

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)*

г. Пермь, 28–29 апреля 2022 г.

В четырех томах

Том 3

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2022

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54
Х46

Х46 **Химия.** Экология. Урбанистика : матер. всерос. науч.-
практ. конф. (с междунар. участием) : в 4 т. – Пермь: Изд-во
Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022.

ISBN 978-5-398-02741-9

Т. 3. – 227 с. – ISBN 978-5-398-02744-0

Приведены результаты исследований в области экологии, химической технологии и биотехнологии, строительства дорог и транспортных сооружений, машиностроения и материаловедения, направленных на разработку энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Главный редактор

В.Г. Рябов, д-р техн. наук, профессор

Ответственные редакторы

Е.М. Генсон, канд. техн. наук

Н.И. Кузнецов, канд. техн. наук

Редакционная коллегия

В.В. Вольхин, д-р хим. наук, профессор

В.З. Пойлов, д-р техн. наук, профессор

Я.И. Вайсман, д-р мед. наук, профессор

М.Г. Бояршинов, д-р техн. наук, профессор

Л.В. Рудакова, д-р техн. наук, профессор

Л.С. Щепетева, канд. техн. наук, доцент

М.В. Песин, д-р техн. наук, профессор

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54

ISBN 978-5-398-02744-0 (Т. 3)

ISBN 978-5-398-02741-9 (общ.)

© ПНИПУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

УРБАНИСТИКА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

<i>Е.О. Савельева, Т.А. Максимов</i> Такси как важный элемент современной системы городской мобильности	7
<i>Е.С. Карпова, А.О. Климавичус, Т.В. Дормидонтова</i> Преобразование шумового загрязнения в электрическую энергию	13
<i>С.А. Пестриков, Т.Ю. Пермьякова</i> Рекомендации по повышению уровня удовлетворенности клиентов на примере АТЦ «Драйвер» в стресс-период	18
<i>М.М. Магомедов, И.Г. Овчинников</i> Архитектура горных мостовых сооружений	24
<i>А.Е. Семина, Т.А. Максимов</i> BIM-GIS интеграция как инструмент для создания цифрового двойника города: проблемы и перспективы	29
<i>М.Г. Бояршинов, А.Г. Шумков</i> Особенности эксплуатации электромобилей в Пермском крае	34
<i>К.С. Панина, Д.А. Рогулина</i> Ветрогенераторы как альтернативный вариант солнечным батареям для системы подогрева тротуаров	39
<i>Д.А. Рогулина, К.С. Панина</i> Замена проектного материала на улучшенный в строительстве при исполнении государственного контракта	44
<i>Д.С. Беляев, Е.М. Генсон</i> Анализ факторов, оказывающих влияние на энергопотребление электромобилем	49
<i>К.Г. Пугин, Н.К. Иванов</i> Обоснование выбора эластичных муфт для привода механизмов строительных и дорожных машин	54
<i>К.Г. Пугин, О.В. Яконцева, В.К. Салахова</i> Управление структурообразованием асфальтобетона за счет использования отходов пластика	58
<i>О.Н. Мехонин, К.Г. Пугин, Р.В. Щеткин</i> Основные этапы проектирования грузоподъемной автомобильной техники, оснащенной КМУ	63

<i>В.С. Чернова</i>	
Использование отходов производства для строительства автомобильных дорог	68
<i>А.А. Чистоклетов, К.Г. Пугин</i>	
Методы вибрационной диагностики элементов гидропривода	72
<i>А.А. Негомедзянова, И.Г. Овчинников</i>	
О конструкции разводных мостов	77
<i>С.А. Зеньков, П.Ю. Дрюпин, Е.С. Высоцкий</i>	
Принципиальная схема работы системы автоматического управления отвалом бульдозера	82
<i>А.И. Петров</i>	
Использование диаграммы Парето в исследовании эффективности маршрутной системы городского общественного транспорта крупного города (на примере Тюмени).....	86
<i>С.Д. Балабанов, М.Г. Бояришинов</i>	
Повышение эффективности автотранспортного предприятия за счёт снижения эксплуатационных затрат подвижного состава.....	91
<i>И.Р. Гимадеев, Д.В. Власов, М.И. Токарев, А.А. Юров, Л.В. Янковский</i>	
Разработка электрического малогабаритного экскаватора.....	96
<i>Н.В. Далида, Д.В. Скуба, Н.М. Филькин</i>	
Разработка методологических основ создания сложных технических объектов (транспортных средств) на основе кубических форм	101
<i>В.И. Старцев, М.Г. Бояришинов</i>	
Оптимизация парка транспортных средств для обеспечения доставки грузов потребителям.....	106
<i>Н.В. Чмых, А.О. Добрынин</i>	
Обоснование предельно допустимых значений полной массы автопоездов при увеличении допустимой осевой нагрузки до 130 кН в контексте российско-китайских грузоперевозок	111
<i>К.Б. Шарафутдинов</i>	
Исследование эффективности наномодифицированной биоцидной добавки для строительных растворов	116
<i>С.П. Мырзин, А.С. Сергеев</i>	
Целесообразность внедрения BIM-технологий для различного рода объектов проектирования	120
<i>Н.М. Собянин, А.С. Сергеев</i>	
Имитация неблагоприятных дорожных условий на покрытиях автодромов при обучении курсантов-водителей.....	125

<i>Е.А. Соколова, К.Ю. Тюрюханов</i>	
Технологии и перспективы развития теплых дорог	129
<i>М.В. Голдобин, И.Л. Бартоломей</i>	
Внедрение зеленой инфраструктуры для снижения нагрузки на ливневую канализацию	133
<i>Н.М. Собянин, А.С. Сергеев</i>	
Системы подогрева покрытия для предотвращения зимней скользкости в рамках санкций	140
<i>Л.В. Гулицкая, Д.Е. Гусев, О.С. Шиманская</i>	
Анализ существующей неопределенности при расчете грузоподъемности мостовых сооружений	146
<i>А.А. Солодянкина, М.О. Карпушко</i>	
К вопросу о межремонтных сроках проведения работ по ремонту автомобильных дорог	152
<i>В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургонутдинов</i>	
Российский опыт применения технологий информационного моделирования в дорожном строительстве	157
<i>А.В. Любимов, А.Р. Габдрахманов</i>	
Применимость бесплатных облачных вычислений для моделирования ветровой среды города	162
<i>Д.С. Жданов, Р.И. Шенкман</i>	
Отличительные особенности определения нагрузок от трубопроводов на свайные и отдельностоящие фундаменты	167
<i>В.А. Устеряков, И.Г. Овчинников</i>	
Возобновляемые источники энергии в мостостроении	172
<i>М.Г. Бояршинов, Ю.А. Щукин</i>	
Оценка заполняемости платных стоянок в условиях неполноты информации	177
<i>С.М. Мырзина, К.В. Озерова, О.М. Зверев</i>	
Снежная архитектура	182
<i>М.Г. Бояршинов, А.С. Вавилин</i>	
Исследование интенсивности транспортного потока с использованием индекса Хёрста	187
<i>С.Г. Гурьянов, Р.Ф. Шаихов</i>	
Анализ зарубежного опыта эксплуатации электромобилей	192
<i>С.Г. Гурьянов, Р.Ф. Шаихов</i>	
Развитие рынка и популяризация электромобилей в крупных городах	197

<i>А.В. Лозин, С.В. Павлов, А.Г. Семенов</i>	
Модернизация тяги торсионного стабилизатора поперечной устойчивости кузова железнодорожного вагона	202
<i>А.В. Лозин, С.В. Павлов, А.Г. Семенов</i>	
Модернизация торсионного узла стабилизатора поперечной устойчивости кузова железнодорожного вагона	207
<i>С.В. Павлов, А.Г. Семенов</i>	
Разработка наконечника тяги торсионного стабилизатора поперечной устойчивости кузова вагона скоростного поезда	212
<i>С.В. Павлов, А.Г. Семенов</i>	
Разработка ресурсоемкой тяги торсионного стабилизатора поперечной устойчивости кузова вагона скоростного поезда или рельсового автобуса	217
<i>К.Г. Пугин, И.Э. Шаякбаров</i>	
Повышение надежности гидравлических систем строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин в арктической зоне Российской Федерации	222

УРБАНИСТИКА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

УДК 711

Е.О. Савельева, Т.А. Максимов

ТАКСИ КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Наблюдаемые в последнее десятилетие бурный рост и распространение сервисов такси потенциально благоприятны для городского развития из-за возможного уменьшения объема городского трафика, заторов на дорогах и вредных выбросов. Однако ожидаемую пользу сервисы такси могут принести только в случае их интеграции в общегородскую систему, выстроенную согласно принципам концепции Mobility-as-a-Service.

Ключевые слова: такси, общественный транспорт, Maas.

E.O. Saveleva, T.A. Maksimov

TAXI AS AN IMPORTANT PART OF MODERN URBAN MOBILITY SYSTEM

The explosive growth and proliferation of taxi services observed in the last decade is potentially beneficial for urban development due to the possible reduction in urban traffic, congestion and transport emissions. However, taxi services can bring the expected benefits only if they are integrated into a citywide system built according to the principles of the Mobility-as-a-Service concept.

Keywords: taxi, public transport, Maas.

Российские города долгое время планировались и развивались как ‘transit cities’, т.е. с опорой на всеобъемлющее использование общественного транспорта. В советский период развития крупнейших городов России (а именно в период с 30-х по 80-е гг. прошлого века произошел наибольший прирост как населения, так и территорий городов) транспортные потребности населения должны были удовлетворяться исключительно за счет общественного транспорта. Однако с приходом новой экономической реальности в начале 1990-х гг. российские города вступили в эпоху «взрывной»

автомобилизации. Если в Советской России владение автомобилями было строго ограничено, то крах командно-административной системы принес российским гражданам, в частности, «свободу передвижения», выразившуюся в долгожданной доступности личных автомобилей. Таким образом, взрывной характер роста числа владельцев автомобилей стал выражением постоянно подавляемого спроса. Хотя уровень владения личными автомобилями остается низким по сравнению с некоторыми городами Западной Европы, США и других развитых стран, негативное влияние автомобильного господства уже заметно, особенно в крупнейших городах, испытывающих серьезные трудности с тем, чтобы справиться с существенным ростом объемов трафика.

Учет опыта развитых стран, где бурный рост автомобильного движения пришелся на вторую половину прошлого века, может помочь российским городам избежать повторения ошибок автомобилецентристского подхода. Это особенно важно для городов, существующих в условиях ограниченных ресурсов, где наращивание дорожной инфраструктуры происходит в ущерб развитию других видов городской мобильности и, прежде всего, эффективной системы общественного транспорта. Сегодня именно увеличение доли общественного транспорта в ежедневных поездках горожан рассматривается как универсально применимая стратегия для решения проблем мобильности как в развитых, так и в развивающихся странах (подробнее о новых подходах к транспортному планированию городов см. [1]). Идея устойчивой городской мобильности медленно проникает и в российские города. Проект Транспортной стратегии Российской Федерации до 2035 года впервые формулирует основную цель как «территориальную связанность», а не «мобильность населения» (как это было в предыдущей стратегии 2013 года) и уделяет приоритетное внимание общественному транспорту, даже рассматривая возможность сделать его бесплатным. Это свидетельствует о том, что необходимость перехода к более устойчивой мобильности признана на национальном уровне в России. Тем не менее в постсоветских городах, где личный автомобиль по-прежнему считается наиболее желанным средством передвижения (при наличии финансовых возможностей для его покупки и содержания), власти сталкиваются с серьезной проблемой преодоления стигмы в отношении общественного транспорта и достижения приемлемого уровня его привлекательности.

Компромиссным вариантом решения проблемы в российских городах может выступить развитие сервисов такси. Долгое время спрос на услуги такси оставался низким, так как большая часть населения России не могла позволить себе частое пользование таксомоторными услугами. За последние годы рынок такси претерпел кардинальные изменения в отношении его организации и регулирования: происходит постепенная легализация отрасли, в том числе благодаря изменениям в законодательстве. Благодаря появлению агрегаторов такси последние 10–15 лет стали временем бурного роста рынка таксомоторных услуг. С 2010 по 2015 г. индустрия увеличилась более чем на 85 %, в последующие годы ежегодный прирост был в пределах 10 % [2]. В 2021 г. российский рынок такси покажет рост на 6 %, а его объем составит 866 млрд рублей, прогнозируют в финансовой корпорации HSBC. К 2025 г. рынок достигнет отметки в 1,06 трлн рублей [3], на линию выходит порядка 1 млн машин в год. Такси стали очень популярными в городах России и доступными для большого слоя населения. За последние 5 лет численность поездок на такси в стране увеличилась на порядок: с 168,6 млн поездок до более 1,5 млрд поездок [2]. Одним из факторов такого резкого роста стало технологическое развитие отрасли: внедрение мобильных сервисов в деятельность такси и каршеринга.

Анализ темпов роста рынка таксомоторных услуг в российских городах позволяет рассматривать такси как альтернативу владению и использованию личным автомобилем, сопоставимую с ним по комфорту и затратам. Учитывая такое распространение в крупных городах, можно было бы ожидать, что сервисы такси станут ценным приобретением для транспортных систем городов, став дополнением к общественному транспорту и повысив доступность отдаленных районов, в недостаточной степени обсуживаемых сетью городского общественного транспорта. Пользование услугами такси значительно повышает комфортность поездки, сокращая время ожидания и время в пути, в сравнении с общественным транспортом, и экономически выгодно в сравнении с приобретением личного автомобиля и его обслуживанием для большинства пользователей [4]. Это подтверждается исследованием, проведенным компанией Яндекс в 2020 году, результаты которого для г. Москвы представлены на рисунке.



Рис. Сопоставление затрат на покупку автомобиля различных ценовых категорий и на услуги такси/каршеринга в зависимости от тарифа.
Источник данных: Исследование Яндекс «Во сколько обходится личный автомобиль»

В связи с этим развитие сервисов такси как альтернативы владению личным автомобилем вызывает интерес с точки зрения потенциального вклада в уменьшение заторов на дорогах, уменьшение вредных выбросов от транспортных средств и пространства, отводимого на парковки. Тем не менее исследования показали, что в крупных городах такси на самом деле увеличивают трафик, потому что эти услуги в целом не могут конкурировать с личными автомобилями, и большинство их пользователей переключаются с общественного транспорта либо с немоторизованных средств передвижения – ходьбы и велосипеда. Кроме того, увеличивается пробег между поездками, так как водители ждут следующей отправки, а затем едут к месту посадки. Попытки компаний-агрегаторов такси организовать совместные поездки, которые могли бы удовлетворить транспортный спрос горожан при сокращении общего пробега автомобильного транспорта, пока не находят поддержки у пользователей [4].

Таким образом, общественный транспорт по-прежнему остается наиболее предпочтительным вариантом для формирования более устойчивой модели мобильности. Будущее развитие общественного транспорта будет связано с деятельностью городов по управлению мобильностью, которое будет объединять все виды общественного и коммерческого транспорта. Современные техно-

логии трекинга и маршрутизации позволяют эффективно решать задачи оптимизации длины поездок, учитывая тип транспорта, загруженность улиц, время суток, погоду и т.д. В конечном итоге это приведет к организации единых городских транспортных ИТ-платформ, которые позволят строить транспортные сети с широким спектром совместных транспортных услуг с оплатой и управлением через единое приложение или абонемент. Подход, основанный на интеграции всех доступных средств передвижения в городе с оптимизацией маршрутов поездок, можно описать зонтичным термином «MaaS – Mobility as a Service» (Мобильность как услуга). Подобия MaaS систем, целью которых является объединение различных видов транспорта и максимальное удобство их использования, уже существуют в некоторых городах с наиболее развитыми системами транспортного обслуживания, таких как Хельсинки (приложение Whim) или Вена (Wien Mobil). Совместное использование общественного транспорта, такси, каршеринга, микротранзита и микромобильности (самокаты, велосипеды) сможет поддерживать и субсидировать существующие транспортные услуги, сокращая количество транспорта в целом и повышая его эффективность (движение в реальном времени, быстрая подача, малое время простоя для водителя и ожидания для пассажира, оптимизация малозагруженных маршрутов).

Список литературы

1. Савельева Е.О. Изменение транспортного поведения населения как способ достижения устойчивой мобильности в российских городах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2021. – № 1. – С. 5–18.
2. Исследование рынка такси [Электронный ресурс]. – URL: <https://ac.gov.ru/files/content/24166/rynok-taksi-2019-pdf.pdf> (дата обращения: 18.03.2022).
3. Агрегаторы обеспечивают 60 % заказов такси в России [Электронный ресурс]. – URL: <https://adindex.ru/news/tendencies/2021/09/29/298437.phtml> (дата обращения: 18.03.2022).
4. Анализ рынка городского передвижения и влияния убер на развитие рынка в России, с фокусом на следующих городах: Москва, Санкт-Петербург, Казань, Новосибирск и Екатеринбург /

М.Р. Сафиуллин [и др.] // Электронный экономический вестник Татарстана. – 2017. – № 2. – С. 4–63.

5. Schaller B. Can sharing a ride make for less traffic? Evidence from Uber and Lyft and implications for cities // Transport policy. – 2021. – Т. 102. – С. 1–10.

Об авторах

Савельева Екатерина Олеговна – старший преподаватель кафедры «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: eosaveleva@gmail.com.

Максимов Тимофей Андреевич – кандидат экономических наук, экс-исполнительный директор агрегаторов такси «Везет» и Uber, директор по развитию ПАО Магнит, e-mail: timofey.maksimov@gmail.com.

Е.С. Карпова, А.О. Климавичус, Т.В. Дормидонтова

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

Основным фактором негативного воздействия на окружающую среду является шум автомобильного транспорта. Причины возникновения шума от автотранспорта. Рассматриваются явления, влияющие на распространение и затухание звука. Предлагается концепция преобразования окружающего шума (звука в форме волновой энергии) для питания обслуживания дорожных сетей мобильного телефона или выработки энергии для национальной сети из трафика в час пик. В рамках работы предлагается применение линейных генераторов в составе конструкции шумозащитных экранов. Данная методика позволит увеличить коэффициент полезного действия конструкции, снизить экономические и энергетические затраты на обеспечение различных нужд.

Ключевые слова: шум, шум транспортного потока, распространение шума, шумозащитные экраны, линейный генератор, преобразование энергии, звукопоглощение, экология.

E.S. Karpova, A.O. Klimavichus, T.V. Dormidontova

CONVERSION OF NOISE POLLUTION INTO ELECTRICAL ENERGY

The main factor of negative impact on the environment is the noise of motor transport. The reasons for the occurrence of noise from vehicles. The phenomena affecting the propagation and attenuation of sound are considered. The concept of converting ambient noise (sound in the form of wave energy) to power the maintenance of mobile phone road networks or generate energy for the national network from traffic during rush hour is proposed. As part of the work, the use of linear generators as part of the design of noise shields is proposed. This technique will increase the efficiency of the structure, reduce economic and energy costs for providing various needs.

