пробу при общем числе проб 84. Инструментальный контроль осуществлялся краевой СЭС при оперативном статистическом контроле на грубую ошибку по малой и большой выборкам и воспроизводимости эксперимента по Кохрену (с минимальным значением критерия 0,74). Результаты исчислений и статистической обработки представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Концентрация естественных радионуклидов в песчано-щебеночной смеси
для дорожного строительства

Место отбора, фракция	Концентрация радионуклидов, Бк/кг			Удельная эффективность, Бк/кг
	²²⁶ Ra,	²³² Th	⁴⁰ K	
Ирба, фр. 5...40	43,3	16,5	383	99,2
	48,5	14,3	323	96,1
	50,6	12,7	315	95,3
Среднее значение	47,5	14,5	340	96,9
Ирба, фр. 0...20	121,1	11,0	356	167
	97,5	8,4	296	135
	94,9	7,9	385	140
Среднее значение	104,5	9,1	346	147
Владимировский, фр. 5...20	17,3	17,8	314	68,7
	6,7	18,8	314	59,4
	9,2	16,0	368	63,1
Среднее значение	11,1	17,5	332	63,7
ГМЗ «Филимоново», фр. 5...20	24,0	34,9	571	121
	23,6	37,0	558	122
	23,3	35,7	555	120
Среднее значение	23,6	35,9	561	121
Карьер «Белый», фр. 5...20	15,7	0,7	0	16,6
	16,8	0,0	0	16,8
	15,7	1,0	0	17,0
Среднее значение	16,1	0,6	0	16,8
Дзержинский, фр. 5...20	0,0	9,3	93	21,3
	6,4	7,2	80	23,0
	3,6	9,3	95	24,3
Среднее значение	3,3	8,6	93	22,9

Продолжение табл. 2

Место отбора, фракция	Концентрация радионуклидов, Бк/кг			Удельная эффективность, Бк/кг
	^{226}Ra ,	^{232}Th	^{40}K	
Мазульский отсев, фр. 0...10	9,7	0,4	37	13,6
	6,8	2,5	74	16,6
	5,4	2,9	77	16,2
	Среднее значение	7,3	63	15,5
Карьер «Громадский». Отходы от дробления	20,9	45,6	1036	173
	4,5	61,4	991	175
	18,7	43,2	1145	178
	Среднее значение	14,7	1057	175
Абаза, отсев фр. 0...10	34,3	6,9	180	59,5
	31,2	6,8	235	61,2
	49,8	2,6	256	76,2
	Среднее значение	38,4	224	65,6
Назарово, ДСЗ, фр. 5...40	15,9	10,4	215	48,7
	14,5	8,8	232	46,8
	18,7	8,0	211	48,1
	Среднее значение	16,3	219	47,9
Дзержинский район, фр. 0...20	123,7	21,9	381	186
	191,5	5,4	228	219
	164,9	0,0	313	193
	Среднее значение	160,0	307	199
АПОСИ, фр. 5...10	9,8	0,0	0	9,8
	5,6	2,1	15	9,7
	6,2	2,1	0	8,9
	Среднее значение	7,2	5	9,5
Карьер «Мазульский» фр. 20...40	28,7	3,7	0	33,5
	23,6	5,2	24	32,6
	22,3	3,2	69	32,6
	Среднее значение	24,9	31	32,9
РУ, фр. 0...20	50,2	18,4	252	96,8
	58,8	12,1	244	96,5
	33,9	26,8	337	99,1
	Среднее значение	47,6	278	97,4
АПОСИ, фр. 0...10	9,6	1,0	0	10,9
	6,8	2,2	20	11,4
	4,7	2,0	59	12,6
	Среднее значение	7,0	26	11,6
Щебень Курагинского щебзавода фр. 5...20	23,6	34,2	1160	172
	31,0	26,8	1172	171
	20,5	33,9	1362	187
	Среднее значение	25,0	1231	177
Назарово, ДСЗ, фр 5...20	20,1	9,7	288	58,7
	18,8	9,7	273	56,0
	19,5	8,6	269	54,9
	Среднее значение	19,5	277	56,6

Место отбора, фракция	Концентрация радионуклидов, Бк/кг			Удельная эффективность, Бк/кг
	^{226}Ra ,	^{232}Th	^{40}K	
Карьер «Кардон», Фр 5...20	26,3	51,4	604	148
	16,8	53,9	699	150
	16,9	64,5	737	167
Среднее значение	20,0	56,6	680	155

Таблица 3

Статистические показатели распределения естественных радионуклидов

Показатель статистического распределения	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	$A_{\text{эфф}}$
Среднее	30,3	16,3	360	84,0
Медиана	18,3	9,33	277	66,9
Стандартное отклонение	37,0	16,2	357	61,7
Эксцесс	7,32	0,79	0,63	1,16
Асимметричность	2,69	1,27	1,26	0,46
Максимальное значение	191,5	64,5	1362	219
Количество	84	84	84	84

На рис. 1, а представлена гистограмма распределения $A_{\text{эфф}}$ в материалах, используемых в дорожном строительстве. Распределение имеет выраженный бимодальный характер. По степени активности естественных радионуклидов песчано-щебеночной смеси для дорожно-строительных материалов можно разделить на две группы. На рис. 1, б представлена гистограмма распределения для материалов, имеющих $A_{\text{эфф}} \text{ ЕРН} > 14 \text{ Бк/кг}$. Распределение приближается к нормальному с минимальными значениями асимметрии и эксцесса. Это позволяет рассчитать верхнюю границу удельной эффективной активности ЕФ (табл. 4).

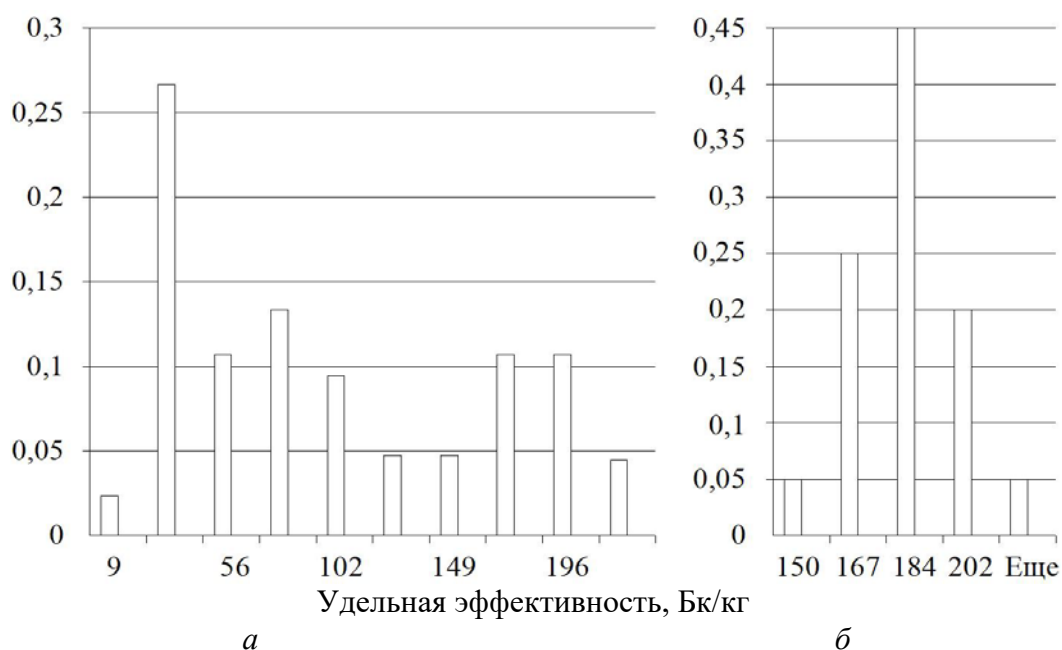


Рис. 1. Распределение удельной эффективной активности в песчано-щебёночной смеси для дорожного строительства: а – при $A_{\text{эфф}} < 149 \text{ Бк/кг}$; б – при $A_{\text{эфф}} > 149 \text{ Бк/кг}$