Keywords: noise, traffic noise, noise propagation, noise shields, linear generator, energy conversion, sound absorption, ecology.

Уровень шума и спектральный состав общего потока движения зависят от интенсивности, скорости, типа тротуара (неравномерная поверхность дает разные характеристики шума), состава и шума воздушного потока. Для легковых перевозок характерны частоты от 1000 Гц до 500–1000 Гц для грузовых перевозок. По объе-

му на одном большегрузном транспортном средстве может находиться 10 легковых автомобилей.

На больших скоростях большую часть составляет шум дороги, шин и ветра, на малых – звука силовой установки.

Распространение шума потока транспорта

Транспортный поток рассматривается как линейный источник шума, независимо от его интенсивности. На распространение шума влияют геометрическая дивергенция, эффект затухания из-за влияния земли, атмосферные эффекты и эффект дифракции.

Существует два типа распространения шума – непосредственно и по всей поверхности Земли. Для грузовиков характерна ровная дорога, для автомобилей характерна дорога вдоль поверхности Земли. На распространение по поверхности Земли влияет наличие рыхлости, травы и других параметров, усиливающих звукопоглощение подстилающей поверхности. На той же стадии следует учитывать атмосферные эффекты. Действие ветра в большей степени влияет на распространение звуковой волны, изменение температуры на высоте. Подробная схема расчета эффекта затухания из-за воздействия земли с учетом типа покрытия и приемника представлена в ГОСТ 31295.2-2005, раздел 7.3.

При ветреной погоде происходит восходящий разрыв звуковой волны. На Земле уровень шума будет ниже нейтральных условий. Такое же нарушение звуковой волны может произойти и в безветренную, но жаркую погоду, когда температура на Земле выше. Прорыв звуковой волны вниз происходит в безветренные, прохладные ночи, когда после жаркого дня земля остывает быстрее воздуха над ней. В таких условиях голос становится все выше и выше на Земле.

Использование шума от транспортного потока как альтернативный источник энергии

Звук – это механическая форма энергии, которая движется в виде волны, механической волны, которая является колебанием давления. Это давление, создаваемое звуком, может быть использовано для преобразования его в электрическую энергию или другую форму энергии.

При текущем состоянии возможно установить конструкции шумозащитных экранов со звукопоглощающими панелями и преобразователями в пределах дорожной трассы, окружающий звук которой обладает достаточной звуковой энергией для питания небольших уст-

роЙств, и перепад давления в окружающем звуке (порядка нескольких паскалей) достаточен для генерации пьезоэлектрического потенциала, способного поддерживать зарядный ток (рис. 1, 2). Например, самое обычное фонарное освещение дороги, обладающей достаточной интенсивностью транспортного потока для создания звукового давления.

Эти конструкции делятся на три группы, в зависимости от типа используемого материала и их характеристик: звукоотражающие экраны, звукопоглощающие экраны и комбинированные экраны:

- для защиты от автомобильного движения. Высота щита варьируется от 2 до 6 метров, в зависимости от интенсивности движения и этажности защищаемого здания. Если дорога проходит вблизи жилых домов, устанавливаются L-образные экраны. Экраны снижают уровень шума на 20 децибел;

- для защиты от шума со строительных площадок. Специальная конструкция отбойника позволяет быстро монтировать и демонтировать его без значительных материальных затрат. Эффект – до 17 децибел;

- снижение шума железнодорожного транспорта. Высокая эффективность звукопоглощения благодаря возможности установки экрана непосредственно рядом с железнодорожными путями.

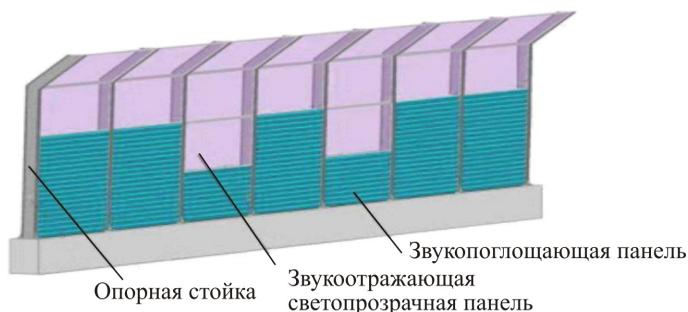


Рис. 1. Основные элементы шумозащитного экрана

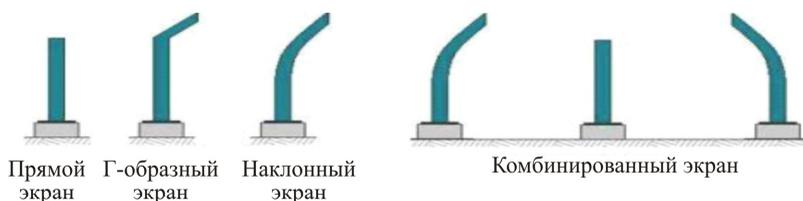


Рис. 2. Типы конструкций шумозащитных экранов

В настоящее время для увеличения коэффициента полезного действия данной строительной конструкции предлагается расширить ее функции методом разработки и внедрения конструкции экранов, в которые интегрированы линейные генераторы, преобразующие микроколебания в электричество с последующим ее накоплением и использованием по месту требования.

Линейный генератор – это устройство, преобразующее неэлектрическую энергию (механическую, химическую, тепловую) в электрическую [5]. Основной функцией любого генератора является производство электрического тока. Однако на самом деле генераторы ничего не производят, а преобразуют один вид энергии в другой.

Принцип работы: на тонкой мембране катушка с большим количеством витков тонкого эмалированного провода, входящая в кольцевой мощный магнит; от колебаний катушки в ней индуцируется электродвижущая сила (ЭДС), которая выпрямляется и подключается к светодиоду, который загорается от резких движений (рис. 3).

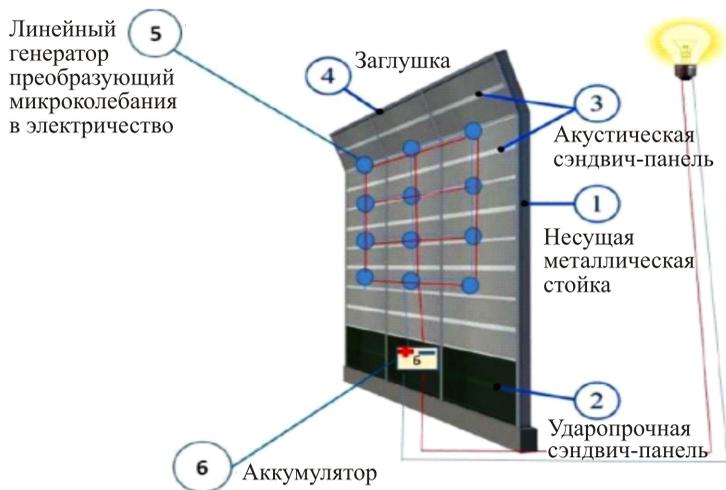


Рис. 3. Блок-схема предлагаемой методики

Линейный генератор, преобразующий микроколебания в электричество. Медная катушка, в которой более 500 витков тончайшего провода толщиной 0,07 мм. Магнитное поле создаётся большим магнитным неодимом [6]. Он зажат между магнитопроводами, которые выточены из железа, по центру кольцевой проем с катушкой.

Список литературы

1. СП 276.1325800.2016. «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков». – Введ. 2017-04-06. – Официальный сайт Минстроя РФ.
2. ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики». – М., 2014.
3. ОДМ 2018.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам». – Введ. 2012-12-26.
4. Васильев В.А. Сравнение шумовых характеристик авто-транспортных потоков, полученных расчетным путем и в результате натурных измерений // Акустика среды обитания: сборник тр. Третьей Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – 2018. – С. 59.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». – Введ. 31-10-1996. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России. – 1997.
6. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
7. Линейные генераторы [Электронный ресурс]. – URL: <http://i-r.ru/article/2510> (дата обращения: 15.03.2020).
8. Неодимовые магниты. Основные свойства [Электронный ресурс]. – URL: <https://supermagnet.ru/content/info.html> (дата обращения: 15.03.2020).

Об авторах

Карпова Елизавета Сергеевна – студент специалитета кафедры «Автомобильные дороги и геодезическое сопровождение строительства», Самарский государственный технический университет, e-mail: elizaveta.karp2016@yandex.ru.

Дормидонтова Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Автомобильные дороги и геодезическое сопровождение строительства» Академии строительства и архитектуры, Самарский государственный технический университет, e-mail: adisk63@yandex.ru.

Климавичус Ярослав Эдвардович – инженер отделения диагностики и инструментального контроля, Самарский филиал АО «Транснефть – Диаскан», e-mail: Yklimavichus@bk.ru.

С.А. Пестриков, Т.Ю. Пермякова

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ
УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ
АТЦ «ДРАЙВЕР» В СТРЕСС-ПЕРИОД**

В статье рассмотрены проблемные зоны автотехцентра «Драйвер», влияющие на работу предприятия в стресс-период. Проведен опрос, по результатам которого сформированы рекомендации по повышению уровня удовлетворенности клиентов.

Ключевые слова: обслуживание клиентов, уровень удовлетворенности, пандемия, стресс-период, рекомендации.

S.A. Pestrikov, T.Y. Permyakova

**RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE LEVEL CUSTOMER
SATISFACTION ON THE EXAMPLE OF THE "DRIVER" CAR SERVICE
DURING A STRESSFUL PERIOD**

The article discusses the problem areas of the Driver car service that affect the work of the enterprise during the stress period. A survey was conducted, based on the results of which recommendations were formed to increase the level of customer satisfaction.

Keywords: customer service, satisfaction level, pandemic, stress period, recommendations.

События последних пандемийных двух лет и ситуация, развернувшаяся с февраля 2022 года в России и в мире, кардинально изменили достаточно устоявшуюся деятельность предприятий автосервиса. И, как следствие, актуальность вопросов удовлетворенности клиентов, несомненно, выросла в это время. Экономические отношения, обострившие отношения между западными странами и Россией, ожидаемо вылились в экономические санкции, которые напрямую затронули отечественный авторынок.

Приостановка деятельности мировых брендов подразумевает и остановку поставок оригинальных комплектующих, а также повышение цен на расходные материалы. По оценке специалистов отрасли, на какое-то время складских запасов еще хватит, а что

ождается дальше – большой вопрос. На сегодняшний день главной угрозой кошельку и спокойной жизни многих автовладельцев является сервисное обслуживание. Главной причиной становится дефицит оригинальных запчастей и рост цен на расходные материалы. За март 2022 г. рост цен на запасные части и материалы оказался настолько значительным, что не поддается реальным прогнозным оценкам. Так, например, расходные материалы (фильтры, колодки) подорожали до 300 %! Как объяснить такую ситуацию клиенту – один из главных вопросов удержания уровня его удовлетворенности.

Таким образом, актуальность исследований, посвящённых измерению и оценке удовлетворённости потребителей в стресс-периоды, не вызывает сомнения.

Показатель уровня удовлетворенности отражает приверженность клиента к товарам и услугам, предоставляемым данной компанией [1]. Предприятия, которые поддерживают удовлетворенными уже имеющихся потребителей их товара и услуги, быстро добиваются поставленных целей. Для них подходит исследование по оценке удовлетворенности потребителей [2].

Такой метод исследования позволяет определить удовлетворенность клиента товаром или услугой в целом, сравнить представления персонала с ожиданиями потребителей, выявить факторы, влияющие на улучшения, повысить показатели удержания клиентов, обобщить ценности потребителей. Цель исследования – поддержание имеющегося уровня удовлетворенности клиентов в стресс-период и формирование рекомендаций не только для сохранения постоянных клиентов, но и увеличения клиентской базы.

Для предприятий и организаций автомобильной сферы важно обеспечить качество услуг, которое обусловлено возможностью удовлетворять потребности клиента. Удовлетворенность клиентов – это общее впечатление клиента о поставщике, а также о продуктах и услугах, предоставляемых поставщиком, оцениваемых на основе реальных обслуживаний и ремонтов.

Факторы, оказывающие прямое воздействие на показатели удовлетворенности клиентов:

- введение персонализированного клиентского опыта для потребителей на всех доступных платформах;
- общедоступность продуктов и услуг;

- качественная поддержка клиентов (своевременное рассмотрение предложений и решение вопросов потребителя);
- представление общей картины предприятия путем проведения анкетирования и опросов (режим мониторинга).

Рассмотрев вышеперечисленные факторы, влияющие на удовлетворенность клиентов, мы можем сделать вывод, что с повышением показателя удовлетворенности потребителя укрепляется привязанность клиента к конкретной марке продукта, услугам предприятия, а также к поставщику. Данная привязанность выстраивает прочные доверительные связи между клиентом и поставщиком. Доверие склоняет потребителя работать именно с этим конкретным поставщиком. Это говорит о том, что довольство клиентов – важнейшая площадка, на которой должен сконцентрироваться каждый поставщик, чтобы занять ведущую позицию на мировом рынке и улучшить бизнес и прибыль [3].

Для систематического анализа информации и представления общей картины потребностей клиентов необходимо регулярно общаться с потребителем, проводить анкетирования, опросы.

Нами проведен анализ степени удовлетворенности клиентов АТЦ Драйвер в период с 11 по 12 марта 2022 г. путем опроса клиентов. 11 марта (будний день) услугами Драйвера воспользовались 23 автомобилиста, 12 марта (выходной день) – 27. Мы провели опрос среди 18 клиентов. Основные результаты опроса следующие:

- 1) нет «полностью недовольных» клиентов;
- 2) стоимость услуг мастеров в цене не возросла;
- 3) качество сервиса (поставка комплектующих и обслуживание) на высоком уровне;
- 4) 47 % говорят о существенном повышении стоимости на комплектующие изделия (масло, запчасти);
- 5) 26 % опрошенных не устраивает время записи;
- 6) 72 % клиентов материально не готовы к таким глобальным изменениям.

На рисунке представлены результаты второго опроса, проведенного для наглядности общей картины предприятия.

Целевое значение показателя, чтобы достичь желаемой цели, должно стремиться к максимальным значениям. С учетом среднего приемлемого показателя по автосервисной отрасли – это 70–75 %. Среднее фактическое значение равно 82,75 % (на рисунке показано красной линией). Анализ показал, что необходимо акцентировать

рекомендации по улучшению уровня удовлетворенности клиентов АТЦ Драйвер в стресс-период с точки зрения более гибкого ценообразования, а также более эффективной деятельности в медиа плане.

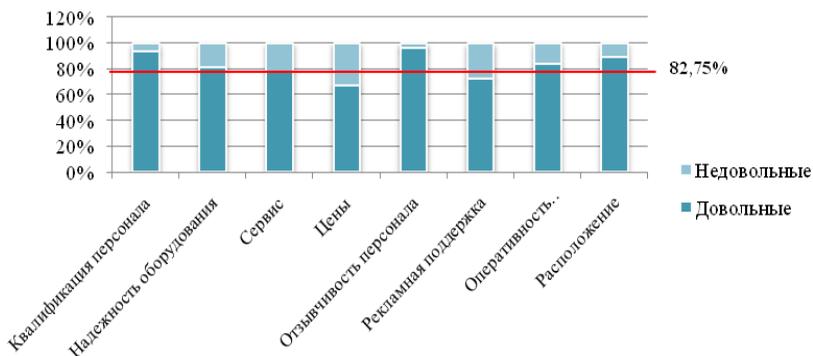


Рис. Общая картина уровня удовлетворенности клиентов АТЦ «Драйвер»

Стоит отметить, на телефон автотехцентра «Драйвер» 11 марта поступило 43 звонка, 12 марта – 58 звонков. Из них:

- 1) 43 % записались на услуги;
- 2) 14 % интересовались стоимостью замены масла, 6 % – резко негативная реакция;
- 3) 21 % консультировались;
- 4) 18 % не устроило время записи;
- 5) 4 % перенесли время обслуживания.

Для повышения доступности и качества сервисного обслуживания, а также совершенствования системы управления предприятием в стресс-период был разработан комплекс мероприятий, направленных на:

- развитие системы обратной связи с потребителем услуг путем внедрения системы регистрации, рассмотрения и реагирования на жалобы и предложения клиентов по улучшению работы с ежедневным анализом со стороны руководства автосервиса;
- внесение изменений в режим предприятия, например, продление рабочего времени в вечернее время, продумать вопрос организации работы в ночное время;
- улучшение качества обслуживания путем проведения тренингов и семинаров по обучению работников автомобильной сферы эффективным методам взаимодействия с потребителем;

– улучшение обеспечения населения информацией о работе предприятия с помощью СМИ, интернета, конечно, с акцентом на социальные сети как прогрессирующую систему маркетинговой поддержки (в настоящее время АТЦ Драйвер неактивно использует ресурсы социальных сетей, например на 20.03.22 г. группа в ВКонтakte «Драйвер АТЦ» имеет всего 755 участников, последняя запись в группе была опубликована 18.11.2021);

– усовершенствование всей системы пространственно-ориентирующей информации путем информационных буклетов, акционных листовок, рекламы, указателей, кроме того, сегодня требуется детальное разъяснение ценообразования стоимости запасных частей и расходных материалов в связи с их практически ежедневным ростом со стороны поставщиков АТЦ;

– обеспечение личного контроля потребителя за выполнением услуг – возможность присутствия в процессе обслуживания и ремонта автомобиля;

– утверждение новых требований к качеству материалов для оказания услуг в связи с прекращением поставок из Америки и Европы путем проведения тщательного анализа соотношения их цены и качества;

– разработка новых требований к оказанию услуг по ремонту и ТО в связи с ростом цен (рациональное использование оборудования, оптимизация человеческих ресурсов);

– использование CRM-системы, мобильного приложения (улучшение процессов коммуникаций приемки с клиентами с разработкой чат-бота) [4].

По итогам проведенного исследования можно заключить, что оценка удовлетворенности потребителей и принятие своевременных решений (реагирования) в стресс-период – важное условие повышения эффективности и результативности деятельности автомобильной сферы [5]. Менеджменту АТЦ Драйвер, прежде всего для стабильности своей работы, достижения целевого уровня удовлетворенности клиентов, необходимо приложить максимальные усилия в двух направлениях: разработка гибких стресс-цен для клиентов, активизация деятельности в профессиональном медиа пространстве.

Список литературы

1. Гордон В.А., Ломакин Д.О. Комплексный подход к оценке уровня качества услуг автосервисного предприятия [Текст] // Материалы междунар. науч.-практ. конф., под общ. ред. А.Н. Новикова. – Орел, 2015. – С. 150–158.
2. Каляева О.М. Факторы, влияющие на экономическую эффективность деятельности предприятия [Текст] // Материалы междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). – Казань: Бук, 2014. – С. 93–96.
3. Анализ факторов, влияющих на функционирование СТО [Электронный ресурс]. – URL: https://studref.com/541519/tehnika/analiz_faktorov_vliyayuschih_funktsionirovanie_stantsiy_tehnicheskogo_obslyuzhivaniya (дата обращения: 02.02.2022).
4. Пестриков С.А., Пермякова Т.Ю. Повышение эффективности работы зоны приемки в автотехцентре «Драйвер» // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), г. Пермь, 22–23 апреля 2021 г. – Т. 3: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2021. – С. 281–285.
5. Факторы, влияющие на удовлетворенность потребителей, в автомобильной сфере [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2022/03/08/zapadnye-sankcii-i-avtorynok-rossii-chto-teper-budet-s-obsluzhivaniem-mashin.html> (дата обращения: 02.02.2022).