Таблица 4

Распределение значений эффективной активности для дорожно-строительных материалов
с $A_{эфф} > 149$ Бк/кг

Показатель статистического распределения	$A_{эфф}$	Показатель статистического распределения	$A_{эфф}$
Среднее	173	Эксцесс	0,93
Стандартная ошибка	3,9	Асимметричность	0,88
Медиана	173	Минимум	149,8
Мода	–	Максимум	219,0
Стандартное отклонение	17,6	Максимальное значение с вероятностью 0,99	226

Исходя из предположения, что процессы активности радионуклидов не характеризуются нормальным распределением (Гаусса) были проведены статистические исследования на основе программно-математического инженерного обеспечения DataFit (фирмы *Oakdale Engineering*, США). В результате исследований были получены следующие математические модели

$$A_{эфф} = 1,997 \cdot {}^{226}Ra + 1,598 \cdot {}^{232}Th + 6,997 \cdot {}^{40}K + 0,712, \quad R^2 = 0,9988;$$

$$A_{эфф} = 5,9756 + 0,8096 \cdot {}^{226}Ra + 0,1624 \cdot {}^{232}Th, \quad R^2 = 0,9877.$$

Значения коэффициента детерминации R^2 показывают высокую надежность полученных математических моделей.

Для песчано-щебеночной смеси при выполнении дорожно-строительных работ в Красноярском крае значение $A_{эфф}$ не будет превышать 226 Бк/кг (с вероятностью 0,9), что удовлетворяет действующим требованиям ГОСТ 30108–94.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения рассматривается как необходимое условие «реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду» [4].

Расширение минерально-сырьевой базы дорожного комплекса Красноярского края, преимущественно в виде использования минеральных отходов рудников (изверженные горные породы, сланцы), отходов промышленных предприятий (золы уноса, шлаки, пеки и др.), техногенных вторичных ресурсов (бетон, кирпич, композиты), диктует необходимость развития систематического контроля.

Библиографический список

1. О радиационной безопасности населения : федер. закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ (с изменениями на 11 июня 2021 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9015351?section=text>.
2. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47) // Справочно-правовая система «Гарант». Режим доступа: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33>.
3. ГОСТ 30108–94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов (с Изменениями N 1, 2). М. : Стандартинформ, 2007 год // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001235?section=status>.

4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : федер. закон от 30 марта 1999 № 52-ФЗ (с изм. на 02.07.2021) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901729631?section=text>.

5. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 // Справочно-правовая система «Гарант». Режим доступа: https://base.garant.ru/12177986/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#block_1000.

References

1. On the radiation safety of the population: Feder. Law of 09.01.1996 No. 3-FZ (as amended on June 11, 2021) // Electronic fund of legal and regulatory documents. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/9015351?section=text>.

2. Sanitary rules and regulations SanPiN 2.6.1.2523-09 "Norms of radiation safety NRB-99/2009": approved. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 07.07.2009 No. 47) // Reference and legal system "Garant". Access mode: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33>.

3. GOST 30108–94 Building materials and products. Determination of the specific effective activity of natural radionuclides (with Amendments No. 1, 2). М.: Standartinform, 2007 // Electronic fund of legal and normative-technical documents. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/871001235?section=status>.

4. On the sanitary and epidemiological well-being of the population: Feder. Law of March 30, 1999 No. 52-FZ (as amended on 02.07.2021) // Electronic fund of legal and regulatory documents. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/901729631?section=text>.

5. Sanitary rules and regulations SP 2.6.1.2612-10 "Basic sanitary rules for ensuring radiation safety" (OSPORB-99/2010): approved. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 26.04.2010 No. 40 // Reference and legal system "Garant". Access mode: https://base.garant.ru/12177986/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#block_1000.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК 621.87

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова Е.А. Тарасов*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Н.М. Волков

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

Д.Н. Дегтев

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

С.А. Никитин

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
проф. Н.А.Ульянова*

А.Н. Щиенко

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Voronezh State Technical University

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova E.A. Tarasov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova N.M. Volkov*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova D.N. Degtev*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova S.A. Nikitin*

*D.Sc.(Engineerin), Assoc. Department of
construction engineering and engineering
mechanics named after Professor
N.Ul'yanova A.N. Shchienko*

*Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Е.А. Тарасов, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.А. Никитин, А.Н. Щиенко

ПРИМЕР РЕЦЕНЗИИ НА ЭКСПЕРТИЗУ ЛКП АВТОМОБИЛЯ

Исследование имело своей целью проведение рецензии на экспертизу
лакокрасочного покрытия автомобиля Лада Гранта.

Ключевые слова: ЛКП, рецензия, автомобиль, транспортное средство.

Е.А. Tarasov, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.A. Nikitin, A.N. Shchienko

EXAMPLE OF A REVIEW OF THE EXAMINATION OF THE LCP OF THE CAR

The purpose of the study was to conduct a review of the examination of the
paintwork of the Lada Grant car.

Keywords: LCP, review, car, vehicle.

===== ИССЛЕДОВАНИЕ =====

Согласно ст. 8 Федерального закона от 31 мая 2001 г. N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации":

“Эксперт проводит исследования объективно, на строго научной и практической основе, в пределах соответствующей специальности, всесторонне и в полном объеме.

Заключение эксперта должно основываться на положениях, дающих возможность проверить обоснованность и достоверность сделанных выводов на базе общепринятых научных и практических данных”.

Заключение эксперта № 171/13 ООО “Центр судебной экспертизы”, выполненное в рамках гражданского дела № xxxxx/2019, рассматриваемого в xxxxxx районном суде города Санкт-Петербурга выполнено экспертом А.А. xxxxxx.

По смыслу поставленных перед экспертом вопросов область специальных познаний соответствует экспертной специальности 10.2 «Исследование лакокрасочных материалов и покрытий». Эксперт А.А. xxxxx вышеуказанной экспертной специальностью не имеет. Квалификация эксперта А.А. xxxxxx не соответствует тематике рассматриваемых вопросов, так как профессиональную подготовку по экспертной специальности 10.2 эксперт не проходил, соответственно, решение вопросов в рамках рецензируемого заключения руководителем экспертного учреждения было поручено эксперту, не имеющему права подписи данных видов экспертиз (не прошедшего специальную экспертную подготовку в этой части), не имеющему специальных познаний в данной области науки и техники.

В данном случае, поручение исследования (и ее производство) некомпетентным в этой отрасли науки экспертам свидетельствует о нарушениях Ст.14 Федерального закона от 31.05.2001 N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации", а также свидетельствует о нарушении принципов экспертной деятельности, заложенных в Ст.4 и Ст.8 этого же ФЗ, а именно, принципов объективности, всесторонности, полноты, научной обоснованности и т.д.

Структура заключения эксперта в целом соответствует принятым нормам, требования Федерального закона Российской Федерации «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» в этой части экспертом, в основном, соблюдены. Заключение эксперта состоит из следующих разделов:

- Вводная часть;
- Исследование;
- Выводы.

Во вводной части экспертом приведен перечень вопросов, которые представлены на исследование; представлен список литературы. Требования по оформлению вводной части экспертом в целом соблюдены. **Исходные данные переданы недостоверно и вызывают сомнения. На них отдельно остановимся ниже в исследовательской части.** В качестве замечания следует указать следующее:

- Раздел «Обстоятельства дела» в заключении отсутствует.
- Раздел «Исходные данные» в заключении отсутствует, отсюда остается неясным, какие именно исходные данные были заложены эксперту для проведения исследования. Эксперт лишь ссылается на материалы дела, но не указывает их отдельно.
- Раздел «Исходные данные» в заключении отсутствует, отсюда остается неясным, какие именно исходные данные были заложены специалистом для проведения исследования.

Данное обстоятельство также указывает на то, что к моменту производства исследования эксперт не обладал специальными познаниями в отрасли науки и техники, по которой были поставлены вопросы (в частности, первый вопрос) определения суда.

- Сведения о том, какая именно экспертиза была назначена судом (автотовароведческая или автотехническая, комплексная или нет, комиссия или нет?), отсутствуют, сведения о том, какой именно вид экспертизы производился экспертом, также отсутствуют, что лишает возможности рецензента проверить основания для производства данной экспертизы и процессуальную корректность ее производства.

Анализ вводной части показывает, что эксперт А.А.ххххх не знает и не выполняет процессуальные требования к оформлению и производству судебных экспертиз, требования законодательства РФ и методик в этой части экспертом также не выполняются, структура заключения не соответствует требованиям ст.86 ГПК РФ.

В исследовательской части экспертом решаются два вопроса: *«Имелись ли в автомобиле Лада Гранта 2015 года выпуска, государственный регистрационный знак хххххх, дефекты лакокрасочного покрытия по состоянию на 18 мая 2018 года? 2. Если дефекты имелись, то являлись ли они производственными (в том числе, но не ограничиваясь, дефектом изготовления, материала или сборки), либо эксплуатационными (в том числе, но не ограничиваясь, образовались в результате ДТП, последствием возможного некачественного ремонта ТС после ДТП)?»,* предложенные для рассмотрения (в данном случае, из заключения непонятно, соответствуют ли вопросы редакции, отраженной в определении суда). Анализируя содержание ответа на вопросы суда, следует обратить внимание на отступление от технического языка изложения, а также на следующие противоречия:

1. По смыслу поставленного 1 вопроса требуется определить, имелись ли у автомобиля Лада Гранта 2015 года выпуска, государственный регистрационный знак хххххх дефекты лакокрасочного покрытия по состоянию на 18 мая 2018 года. Отвечая на данный вопрос, экспертом должен быть экспертом должен быть указаны размеры и месторасположение выявленных дефектов с привязкой к основным конструктивным элементам ТС, определена твердость лакокрасочного покрытия кузовных элементов транспортного средства, затем должна быть исследована адгезия лакокрасочного покрытия ТС, толщина ЛКП элементов кузова автомобиля.

Требования к лакокрасочному покрытию кузова автомобиля устанавливает изготовитель и ГОСТы. В соответствии со ст.2 Федерального закона «О техническом регулировании» обязательными являются требования к продукции, установленные техническими регламентами. Свойства лакокрасочного покрытия кузова автомобиля должны быть оценены с учетом требований нормативных документов.

Лакокрасочное покрытие кузова автомобиля по своему назначению относится к виду защитно-декоративных покрытий, предназначенных для защиты окрашиваемой поверхности от воздействия факторов внешней среды и придания изделию декоративного вида (ГОСТ 9.072-77).

Приведем нормативные документы, которые устанавливают требования к показателям, характеризующим защитные и декоративные свойства лакокрасочного покрытия кузова автомобиля.

В соответствии с ГОСТ 23852-79 лакокрасочное покрытие кузова автомобиля, к которым относится автомобиль Лада Гранта 2015 года выпуска, государственный регистрационный знак хххххх, должно соответствовать I классу.

ГОСТ 9.032-74 нормирует следующие свойства лакокрасочных покрытий I класса:

- включения;
- шагреня;
- штрихи и риски;
- потеки (в соответствии с ГОСТ 28246-89 - наплывы),
- волнистость;
- разнооттеночность.

ГОСТ 9.407-84 устанавливает перечень свойств, характеризующих внешний вид и защитные свойства лакокрасочных покрытий. К свойствам, характеризующим внешний вид, ГОСТ 9.407-84 относит:

- изменение блеска;
- изменение цвета;
- грязеудержание;
- меление.

К повреждениям, нарушающим защитные свойства лакокрасочного покрытия, ГОСТ 9.407-84 относит:

- растрескивание;
- выветривание;
- отслаивание;
- растворение;
- сморщивание;
- образование пузырей;
- коррозия металла.

Кроме указанных выше, могут быть и другие повреждения, дефекты, неисправности, влияющие на декоративные и защитные свойства лакокрасочных покрытий, указанные в ГОСТ 28246-89.

Классификация дефектов лакокрасочного покрытия должна производиться в соответствии с ГОСТ 28246-89, ГОСТ 9.072-77:

- окрашиваемая поверхность: поверхность, на которую нанесен или должен быть нанесен лакокрасочный материал;
- лакокрасочное покрытие - сплошное покрытие, полученное в результате нанесения одного или нескольких слоев лакокрасочного материала на окрашиваемую поверхность;
- адгезионная прочность лакокрасочного покрытия - совокупность сил, связывающее высохшее лакокрасочное покрытие с окрашиваемой поверхностью;
- твердость лакокрасочного покрытия - способность высохшего лакокрасочного покрытия сопротивляться проникновению или вдавливанию твердого тела;
- образование кратеров в лакокрасочном покрытии - образование в лакокрасочном покрытии маленьких круглых углублений, сохраняющихся после сушки;
- растрескивание лакокрасочного покрытия - образование разрывов в высохшем лакокрасочном покрытии;
- подпленочная коррозия - коррозия окрашенного материала в результате воздействия агрессивной среды, проникающей к его поверхности через лакокрасочный материал.

2. Определение толщины ЛКП. Методы контроля толщины ЛКП и требования к измерительным приборам изложены в ГОСТ Р 51694-2000. Часто эксперты ограничиваются однократным замером толщины покрытия в 1-5 точках детали кузова, не указывая при этом расположение контрольных точек и не делая параллельных измерений в каждой контрольной точке. Это ошибка. Для получения необходимой и достаточной информации требуется 15 и более контрольных точек на внешних поверхностях основных деталей кузова (капот, дверь, крыло, панель крыши и др.).

Требуется также представление схемы контроля, на которой указано не только количество, но и расположение контрольных точек. Это необходимое условие выполнения обязательного требования к экспертному заключению, установленного ст. 8 Федерального закона № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» – проверяемости. При наличии схемы контроля появляется возможность проверить результаты контроля, представленные в заключение эксперта. Без схемы контроля проверка фактически невозможна и опирается только на выводы эксперта. Но экспертиза не может основываться на доверии – она должна обеспечиваться возможностью проверки результатов.

Схема контроля толщины лакокрасочного покрытия исследуемого автомобиля представлена на рис. 1.