Об авторах

Пестриков Сергей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Pestrikovsa@mail.ru.

Пермякова Татьяна Юрьевна – студент магистратуры кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Tanya20.01.98@yandex.ru.

М.М. Магомедов, И.Г. Овчинников

АРХИТЕКТУРА ГОРНЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Мостовые сооружения, в том числе и горные, выполняют не только функцию обеспечения безопасного преодоления транспортными средствами и пешеходами трудных препятствий, но и представляют собой отдельный продукт архитектурной мысли. В статье обсуждается история создания горных мостовых сооружений через призму развития их архитектурных форм. Подчеркивается усиление эстетичного функционирования пересекаемых горных препятствий под различными статическими схемами мостовых сооружений. Также описывается эстетичность балочных мостов-виадуков и возможные решения для повышения их архитектурной выразительности.

Ключевые слова: мостовое сооружение, архитектура, горная местность, эстетика, типизация, тектоника.

M.M. Magomedov, I.G. Ovchinnicov

ARCHITECTURE OF MOUNTAINOUS BRIDGES

Bridge structures, including mountain bridges, perform not only the function of ensuring the safe passage of vehicles and pedestrians difficult obstacles, but also represent a separate product of architectural thought. The authors in this article discuss the history of mountain bridge structures through the prism of the development of their architectural forms. The enhancement of the aesthetic functioning of crossed mountain obstacles under the various static schemes of bridge structures is emphasized. It also describes the aesthetics of girder bridges-viaducts and possible solutions to enhance their architectural expressiveness.

Keywords: bridge construction, architecture, mountainous area, esthetic, typification, tectonics.

Главным предназначением мостовых сооружений является преодоление препятствий, которое не может быть обеспечено другими способами, или возможно, но со значительными трудностями. К часто встречающимся препятствиям можно отнести реки, озера, болотистую местность, овраги, ущелья, скалы. Последние, как известно, являются характерной особенностью горной местности. Мостовые сооружения позволяют обеспечить безопасный проезд по крутым склонам горных массивов или поймам горных рек, где создание автомобильных или железных дорог затруднено из-за не-

определенности границ пойменных частей рек или из-за соображений сохранения цельных земельных угодий.

Российская Федерация насчитывает на своей территории множество крупных горных систем, занимающих порядка 30 % ее территории. Западная часть страны в основном равнинная, а восточная – усеяна горными системами, к которым можно отнести Кавказ, Уральские горы, Алтай, Верхоянский хребет, Крымские горы и другие.

Помимо вышеуказанной функции любые мостовые сооружения, в том числе и горные, представляют собой отдельный вид архитектурных сооружений. Поэтому в мостостроении, начиная с древних времен, со времен освоения человечеством строительного материала – камня, немалое внимание уделялось внешней, эстетической стороне сооружаемых мостовых конструкций, будь то городские или горные.

В целом можно провести параллели между развитием городского и горного мостостроения. Как выше указано, активное и повсеместное применение получил природный материал – камень. Учитывая его физико-механические свойства – высокую долговечность и прочность на восприятие сжимающих усилий и, напротив, практическое отсутствие восприятия растягивающих усилий, – мостам из данного материала придавали сводчатую арочную форму. При этом в городских арочных мостах, как можно заметить, угол между касательной к своду и горизонтальной плоскостью на уровне пят принимали острым. Такое решение можно объяснить тем, что в городах проезжая часть мостов имела небольшую высотную разницу относительно преодолеваемой преграды. В горных мостах-виадуках, наоборот, верхняя часть опор, или арочный свод плавно переводился в строго вертикальные или слегка наклоненные стены опор. Наглядным примером тому является каменный железнодорожный виадук Landwasser, расположенный в Швейцарии (рис. 1).

Со временем началось освоение новых материалов: стали, бетона, а позже и железобетона. Камень по своим свойствам уступил данным строительным материалам, так как он вместе с прочностью и долговечностью обладал высокой трудоемкостью и массивностью; к тому же ввиду сейсмичности горной местности во время активизации землетрясений каменные конструкции оказывались наиболее уязвимыми. Применение стали и железобетона позволило начать создание конструкций, воспринимающих растягивающие усилия. К таким конструктивным схемам можно отнести балочные, рамные, арочные с ездой посередине и понизу, а также вантовые и висячие мосты.



Рис. 1. Горный железнодорожный виадук Landwasser. Источник: <https://www.westend61.de/en/imageView/BLEF03733/train-on-mountain-bridge-filisur-canton-graubunden-switzerland>

Различные статические схемы мостов характеризуются и соответствующей эстетической функцией. Так, балочный мост-виадук своими высокими опорами подчеркивает глубину преодолеваемого препятствия; вантовые и висячие мосты создают эффект парящей пролетной конструкции, что особо усиливается резкой высотной разницей между проезжей частью моста и низом ущелья или речной долины горного водораздела; арочные и рамные с наклонными опорами мосты создают впечатление усиленного опирания на практически вертикальные горные уклоны, с тем чтобы «удержаться и не сгибаться» под нагрузкой. Эстакадные подходы вместо насыпи благодаря своей архитектурной ритмичности наглядно демонстрируют пересеченность горного массива вокруг мостового перехода более высокого класса [1]. Можно сказать, что умелое архитектурное проектирование горных мостовых сооружений не только не ухудшает вид окружающей среды горной местности с ее ландшафтными пересечениями, а, напротив, дополняет эстетическое функционирование препятствия. Данное требование – интеграция с окружающей ландшафтной обстановкой – является также одним из основных требований, выдвинутыми Леонардом

Фрицем к эстетике транспортных сооружений, как это отмечается в работе [2].

Стоит отметить, что каждое из вышеперечисленных конструктивных решений характеризуется своей отличительной и богатой художественной выразительностью, за исключением балочных мостов с типизированными пролетными строениями и опорами. Если вантовые и висячие мосты, а также внешне распорные системы ввиду сложности своего конструктивного решения обладают изначальной эстетичностью, то подвергшиеся типизации балочные системы мостов в большинстве своем лишены особой художественной выразительности ввиду применения в них простых архитектурных элементов.

Одним из рациональных решений для повышения эстетичности горных балочных мостов может быть применение метода архитектурной тектоники (управления пропорциями конструкций), когда, к примеру, вместо бетонных массивных опор создаются облегченные сквозные металлические опорные конструкции, что способствует созданию эффекта «парения» пролетной части виадука [3]. Такое решение успешно применено в Китае при создании автомобильной магистрали «Sky Road» (рис. 2).



Рис. 2. Виадук со сквозными опорными конструкциями.
Источник: https://news.cgtn.com/news/3d3d514e79416a4e31457a6333566d54/share_p.html

Список литературы

1. Магомедов М.М., Овчинников И.Г. Анализ конструктивных решений эстакад в горных условиях // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – № 4. – С. 13–20. DOI 10.15593/24111678/2021.04.02.

2. Thoume C.J. A Critical Analysis of Santiago Calatrava's Bachde Roda Bridge, Barcelona // Proceedings of Bridge Engineering 2 Conference, University of Bath. – UK. – 2009.

3. Середина О.С. Архитектура транспортных сооружений: учебное пособие. – Волгоград: Волгогр. гос. техн. ун-т, 2017. – 127 с.

Об авторах

Магомедов Мухтар Магомедович – студент магистратуры кафедры «Транспортное строительство», Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, e-mail: magomedovmm751@mail.ru.

Овчинников Игорь Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bridgesar@mail.ru.

А.Е. Семина, Т.А. Максимов

ВIM-GIS ИНТЕГРАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГОРОДА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье рассматриваются перспективы развития цифровых моделей городов. Представлены основные проблемы и инструменты цифровизации городской среды. ВIM-GIS интеграция показана как главная технология создания информационной модели города. В статье приводятся два примера реализованных информационных моделей городов. Зарубежная практика отражена в модели Виртуального Сингапура, который считается передовым опытом. Отечественная практика показана через модель города Иннополис. Виртуальные города позволят по-новому взглянуть на градостроительные и управленческие проблемы.

Ключевые слова: информационное моделирование, ВIM, геоинформационная система, цифровая модель.

A.E. Semina, T.A. Maksimov

BIM-GIS INTEGRATION AS A TOOL FOR CREATING A DIGITAL TWIN OF THE CITY: PROBLEMS AND PROSPECTS

The article discusses the prospects for the development of digital models of cities. The main problems and tools of digitalization of the urban environment are presented. BIM-GIS integration is shown as the main technology for creating an information model of the city. The article provides two examples of implemented information models of cities. Foreign practice is reflected in the Virtual Singapore model, which is considered best practice. Domestic practice is shown through the model of the city of Innopolis. Virtual cities will allow you to take a fresh look at urban planning and management problems.

Keywords: information modeling, BIM, geographic information system, digital model.

Создание цифровых двойников городов сегодня одна из самых обсуждаемых тем в области цифровизации данных о городских территориях.

Неоднородность данных о городе и разнообразие форматов узкоспециализированных подсистем, с которыми работают проектировщики, урбанисты, градостроители создает препятствие для эф-

фективной работы и передачи данных. Для построения полноценной информационной модели города требуются все более универсальные форматы работы и эффективная коммуникация. Интеграция BIM (Building information model) и GIS (Geographic Information System) (BIM-GIS integration) – одно из возможных решений объединения и систематизации разной информации о городе [1].

Сегодня дискуссии на тему BIM-GIS интеграции сводятся как к проблемам непосредственного построения трехмерной модели, так и к задачам разработки онтологии и семантического основания такой модели. И в том, и в другом случае интеграция становится сложным процессом, требующим поиска возможностей преобразования файлов с помощью разного программного обеспечения, а также необходимости разработки структуры сохранения атрибутивных данных и обеспечения их сохранности при переносе из одного формата в другой [2, 3].

BIM-модели основаны на поэлементном моделировании. Каждая архитектурная модель состоит из элементов, которые в совокупности составляют базу данных о здании. Все элементы взаимосвязаны, и изменение одного ведет к изменению системы и связанных с ним параметров.

Геоинформационные системы (GIS) первоначально инструмент пространственного анализа для работы с территорией и поверхностью земли. Сегодня GIS активно используется в области градостроительства и архитектуры. В 3D GIS-модели строятся триангуляционными поверхностями или, если говорить в терминах геоинформационных систем, с помощью мультипатч (multipatch) или TIN (Triangulated Irregular Network). Выделение групп элементов невозможно в автоматическом режиме. Каждый архитектурный объект представляет собой оболочку-поверхность и не рассматривается как набор несущих в себе информацию частей.

Существует несколько проблем интеграции, которые стали уже «классическими». С ними сталкиваются практики, пытаясь объединить пространственные и параметрические трехмерные данные.

Открытость и качество данных. Архитекторы и инженеры обычно испытывают трудности с доступом к актуальной информации геоинформационных систем для получения точного контекста или текущих условий: проблемы с дублированием данных, конфликт форматов и семантики данных.

Несовместимость форматов данных. В работе с геоинформационными системами часто сталкиваются со сложными процессами и значительными потерями данных, которые происходят при преобразовании BIM-моделей в слои данных ГИС. Сегодня существует общий формат файлов с расширением ifc, позволяющий обмениваться информацией между программами. Но не все программы способны распознавать его, а те, что способны, не всегда корректно и без потерь импортируют информацию.

Потеря данных. При импорте-экспорте файлов часто страдает любая атрибутивная информация. Эта проблема появляется из-за разности в структуре хранения данных: в BIM-модели указаны параметры для каждого элемента архитектурного объекта, а в GIS атрибутивные данные сформированы в таблицах и привязаны к векторным элементам.

Для решения поставленных задач нужно тщательно выбирать программное обеспечение, так, чтобы была возможность обмена файлами с минимальными потерями, либо разработать свое [4].

Несмотря на все трудности, сегодня уже существуют примеры создания информационных моделей городов, реализованных в трехмерном виде с привязанными к ним метаданными. Приведем два примера: зарубежный и российский.

1. Один из передовых примеров – Виртуальный Сингапур. Трехмерная модель включает как трехмерные данные с координатной привязкой, так и метаданные (экономика, экология, и др.). Это позволяет не только виртуально представить город, но и решать аналитические и управленческие задачи, прогнозировать. Модель создана на основе собственного программного обеспечения, которое было разработано именно для целей построения виртуальной информационной модели Сингапура [5].

2. Город Иннополис. Благодаря тому, что город молодой и создан «с чистого листа», дается возможность собирать все данные о городе. Город сегодня – полигон для цифровой трансформации, в том числе и в области градостроительства. В информационной модели реализовано все – от клиентских сервисов, которые помогают жителям, до закрытой информации о коммунальной инфраструктуре для работы городской администрации. Сегодня база данных еще находится в разработке [6, 7].

Цифровые двойники городов – шаг к изменениям в урбанистике и градостроительной деятельности. Виртуальные города позволят по-новому взглянуть на градостроительные и управленческие проблемы. Цифровизация архитектурной науки и градостроительства, а также цифровая трансформация строительной отрасли позволят перейти на качественно новый уровень создания комфортной городской среды.

Список литературы

1. Концепция построения цифрового двойника города / С.А. Иванов, К.Ю. Никольская, Г.И. Радченко [и др.] // Вестник ЮУрГУ Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2020. – Т. 9, № 4. – С. 5–23. DOI: 10.14529/cmse200401.

2. Dembski F., Wossner U., Letzgu M. The Digital Twin Tackling Urban Challenges with Models, Spatial Analysis and Numerical Simulations in Immersive Virtual Environments. 2020. – P. 795–804. – [Electronic resource]. – URL: https://doi.org/10.5151/proceedings-eaaadesigradi2019_334 (дата обращения: 18.03.2022).

3. Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, Ю.В. Куприяновская // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – № 5. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-vygody-primeneniya-kombinirovannyh-modeley-bim-gis-v-stroitelnoy-otrasli-obzor-sostoyaniya-v-mire> (дата обращения: 18.03.2022).

4. Панфилов А.В. Потенциал внедрения цифровых двойников города в условиях приполярных городов на примере города Салехарда // Системные технологии. – 2021. – № 1 (38). – [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potentsial-vnedreniya-tsifrovyyh-dvoynikov-goroda-v-usloviyah-pripolyarnyh-gorodov-na-primere-goroda-saleharda> (дата обращения: 18.03.2022).

5. Сайт Виртуальный Сингапур. – [Electronic resource]. – URL: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> (дата обращения: 18.03.2022).

6. Ишкинеева Ф.Ф., Озерова К.А., Ишкинеева Г.Ф. Образ «умного города» Иннополис: концепты и повседневность // Вестник Института социологии. – 2021. – № 2. – [Электронный ре-

сурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obraz-umnogo-goroda-innopolis-kontseptu-i-povsednevnost> (дата обращения: 18.03.2022).

7. Создаются цифровые двойники двух сотен российских городов [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg-ru.turbopages.org/rg.ru/s/2020/11/05/minstroj-sozdaiutsia-cifrovye-dvojniki-dvuh-soten-rossijskih-gorodov.html> (дата обращения: 22.03.2021).

Об авторах

Семина Анастасия Евгеньевна – старший преподаватель кафедры «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: semina.ae@yandex.ru.

Максимов Тимофей Андреевич – кандидат экономических наук, директор по развитию, ПАО «Магнит», e-mail: timofey.maksimov@gmail.com.

М.Г. Бояршинов, А.Г. Шумков

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Рассматриваются особенности эксплуатации электромобилей в Пермском крае с учетом климатических особенностей и развитости необходимой инфраструктуры. Представлены проблемы, с которыми могут столкнуться пользователи при эксплуатации электромобилей в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха. Выявлен дефицит зарядных станций в России и Пермском крае.

Ключевые слова: электромобиль, низкие температуры, терморегулирование аккумуляторных батарей.

M.G. Boyarshinov, A.G. Shumkov

FEATURES OF OPERATION OF ELECTRIC VEHICLES IN THE PERM REGION

The features of the operation of electric vehicles in the Perm region are considered, taking into account its climatic features and the development of the necessary infrastructure. The problems that users may encounter when operating electric vehicles in conditions of low and high ambient temperatures are presented. A shortage of charging stations was revealed in Russia and the Perm Territory.

Keywords: electric car, low temperatures, battery thermal management.

Борьба за экологию в мире приводит к сокращению количества выпускаемых автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и росту производства электромобилей. Несмотря на то, что в России нет серийного производства собственного электромобиля, стоимость зарубежных моделей достаточно высокая, в последние годы статистика показывает существенный прирост их количества в стране (рис. 1). Переход от эксплуатации автомобилей с двигателем внутреннего сгорания к автомобилям на электрической тяге потребует решения ряда задач, связанных с повышением комфортности их эксплуатации. В первую очередь необходимо приспособить электромобили к эксплуатации в различных климатических зонах регионов России с учетом изменения температурных режимов в течение года, а также обеспечить широкую доступность зарядных станций.

Рынок электромобилей в России по месяцам

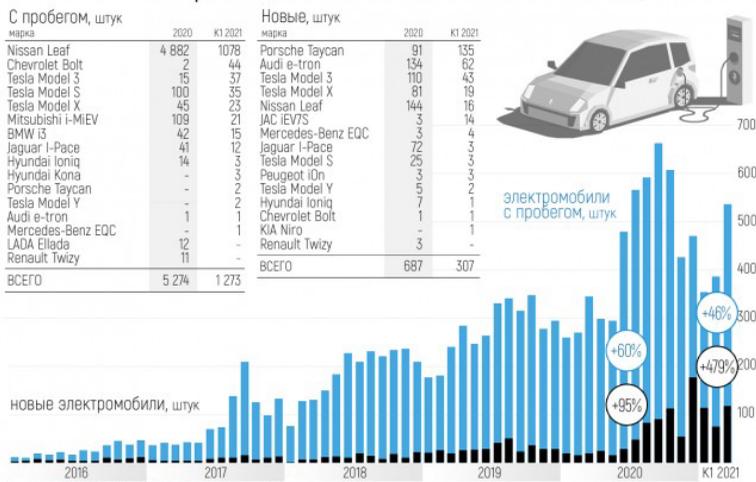


Рис. 1. Динамика рынка электромобилей в России по данным AUTOSTAT-RADAR

Температурные условия существенным образом влияют на эксплуатацию электромобилей и его характеристики. Например, Пермский край имеет преимущественно умеренно-континентальный климат, зима продолжительная и снежная, температура может опускаться до -25°C неоднократно в течение сезона, в то же время лето в последние годы достаточно жаркое, с незначительным количеством осадков, температура повышается до $+25^{\circ}\text{C}$ и выше [2]. Такой широкий диапазон изменения температуры создает ряд проблем при эксплуатации электромобилей.

Основные проблемы эксплуатации электромобилей в **летний** период:

1. При быстрой зарядке могут существенно нагреваться ячейки аккумуляторной батареи, при этом даже встроенная система охлаждения не будет эффективна при повышенной температуре воздуха. Как результат, произойдет снижение интенсивности зарядки или временное отключение зарядного устройства до нормализации температуры.

2. При интенсивной езде происходит интенсивный расход энергии, запасенной в аккумуляторной батарее, сопровождающийся нагревом. При активных ускорениях может наблюдаться перегрев

батареи, и для нормализации температуры необходимо снизить скорость, чтобы обтекающий радиаторы воздух смог обеспечить охлаждение батарей.

Основные проблемы эксплуатации электромобилей в **зимний** период:

1. Снижение емкости аккумуляторной батареи, скорости зарядки, точности определения запаса хода. Электрохимические процессы в аккумуляторной батарее протекают значительно хуже при отрицательных температурах, что сказывается на скорости зарядки и емкости. На запас хода влияет интенсивность работы салонного отопителя и другого электрооборудования.

2. Необходимость прогрева аккумуляторной батареи. Как правило, подогревом не оснащены электромобили бюджетного класса. В то же время прогрев необходим для поддержания оптимальной рабочей температуры при зарядке батареи и эксплуатации. Пользователь может столкнуться с проблемой невозможности зарядить электромобиль при отрицательной температуре окружающего воздуха, вплоть до его полной разрядки.

3. Существенный расход заряда на отопление салона. В отличие от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, тепла, выделяемого при работе электросиловой установки, недостаточно для обогрева салона. Для этой цели используется мощный электрический нагревательный элемент, который может расходовать 3 кВт энергии и более, что значительно уменьшает запас хода электромобиля.

Вторая значимая задача – увеличение количества зарядных станций. Целевой показатель – 1 зарядная станция на 10 электромобилей. На сегодняшний день в России более 11 000 электромобилей и, по примерным подсчетам, 450 зарядных станций, что ниже необходимого более чем в 2 раза. В Пермском крае на июль 2021 количество электромобилей достигло 400 штук при количестве зарядных станций 14, что также существенно ниже нормы. От количества зарядных станций напрямую зависит удобство пользования электромобилей; в связи с тем, что большая часть электромобилей в России имеет максимальный запас хода – от 70 до 100 км (на примере Nissan Leaf в зависимости от времени года), потребность в зарядных станциях достаточно высокая [3]. На рис. 2 можно увидеть страны-лидеры по количеству зарядных станций.

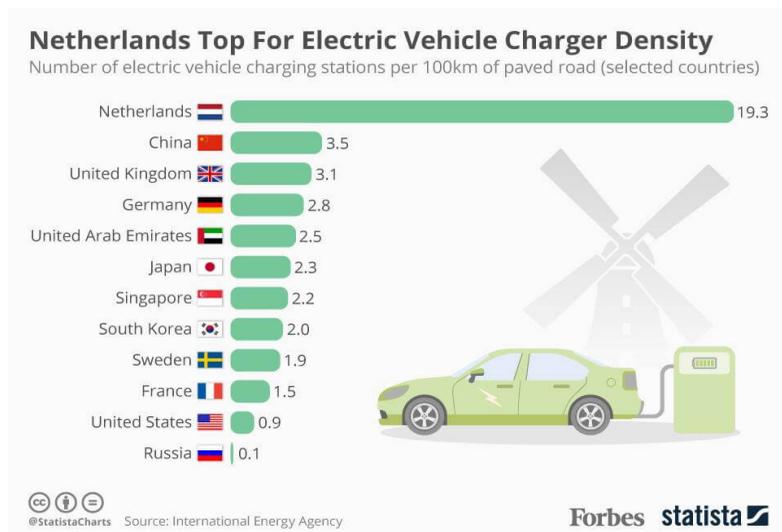


Рис. 2. Плотность зарядных станций в разных странах (шт/100 км дороги)

Выводы. Развитие электротранспорта позволит улучшить экологию городов, а для пользователя – сократить издержки на топливо, но для этого необходимо решить ряд первостепенных задач. Изучение особенностей эксплуатации электромобилей в Пермском крае показало, что нужно приспособлять электромобили к различным климатическим условиям, улучшать терморегулирование аккумуляторной батареи. Для комфортной эксплуатации электромобилей есть потребность в увеличении количества зарядных станций, так как в настоящее время плотность их размещения и в Пермском крае, и в России существенно меньше необходимого.

Список литературы

1. Автостат [Электронный ресурс]. – Как и почему растёт рынок электромобилей в России? – URL: <https://www.avto-stat.ru/infographics/47963/> (дата обращения: 7.03.2022).
2. Метеонova [Электронный ресурс]. – Погода и климат Пермского края и Перми. – URL: <https://www.meteoronova.ru/klimat/59/Permskaya%20Oblast/> (дата обращения: 7.03.2022).

3. РусГидро [Электронный ресурс]. – Развитие ЭЭС РусГидро, рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры на Дальнем Востоке. – URL: <http://www.rushydro.ru/upload/iblock/027/Analiticheskij-otchet-EZS-RusGidro.pdf> (дата обращения: 7.03.2022).

Об авторах

Шумков Арсений Геннадьевич – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atm@pstu.ru.

Бояршинов Михаил Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atm@pstu.ru.

К.С. Панина, Д.А. Рогулина

ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ СОЛНЕЧНЫМ БАТАРЕЯМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ТРОТУАРОВ

Для эффективной работы системы подогрева пешеходных тротуаров от альтернативных источников получения электрического тока в некоторых регионах нашей страны необходимо устанавливать комбинированную систему преобразования электрического тока, например, солнечные батареи и ветрогенератор. В данной статье будет рассмотрен ветрогенератор.

Ключевые слова: ветрогенератор, тротуары, системы электроподогрева.

K.S. Panina, D.A. Rogulina

A WIND GENERATOR AS ALTERNATIVE OPTION OF SOLAR BATTERIES FOR SIDEWALKS HEATING SYSTEM

For effective working of sidewalks heating system from alternative sources for getting electric current in some regions of our country is necessary to install a combined electric current conversion system for example solar batteries and wind generator. In this article, a wind generator will be considered.

Keywords: Wind generator, sidewalks, electric heating systems.

На сегодняшний день актуальной проблемой является экологичное и экономически выгодное получение электроэнергии. В ранее рассмотренной системе подогрева пешеходных тротуаров был показан альтернативный способ забора электроэнергии, но солнечные батареи зависимы от солнечных лучей, а солнце непостоянно, нужен запасной вариант для получения электроэнергии в облачную или пасмурную погоду. Поэтому рассмотрим дополнительный источник получения электроэнергии, такой как ветрогенератор.

На данный момент ветрогенераторы не пользуются высоким спросом и популярностью из-за их масштабыности, но мало кто знает, что ветрогенераторы имеют разную форму, виды и могут занимать минимальное количество пространства, вплоть до использования данной системы электропреобразования в стесненных условиях.

Рассмотрим виды ветрогенераторов.

Вертикальный тип (ортогональные роторы) – турбины таких ветрогенераторов расположены горизонтально земной поверхности. Свою работу начинают при минимальной скорости ветра (рис. 1).

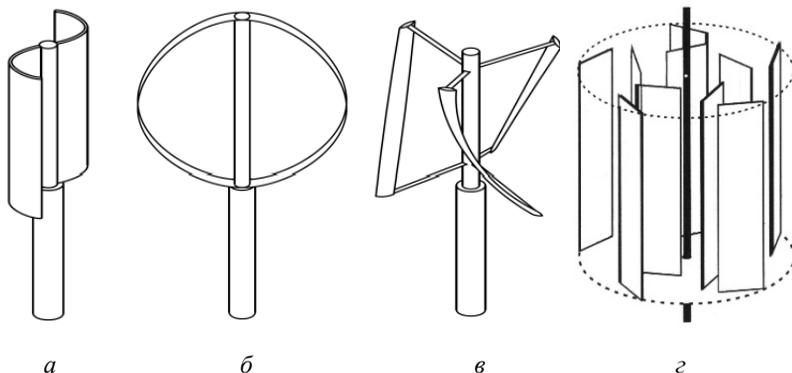


Рис. 1. Ротор: *а* – Савониуса, *б* – Дарье, *в* – геликоидный, *г* – многолопастный

Ортогональные роторы начинают вырабатывать энергию при скорости ветра в 0,7 м/с. Состоит из вертикальной оси и лопастей. Не производит много шума, отличается красивым необычным дизайном.

Преимущества таких роторов:

- использование ветрогенераторов при слабом ветре;
- не требует настройки на ветровой поток, так как не зависит от направления ветра;
- устанавливается на короткой мачте;
- шум в пределах 30 дБ;
- разнообразный внешний вид, что позволит не выделяться из целостности архитектурной застройки.

Минусы:

- низкая мощность.

Горизонтальный тип – ось ротора вращается параллельно земной плоскости. Имеет высокую мощность преобразования ветра в электрический ток (примеры: ветрогенератор по типу парусник, летающий ветрогенератор-крыло).

Преимущества:

- высокая эффективность.

Минусы:

- устанавливаются на высоких мачтах для большего соприкосновения с ветром;
- шумные;
- настраиваются по направлению ветра.

Из вышеперечисленных ветрогенераторов в стесненных условиях лучшим вариантом будет ортогональные, так как они имеют конструкцию, при обслуживании которой нет необходимости в специальных подъемниках для размещения обслуживающего персонала. На его эффективность не оказывают влияния ни скорость, ни угол, ни направления потока ветра, что значительно снижает затраты на их содержание.

Правило подбора:

- Рассчитать количество необходимой энергии для эффективной работы системы электроподогрева.
- Учесть скорость ветра в месте установки, рассчитать необходимое количество аккумуляторов.
- Обратить внимание на количество лопастей. Чем их меньше, тем больше КПД.
- Выяснить интенсивность шума при работе установки.
- Проводить сравнение параметров ветрогенераторов.

Для эффективности работы ветряной установки для системы подогрева установим ветрогенераторы на крыше учебного корпуса ПНИПУ. Собранная электроэнергия будет обрабатываться по той же системе, что и солнечная.

С помощью фотоэлектрических панелей солнечная радиация преобразуется в постоянный электрический ток, также и с ветрогенератором. Благодаря кабелю они соединяются с контролером заряда аккумулятора, который регулирует его уровень, а также выступает в роли предохранителя. Следующим в цепочке подключён аккумулятор, выполняющий роль резерва для подачи энергии в непредвиденных ситуациях. Замыкает цепочку инвертор – устройство, преобразующее постоянное напряжение аккумуляторных батарей в переменное для повышения силы тока.

На рис. 2 изображена система подогрева пешеходных тротуаров с комбинированной системой получения электрического тока:

- 1) ортогональный ветрогенератор,
- 2) солнечная батарея,
- 3) контроллер заряда АКБ,

- 4) аккумуляторы,
- 5) инвертор,
- 6) кабельная система подогрева пешеходных тротуаров.

Такая конструкция может вырабатывать лишнюю энергию, которую нужно целесообразно направить для питания активных потребителей. Ими могут быть мачты освещения, светофор, цифровое табло.

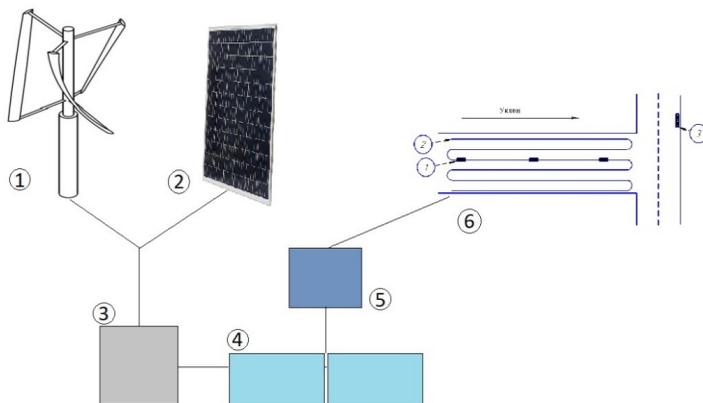


Рис. 2. Комбинированная система подогрева пешеходных тротуаров

Можно сделать вывод, что в современном мире использование ветрогенераторов в сочетании с солнечными батареями может быть эффективно, несмотря на довольно высокую в настоящее время стоимость солнечных батарей, их использование совместно с ветрогенераторами. Поскольку зимой существует большой потенциал ветра, а летом в ясные дни максимальный эффект можно получить, используя солнечные батареи, то сочетание этих ресурсов оказывается выгодным для потребителя.

Список литературы

1. Панина К.С., Рогулина Д.А. Применение солнечных батарей для электроподогрева пешеходных тротуаров с целью обеспечения безопасного движения на них // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Изд-во ПНИПУ 2020. – С. 329–332.

2. Все об альтернативной энергетике [Электронный ресурс]. – URL: <https://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorov-vertikalnye-gorizontальные.html> (дата обращения: 07.03.2022).

3. Интернет-энциклопедия о обустройстве сетей инженерно-технического обеспечения [Электронный ресурс]. – URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/generators/kak-proizvesti-raschet-vetro-generatora.html> (дата обращения: 07.03.2022).

4. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности / В.М. Каргиев, С.Н. Мартиросов, В.П. Муругов [и др.]. – М.: Изд-во «Интерсоларцентр», 2001. – С. 23.

Об авторах

Панина Ксения Сергеевна – студент магистратуры кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ksescha.panina@yandex.ru.

Роголина Дарья Александровна – студент магистратуры кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elkdara@yandex.ru.

Д.А. Рогулина, К.С. Панина

ЗАМЕНА ПРОЕКТНОГО МАТЕРИАЛА НА УЛУЧШЕННЫЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРИ ИСПОЛНЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРАКТА

В настоящее время в процессе исполнения государственного контракта у Подрядчика возникают ситуации по замене материалов, которые ведут к улучшению качества и долговечности объекта. Обычно это не приводит к изменению сметной стоимости, но Заказчик всё равно может отказаться оплачивать стоимость выполненных работ, аргументируя это несоответствием со сметой. Правомерна ли замена материалов со стороны Подрядчика и как правильно задокументировать их и согласовать с Заказчиком?

Ключевые слова: замена материалов, государственный контракт, Заказчик, Подрядчик.

D.A. Rogulina, K.S. Panina

REPLACEMENT OF DESIGN MATERIAL FOR IMPROVED IN CONSTRUCTION MATERIAL IN PERFORMANCE OF THE STATE CONTRACT

Currently, in the process of executing a state contract, the Contractor has situations to replace materials that lead to an improvement in the quality and durability of the object. Usually this does not lead to a change in the estimated cost, but the customer may still refuse to pay the cost of the work performed, causing that this is a discrepancy with the estimate. Is it legal to replace materials on the part of the Contractor and, as a rule, document them and agree with the customer.

Keywords: replacement of materials, state contract, Customer, Contractor.

На сегодняшний день актуальным вопросом является правомерность замены Подрядчиком материала на улучшенный. В данной статье будет рассмотрено, в каких случаях замена материала с лучшими параметрами в государственном контракте возможна.

Осуществлять замену материала на улучшенный разрешает контрактное законодательство – ч. 7 ст. 95 44-ФЗ. Но для этого одновременно должны быть соблюдены следующие условия:

1. Согласованность обеих сторон о необходимости замены материалов на аналогичный, но с улучшенными свойствами.

2. Потребительские характеристики, технические и функциональные параметры замененных материалов выше по сравнению с теми, которые были предложены к поставке изначально.

3. Замена материалов не противоречит ст. 14 44-ФЗ о национальном режиме и нормативно-правовой документации, касающейся этой статьи.

Обратимся к пояснению всех пунктов по порядку.

Без согласия Заказчика Подрядчику осуществлять замену материала на улучшенный нельзя, так как тот может сослаться на положение п. 1 ст. 743 ГК РФ, который говорит о том, что Подрядчик обязан осуществлять строительство согласно технической документации и другим приложенным документам в контракте. Поэтому необходимо заключить с Заказчиком соответствующее дополнительное соглашение, которое узаконит замену материала на улучшенный, согласно письму МинФина РФ № 24-06-01/65537 от 6 октября 2017 г.

В законе отсутствуют определённые критерии, по которым можно определить, какие свойства являются улучшенными. Заказчик сам определяет выгодность нового товара и несёт за это ответственность, именно поэтому не очень охотно поддерживает инициативу Подрядчика о замене материала. Заказчик не может менять условия контракта – об этом говорится в письме Минэкономразвития № Д28и-2705 от 9 декабря 2014 года.

Проверяющие службы требуют обоснованность замены материала в контракте на материал с улучшенными характеристиками в случаях, когда невозможно с уверенностью говорить, что иные характеристики являются действительно более выгодными.

Третье условие – соблюдение норм статьи 14 44-ФЗ о национальном режиме. Нельзя изменять страну происхождения товара, а в некоторых случаях и производителя в ходе исполнения контракта, поскольку это противоречит следующим нормативно-правовым актам:

- ◆ ПП РФ от 16.11.2015 г. № 1236;
- ◆ ПП РФ от 05.02.2015 г. № 102;
- ◆ ПП РФ от 30.11.2015 г. № 1289;
- ◆ ПП РФ от 22.08.2016 г. № 832;

- ◆ ПП РФ от 30.04.2020 г. № 616;
- ◆ ПП РФ от 10.07.2019 г. № 878;
- ◆ ПП РФ от 30.04.2020 г. № 617;
- ◆ Приказ Минфина № 126н от 04.06.2018 г.

На основании дополнительного соглашения к контракту осуществляется передача продукции с улучшенными свойствами, однако в некоторых случаях использование возможности заменить товар не допускается.

Существует много ситуаций, при которых у Подрядчика может возникнуть потребность использовать другой материал. Перечислим часто встречающиеся:

1. Подрядчик, выиграв аукцион, готов использовать материал, указанный в техническом задании и контракте, но по ходу исполнения работ производитель перестал выпускать данную продукцию, и она закончилась на складе.

2. Приостановление завоза материала на рынок по каким-либо причинам во время начала работ.

3. Ошибка в техническом задании с неверными показателями материала.

4. Стоимость аналогов существенно ниже, и выгоднее использовать их, нежели использовать материалы, сильно повысившиеся в цене.

Менять условия контракта можно только в ходе непосредственного выполнения работ, но не при его заключении или на этапе подачи заявки. Сначала Подрядчик должен заключить с Заказчиком контракт, а уже потом, приступив к его исполнению, в зависимости от ситуации предлагать произвести замену материала с улучшенными свойствами, безусловно, если соблюдены условия контрактного законодательства.

Необходимо помнить об ответственности сторон за несоблюдение норм контрактного законодательства в отношении замены показателей продукции.

В ситуации соглашения Заказчика с инициативой Подрядчика до подписания контракта Заказчику может грозить административная ответственность по ч. 1 ст. 7.32 КоАП РФ за заключение контракта на условиях, которые не были утверждены в закупочной документации.