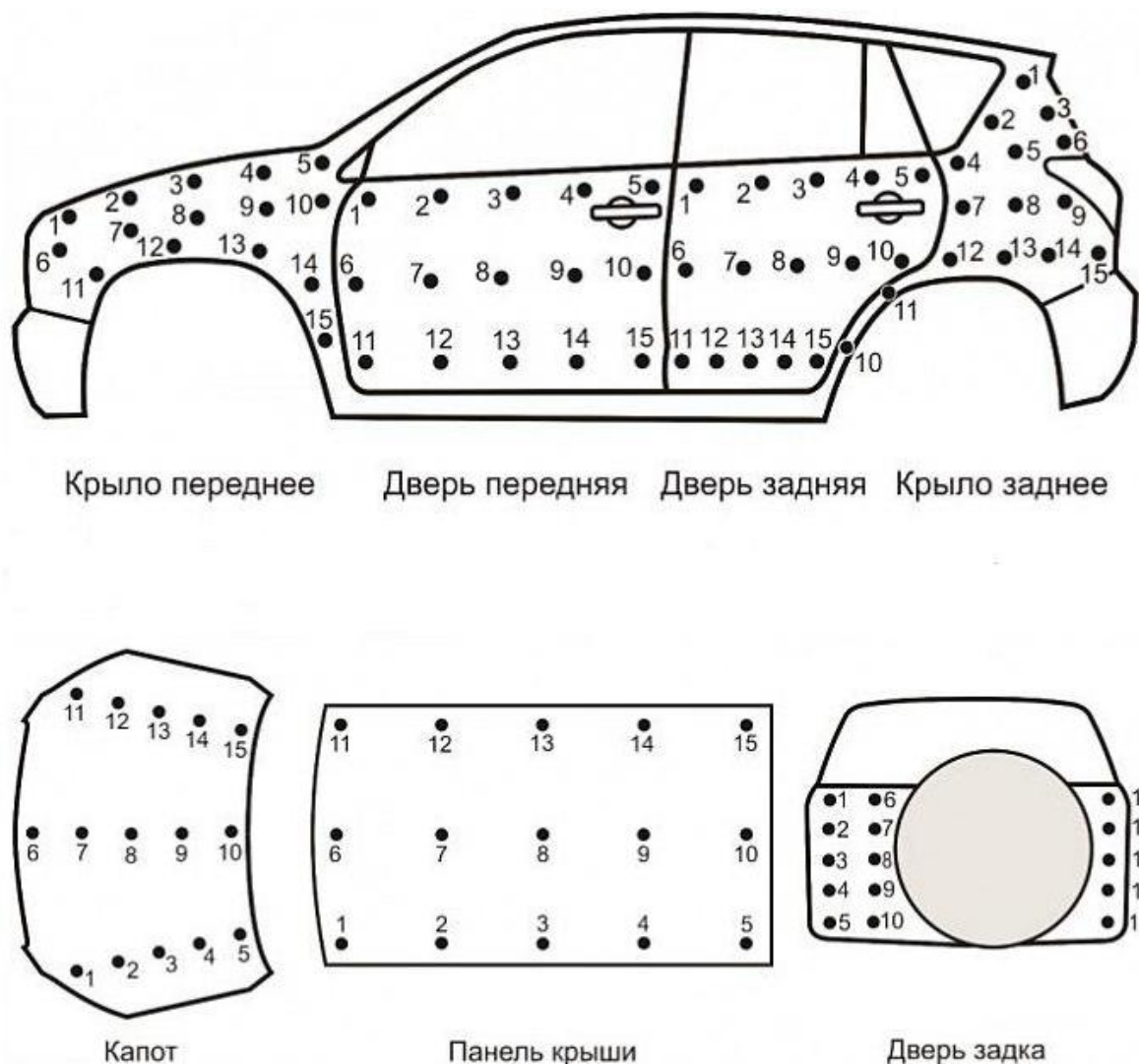


Рис. 1. Схема контроля толщины лакокрасочного покрытия автомобиля

На каждой лицевой поверхности деталей кузова должно быть проверено 15 контрольных точек. Локальная толщина лакокрасочного покрытия определяется в каждой контрольной точке как средняя величина по результатам не менее трех параллельных измерений, что соответствует п. 7.4.3 и 8.4.2 ГОСТ Р 51694-2000. Для решаемой задачи результат вычисления средней величины округляется до целой величины единицы измерения.

При исследовании должна обязательно быть измерена **температура окружающего воздуха и относительная влажность воздуха**, т.к. эти показатели напрямую влияют на результаты исследований по измерению толщины ЛКП кузова транспортного средства.

Толщина лакокрасочного покрытия в каждой конкретной точке поверхности (локальная толщина покрытия) является величиной случайной.

Статистические характеристики толщины лакокрасочного покрытия определяются в соответствии с ГОСТ 50779.10-2000 по формулам

$$\delta_{cp} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \delta_i, \quad (1)$$

$$S(\delta) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\delta_i - \delta_{cp})^2}, \quad (2)$$

где δ_{cp} – среднее значение толщины лакокрасочного покрытия, мкм;
 $S(\delta_{cp})$ – выборочное среднее квадратическое отклонение;
 δ_i – i -е значение измеренной величины локальной толщины покрытия, мкм;
 N – количество контрольных точек.

Статистические характеристики толщины лакокрасочного покрытия отдельных панелей кузова должны быть представлены в таблице для последующего анализа, иначе полученные данные не будут иметь никакой практической ценности.

2. Определение твердости ЛКП. Методы определения твердости ЛКП, изложенные в ГОСТ 5233-89 и ГОСТ Р 52166-2003, не могут быть применены к лакокрасочному покрытию конкретного автомобиля. Эти испытания проводятся только на образцах.

Твердость ЛКП исследуемого автомобиля должна определяться в соответствии с ГОСТ Р 54586-2011, стандартом ISO 15184: 1998.

Для проведения исследования выбирается деталь, на которой наносились риски карандашами различной степени твердости (рис. 2) с наклоном карандаша в 45°.

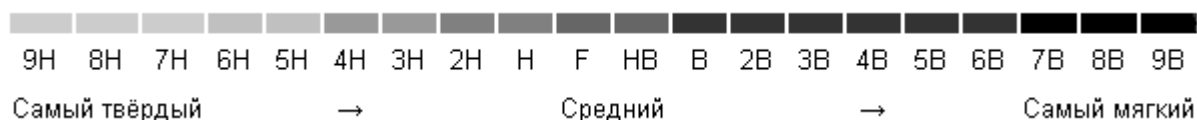


Рис. 2. Типы карандашей, используемых для определения твердости лакокрасочного покрытия автомобиля

При этом, применяются карандаши разной степени твердости (начиная с самого мягкого, 2B, B, HB, F, H, 2H). Грифель карандаша должен иметь острую кромку, заточен под углом 90°. При проведении исследования делается анализ полученных результатов и принимается решение о соответствии твердости ЛКП исследуемого автомобиля ГОСТ.

3. Исследование по определению степени адгезии проводятся методом решетчатых надрезов по общепринятой методике в соответствии с международным стандартом ИСО 2409 и ГОСТ 15140-78, например, с помощью “Адгезиометра РН” (РЕЗАК). При проведении исследований фрезой с расстоянием между режущими кромками 2 мм. наносятся по 8 насечек, расположенных крест-накрест (в виде решетки). После нанесения надрезов для удаления отслоившихся кусочков покрытия проводят мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении по пять раз в прямом и обратном направлении. Адгезию оценивают в соответствии с табл. 1 ГОСТ 15140-78, используя при необходимости лупу. Данный метод является разрушающим и повреждает ЛКП автомобиля.

Следует добавить, что для кузовов автомобилей, как и для всех металлических изделий, окрашенных в заводских условиях, адгезия должна быть не ниже балла “1” по ГОСТ 15140-78.

Исследование содержания ответа на вопрос 1 показывает, что экспертом не только не соблюдены стадии исследования, не соблюдены требования методик к проведению исследования (методология проведения исследования), более того, сама исследовательская часть представляет собой хаотичный и ничем не связанный между собой набор отрывков, который никак не ведет к поставленной цели – ответу на вопрос суда. В исследовательской части исследование твердости ЛКП не проведено, адгезия ЛКП не исследована, исследование толщины ЛКП выполнено поверхностно, полностью отсутствует исследование очагов коррозии под увеличительным стеклом или микроскопом, отсутствует исследование слоев лакокрасочного покрытия автомобиля, иными словами, исследование экспертом фактически не выполнялось, отсюда непонятно, каким образом он пришел к выводам. Отдельные исследования, не содержат синтеза и носят разрозненный характер, при этом экспертом делаются умозаключения без какой либо взаимосвязи с исследовательской частью и без обоснования,

ссылки на методики отсутствуют, доказательства собственных умозаключений эксперта отсутствуют, что указывает на признаки имитации процесса исследования под заранее определенный результат. В данном случае, экспертом нарушаются принципы объективности, научной обоснованности и всесторонности исследования, данные действия могут свидетельствовать о заинтересованности эксперта в определенном результате исследования, что является нарушением ст.16 Федерального закона от 31.05.2001 N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации" и ст.85 ГПК РФ.

Одновременно, необходимо отметить, что эксперт путает понятия. Например, понятие “наносная коррозия”.

Следует пояснить, что такое **“наносная коррозия”**. В результате воздействия посторонних остроконечных предметов обладающих твердостью превышающих твердость ЛКП с поверхностью деталей кузова, на покрытия появляются небольшие трещины, микро вмятины, сколы, не глубокие царапины. При взаимодействии с агрессивной окружающей средой, через полученные повреждения влага из воздуха и атмосферных осадков, противогололедных компонентов, накапливаясь в образовавшихся повреждениях, вызывает образование мелких коричневых точек. Следующим этапом разрушения является вздутие (поднятие пленки). Образовавшееся вздутие (пузырь) со временем разрушается, обнажая металл. Промышленная пыль и мелкие железосодержащие частицы, попадающие в воздух вблизи промышленных предприятий, автодорог, могут вызвать появление локальных пятен различных оттенков. Удаляются они чрезвычайно трудно, особенно если с момента попадания загрязнений на ЛКП прошло несколько дней. Впоследствии данные микроскопические частицы становятся локальными очагами коррозии.