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод, что ни в контрактном законодательстве, ни в сопутствующих нормативных документах процедура замены материала на улучшенный не регламентируется. Это значит, что Подрядчик в праве осуществить замену материала при любом способе закупки: аукцион, конкурс, запрос предложений и т.д., но с разрешения Заказчика. В таком случае стороны могут заключить дополнительное соглашение, даже если это условие не было прописано в тексте договора, но разрешает ч. 7 ст. 95 44-ФЗ.

Если между Подрядчиком и Заказчиком возникает спорная ситуация, которая касается замены материала, то, как правило, суд встаёт на сторону Заказчика, так как именно его интересы берутся за основу (Постановление Арбитражного суда Волго-Вятского округа № Ф01-5614/2017 от 04.12.2017 г.).

Для наглядности рассмотрим пример законной замены материала. Между ГКУ ПК «Х» и ООО «Х» был заключен государственный контракт на выполнение работ по строительству объекта.

Согласно проектному решению, для выполнения работ по обратной засыпке предусмотрен существующий грунт. В связи с тем, что работы необходимо выполнить в зимних условиях при отрицательных температурах, использовать существующий грунт не представляется возможным по причине последующих температурных деформаций и просадки конструкции пола. Подрядчик просит согласовать замену материала обратной засыпки на песок/ПГС, что позволит выполнить данную работу в зимних условиях. Заказчик выдвинул требования к используемым материалам, ссылаясь на нормативные документы, и пришёл к соглашению.

Список литературы

1. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд. – Федеральный закон № 44-ФЗ от 05.04.2013 г. (последняя редакция).

2. О рассмотрении обращения. – Письмо Минфина России № 24-06-01/65537 от 6 октября 2017 г.

3. О применении положений федерального закона от 21 июля 2005 г. № 94-ФЗ, Федерального закона от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ. – Письмо Минэкономразвития России № Д28И-2705 от 9 декабря 2014 г.

4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. – № 195-ФЗ от 30.12.2001 г. (ред. от 06.03.2022).

5. О возможности поставки товара, выполнения работы или оказания услуги с улучшенными качеством и характеристиками (потребительскими свойствами) при исполнении контракта. – Письмо Минфина России № 24-03-08/76658 от 01.09.2020 г.

Об авторах

Роголина Дарья Александровна – студент магистратуры кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elk dara@yandex.ru.

Панина Ксения Сергеевна – студент магистратуры кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ksescha.panina@yandex.ru.

Д.С. Беляев, Е.М. Генсон

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕМ

В статье приведен анализ российских и зарубежных источников, занимающихся исследованиями в области влияния внешних факторов на расход энергии при эксплуатации электромобилей. Установлены основные факторы, влияющие на энергопотребление. Наиболее значимым из них является температура окружающей среды. Исследуемая задача является актуальной для Пермского края ввиду низких среднегодовых температур.

Ключевые слова: электромобиль, энергопотребление, эксплуатация электромобиля.

D.S. Belyaev, E.M. Genson

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE ENERGY CONSUMPTION OF AN ELECTRIC VEHICLE

The article presents an analysis of Russian and foreign sources engaged in research in the field of the influence of external factors on energy consumption during the operation of electric vehicles. The main factors affecting energy consumption have been identified. The most significant of these is the ambient temperature. The problem under study is relevant for the Perm Region due to low average annual temperatures.

Keywords: electric vehicle, energy consumption, operation of an electric vehicle.

Количество электромобилей во всем мире и, в частности, в России ежегодно растет в геометрической прогрессии. По данным аналитического агентства «Автостат»¹, на начало второго полугодия 2021 года в России было зарегистрировано 12 290 электромобилей. Причем более трети этого парка сосредоточены лишь в трех российских регионах: Приморском крае, Иркутской области и в Москве. Доля электрифицированных автомобилей в России составляет 0,03 % от общего числа зарегистрированных легковых автомобилей. В Приморье больше всего электромобилей Nissan Leaf с правым рулем. Связано это с близостью региона с Японией,

¹ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.autostat.ru/> (дата обращения: 04.10.2021).

удобными логистическими и таможенными коридорами. Однако в нашей стране количество электромобилей ничтожно мало, по сравнению с некоторыми развитыми странами. Например, в Китае за 2021 г. было продано более 3 млн новых электромобилей различных марок и моделей, а общее число приближается к 10 млн штук. Низкие темпы развития рынка электромобилей в России можно связать с малым количеством электростанций, большой протяженностью страны, сложными природно-климатическими условиями и низкой проработкой проблемы определения реального запаса хода электромобиля на одном заряде высоковольтной батареи (ВВБ). Таким образом, исследования, направленные на выявление зависимости расхода электроэнергии от внешних факторов при эксплуатации электромобиля, являются актуальными.

За рубежом был проведен ряд исследований для установления зависимости энергопотребления электромобилем от внешних факторов: температуры окружающей среды, манеры вождения, специфики зарядки [1]. Авторами были проведены исследования для установления взаимосвязи между потреблением энергии и температурой окружающей среды. В ходе проведения эксперимента были использованы общедоступные данные пользователей Nissan Leaf с емкостью ВВБ 21 кВт·ч более чем за 7000 поездок по Северной Америке, собранные канадской компанией Fleet Carma. В анализ включен суммарный эффект как кондиционирования салона, так и влияния температуры окружающей среды на эффективность работы аккумулятора (а также любые другие факторы, которые могут меняться в зависимости от температуры, например, дорожные условия и условия вождения). Полученные данные представлены на рисунке. По графику видно, что низкие и высокие температуры увеличивают расход электроэнергии практически в два раза по сравнению с оптимальным режимом работы.

Кроме того, зарубежные авторы активно моделируют и проводят оценку энергопотребления реальных объектов в среде MATLAB/Simulink, так как для планирования перевозок и затрат на эксплуатацию подвижного состава необходимо знать реальный расход электроэнергии [2]. Однако имитационное моделирование проводится на стандартных ездовых циклах и не учитывает влияние внешних факторов.

Авторами [3] была проведена расчетная оценка энергозатрат и запаса хода электромобилей по стандартным испытатель-

ным ездовым циклам: европейский NEDC, американские EPA, японский JC08, мировой (всемирный) цикл WLTC – и их сравнение с паспортными данными. В табл. 1 для примера приведены результаты сравнения запаса хода по автомобилю Nissan Leaf 2018 с емкостью ВВБ – 40 кВт·ч.

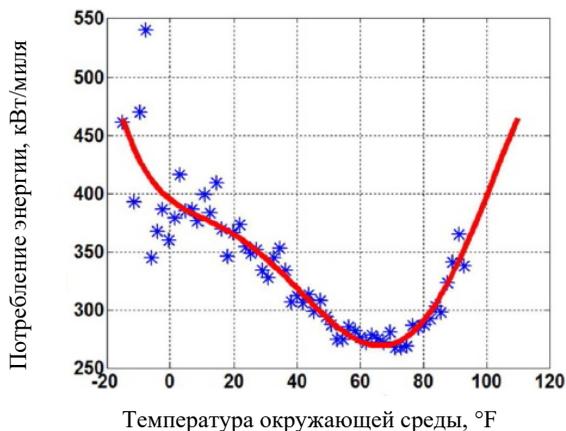


Рис. Потребление энергии Nissan Leaf на милю в зависимости от температуры окружающей среды

Т а б л и ц а 1

Результаты расчетной оценки энергопотребления Nissan Leaf 2018

Модель автомобиля	Ездовой цикл	Расходуемая за цикл энергия накопителя, кВт·ч	Рекуперированная за цикл энергия накопителя, кВт·ч	Общие затраты энергии накопителя, кВт·ч	Удельный расход энергии накопителя на километр, кВт·ч/км	Расчетная величина запаса хода, км	Паспортный запас хода, км
Nissan Leaf 2018	NEDC	1,622	0,278	1,344	0,1219	328	378
	EPA	5,05	0,793	4,257	0,1242	322	243
	JC08	1,105	0,31	0,795	0,0973	411	400
	WLTC	4,165	0,631	3,534	0,1519	263	270

В ходе математического моделирования авторами исследовано влияние основных эксплуатационных факторов (масса автомобиля, дорожные условия движения, эффективность процессов преобразования энергии в силовой установке) на изменение запаса

хода электромобиля. Однако для установления зависимости расхода энергии ВВБ от температуры окружающей среды видится целесообразным использовать стандартные испытательные ездовые циклы, так как они используются для определения контрольного расхода энергоресурсов при эксплуатации.

Для определения актуальности дальнейших исследований необходимо определить природно-климатические условия в Пермском крае. По данным аналитических агентств¹, Пермский край находится в зоне влияния низких температур (табл. 2). Большую часть года наблюдаются значительные отрицательные температуры и близкие к нулю. Таким образом, задача определения влияния природно-климатических условий на дальность хода электромобиля на территории региона актуальна.

Таблица 2

Среднемесячная температура воздуха в Пермском крае

Год	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
2010	-18.8	-15.6	-4.3	5.7	14.1	16.9	20.3	18.0	10.3	2.8	-2.9	-13.7
2011	-12.1	-17.9	-5.6	4.2	12.1	15.9	20.1	14.8	11.3	5.4	-7.3	-7.9
2012	-13.5	-14.7	-5.0	8.3	12.5	18.3	20.1	16.7	10.7	5.4	-2.4	-15.8
2013	-14.8	-8.1	-10.0	3.9	11.0	18.8	19.2	17.2	10.3	2.0	1.2	-8.6
2014	-14.5	-14.0	-1.4	1.9	13.7	15.0	14.4	17.0	9.2	-1.4	-5.0	-9.2
2015	-12.9	-7.0	-2.2	3.8	13.5	18.8	14.7	13.0	12.2	0.0	-5.4	-7.0
2016	-13.7	-3.6	-3.2	6.3	13.1	16.1	20.1	21.7	10.9	1.3	-9.9	-15.5
2017	-15.1	-11.4	-1.9	3.1	8.1	14.3	17.5	16.9	9.3	3.0	-1.3	-7.4
2018	-11.2	-11.9	-8.9	2.6	9.5	14.0	20.5	15.6	11.1	3.9	-4.9	-9.9
2019	-11.3	-10.3	-1.8	3.0	12.9	15.0	16.9	13.7	8.8	4.7	-5.4	-6.6
2020	-6.8	-4.6	0.3	4.2	13.0	14.0	21.1	15.5	10.2	4.2	-5.2	-10.9
2021	-13.0	-17.4	-5.7	5.4	16.3	18.8	18.5	18.6	7.6	4.2	-3.6	-10.3

В результате проведенного исследования установлены наиболее значимые факторы, которые оказывают влияние на энергопотребление электромобилем при эксплуатации: дорожные условия, эффективность рекуперации энергии в силовой установке, рельеф местности, температура окружающей среды, режим вождения. При этом температура оказывает наиболее значительное влияние на рас-

¹ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28224.htm> (дата обращения: 04.10.2021).

ход электроэнергии при эксплуатации. Связано это как с низкой эффективностью ВВБ при неоптимальных температурах, так и с использованием кондиционера или отопителя для поддержания теплового режима в салоне автомобиля. При этом снижение дальности хода может достигать 40 % в холодные зимние или жаркие летние дни по сравнению с заявленной. При этом для проведения экспериментальных исследований видится нецелесообразным использовать стандартные испытательные ездовые циклы, так как цель эксперимента – выявление влияния различных факторов на расход электроэнергии, а не определение контрольного расхода энергии.

Список литературы

1. Yuksel T., Michalek J.J. Effects of Regional Temperature on Electric Vehicle Efficiency, Range, and Emissions in the United States // *Environmental Science & Technology*, Mar 1, 2015. – P. 3974–3980.

2. Miri I., Fotouhi A., Ewin N. Electric vehicle energy consumption modelling and estimation – A case study. *Int. J. Energy Res.* – 2021. – P. 501–520. – [Electronic resource]. – URL: <https://doi.org/10.1002/er.5700> (date of access 04.04. 2021).

3. Расчетная оценка запаса хода электромобиля на одной зарядке аккумуляторной батареи / С.Н. Поддубко, Н.Н. Ишин, А.М. Гоман, [и др.] // *Актуальные вопросы машиноведения.* – 2019. – Т. 8. – С. 209–215.

Об авторах

Беляев Дмитрий Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dmitry.belyaev@audi-perm.ru.

Генсон Евгений Михайлович – кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: genson@pstu.ru.

К.Г. Пугин, Н.К. Иванов

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛАСТИЧНЫХ МУФТ ДЛЯ ПРИВОДА МЕХАНИЗМОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Разнообразие требований и условий эксплуатации обусловило создание большого конструкционного колорита как импортных, так и отечественных эластичных муфт для привода механизмов строительных и дорожных машин. В статье предлагается рассмотреть существующие эластичные муфты и проанализировать основные показатели их выбора.

Ключевые слова: привод, эластичная муфта, строительные машины, дорожные машины, надежность.

K.G. Pugin, N.K. Ivanov

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF ELASTIC COUPLINGS FOR THE DRIVE MECHANISMS OF CONSTRUCTION AND ROAD VEHICLES

A variety of requirements and operating conditions led to the creation of a large structural flavor of both imported and domestic elastic couplings for driving mechanisms of construction and road vehicles. The article proposes to consider the existing elastic couplings and analyze the main indicators of their choice.

Keywords: drive, elastic coupling, construction machines, road machines, reliability.

Надежности строительных и дорожных машин (СДМ) в настоящее время уделяется большое внимание. Надежность повышают за счет усиления металлоконструкций, повышения надежности гидросистем и электронных блоков управления [1–3]. Надежность СДМ во многом обеспечивается правильным выбором муфт, используемых для передачи энергии от силового агрегата исполнительным механизмам. При выполнении рабочих операций рабочие органы СДМ испытывают различные внешние и внутренние нагрузки, величина которых зависит от скорости выполнения операций, массы рабочих органов и груза, условий выполнения рабочих операций и др. Возникающие инерционные нагрузки при смене направления движения, скорости движения и торможения могут формировать усилие и моменты на приводных валах выше критической величины. В этой связи важное значение имеет выбор не

только момента муфты, а также демпфирующей способности, так как именно она может снизить количество выходов из строя силовых агрегатов и повысить надежность СДМ в целом.

Эластичные муфты с упругим элементом применяются для амортизации ударных, вибрационных и динамических нагрузок, возникающих при запуске механизмов и при переходе в режим реверса. Универсальность таких соединительных деталей объясняется крутильной податливостью упругой части устройства, а также компенсирующими свойствами. Эластичные компоненты незаменимы для присоединения валов, имеющих осевые, радиальные и угловые отклонения. Эластичные муфты применяются на различных СДМ: экскаваторах, погрузчиках, бетононасосах, строительных кранах, грейдерах, машинах для добычи строительных материалов. Широко используется муфта упругая втулочно-пальцевая МУВП – 4000. Она используется для компенсации динамических нагрузок и применяется не только для строительных и дорожных машин, а также в различных сферах машиностроения. Она используется для соединения двигателя с валом редуктора. Выбор данной муфты производят исходя из номинального крутящего момента, габаритных размеров, посадочного диаметра отверстия полумуфты, допустимой несоосности. МУВП – 4000 состоит из двух полумуфт – 1 и 4, резиновой втулки – 2, пальца – 3 (рис. 1). Первая присоединяется на вал двигателя, а вторая к валу редуктора. Резиновые втулки установлены между металлическими пальцами, которые соединяют полумуфты двигателя и редуктора. Данная муфта имеет ряд преимуществ – это малые габаритные размеры, небольшая масса, легкая замена резиновых втулок, простота изготовления и низкая материалоемкость, которая обеспечивает доступную стоимость изделия.

Для производства дноуглубительных работ и добычи нерудных строительных материалов применяется земснаряд. Передача вращающего момента от двигателя к движителю в земснаряде происходит с помощью валопровода, который состоит из системы валов, фланцев и эластичной муфты. Наиболее популярными и часто используемыми являются импортные эластичные муфты «СЕНТА» (рис. 2). Муфты «СЕНТА» крутильно-упругие, экономичные, компенсируют значительные усилия любого рода и перемыкают расстояния до нескольких метров. Данный тип конструкции компенсирует значительные усилия и несоосность любого рода, перемыкает расстояния до нескольких метров.

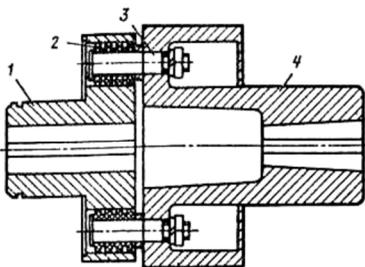


Рис. 1. Разрез МУВП - 4000 [4]



Рис. 2. Эластичная муфта «CENTA» [5]

Данная конструкция, несомненно, дает ряд преимуществ, однако главным недостатком может считаться малая технологичность при выходе ее из строя. Со временем при значительном количестве знакопеременных усилий в соединении резина-металл возникают трещины, расслоения резины. В большинстве случаев при глубоком отслаивании и трещинах более 5 мм требуется замена всей муфты в сборе полностью. В настоящее время в связи с вводом санкций возникает проблема приобретения и замены импортной эластичной муфты в сборе. Это приводит к простоям техники, снижению ее производительности. Вопрос внедрения и разработки аналогов импортных эластичных муфт актуален для сегмента машиностроения. Однако следует отметить, что создание российских эластичных муфт для снижения зависимости российского машиностроения от иностранных комплектующих требует серьезных вложений, которые должны в первую очередь быть направлены на изучение работы такой муфты и поиск эффективных материалов для нее.

В итоге можно сказать, что передаваемый вращающий момент является основной характеристикой эластичной муфты. К основным показателям муфты можно отнести габариты, массу, размеры посадочных мест, момент инерции и др. Так как эластичная муфта является автономной единицей, ее просто стандартизировать. Выбор эластичной муфты проводят по таблицам соответствующего стандарта или каталога: по диаметру соединяемых валов, по номинальному крутящему моменту для упругого элемента, допустимому смещению валов, крутильной жесткости упругого элемента, температурному режиму, в котором эксплуатируется эластичная муфта. Для параметрической оценки возможности снижения динамических нагрузок и

устранения опасности резонансных явлений используют понятия «жёсткость» и «демпфирующая способность».

Список литературы

1. Мехонин О.Н., Пугин К.Г., Щеткин Р.В. Основные факторы, влияющие на изготовление и проектирование грузоподъемной техники при мелкосерийном и индивидуальном производстве // Химия. Экология. Урбанистика / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2021. – Т. 2021 (3). – С. 204–208.

2. Разработка проекта прицепного мини-экскаватора / К.Г. Пугин, Л.В. Янковский, Д.В. Власов, И.Э. Шаякбаров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – № 2. – С. 72–79.

3. Расширение технологических возможностей экскаватора ЭО-4121Б за счет установки сменного навесного оборудования / К.Г. Пугин, Д.В. Власов, И.А. Галев, И.Р. Гимадеев // Химия. Экология. Урбанистика / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2021. – Т. 2021 (3). – С. 121–125.

4. Строй-техника. Строительные машины и оборудование, справочник [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroy-technics.ru/article/osnovnye-komplektuyushchie-izdeliya-kozlovogo-krana> (дата обращения: 15.03.2022).

5. Логистический холдинг [Электронный ресурс]. – URL: <https://cargoasia.ru/shop/product/privodnoi-val-centaflex-a-type-g-gbgz-118-108> (дата обращения: 15.03.2022).

Об авторах

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; доктор технических наук, профессор, Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

Иванов Никита Константинович – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nikitaivanov59@mail.ru.

К.Г. Пугин, О.В. Яконцева, В.К. Салахова

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕМ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

Растущие нагрузки на конструкцию автомобильной дороги, формируемые транспортом, требуют получения асфальтобетонов, обладающих повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Анализ научной литературы показывает, что одним из перспективных отходов для регулирования процессов структурообразования в асфальтобетоне являются полимерные отходы. Они позволяют получить асфальтобетоны с физико-механическими свойствами, удовлетворяющие нормативным требованиям, и снизить стоимость производства асфальтобетона за счёт экономии природных сырьевых материалов.

Ключевые слова: асфальтобетон, пластик, отходы, структурообразование, дорожное строительство, полимеры.

K.G. Pugin, O.V. Yakontseva, V.K. Salakhova

THE USE OF POLYMER MATERIALS AS A STRUCTURAL ELEMENT IN ASPHALT CONCRETE

The growing loads on the road structure generated by transport require the production of asphalt concrete with increased physical, mechanical and operational properties. Analysis of scientific literature shows that one of the promising waste for regulating the processes of structure formation in asphalt concrete is polymer waste. They make it possible to obtain asphalt concrete with physical and mechanical properties that meet regulatory requirements and reduce the cost of producing asphalt concrete by saving natural raw materials. The use of polymer waste (plastic) in the composition of asphalt concrete also solves the issue of waste disposal.

Keywords: asphalt concrete, plastic, waste, structure formation, road construction, polymers.

Для выполнения государственных программ, направленных на развитие транспортных магистралей, в частности «Развитие транспортной системы», «Безопасные и качественные автомобильные дороги», необходимо большое количество дорожно-строительных материалов, способных обеспечить растущую потребность в повышении несущей способности, снижении потребления сырьевых природных ресурсов и снижении стоимости строительства. Для этих целей в первую очередь необходимо получить асфальтобетоны, ко-

которые бы удовлетворяли растущим внешним нагрузкам и имели низкую стоимость. Снижения стоимости производства асфальтобетонов возможно достичь за счет использования в структуре асфальтобетона отходов производства, которые по своим свойствам не уступают природным сырьевым материалам и способны эффективно регулировать свойства получаемых асфальтобетонов. В этом направлении ведутся работы многими научными группами из разных стран, включая РФ. Для регулирования характеристик асфальтобетона используют различные каменные материалы, варьируют гранулометрическим и химическим составом, и различного рода модификаторы, которые изменяют свойства битума [1–5].

В состав асфальтобетонной смеси входят крупный минеральный заполнитель (щебень), составляющий основной силовой каркас асфальтобетона, мелкие минеральные материалы (песок, минеральный порошок), регулирующие подвижность битума и заполняющие пустоты в структуре. В качестве связующего материала используется битум различной вязкости, который объединяет минеральные материалы различной крупности в единый монолит. Для придания целенаправленных свойств в составе асфальтобетонной смеси используют добавки. Добавки могут иметь различное назначение, в частности стабилизирующие, дисперсного армирования, адгезионные, пластимеры и другие.

Опубликованные за последние годы исследования показывают эффективность использования отходов пластика для получения асфальтобетонов с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Такая технология позволяет не только сократить объемы накопленных пластиковых отходов, но и улучшить состояние автомобильных дорог за счет повышения пластичности асфальтобетона. В настоящее время идет образование полимерных отходов в виде: одноразовых медицинских масок; простыней; салфеток; комбинезонов; халатов, а также нетканого материала, используемого для нужд сельского хозяйства, которые характеризуются однородной мелковолокнистой структурой. Структура нетканого материала, используемая для производства одноразовых медицинских масок, подходит для создания линейного или дисперсного армирования асфальтобетона. Это позволяет рассматривать данные отходы в качестве материала для дисперсного армирования структуры асфальтобетона. Технологический процесс производства асфальтобетонной смеси (температура приготовления горячего асфальтобе-

тона до 160°С) эффективно лишает жизнеспособности различные вирусы, в том числе и вызывающие COVID-19. В этом случае нет необходимости дополнительно проводить обеззараживание отходов.

Для исследования возможности управления структурообразованием асфальтобетона с помощью волокнистых полимерных материалов на кафедре «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета совместно с кафедрой «Охрана окружающей среды» были проведены эксперименты. В них в качестве структурорегулирующего элемента были использованы медицинские маски, изготовленные из спанбонда (полипропилен по стандарту GB 19083- «TESTE» (Китай)). Особенность слоев маски заключается в разной толщине нитей полипропилена. Наружный слой маски выполнен из более крупных нитей, внутренний слой – из более тонких.

За основу проектирования состава асфальтобетонных образцов был выбран наиболее широко используемый тип асфальтобетонной смеси Б, второй марки. В составе смеси использовался: щебень изверженных пород, фракции 5–20 мм. В качестве вяжущего компонента асфальтобетонной смеси был использован битум БНД 100/130. Количество вяжущего во всех составах было одинаковым – 4,9 % сверх минеральной части. Измельченные медицинские маски были добавлены в количестве 0,5 % от массы битума.

Были проведены сравнительные испытания асфальтобетонных образцов, полученных из традиционных сырьевых материалов (состав 1) и с использованием предварительно измельченных (до размера 20×20 мм) одноразовых медицинских масок (состав 2). Основные физико-механические показатели полученных образцов асфальтобетона различного состава представлены в таблице.

Физико-механические показатели образцов асфальтобетона

Наименование показателя	Требование ГОСТ 9123	Состав 1	Состав 2
Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,53	2,51
Водонасыщение, %	от 1,5 до 4,0	2,69	3,12
Предел прочности при сжатии:			
при $t = 50$ °С, МПа	не менее 1,0	1,80	2,18
при $t = 20$ °С, МПа	не менее 2,2	4,03	4,15
при $t = 0$ °С, МПа	не более 12,0	8,85	8,25
Водостойкость	не менее 0,85	0,92	0,90

Представленные выше результаты испытаний асфальтобетонных образцов позволяют сделать вывод, что одноразовые медицинские маски (пластик типа полипропилен) возможно использовать в качестве структурообразующего элемента в технологиях получения различных типов и марок асфальтобетона. Полученные образцы асфальтобетона отличаются от традиционного состава повышенной устойчивостью на сжатие при высоких температурах (предел прочности при 50 °С) и пониженным показателем прочности при низких температурах (предел прочности при 0 °С). Это говорит о лучших эксплуатационных свойствах асфальтобетонного покрытия к внешним нагрузкам в летний и зимний периоды. Это достигается за счет дисперсного армирования структуры асфальтобетона нетканой структурой медицинских масок из нитей полипропилена и частичной модификацией битума. Модификация битума происходит вследствие прямого, высокотемпературного контакта полипропилена и битума в процессе приготовления асфальтобетонной смеси. Полипропилен имеет более высокую температуру плавления, чем битум, но, имея химическое родство с битумом, имеет возможность влиять на его свойства, тем самым регулировать структуру асфальтобетона.

Список литературы

1. Пугин К.Г., Юшков В.С. Использование вторичных материалов для цементобетонных покрытий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 1. – С. 144–151
2. Тюрюханов К.Ю., Пугин К.Г. Исследование взаимодействия битума с минеральными частицами в асфальтобетоне // Транспортные сооружения. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 19.
3. Получение экологически безопасных материалов на основе отработанного формовочного песка сталелитейного производства / Я.И. Вайсман, К.Г. Пугин, Л.В. Рудакова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 3. – С. 109–115.
4. Пугин К.Г., Юшков В.С. Отходы металлургических предприятий для создания цветного асфальтобетона // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 4–7.

5. Котлярский Э.В., Кочнев В.И., Давлятова Д.Ю. Автоматизированное проектирование асфальтобетонных смесей с заданными свойствами // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – № 1 (71). – С. 27–29.

Об авторах

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных технологий, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; профессор кафедры специальностей водного транспорта и управления на транспорте, Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

Яконцева Ольга Валерьевна – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: yakontseva.olga@yandex.ru.

Салахова Вероника Константиновна – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: veronika815@inbox.ru.

О.Н. Мехонин, К.Г. Пугин, Р.В. Щеткин

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОСНАЩЕННОЙ КМУ

В настоящей статье рассмотрены основные этапы современного проектирования грузоподъемной техники, оснащенной краном-манипулятором на базе автомобильных шасси.

Ключевые слова: автомобильный кран-манипулятор, крано-манипуляторная установка, коэффициент грузовой устойчивости.

O.N. Mekhonin, K.G. Pugin, R.V. Shchetkin

THE MAIN STAGES OF DESIGNING LIFTING VEHICLES EQUIPPED WITH A CRANE MANIPULATOR

This article discusses the main stages of modern design of lifting equipment equipped with a crane manipulator based on automobile chassis.

Keywords: truck crane, crane manipulator, load stability coefficient.

Автомобильная техника, оснащенная крано-манипуляторной установкой, позволяет не только осуществлять перевозку грузов, но и самостоятельно производить их загрузку. Кроме того, существующее разнообразие автомобильных шасси, крано-манипуляторных установок и навесного оборудования позволяет подобрать потребителю технику под выполнение узкоспециализированных задач. Однако для того, чтобы использование данных грузоподъемных машин было действительно эффективным, перед проектировщиками стоит задача максимальной реализации технических возможностей базового шасси и навесного оборудования.

Процесс проектирования автомобильного крана-манипулятора можно условно разделить на несколько этапов. Рассмотрим наиболее подробно первый этап – предварительную компоновку машины. Здесь задача проектировщиков состоит в том, чтобы установка навесного оборудования строго соответствовала нескольким требованиям. Во-первых, определяется состав и тип навесного оборудования и происходит последовательная установка элементов. Необходимо исключить пересечение вращающихся элементов и движущихся частей, обеспечить доступ к съемным элементам и реализовать общее

удобство использования машиной. Во-вторых, должны быть соблюдены требования завода-изготовителя шасси и завода-изготовителя крановой установки. Это может выражаться в том, что с элементами шасси могут быть запрещены любые сварочные работы, либо запрещен самостоятельный перенос навесных элементов, например, топливных баков. Также ограничение может распространяться на открытие дополнительных отверстий в раме автомобиля, даже если свободные отверстия не предусмотрены заводом-изготовителем изначально. Это значит, что уже на этом этапе действительное расположение навесных элементов может значительно отличаться от планируемой компоновки. Если по результатам проработки первого этапа был получен концепт, готовый к дальнейшей проработке, конструкторы приступают к следующему этапу – этапу расчетов. Здесь должны быть соблюдены самые главные требования – требования правил безопасности. Производятся расчет грузовой устойчивости, проверка допуска внешних габаритов автомобиля для дорог общего пользования, проведение прочностных расчетов. Именно данный этап определяет возможность изготовления проектируемой машины. Поскольку при неудовлетворительных результатах расчета необходимо принимать решение – либо концепт отправляется на доработку, либо от такого сочетания базового шасси и КМУ необходимо отказаться. Однако конечное решение об изготовлении автомобиля принимается на последнем этапе, который условно можно назвать оценкой эффективности машины. Дело в том, что, несмотря на высокие показатели безопасности и продуманную компоновку, может оказаться, что при наличии грузовой платформы перевозить в ней грузы попросту нельзя – иначе произойдет перегруз одной из осей базового шасси. В некоторых случаях грузоподъемность может быть уменьшена вдвое, либо на другое значение. Разумеется, вывод такого автомобиля на рынок и его дальнейшая эксплуатация экономически нецелесообразны.

Поэтому достаточно часто происходит ситуация, при которой потребители по результатам проектирования принимают решение отклониться от своего первоначального запроса на покупку конкретной машины. Так, если по первоначальному техническому заданию планировалась установка КМУ за кабиной шасси, по результатам расчетов может оказаться, что в этом случае полезная грузоподъемность значительно уменьшится из-за перегрузки осей автомобиля (рис. 1, табл. 1).

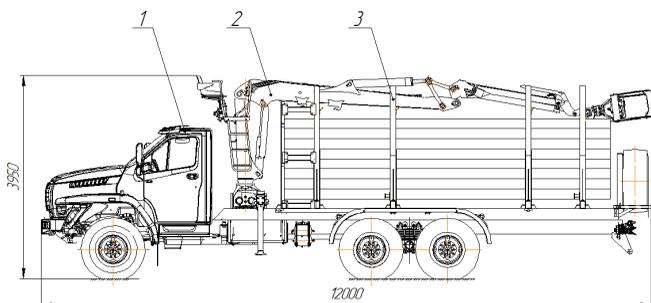


Рис. 1. Компонка автомобильного крана-манипулятора:
1 – базовое шасси, 2 – КМУ, 3 – лесовозная платформа

Таблица 1

Результаты расчетов

Параметр	Передняя ось	Задняя тележка
Допустимая нагрузка на ось, кг	4500	16 000
Снаряженная масса, кг	4050	9550
Полная масса, кг (груз в кузове 6900 кг)	3100	17 400

В этом случае может быть рассмотрен вариант, при котором КМУ может быть смонтирована на заднем свесе шасси (рис. 2, табл. 2). Это позволяет эффективней распределить нагрузку на оси шасси и сохранить требуемую грузоподъемность машины.

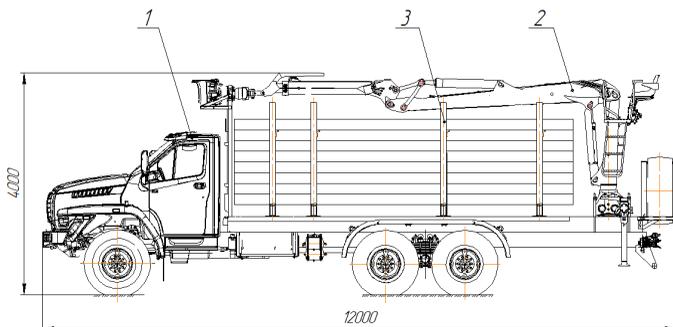


Рис. 2. Компонка автомобильного крана-манипулятора:
1 – базовое шасси, 2 – КМУ, 3 – лесовозная платформа

Результаты расчетов

Параметр	Передняя ось	Задняя тележка
Допустимая нагрузка на ось, кг	4500	16000
Снаряженная масса, кг	3950	9650
Полная масса, кг (груз в кузове 6900 кг)	4500	16000

В данном случае перенос КМУ на задний свес шасси позволил на 7 % увеличить нагрузку на переднюю ось автомобиля, что положительно скажется на управляемости, а также устранен возникший перегруз задней тележки. Такой вариант компоновки оказался более предпочтительным для рассматриваемой машины.

Таким образом, процесс компоновки автомобильного крана-манипулятора включает в себя охват множества факторов, взаимно влияющих друг на друга. А в случае индивидуального и мелкосерийного производства – процесс проектирования может оказаться наиболее затратным и продолжительным по времени, чем непосредственная сборка. Таким образом, наблюдается повышенная потребность в развитии и внедрении средств и комплексов автоматизации для данных выполняемых процессов, позволяющих сократить время и общую стоимость проводимых рабочих операций.

Список литературы

1. Щеткин Р.В. Основные проблемы сертификации автомобильных кранов-манипуляторов и пути их решения при организации серийного производства // Вестник ПГТУ. – 2010. – № 2. – С. 46–60.
2. Мехонин О.Н., Пугин К.Г. Обоснование изменения методики расчета грузовой устойчивости автомобильных грузоподъемных кранов и кранов-манипуляторов на основе анализа регламентирующих нормативных документов // Вестник СибАДИ. – 2020. – 17 (3). – С. 328–339.
3. Мехонин О.Н., Пугин К.Г. Влияние расположения ребер опрокидывания автомобильного крана-манипулятора на значение коэффициента грузовой устойчивости // Актуальные вопросы применения инженерной науки: Материалы междунар. студенческой науч.-практ. конф., г. Рязань, 20 февраля 2019 г. – Рязань: Изд-во РГАУ, 2019. – С. 48–53.

4. Бандурин Р.А. Рынок кранов-манипуляторов в России // Проблемы современной экономики. – 2015. – № 26. – С. 138–142.

5. Федеральные нормы и правила «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения». Утверждены приказом Ростехнадзора № 533 от 12.11.2013 г.

Об авторах

Мехонин Олег Николаевич – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: onm13@yandex.ru.

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры АТМ, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, доктор технических наук, профессор кафедры СРТМ, инженерный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

Щеткин Роман Викторович – старший преподаватель кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: rv59@mail.ru.

В.С. Чернова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В этой статье мы рассмотрим проблемы повторного применения отходов производства и использование производственных отходов в производстве дорожно-строительных материалов, что позволяет уменьшить цену постройки автодорог, а также сберечь природные ресурсы.

Ключевые слова: отходы производства, стоимость строительства.

V.S. Chernova

USE OF INDUSTRIAL WASTE FOR THE CONSTRUCTION OF HIGHWAYS

In this article, we will consider the problems of reuse of industrial waste and the use of industrial waste in the production of road-building materials, which reduces the cost of building highways, as well as saving natural resources.

Keywords: production waste, construction cost.

В данное время одним из основных направлений дорожно-хозяйственной ветви считается увеличение экологичности изготовления дорожных дел, а также возведение систем слоев дорожных одежд, которые, в свою очередь, сумеют увеличить срок службы, а еще будут способными к обеспечению больших качеств эксплуатации автодорог. Всевозможные отходы производства прибыльнее использовать в качестве ресурса с целью понижения цены строительства этих сооружений.

Цель данного исследования – возможность снижения себестоимости постройки автомобильных дорог путем применения отходов производства и сбережение природных ресурсов.

Сейчас проблема утилизации отходов производства является очень актуальной. Рассмотрим статистику по объемам образования и использования отходов (рис. 1). В России с каждым годом появляется все больше и больше отходов промышленного производства.

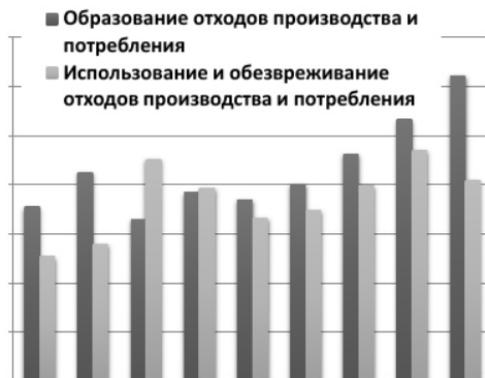


Рис. 1. Образование, использование, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации

Из всех получившихся отходов 93 % занимают остатки компаний по добыче полезных ископаемых, главным образом – топливно-энергетических (рис. 2). Из оставшейся доли наименее 7 % получившихся отходов доводится на другие виды экономической деятельности и обрабатывающие производства.