Наносная коррозия появляется на наружных, видимых поверхностях. Она ухудшает внешний вид автомобиля, но не влияет на его эксплуатационные качества. Однако если не принять своевременных мер, наносная коррозия может развиваться в проникающую.

Данное обстоятельство однозначно доказывает, что судебный эксперт не обладает должной квалификацией и не имел права приступать к исследованию вышеуказанного автомобиля, т.к. не проходил профессиональную подготовку по экспертной специальности 10.2 «Исследование лакокрасочных материалов и покрытий».

Отдельно остановимся на очагах коррозии, которые эксперт выявил *“под уплотнителями всех дверей”*.

Так эксперт пишет *“... Уплотнение верхней части всех дверей выполнено при помощи резинового уплотнителя, закрепленного в верхней части проемов кузова. При эксплуатации автомобиля в местах верхних уплотнений проникает значительное количество абразивных частиц, вызывающих истирание ЛКП в местах контакта ...”*.

Данная фраза эксперта вообще не выдерживает никакой критики. Очевидно, что эксперт вообще не понимает предназначение уплотнителей, он не знает, что данный уплотнитель носит название - уплотнитель проема двери, он не задается вопросом почему абразив попадает именно в верхнюю часть уплотнителя и как именно этот абразив может туда попасть при закрытых дверях. Очевидно, что эксперт либо полностью некомпетентен в вопросах автомобилестроения, устройстве и проектировании транспортных средств или же его отдельные утверждения и синтезирующие выводы необоснованно носят категоричный характер, что требует правовой оценки действий эксперта (ст.307 УК РФ).

Как было уже показано выше, прийти к каким-то аналогичным выводам методами автотехнической экспертизы НЕВОЗМОЖНО. Таким образом, формулируя выводы по данному вопросу, эксперт вышел за рамки своей компетенции для сбора доказательств в интересах одной из сторон путем имитации процесса исследования, что является нарушением ст.16 Федерального закона от 31.05.2001 N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации", при этом сами выводы носят надуманный и необоснованно категоричный характер.

Выводы эксперта ООО “xxxxxxx” А.А.хххххх в заключение эксперта в рамках гражданского дела № 2-1223/2019, рассматриваемого в хххххх районном суде города Санкт-Петербурга, выполнены по каждому вопросу, однако из исследовательской части не вытекают, не являются научно-обоснованными и содержат ложные суждения. Структура и содержание выводов по вопросам соответствует поставленным вопросам, однако выводы нельзя признать обоснованными, прийти к аналогичным выводам методами автотехнической экспертизы невозможно.

В результате проведенного рецензирования следует дать следующие рекомендации:

- заключение эксперта по делу № хххххх, рассматриваемого в хххххххх районном суде города Санкт-Петербурга, выполненное экспертом ООО “xxxxxxx” А.А.хххххх, содержит нарушения в части оформления (в частности, не имеет даты окончания производства экспертизы, не указано место проведения экспертизы, нет соответствующих поставленному вопросу источников литературы, нет разделов исходные данные и обстоятельства дела, в тексте нет ссылок на методики), кроме того, квалификация эксперта ООО “xxxxxxx” А.А.хххххх не соответствовала тематике решенных ими вопросов, соответствующие допуску к решению поставленных вопросов у эксперта отсутствовали, выводы необоснованны, необъективны и носят антинаучный характер, отдельные высказывания носят ложный характер, учитывая вышеизложенное, **по итогам проведенного рецензирования рекомендовано проведение повторной экспертизы**, так как при производстве исследования были нарушены требования ст.ст. 2, 4, 8, 14, 16, 25 Федерального закона от 31.05.2001 N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации", требования ст.86 АПК РФ, нарушены требования методик к производству данных видов экспертиз, нарушены принципы экспертной деятельности (объективность, всесторонность, полнота, научная обоснованность исследования и т.д.),

- кроме того, для решения поставленных вопросов эксперт осуществлял сбор доказательств в интересах одной из сторон по делу, имитируя процесс исследования, само заключение имеет явные признаки доказывания заранее выбранной версии, отдельные утверждения и синтезирующие выводы необоснованно носят категоричный характер, что требует правовой оценки действий эксперта (ст.307 УК РФ).

Библиографический список

1. Копия заключения эксперта № хххх/хххх ООО “xxxxxxx”, выполненное в рамках гражданского дела № хххххх/2019, рассматриваемого в хххххххх районном суде города Санкт-Петербурга.
2. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный Закон от 31 мая 2001 № 73-ФЗ [Текст] // Российская газ. – 2001. – 05.06. – С. 3.
3. Беляева, Л. Д. Современные возможности экспертиз [Текст] : методическое пособие для экспертов, следователей и судей / Л. Д. Беляева, А. Ю. Бутырин, Ю. М. Воронков – М. : Триада-Х, 2000.
4. РД 37.009.025-92 Положение о гарантийном обслуживании легковых автомобилей и мототехники.
5. Березин, С.В. Справочник автомеханика [Текст] / С. В. Березин. – М. : Феникс 2008 – 346 с.
6. Технология производства и ремонта автомобилей : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, В. П. Иванов. – Минск. : Адукацыя і выхаванне, 2008 – 640 с.
7. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Малкин. – М. : Издательский центр «Академия», 2007 – 288 с.

8. Демокритов В.Н. и др. Основы проектирования машин. [Текст] / : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 236 с.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] / В 3-х т. Т.2 - 9-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И. Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2006. – 960 с.
10. Федотов А.И., Зарщиков А.М. Конструкция, расчет и потребительские свойства автомобилей [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений под общей редакцией Федотова А. И. – Иркутск, 2007. – 334 с.
11. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения: Постановление Правительства РФ от 23 октября 1993 № 1090 [Текст] // Российская газ. – 1993. – 06.11. – С. 3.
12. Замиховский, М. И. Исследование недостатков автомобилей, находящихся в эксплуатации [Текст] : методическое пособие для экспертов и судей / М. И. Замиховский, А. В. Рузский, Ю. М. Воронков – М. : ИПК РФЦСЭ, 2006.
13. Смирнов, В. Л. Автомобили ВАЗ. Кузова. Технология ремонта. [Текст] : справочно-методическое пособие / В. Л. Смирнов, В. С. Боюр, Г. В. Гаранина, В.Е. Климов, Н.Н. Завьялова и др. – Тольятти : ИТЦ “АвтоВАЗтехобслуживание”, – 243 с.
14. ISO 12944-5: 1998 Лак и краски. Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий.
15. ISO 15184: 1998 Краски и лаки. Определение твердости пленки по карандашной шкале.
16. ISO 4628: 2003 Лаки и краски. Оценка степени разрушения лакокрасочных покрытий. Обозначение интенсивности, количества и размера дефектов общего типа.
17. NIPPON PAINT Авторемонтные покрытия. Техническая документация 2011.
18. ГОСТ 23852-79. Покрытия лакокрасочные. Общие требования к выбору по декоративным свойствам.
19. ГОСТ 29319-92 Материалы лакокрасочные. Метод визуального сравнения цвета.
20. ГОСТ 51694-2000 Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.
21. ГОСТ 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики.
22. ГОСТ 9.032-74. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения.
23. ГОСТ 9.407-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида.
24. ГОСТ Р 54586-2011 Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытия по карандашу.
25. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании».
26. ГОСТ 5233-89 Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытий по маятниковому прибору.
27. ГОСТ Р 52166-2003 (ИСО 1522: 1998) Материалы лакокрасочные. Определение твердости покрытия по времени уменьшения амплитуды колебаний маятника.
28. Brochure-defects-RM пособие о дефектах и повреждению ЛКП автомобилей: Официальный дистрибьютор R-M Automotive Paint Подразделение BASF Coatings S.A.S.
29. Евтюков С.А., Гальцев Ю.В., Колкутин В.В., Рябинин Г.А., Метрологический справочник для судебных экспертов и адвокатов, С-Пб, «ДНК», 2007 г.
30. ГОСТ 28246-89 (ИСО 4618/1-3) Краски и лаки. Термины и определения.
31. Dynacoat Clear 7000 AS– D1.05.17: Техническая документация Akzo Nobel Car Refinishes B.V., PO Box 3 2170 BA Sassenheim 2014 С. 4.
32. Sikkens Autoclear LV Superioror Техническая документация S1.05.01 Akzo Nobel Car Refinishes B.V., PO Box 3 2170 BA Sassenheim 2015 С. 5.
33. ГОСТ 5272-68 Коррозия металлов. Термины (с Изменениями N 1, 2)
34. Руководство по эксплуатации автомобиля Лада Гранта.

35. Тарасов Е.А. Важность определения судебной автотехнической экспертизы с точки зрения процессуальных противоречий и практической эффективности применения результатов // Российский следователь. - 2020. - № 10. - С. 17-20.
36. Дуюнов В.К., Тарасов Е.А. Приобщение образцов лакокрасочных покрытий к базе вещественных доказательств при криминалистическом исследовании автомобиля // Судебная экспертиза. - 2020. - № 4. - С. 124-132.
37. Тарасов Е.А. Особенности и тактика назначения судебной автотехнической экспертизы с учетом необходимости ситуационного моделирования обстоятельств возникновения ДТП // Транспортное право. 2020. № 2. С. 25–28.
38. Тарасов Е.А. Важность применения криминалистических методов при сборе материалов для автотехнической экспертизы обстоятельств ДТП // Адвокатская практика. - 2020. - № 4. - С. 37-43.

References

1. A copy of the expert opinion No. xxxx/xxxx of LLC "xxxxxx", executed in the framework of civil case No. xxxx/2019, considered in the Krasnoselsky District Court of St. Petersburg.
2. On State Forensic Expert Activity in the Russian Federation: Federal Law No. 73-FZ of May 31, 2001 [Text] // Rossiyskaya gazeta. - 2001. - 05.06. - P. 3.
3. Belyaeva, L. D. Modern possibilities of expertise [Text] : a methodological guide for experts, investigators and judges / L. D. Belyaeva, A. Y. Butyrin, Y. M. Voronkov - M. : Triad-X, 2000.
4. RD 37.009.025-92 Regulations on warranty service of passenger cars and motor vehicles.
5. Berezin, S.V. Handbook of automechanics [Text] / S. V. Berezin. - M. : Phoenix 2008 - 346 p.
6. Technology of production and repair of cars: studies. manual for students. higher. studies. establishments [Text] / V. K. Yaroshevich, A. S. Savich, V. P. Ivanov. - Minsk. : Adukatsia i vykhavanne, 2008 - 640 p.
7. Malkin, V.S. Technical operation of cars: Theoretical and practical aspects [Text] : textbook. manual for students. higher. studies. institutions / V.S. Malkin. - M. : Publishing Center "Academy", 2007 - 288 p.
8. Demokritov V.N. et al. Fundamentals of machine design. [Text] / : studies. manual for students. higher. studies. institutions / Ulyanovsk: UISTU, 2007. - 236 p.
9. Anuryev V.I. Handbook of a machine-building designer [Text] / In 3 vols. Vol. 2 - 9th ed., reprint. and additional / Edited by I. N. Zhestkova. - M. : Mashinostroenie, 2006– - 960 p.
10. Fedotov A.I., Zarshchikov A.M. Design, calculation and consumer properties of cars [Text] : textbook. manual for students. higher. studies. institutions under the general editorship of Fedotov A. I. - Irkutsk, 2007– - 334 p.
11. The main provisions on the admission of vehicles to operation and the duties of officials to ensure road safety: Decree of the Government of the Russian Federation of October 23, 1993 No. 1090 [Text] // Russian gas. - 1993. - 06.11. - p. 3.
12. Zamikhovsky, M. I. Investigation of the shortcomings of cars in operation [Text] : a methodological guide for experts and judges / M. I. Zamikhovsky, A.V. Ruzsky, Yu. M. Voronkov - M. : IPK RFTSSE, 2006.
13. Smirnov, V. L. VAZ cars. Bodywork. Repair technology. [Text] : reference manual / V. L. Smirnov, V. S. Boyur, G. V. Garanina, V.E. Klimov, N.N. Zavyalova, etc– - Togliatti : ITC "Avtovaztekhobluzhanie", - 243 p.
14. ISO 12944-5: 1998 Varnish and paints. Corrosion protection of steel structures by systems of protective coatings.
15. ISO 15184:1998 Paints and varnishes. Determination of film hardness by pencil scale.
16. ISO 4628:2003 Varnishes and paints. Assessment of the degree of destruction of paint coatings. Designation of the intensity, number and size of defects of a general type.

17. NIPPON PAINT Auto repair coatings. Technical documentation 2011.
18. GOST 23852-79. Paint and varnish coatings. General requirements for the choice of decorative properties.
19. GOST 29319-92 Paint and varnish materials. A method of visual color comparison.
20. GOST 51694-2000 Paint and varnish materials. Determination of the coating thickness.
21. GOST 50779.10-2000 Statistical methods. Probability and the basics of statistics.
22. GOST 9.032-74. EZKS. Paint and varnish coatings. Groups, technical requirements and designations.
23. GOST 9.407-84. A unified system of protection against corrosion and aging. The coatings are varnished and colorful. The method of assessing the appearance.
24. GOST R 54586-2011 Paint and varnish materials. Method for determining the hardness of the coating by pencil.
25. Federal Law No. 184-FZ of December 27, 2002 "On Technical Regulation".
26. GOST 5233-89 Paint and varnish materials. A method for determining the hardness of coatings by a pendulum device.
27. GOST R 52166-2003 (ISO 1522: 1998) Paint and varnish materials. Determination of the hardness of the coating by the time the amplitude of the pendulum oscillations decreases.
28. Brochure-defects-RM allowance of defects and damage paintwork of cars: the Official distributor of R-M Automotive Paint Division, BASF Coatings S. A. S.
29. Evtukov S. A., Gali J. V., Kolkutin V. V., Ryabinin, A., Metrological reference for forensic experts and lawyers, St. Petersburg, "DNA", 2007
30. GOST 28246-89 (ISO 4618/1-3) Paints and varnishes. Terms and definitions.
31. Dynacoat Clear 7000 AS– D1.05.17: Technical documentation Akzo Nobel Car Refinishes B. V., PO Box 3 2170 BA Sassenheim 2014 p. 4.
32. Sikkens Autoclear LV Superior Technical documentation S1.05.01 Akzo Nobel Car Refinishes B. V., PO Box 3 2170 BA Sassenheim 2015 C. 5.
33. GOST 5272-68 Corrosion of metals. Terms (with Changes N 1, 2)
34. Lada Granta Car Operating Manual.
35. Tarasov E.A. The importance of determining the forensic auto-technical expertise from the point of view of procedural contradictions and the practical effectiveness of the use of the results // Russian investigator. - 2020. - No. 10. - pp. 17-20.
36. Duunov V.K., Tarasov E.A. Attaching samples of paint coatings to the database of physical evidence during the forensic examination of the car // Forensic examination. - 2020. - No. 4. - pp. 124-132.
37. Tarasov E.A. Features and tactics of the appointment of judicial auto-technical expertise, taking into account the need for situational modeling of the circumstances of the occurrence of an accident // Transport law. 2020. No. 2. pp. 25-28.
38. Tarasov E.A. The importance of using forensic methods when collecting materials for the automotive technical examination of the circumstances of an accident // Lawyer's practice. - 2020. - No. 4. - pp. 37-43.