Мы видим, что в нашей стране уровень переработки твердых бытовых отходов составляет 5 %. Тут мы можем заметить, что большинство отходов производства и потребления почти не применяются в хозяйственных целях.



Рис. 2. Образование отходов производства и потребления по видам экономической деятельности

Всевозможные отходы производства и потребления можно считать в качестве второстепенных материальных ресурсов, которые допускается применять повторно, тем самым сберегая природные ресурсы.

Если начать больше применять отходов производства и потребления в строительной ветви и при строительстве автодорог, то за счёт этого можно хорошо понизить затраты на строительные материалы.

Чтобы понизить цену строительства на 20–60 %, а также снизить и экологическую нагрузку в Российской Федерации, необходима замена дорогостоящих очень прочных каменных материалов грунтами, укрепленными вяжущими, на базе отходов производства и потребления.

В строительстве автодорог мы можем применять многие отходы, но также есть и исключения, к ним относятся отходы, которые имеют повышенное содержание канцерогенов и радионуклидов. В первую очередь мы рассматриваем отходы по уровню токсичности. Были проведены исследования по применению в дорожном строительстве материалов из различных отходов промышленности и бытовых отходов. Рассматривались отходы из щебня, гравия и песка, окислительные кварциты, шлаки черной и цветной металлургии, шламы, золы, гипсосодержащие отходы и др.

После дробления и сортировки вышеперечисленных отходов мы можем получить зерновой состав щебня, песка или их смесей, которые вновь можем применять в работе. Эти материалы используются в основном для строительства оснований.

В заключение я сделала выводы, что применение отходов производства для автодорог помогает решению таких задач, как:

1) сбережение природных ресурсов – благодаря тому, что мы вторично используем материалы при строительстве дорог, нагрузка на карьеры снизится, это позволит дольше использовать природные ресурсы;

2) уменьшается нагрузка на окружающую среду за счет того, что строительные материалы не выкидываются на свалки и не загрязняют большие земли;

3) снижение стоимости строительства.

Список литературы

1. Борукаев С.Б. Применение вторичных материалов в ходе дорожных работ. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 28 (266). – С. 20–22 [Электронный ресурс]. – URL: <https://moluch.ru/archive/266/61564> (дата обращения: 04.04.2021).

2. Отходы производства и потребления [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 04.04.2021).

3. Источник: [Электронный ресурс]. – URL: https://otherreferats.allbest.ru/ecology/00382184_0.html (дата обращения: 04.04.2021).

4. Источник: [Электронный ресурс]. – URL: <https://gmvp.ru/othody-ot-snosa-i-razborki-zdanij/> (дата обращения: 04.04.2021).

Об авторе

Чернова Вероника Сергеевна – студентка бакалавриата кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 89504540530@mail.ru.

А.А. Чистоклетов, К.Г. Пугин

МЕТОДЫ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОПРИВОДА

В данной статье проведен анализ зарубежной литературы в области диагностики технического состояния гидронасосов, гидроцилиндров с применением методов вибродиагностики по различным параметрам. Рассмотрены основные направления применения вибродиагностики, описано направление развития данного вопроса за рубежом в настоящее время.

Ключевые слова: вибрация, виброускорение, гидронасос, гидроцилиндр, гидрораспределитель.

A.A. Chistokletov, K.G. Pugin

METHODS OF VIBRATION DIAGNOSIS OF HYDRAULIC DRIVE ELEMENTS

This article analyzes foreign literature in the field of diagnosing the technical condition of hydraulic pumps, hydraulic cylinders using vibration diagnostic methods for various parameters. The main directions of application of vibration diagnostics are considered, the direction of development of this issue abroad at the present time is described.

Keywords: vibration, vibration acceleration, hydraulic pump, hydraulic cylinder, hydraulic distributor.

В настоящее время в большинстве отраслей широкое распространение имеет техника, так или иначе оснащенная гидравлическими системами. Во время эксплуатации машин, оснащенных гидравлическим приводом, постоянно меняются технические параметры гидравлического оборудования, это связано с условиями эксплуатации, внешними факторами, воспринимаемыми нагрузками. Эксплуатационные характеристики напрямую зависят от конструкторских решений при проектировании оборудования, качества изготовления элементов гидропривода, режима эксплуатации, своевременности технического обслуживания техники.

Необходимо использовать современные методы и средства диагностики гидравлического оборудования для оценки технического состояния гидропривода. Такие методы позволяют преду-

преждать и прогнозировать отказы оборудования, сохранять технику в работоспособном состоянии.

Одним из современных методов является диагностика по параметрам вибрации элементов гидравлического оборудования, вибрационная диагностика. Этот способ основан на анализе сигналов вибрации, снятых с элементов гидропривода в процессе работы.

Данный метод позволяет решать следующие задачи:

1) обнаруживать дефекты на раннем этапе их появления, прогнозировать отказ оборудования;

2) выявлять основные причины повышенного уровня вибрации тех или иных элементов.

На 2022 год метод диагностики по сигналам вибрации можно назвать одним из основных. Применение данного метода можно назвать перспективным по следующим причинам. Для проведения измерений сигналов вибрации не требуется остановка оборудования на долгий срок. Датчики размещаются на элементах гидропривода снаружи, не требуя разборки оборудования. Тем самым для проведения измерения требуется небольшое количество времени.

В работе [1] авторы N. Helwig, S. Klein, A. Schütze из Германии провели статистическую выборку различных сигналов вибрации гидросистем с целью создания системы мониторинга. Основной задачей авторы поставили автоматизацию анализа вибраций, возникающих на оборудовании, с последующей обработкой и контролем состояния элементов гидросистемы. Проводится измерение вибрации на работающем шестеренчатом гидронасосе, установленные на него датчики передают сигнал в программу, где производится обработка сигнала в данный момент времени, применяются различные фильтры, и программа позволяет классифицировать состояние элементов гидронасоса.

Был проведен эксперимент на специально разработанном гидравлическом стенде, который способен имитировать различные неисправности гидросистемы, такие как утечка жидкости либо ухудшение переключения клапана. В ходе эксперимента было установлено, что различные неисправности могут быть обнаружены. Возможна количественная оценка, в зависимости от степени износа того или иного элемента гидросистемы.

В статье [2] Китайские авторы H. Yu, H. Li, Y. Li, Y. Li описали метод диагностики гидравлического оборудования с примене-

нием наложения фильтров на сигнал вибрации, выделением спектра сигнала. Данный подход должен позволить объединить сигнал, снятый с нескольких датчиков, расположенных в разных плоскостях элемента гидропривода, после получить один график. Разложение сигнала в спектр возможно с применением математической функции быстрого преобразования Фурье. Но данная функция скрывает в себе несколько проблем, связанных с неточностью обработки данных в зависимости от степени дискретизации сигнала, наличия посторонних шумов и помех. Для решения этой проблемы авторы разработали новый подход к обработке сигнала вибрации, назвали его EWT-VCR, основой является коэффициент дисперсии и вейвлет-преобразование сигнала. Теоретически применение данного метода позволит увеличить точность обработки сигнала, соответственно, уменьшится количество посторонних шумов при слиянии данных с нескольких датчиков.

Следующей задачей, которую перед собой поставили авторы, является разработка фильтра для шумоподавления и снижения количества помех в измеряемом сигнале. Это необходимо для объединения различных сигналов, обладающих разными частотными диапазонами. Эта технология должна использоваться для обработки и последующего объединения нескольких сигналов с разных датчиков, после чего планируется наложение фильтров, с последующим преобразованием сигнала в спектр и его анализом по конкретным частотным полосам.

Данную методику возможно использовать при измерении сигналов вибрации с гидравлических насосов, на которые устанавливаются несколько датчиков в различных плоскостях. Это позволит обнаруживать определенные частоты, которые характеризуют начало процесса деградации насоса. Также возможно наблюдение за насосом в течение долгого времени для описания процесса деградации и извлечения из этого планомерной статистики. Эффективность методики была подтверждена двумя экспериментами.

В ходе проведения эксперимента на гидравлическом насосе были размещены три датчика, находящиеся в разных плоскостях. В процессе эксперимента для получения необходимых данных использовались поршни с различной степенью износа. Проводились измерения вибрации для каждого поршня, после чего информация обрабатывалась с применением фильтров. В итоге были получены графики вибрации в зависимости от степени износа поршня гидро-

насоса, на которых видно увеличение амплитуды сигнала вибрации на определенной частоте, постепенно увеличивающейся по мере увеличения износа поршня. Тем самым подтверждается точность данной методики проведения измерений, возможность прогнозировать отказы оборудования.

На кафедре «Автомобили и технологические машины» в Пермском национальном исследовательском политехническом университете ведутся работы по разработке методики оценки технического состояния элементов гидропривода с применением вибродиагностики [3]. В ходе работы планируется провести эксперименты по измерению уровня вибрации на различных элементах гидропривода с использованием измерительного комплекса Диана 8 [4–5]. Планируется изначально провести измерения на отдельных элементах гидропривода, на заведомо исправном оборудовании, с целью пробной оценки уровня сигнала вибрации, с последующим преобразованием сигналов в спектры вибрации. Данное оборудование позволяет измерять следующие параметры вибрации: виброперемещение, виброскорость, виброускорение в диапазоне от 1 до 5000 Герц. В дальнейшем планируется проведение измерений на аналогичном оборудовании, но с заранее известными дефектами.

Цель – последующий спектральный анализ и сравнение полученных результатов, выделение промежутка частот, на которых наблюдается различие, и последующий анализ полученной информации. Это позволит в дальнейшем составить базу данных по распространенным неисправностям, что впоследствии облегчит диагностику гидравлического оборудования.

Список литературы

1. Helwig N., Klein S., Schütze A. Identification and quantification of hydraulic system faults based on multivariate statistics using spectral vibration features // *Procedia Engineering*. – 2015. – 120. – P. 1225–1228.

2. A novel improved full vector spectrum algorithm and its application in multi-sensor data fusion for hydraulic pumps/ Н. Yu, Н. Li, Y. Li, Y. Li // *Measurement*. – 2019. – 133. – P. 145–161.

3. Чистоклетов А.А., Пугин К.Г. Использование вибродиагностики для определения технического состояния гидравлического

оборудования // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – № 3. – С. 54–62.

4. Чистоклетов А.А., Пугин К.Г. Использование вибродиагностики для определения технического состояния гидравлического оборудования // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021. – Т. 3. – С. 276–280.

5. Чистоклетов А.А., Щелудяков А.М., Пугин К.Г. Методика оценки технического состояния гидропривода строительно-дорожных машин во время производственной эксплуатации // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: сборник матер. XV междунар. науч.-практ. конф. – Оренбург, 2020. – С. 663–667.

Об авторах

Чистоклетов Александр Александрович – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: blade9595@mail.ru.

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

А.А. Негомедзянова, И.Г. Овчинников

О КОНСТРУКЦИИ РАЗВОДНЫХ МОСТОВ

В статье рассматривается архитектурный облик разводных мостов и анализируется, как с течением времени данные мосты совершенствовались и приобретали все более сложный и замысловатый вид. В России принято называть данный тип мостов «разводные», но этот термин использовать повсеместно не совсем корректно, так, например, в Британии их называют «movable bridge», что в переводе означает «подвижные мосты», поэтому использовать будем именно этот термин. Действительно, большинство так называемых разводных мостов могут быть подъемными, отодвигаемыми и даже наклоняемыми, следовательно, называя данные мосты подвижными, мы описываем суть работы механизма, приводящего в движение пролетное строение моста.

Подвижные мосты в отличие от рядовых имеют главную отличительную особенность – они способны пропускать над собой автомобильный или железнодорожный транспорт, а под собой – судоходный.

В последнее время города все разрастаются, активно развивается инфраструктура, а вместе с этим появляется острая необходимость увеличения путей сообщения между городами, при этом не стоит забывать и о водном транспорте, благодаря которому можно доставлять тяжелый груз от одной точки к другой.

Ключевые слова: разводные мосты, подвижные мосты, судоходный транспорт, подъемный механизм, развитие инфраструктуры, водная преграда, мосты, подъемный мост, раскрывающийся мост, поворотный мост.

A.A. Negomedzyanova, I.G. Ovchinnikov

ABOUT TYPES OF MOVABLE BRIDGES

In this article we will get acquainted with the architectural appearance of movable bridge and analyze how, over time, these bridges have improved and acquired more and more complex and intricate appearance.

In Russia, we tend to call this type of bridges "drawbridges", but this term used everywhere is not quite correct, so for example in Britain they are called "movable bridge", which means "movable", so we will use this term. Indeed, most of the so-called movable bridges can be lifted, moved away and even tilted, therefore, calling these bridges movable, we describe the essence of the mechanism that drives the bridge webs.

Unlike ordinary bridges, mobile bridges have a distinctive feature – they can pass over the road transport, and under them – the shipping one.

In recent years, cities are expanding, infrastructure is actively developing, and there is an urgent need to increase the means of communication between the

cities, and we should not forget about water transport, thanks to which you can deliver heavy goods from one point to another.

Keywords: drawbridges, movable bridges, shipping transport, lifting mechanism, infrastructure development, water barrier, bridges, lifting bridge, unfolding bridges, swing bridge.

Согласно первому упоминанию в истории, первые подвижные мосты появились еще в древнем Египте. Также по некоторым источникам такой мост существовал в Вавилоне через реку Евфрат еще в VII в. до н.э., мост был более 100 м в длину и около 6 м в ширину, стоял он на 7 опорах, в сам мост входила деревянная платформа, которая ночью отодвигалась от мостового проезда [1].

В Средневековье мосты строили не над реками, а надо рвами около замков, дабы в случае возникновения опасности их поднять. Такие мосты разводили вручную с помощью лебедки и противовеса.

Но конструкция моста продолжала совершенствоваться, так, ко второй половине XIX века выбор типа самого моста начало определять непосредственно его назначение, что позволило мостам стать намного сложнее и разнообразнее.

Одним из самых первых современных подвижных мостов можно назвать Магере-брюг, он также известен как «Тоший мост». Был возведен в 1840 г., а спустя 96 лет подвергся реставрации. Свое название получил благодаря фамилии своего создателя – Магера. Данный мост не является автоматическим, у него есть смотритель, который следит за пропуском лодок каждые 20 минут [2].

Рассмотрим основные виды подвижных мостов в порядке их появления.

Родоначальником подвижных мостов является подъемный мост. Он представляет собой пролетное строение, поднимающееся и опускающееся в вертикальной плоскости при помощи подъемного механизма. В древности такие мосты служили своего рода способом защиты от проникновения вражеских войск и устраивались в замках: при обнаружении опасности мост поднимали, тем самым блокируя путь внутрь замка. Пример данного типа моста показан на рис. 1.

Далее конструкция моста совершенствовалась, и появились уже привычные глазу раскрывающиеся мосты. Причем такие мосты могут быть как однокрыльми, так и двукрыльми, раскрывающимися. Такие мосты использовались для пропуска высоких торговых кораблей в периоды, когда активно застраивались города и нужно

было обеспечивать и пересечение водной преграды наземным транспортом. Пример моста такого типа показан на рис. 2.



Рис. 1. Подъемный мост [3]



Рис. 2. Дворцовый мост, Санкт-Петербург [3]

В связи с активным развитием судоходства габариты судов возрастали до такой степени, что пропуск их через указанные ранее пролеты становился опасным, при этом также появилась необходимость пропуска наземного транспорта и пешеходов. Поэтому было принято решение сконструировать такой мост, который бы отвечал данным требованиям, и в результате появился вертикально-подъемный мост, суть которого заключалась в вертикальном поднятии подвижного мостового пролетного строения параллельно горизонту, при этом, если требовалось, по нему спокойно могли двигаться и транспортные единицы, и пешеходы. Пример такого моста приведен на рис. 3.



Рис. 3. Вертикальный подъемный мост Артура Килла [3]

Рассмотрим еще один вид подвижного моста, более современный, – это поворотный одно- или двухрукавный. Сложность создания такого поворотного пролета заключается в необходимости наличия громоздкого противовеса, что можно обеспечить созданием двухконсольного поворотного пролетного строения, как это показано на рис. 4.



Рис. 4. Двухрукавный поворотный мост [4]

Кстати, не так давно школьник из Санкт-Петербурга получил патент на такой поворотный мост, особенностью которого стало наличие выдвигаемых из опоры в воде больших лопастей перпендикулярно потоку воды в русле, что обеспечивало поворот пролетного строения за счет давления воды на эти лопасти. Возврат пролетного строения на место производился путем выдвигания других лопастей также перпендикулярно потоку воды.

В настоящее время передвижные мосты имеют все более причудливые формы и все более сложные механизмы, это далеко не полный список видов таких мостов. Но, несмотря на всю фантастичность, к сожалению, архитектурному облику уделяется достаточно мало времени.

Список литературы

1. Первый разводной мост в истории: [сайт]. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://apotapov777.livejournal.com/96526.html> (дата обращения: 13.03.2022).
2. Магере-Брюг (Амстердам): [сайт]. [Электронный ресурс] – URL: <https://wikimapia.org/1647398/ru> (дата обращения: 13.03.2022).

3. Разводной мост: [сайт]. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 14.03.2022).

4. Почему мост вдоль реки?: [сайт]. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mirinteresen.ru/90768-pochemu-most-vdol-reki.html> (дата обращения: 15.03.2022).

Об авторах

Негомедзянова Айгуль Азатовна – студентка магистратуры базовой кафедры АО «Мостострой-11», Тюменский индустриальный университет, e-mail: ajgul.negomedzyanova.1998@mail.ru.

Овчинников Игорь Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bridgesar@mail.ru.

С.А. Зеньков, П.Ю. Дрюпин, Е.С. Высоцкий

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТВАЛОМ БУЛЬДОЗЕРА

Статья посвящена задаче повышения эффективности работы бульдозеров при планировочных работах за счет автоматического управления отвалом бульдозера. На сегодня в строительном бизнесе наблюдается высокая конкуренция. Применяются новые технологии, к которым относятся системы управления строительными машинами, позволяющие контролировать в автоматическом режиме положение рабочего органа бульдозера. В работе предложена система автоматического управления по лазерной направляющей для автоматического управления бульдозером на базе трактора Т-10. Определение параметров систем автоматического управления бульдозером является актуальной задачей.

Ключевые слова: датчик частоты вращения, устройство перемещения, лазерная система, отвал.

S.A. Zenkov, P.Yu. Dryupin, E.S. Vysotsky

PRINCIPAL DIAGRAM OF OPERATION OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE BULLDOZER BLADOW

The article is devoted to the problem of increasing the efficiency of bulldozers during planning work due to automatic control of the bulldozer blade. Today, the construction business is highly competitive. New technologies are being applied, which include control systems for construction machines, which allow automatic control of the position of the bulldozer's working body. The paper proposes an automatic control system along a laser guide for automatic control of a bulldozer based on a B-10 tractor. Determining the parameters of automatic control systems for bulldozers is an urgent task.