*Воронежский государственный
технический университет
магистр, кафедры строительства и эксплуата-
ции автомобильных дорог
А.Д. Чудайкин
e-mail: a.chudaykin777@mail.ru
Канд. тех. наук, доцент кафедры строитель-
ства и эксплуатации автомобильных дорог
А.С. Строкин
e-mail: alexmech23@gmail.com
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89.*

*Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering
PhD student of Pulpit construction and usages
of the car roads
A.D. Chudaikin
e-mail: a.chudaykin777@mail.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Pulpit
construction and usages of the car roads
A.S. Strokin
e-mail: alexmech23@gmail.com
Russia, Voronezh, ph +7(473) 236-18-89.*

А.Д. Чудайкин, А.С. Строкин

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БИТУМОВ С МИНЕРАЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Изучено влияние поверхностно-активных веществ на взаимодействие битумов с минеральными материалами. Консистенция битума влияет на показатель адгезии и на эффективность действия. Уравнение регрессии показывает зависимость адгезии битума от его вязкости и содержания добавки ПАВ. Адгезия битума зависит от введения добавки ПАВ в большей степени, чем от изменения вязкости битума.

Ключевые слова: битум, поверхностно-активное вещество, адгезия, регрессионный анализ, оценка адекватности.

A.D. Chudaikin, A.S. Strokin

EFFECT OF SURFACTANTS ON THE INTERACTION OF BITUMEN WITH MINERAL MATERIALS

The influence of surfactants on the interaction of bitumen with mineral materials has been studied. The consistency of bitumen affects the adhesion index and the effectiveness of the action. The regression equation shows the dependence of bitumen adhesion on its viscosity and the content of surfactant additives. The adhesion of bitumen depends on the introduction of a surfactant additive to a greater extent than on changes in the viscosity of bitumen.

Keywords: bitumen, surfactant, adhesion, regression analysis, adequacy assessment.

Возможность получения высококачественных материалов с заданными свойствами: прочность, пластичность, упругость, эластичность, адгезия, зависят от использования особого рода веществ. Небольшое количество позволяет контролировать реакцию из-за особенностей их поверхности, которая имеет очень развитую структуру, дисперсная система которой состоит из большого числа твердых мелких частей, распределенных в жидкой среде. ПАВ могут резко изменять условия формирования и распада дисперсных систем и как следствие коренным образом влиять на качество полученной продукции [1-4].

Наряду с этим ПАВ существенно изменяют условия смачивания твердых тел. Они усиливают или ослабляют адгезию жидкостей на твердых телах, способствуют измельчению последних при тонком помоле.

Так же ПАВ дают значительный положительный эффект в технологии обработки минеральных материалов битумами и при активации (гидрофобизации) минеральных порошков в процессе помола, что имеет важное значение в достижении необходимого качества асфальтобетона и повышению работоспособности черных дорожных покрытий. ПАВ способствуют смешиванию мельчайших частиц, обеспечивают полное и быстрое взаимодействие их с окружающей средой, улучшая качество смачивания минеральных материалов вяжущим, благодаря чему уменьшаются и энергетические затраты на проведение процессов смешивания.

Одна из важнейших особенностей поверхностно-активных веществ заключается в том, что их молекулы способны адсорбироваться на этих поверхностях, образуя тонкие слои. Молекулярные слои ПАВ формируются самостоятельно и, взаимодействуя с поверхностью, снижают поверхностное натяжение.

В соответствии с адсорбционно-молекулярной теорией адгезии начальной стадией формирования адгезионного контакта является сближение молекулы битума с поверхностью минерального материала. При повышении температуры, введении пластификаторов и растворителей ускоряется сближение молекул битума с ПАВ.

Затем начинают действовать молекулярные силы. Для адгезии важно смачивание битумом поверхности минерального материала. Даже на влажном минеральном материале битум при наличии ПАВ распределяется в виде пленки, тогда как без ПАВ он собирается в капли. После смачивания происходит избирательная адсорбция и химадсорбция активных компонентов битума на минеральной поверхности. Если химическое взаимодействие не наблюдается, адсорбция будет физическим и представлять собой обратный процесс [5-6].

Прочное сцепление битумов с минеральными материалами возможно тогда, когда происходит химическая реакция с образованием водо-нерастворимых соединений [7-11].

С помощью регрессионного анализа нужно получить математическую модель в виде уравнения регрессии.

Консистенция битума влияет на показатель адгезии и на эффективность действия ПАВ. Поэтому, первым входным фактором была выбрана пенетрация битума (X_1), вторым фактором – концентрация ПАВ в битуме (X_2). Регрессия определялась в виде сокращенного полинома

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_{12}X_1X_2, \quad (1)$$

где B_i – коэффициент полинома.

Исходя из вязкости битумов, используемых в дорожном строительстве и рекомендуемых значений концентрации ПАВ, принималось уравнение вариации для каждого фактора (таблица 1).

Таблица 1

Уровни вариации факторов

Входной фактор	Уровни варьирования		
	Нижний	Основной	Верхний
Пенетрация, 0,1 мм	54	71,5	197
Концентрация ПАВ, %	0	0,35	0,7

Матрица планирования с использованием факторов представлена в таблице 2, где Y – экспериментальное значение адгезии битума, Y_T – расчётное значение, которое определяется по формуле.

Конечное уравнение регрессии имеет следующий вид

$$A = 28,4 - 0,0629P + 106,4K + 0,04P \cdot C, \quad (2)$$

где A – адгезия битума, %;

P – пенетрация битума, 0,1 мм;

K – концентрация добавки ПАВ в битуме, %.

Таблица 2

Матрица планирования

U	x_0	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	Y	Y_T
1	1	-1	-1	1	25	25,0
2	1	1	-1	-1	16	16,0
3	1	-1	1	-1	98	98,0
4	1	1	1	1	85	85,0

На рисунке приведено сравнение модели с результатом эксперимента для битума БНД 90/130.

Таким образом на основе планирования эксперимента было получено уравнение регрессии, которое с достаточной точностью показывает зависимость адгезии битума от его вязкости и содержания добавки ПАВ. Анализ поверхности отклика показывает, что адгезия битума зависит от введения добавки ПАВ в большей степени, чем от изменения вязкости битума. Влияние вязкости битума на эффективность действия структуры ПАВ оказывается не значительно.

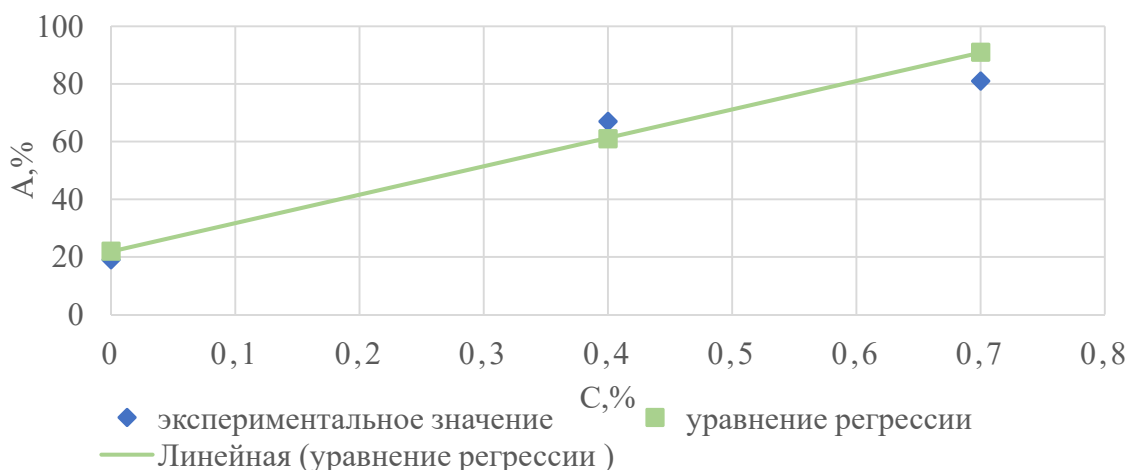


Рис. Зависимость адгезии битума БНД 90/130 от концентрации добавки ПАВ

Перед подбором эмпирических формул необходимо еще раз убедиться в достоверности эксперимента, окончательно проверить воспроизводимость результатов по критерию Кохрена. Методы оценки адекватности основаны на использовании доверительного интервала, который позволяет с заданной вероятностью определить искомые значения параметра, который оценивают. Сущность такой проверки заключается в сопоставлении полученной или предполагаемой теоретической функции $y = f(x)$ по результатам измерений.

Одним из таких критериев является критерий Фишера. Установление адекватности – это определение ошибки аппроксимации опытных данных. Для этого необходимо сопоста-

вить экспериментальное значение критерия Фишера – $k_{\phi e}$ и сравнить его с теоретическим – $k_{\phi m}$, которое принимается при требуемой доверительной достоверности (обычно $p_d = 0,95$). Если $k_{\phi e} \leq k_{\phi m}$ – модель адекватна; $k_{\phi e} \geq k_{\phi m}$ – модель не адекватна. Экспериментальный критерий Фишера рассчитывают по формуле.

$$k_{\phi e} = \frac{D_a}{D_{cp}}, \quad (3)$$

где D_a – дисперсия адекватности, которая определяется по формуле;
 D_{cp} – средняя дисперсия всего эксперимента, которая определяется формулой.

$$D_a = \frac{\sum_1^n (y_{um} - \overline{y_{ue}})^2}{n - d}, \quad (4)$$

$$D_{cp} = \frac{\sum_1^m \sum_1^n (y_{um} - y_{ue})^2}{m \cdot n}, \quad (5)$$

где y_{um} – теоретическое значение функции для каждого измерения;
 y_{ue} – экспериментальное значение функции;
 $\overline{y_{ue}}$ – среднее экспериментальное значение функции из m серий измерений;
 n – количество измерений в одном опыте или одной серии;
 d – число коэффициентов уравнения теоретической регрессии.

Значение $k_{\phi m}$ принимается по таблице критерия Фишера для доверительной достоверности 0,95 и числа степеней свободы $q_1 = n - d$, $q_2 = n (m - 1)$. В уравнении – y_{um} рассчитывается по теоретической регрессии для фактора x_i ; серий: $\overline{y_{ie}}$ – как среднее из m

$$\overline{y_{ie}} = \frac{1}{m} (y_{1e} + y_{2e} + \dots + y_{me}), \quad (6)$$

Критерий Фишера используется для определения адекватности малой выборки. При больших выборках целесообразно использовать критерий Романовского, Колмогорова.

Для проверки модели на адекватность был применен статистический критерий Фишера. Результаты эксперимента и оценка адекватности модели представленные в табл. 3.

Определение средней дисперсии и дисперсии адекватности

$$D_{cp} = \frac{4815,9}{5 \cdot 5} = 192,6$$

$$D_a = \frac{701,3}{5 - 4} = 701,3$$

Определение экспериментального критерия Фишера

$$k_{\phi e} = \frac{701,3}{192,6} = 3,64$$

$$k_{\phi m} = 23$$

Анализ модели

$$k_{\phi e} (3,64) \leq k_{\phi m} (23)$$

Соответственно, данная модель адекватна.

Таблица 3

Результаты эксперимента и оценка адекватности

№	П ₂₅ , 0,1 мм	С, %	У _{ие}					$\overline{y_{ie}}$	y _{иг}	y _{им} – $\overline{y_{ie}}$	$\sum_1^n (y_{им} - y_{из})^2$
			y _{1е}	y _{2е}	y _{3е}	y _{4е}	y _{5е}				
1	80	0	20	21	23	30	28	24,4	23,4	1,0	82,2
2	80	0,7	65	68	75	87	73	73,6	95,6	484,0	2707,2
3	110	0	14	12	16	20	22	17,0	21,5	22,1	179,3
4	110	0,4	69	86	83	60	64	72,0	62,3	102,0	1043,3
5	110	0,7	95	83	87	75	72	82,0	92,0	92,2	804,0
Σ										701,3	4815,9

Выводы

1. Имея сведения о классе определенного ПАВ и зная его химическую структуру, можно сделать вывод о целесообразности использования этих веществ в технологических процессах.

2. Использование поверхностно-активных веществ в дорожном строительстве значительно влияет на адгезию битумов к поверхности минеральных материалов, что является важным фактором при формировании структуры асфальтобетона. Для достижения более совершенной технологии дозирования и введения поверхностно-активных веществ в асфальтобетонную смесь, надо расширить наработки в этом направлении, что будет способствовать улучшению свойств асфальтобетона в ходе эксплуатации, а так же повышения его физико-механических свойств.

3. С помощью регрессионного анализа получена математическая модель, адекватная по критерию Фишера. Она описывает зависимость адгезии битума от его вязкости и концентрации ПАВ. Анализ поверхности отклика показывает, что адгезия битума зависит от введения добавки ПАВ в большей степени, чем от изменения вязкости битума.

Библиографический список

1. Колбановская А. С. Дорожные битумы / Колбановская А. С., Михайлов В. В. – М.: «Транспорт», 1973. – 264 с.
2. 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.
3. 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.
4. Золотарев В. А. Битумы, модифицированные полимерами типа СБС: Особенности состава, структуры и свойств /В. А. Золотарев// Доклад на международной научно-технической конференции «Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли». – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 17 с.
5. 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» (s8). – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 229 с.
6. Горельшев Н.В. Асфальтобетон и другие битумо-минеральные материалы / Н.В. Горельшев. – М.: Можайск-Терра, 1995. – 176 с.

7. Илиополов С. К. Органические вяжущие для дорожного строительства: Учеб. пособ. для вузов по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» / С.К. Илиополов, И.В. Мардиросова, Е.В. Углова и др. – Ростов-на-Дону. – 2003. – 428 с.
8. Братчун В.И. Физико-химическая механика строительных материалов: Учебник для студентов высших учебных заведений /В.И. Братчун, В.А. Золотарев, М.К. Пактер и др. // МОН Украины: ДонНАСА–ХНАДУ. – Донецк: Изд-во «Ноулиндж», 2013. – 338 с.
9. Золотарев В. А. Испытания дорожно-строительных материалов: лабораторный практикум / В.А. Золотарев, В.И. Братчун, А.В. Космин и др.; под ред. В.А. Золотарева, А.В. Космина. – Харьков: ХНАДУ, 2012. – 368 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.
11. Olard, F. Developpement de l'essai de fatigue sur liants et mastics bitumineux / F. Olard, D. Chabert // RGRA. – 2008. – № 865. – P. 69–74.

References

1. Kolbanovskaya A. S. Road bitumen / Kolbanovskaya A. S., Mikhailov V. V.-M.: "Transport", 1973. - 264 p.
2. 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.
3. 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.
4. Zolotarev V. A. Bitumens modified with SBS-type polymers: features of composition, structure and properties /V. A. Zolotarev// Report at the international scientific and technical conference "Problems of improving quality and resource saving in the road industry". - Kharkiv: khnadu, 2003. - 17 p.
5. Zolotarev V. A. Modified bitumen binders, special bitumen with additives in road construction /V. A. Zolotarev, V. I. Bratchun. // world road Association. Technical Committee " non-Rigid roads "(s8). - Kharkiv: hnadu, 2003. - 229 p.
6. Gorelyshev N. V. asphalt Concrete and other bituminous materials / N. V. Gorelyshev. - M.: Mozhaisk-Terra, 1995. - 176 p.
7. Iliopolov S. K. Organic binders for road construction: Study guide. for higher education institutions in the specialty "Highways and airfields" / S. K. Iliopolov, I. V. Mardirosova, E. V. Uglova and others-Rostov-on-don. - 2003. - 428 p.
8. Bratchun V. I. Physical and chemical mechanics of building materials: Textbook for students of higher educational institutions /V. I. Bratchun, V. A. Zolotarev, M. K. Pakter et al. // MES of Ukraine: Donnasa-hnadu. - Donetsk: Knowlinge publishing House, 2013. - 338 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.
11. Olard, F. Developpement de l'essai de fatigue sur liants et mastics bitumineux / F. Olard, D. Chabert // RGRA. – 2008. – № 865. – P. 69–74.