Keywords: speed sensor, movement device, laser system, blade.

Система состоит из датчика частоты вращения (ДЧВ), блока перегрузки (БП), устройства перемещения (УП), фотоприемного устройства (ФПУ), электрогидрозолотников (ЗСУ) и лазерной системы САУЛ-1 [1–3].

Пульты управления автономно-копирной системы устанавливаются в кабине трактора. Они служат для включения системы управления в работу, выбора режима работы (автономного – от датчиков опорной световой плоскости или ручного управления,

а также полуавтоматического режима, когда золотники (ЗСУ) не участвуют в процессе работы), задания высотного положения с помощью устройства перемещения ФПУ, контроля системы стабилизации отвала.

Электрогидрозолотники установлены на задней стенке корпуса бортовых фрикционов трактора и служат для автоматического управления гидроцилиндрами отвала и гидроцилиндром ФПУ. Устройство перемещения устанавливается на отвале бульдозера и служит для перемещения, подъема и опускания ФПУ. Система защиты двигателя от перегрузки предназначена для автоматического выглубления отвала бульдозера, при снижении числа оборотов двигателя ниже предельных.

Датчик частоты вращения (ДЧВ) представляет собой тахогенератор, установленный на коленчатом валу двигателя. Блок перегрузки (БП) установлен в кабине трактора.

Бульдозер при движении по неровностям вносит в систему возмущающий сигнал, который воспринимается датчиками ФПУ и ДЧВ. На вход системы поступают сигналы α_1 – угол наклона в продольной плоскости и n – частота вращения двигателя, а также h – изменение положения ФПУ относительно лазерной направляющей. Эти сигналы поступают на сравнивающие устройства и усилители. Далее сигналы поступают на исполнительный механизм (гидроцилиндры отвала) и преобразуются в соответствующее перемещение отвала. Они будут поступать до тех пор, пока не сравняются сигналы, поступающие с датчиков и соответствующих задающих сигналов. В соответствии с рисунком, на датчики ФПУ и ДЧВ по цепи обратной связи поступают сигналы $\Delta\alpha_1, \Delta H_1, n$ до тех пор, пока не установится равенство $\Delta i = i^o, i^e = 0$. Сигнал n поступает до тех пор, пока сила сопротивления резания не станет меньше или равна силе тяги трактора, т.е. $F_{с.р.} \leq F_{тяги}$. Устройство перемещения срабатывает тогда, когда число оборотов трактора станет ниже предельных (т.е. срабатывает ДЧВ). От ДЧВ сигнал поступает на усилитель и затем на электрогидрозолотник УП (ЗСУ). Гидроцилиндр УП опустит ФПУ, тем самым сработают фотоэлементы ФПУ, и через блоки управления подаст сигнал электрозолотникам подъема, опускания отвала, и отвал автоматически выглубится. При достижении равенства $F_{с.р.} \leq F_{тяги}$ устройство перемещения поднимет ФПУ, и отвал вернется в прежнее положение (заданное).

ния, блока перегрузки, устройства перемещения, фотоприёмного устройства, электрогидрозолотников и лазерной системы САУЛ-1.

Список литературы

1. Системы управления строительными машинами / Каталог НАВГЕОКОМ. – 2006. – 97 с.

2. Кононыхин Б.Д. Лазерные системы управления машинами дорожного строительства. – М.: Машиностроение, 1990. – 281 с.

3. Зеньков С.А., Кобзов Д.Ю., Курмашев Е.В. Стенд сдвиговой: пат. 2460989 Рос. Федерация; заявл. 28.09.2010; № заявки 2010139838/28, опубл. 10.09.2012. Бюл. № 25.

Об авторах

Зеньков Сергей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», Братский государственный университет, e-mail: mf@brstu.ru.

Дрюпин Павел Юрьевич – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», Братский государственный университет, e-mail: 760bf@mail.ru.

Высоцкий Егор Станиславович – студент специалитета кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», Братский государственный университет, e-mail: ShauraSS00@mail.ru.

А.И. Петров

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО В ИССЛЕДОВАНИИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО
ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА КРУПНОГО ГОРОДА
(НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНИ)**

Представлена методика оценки эффективности маршрутной системы пассажирского общественного транспорта (ПОТ) крупного российского города, основанная на использовании диаграммы Парето. Рассмотрен пример использования данной методики для оценки эффективности маршрутной системы ПОТ г. Тюмени (население 816 тыс. чел.). Тезисно предложены мероприятия по повышению эффективности маршрутной системы ПОТ Тюмени.

Ключевые слова: городской пассажирский общественный транспорт, маршрутная система, эффективность пассажирских перевозок, диаграмма Парето, предложения по совершенствованию эффективности перевозок.

A.I. Petrov

**USE OF THE PARETO DIAGRAM IN THE STUDY OF THE EFFICIENCY
OF THE URBAN PUBLIC TRANSPORT ROUTE SYSTEM OF A LARGE
CITY (ON THE EXAMPLE OF TYUMEN)**

A methodology for evaluating the effectiveness of the route system of urban public transport (UPT) of a large Russian city based on the use of a Pareto diagram is presented. An example of using this technique to assess the effectiveness of the route system of the UPT of Tyumen (population 816 thousand people) is considered. The thesis suggests measures to improve the efficiency of the route system of the Tyumen UPT.

Keywords: urban public transport, route system, passenger transportation efficiency, Pareto diagram, proposals for improving transportation efficiency.

Система общественного транспорта г. Тюмени характеризуется однообразием. В отличие от других крупнейших и крупных городов России, для которых характерно наличие нескольких видов городского транспорта, городской пассажирский общественный транспорт (ГПОТ) Тюмени представлен лишь автобусным транспортом. К 2022 г. в Тюмени сложилась система из 122/110 (лето/зима) маршрутов (рис. 1), на которых эксплуатируются около 1280 единиц подвижного состава, 8 специализированных транспортных предприятий, выполняющих в течение года 3,5–4,0 млн рейсов.



Рис. 1. Схема и характеристика маршрутной сети ГПОТ Тюмени (население 816,7 тыс. чел.)

Общая протяженность маршрутной сети ГПОТ – 609,4 км с учетом административной площади города (698 км²), плотность маршрутной сети ГПОТ $\delta_{\text{мс ГПОТ}} = 0,87 \text{ км/км}^2$ с учетом селитебной площади города (256 км²), плотность маршрутной сети ГПОТ $\delta_{\text{мс ГПОТ}} = 2,38 \text{ км/км}^2$.

Количество маршрутов ГПОТ в Тюмени: летом – 122 / зимой – 110;

Плановое количество подвижного состава ГПОТ – 1280 ед.

Примечание. Кругом очерчена селитебная площадь г. Тюмени (256 км²), ограничивающая основные фокусы транспортного притяжения населения города

В течение 2014–2019 гг. годовые объемы перевозок ГПОТ Тюмени неуклонно возрастали (с $Q_{2014} = 131,7$ млн пасс. до $Q_{2019} = 150,3$ млн пасс.). В 2020 г. в связи с антиковидными ограничениями объем перевозок пассажиров снизился до $Q_{2020} = 100,5$ млн пасс.; в 2021 г. увеличился до $Q_{2021} = 116,2$ млн пасс.). Приведенная статистика позволяет сделать вывод о серьезных

переменах (2014–2021 гг.) в системе ГПОТ Тюмени, а это вынуждает искать пути повышения эффективности всей системы.

В целом, оценивая эффективность всей системы ГПОТ Тюмени, надо констатировать ее относительно невысокий уровень. В последние годы (2019–2021 гг.) соотношение расходов (затрат – $З$) Перевозчиков на выполнение основной деятельности к их доходам ($Д$) от перевозок пассажиров составляло $З/Д = 1,20–1,35$. Итоговые убытки всей системы покрываются посредством бюджетных субсидий (более 1 млрд руб. в 2019 г.; 615 млн руб. в 2020 г.; 905 млн руб. в 2021 г.). В этой ситуации актуальным становится поиск путей снижения затратной части, необходимой для обеспечения эффективного функционирования всей системы ГПОТ Тюмени.

Весьма действенным инструментом для решения этой задачи является диаграмма Парето [1], позволяющая оценить вклад отдельных маршрутов в эффективность всей системы ГПОТ города. Сразу оговорюсь, что в данном случае рассматривается эффективность пассажирских перевозок с позиций оценки лишь доходной части, идентифицируемой посредством показателя «удельный объем перевозок на маршруте за рейс Q_p ».

Методика Парето-анализа эффективности системы ГПОТ кратко описывается как последовательный набор следующих действий:

- ♦ Сбор статистических данных, характеризующих число выполненных за год на отдельных маршрутах ГПОТ рейсов $Z_{год}$.

- ♦ Сбор статистических данных, характеризующих годовой объем перевозок $Q_{год}$ на отдельных маршрутах ГПОТ.

- ♦ Расчет маршрутных значений удельных (за рейс) объемов Q_p .

- ♦ Ранжирование маршрутных данных, характеризующих значения $Z_{год}$, $Q_{год}$ и Q_p .

- ♦ Использование ранжированных маршрутных данных о $Z_{год}$, $Q_{год}$ и Q_p для построения диаграммы Парето.

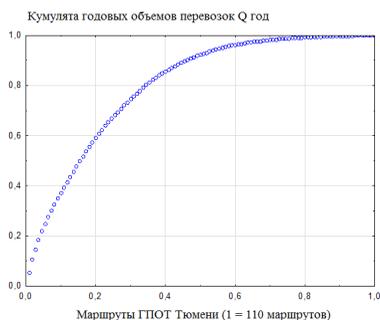
- ♦ Количественная оценка кумулятивных значений $Z_{год}$, $Q_{год}$ и Q_p для распределения маршрутов ГПОТ по процентиллям.

- ♦ Формулирование выводов об эффективности маршрутной сети ГПОТ.

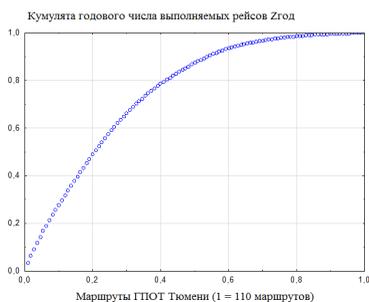
На рис. 2 представлены диаграммы Парето, характеризующие распределение общих годовых объемов перевозок $Q_{год}$, числа выполняемых на маршрутах рейсов $Z_{год}$ и показателя удельного объема перевозок за рейс Q_p (составлены по данным 2020 г.). В таблице представлены численные значения пространственных характеристик

диаграмм Парето, представленных на рис. 2. Степень изгиба кривой Лоренца – основы диаграммы Парето – характеризует неоднородность значений показателей $Z_{\text{год}}$, $Q_{\text{год}}$ и Q_p отдельных маршрутов относительно общей маршрутной системы.

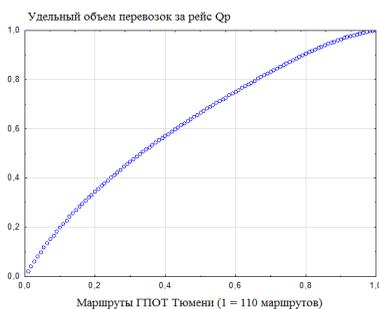
Важнейший вывод, который можно сделать на основе результатов исследований неоднородности эффективности на различных маршрутах, заключается в том, что не для всех маршрутов ГПОТ Тюмени характерны одинаковые показатели эффективности. Первые 20 % маршрутов кумулятивно формируют до 34,4 % эффективности пассажирских перевозок (оцениваемой посредством Q_p); на долю последних 20 % маршрутов приходится лишь 9,6 % эффективности системы ГПОТ Тюмени.



а) $Q_{\text{год}}$



б) $Z_{\text{год}}$



в) Q_p

Рис. 2. Диаграммы Парето, характеризующие распределение значений трех показателей ($Q_{\text{год}}$, $Z_{\text{год}}$, Q_p) для системы ГПОТ Тюмени (2020)

Особенности диаграмм Парето распределений значений
 $Q_{\text{год}}$, $Z_{\text{год}}$, Q_p для ГПОТ Тюмени

Характеристики (2020 г.)	Процентили распределения маршрутов ГПОТ				
	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
Кумулятивный годовой объем перевозок $Q_{\text{год}}$, доля от 1	0,592	0,856	0,962	0,992	1,000
Кумулятивное годовое число рейсов $Z_{\text{год}}$, доля от 1	0,489	0,786	0,935	0,986	1,000
Кумулятивное число удельного объема перевозок за рейс Q_p , доля от 1	0,344	0,571	0,750	0,904	1,000

С целью повышения эффективности всей системы ГПОТ города необходимо провести ревизию эффективности маршрутов с использованием Парето-анализа. Так как для последних 20 процентилей (80,1...100) маршрутов эффективности примерно в 3,5 раза ($34,4/9,6 = 3,58$) ниже, чем для маршрутов первых 20 процентилей (0,01...20,0), то вполне можно задуматься над целесообразностью дальнейшего функционирования маршрутов, относящихся к последним 20 процентилиям (таблица).

Совместный Парето-анализ как доходной, так и расходной части позволит решать вопросы управления эффективностью всей системы маршрутов города с максимальной степенью корректности. К сожалению, данные о расходах Перевозчиков для исследований недоступны, что затрудняет выполнение этого совместного анализа.

Список литературы

Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.

Об авторе

Петров Артур Игоревич – кандидат технических наук, доцент ВАК, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», Тюменский индустриальный университет, e-mail: ArtIgPetrov@yandex.com.

С.Д. Балабанов, М.Г. Бояршинов

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЁТ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ЗАТРАТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

В работе рассмотрена актуальность вопроса о повышении эффективности функционирования автотранспортного предприятия путём разработки методики снижения эксплуатационных затрат подвижного состава. Выдвинута проблематика темы исследования, а также поставлена начальная задача на примере конкретного предприятия в городе Перми с целью решения данной проблемы с использованием методов математического моделирования.

Ключевые слова: подвижной состав, целевая функция, строительная сфера деятельности, эксплуатационные затраты, эффективность функционирования.

S.D. Balabanov, M.G. Boyarshinov

**PERSPECTIVES OF INCREASING THE EFFICIENCY OF A VEHICLE
COMPANY BY REDUCING THE OPERATING COSTS
OF ROLLING STOCK**

This paper presents the relevance of the issue under consideration on improving the efficiency of the functioning of a motor transport enterprise by developing a methodology for reducing operating costs from rolling stock. The problems of this research topic are put forward, as well as the initial task is set on the example of a specific enterprise in the city of Perm to solve this problem using mathematical modeling methods, which will be further considered in other works.

Keywords: rolling stock, target function, construction activity, operating costs, operational efficiency.

В строительной сфере деятельности в настоящее время сосредоточены наиболее массовые и трудоемкие виды работ. Строительство носит специфический характер, обусловленный распределённостью и протяженностью объектов, их разнотипностью, использованием широкой номенклатуры строительных и дорожных машин и оборудования [1]. Целью любой организации, которая занимается строительным производством, является разработка меро-

приятый, обеспечивающих возведение объектов и сдачу их в эксплуатацию в проектные сроки с высоким качеством и минимальными денежными, трудовыми и материальными затратами. Строительная сфера деятельности имеет свои особенности. Одной из них является необходимость в перемещении средств механизации, а также в доставке различных ресурсов через определенные промежутки времени на строительный объект. Это создаёт логистические проблемы и дополнительные затраты, связанные с составом систем и комплектов машин, маршрутизацией движения, учитывающей расстояния и время на доставку строительных материалов или готовых элементов. Одновременно такие проблемы оказывают значительное влияние на качество и сроки выполнения строительных работ. Это, в свою очередь, влечет непроизводительные затраты материальных, трудовых, энергетических и денежных ресурсов и приводит к существенному удорожанию строительства [2]. В итоге описанная ситуация в строительной сфере обусловила необходимость разработки научно обоснованной методики снижения эксплуатационных затрат подвижного состава.

В рамках исследовательской работы рассматривается задача о снижении затрат при эксплуатации подвижного состава в количестве 139 ед. на примере транспортного цеха предприятия АО «ПЗСП». Основной сферой деятельности АО «ПЗСП» является проектирование, производство и строительство жилых и загородных домов в г. Перми. Другим направлением деятельности АО «ПЗСП» является производство строительных материалов (блоки из газобетона, железобетонные изделия и конструкции для жилищного и промышленного строительства, тротуарная и фасадная плитка, растворы и бетоны различных марок, известь, асфальтобетон, металлопластиковые окна, стальные двери и столярные изделия), их перевозка, монтаж, отделка и благоустройство придомовых территорий.

На балансе транспортного цеха имеются автобусы, автокраны, автопогрузчики, бензовозы, бульдозеры, самосвалы, спецтехника, тягачи, прицепы и полуприцепы и другая техника, необходимая для поддержания нормального функционирования предприятия.

Поскольку речь идет о снижении эксплуатационных затрат, необходимо сформулировать и решить задачу оптимизации. В качестве целевой функции предполагается использовать

эксплуатационные затраты подвижного состава. Фазовыми переменными целевой функции являются количество транспортных средств каждого типа. Ограничениями для фазовых переменных выступают пробег и количество собственных транспортных средств, количество сотрудников, перевозимые объемы грузов автомобильным транспортом, потребности объектов строительства в строительных материалах и конструкциях, ограничения на среднюю скорость транспортных средств, рабочее время водителя, количество и затраты на наёмные единицы подвижного состава.

При формировании целевой функции планируется использовать данные, указанные в табл. 1, 2 и 3.

Т а б л и ц а 1

Дислокация и расстояния до объектов строительства за 2021 год

№ п/п	Адреса объектов строительства	Расстояния от АО «ПЗСП» до объектов строительства, км
1	г. Пермь, ул. Адмирала Ушакова, 15	8,85
2	г. Пермь, ул. Адмирала Ушакова, 65	10,4
3	г. Пермь, ул. Баранчинская, 16	19,62
4	г. Пермь, ул. Докучаева, 23	0,58
5	г. Пермь, ул. Гагарина бульвар, 18	12,43
6	г. Пермь, ул. Солдатова, 30Б	13,3
7	г. Пермь, ул. Яблочкова, 3	13,06
8	г. Пермь, ул. Нижне-Курьинская, 38	9,56
9	г. Пермь, ул. Краснополянская, 2	13,94
	Итого	101,74

Т а б л и ц а 2

Дислокация и расстояния до объектов обслуживания за 2021 год

№ п/п	Адреса объектов обслуживания	Расстояния от АО «ПЗСП» до объектов обслуживания, км
1	г. Пермь, ул. Костычева, 42	1,46
2	г. Пермь, ул. Николая Островского, 29	10,16
3	г. Пермь, ул. Иньвенская, 19	19,65
4	г. Пермь, ул. Кисловодская, 12	9,84
5	г. Пермь, ул. Целинная, 57	17,89
6	г. Пермь, ул. Целинная, 53	17,80
	Итого	76,8

Таблица 3

Параметры для построения целевой функции

№ п/п	Параметр	Описание параметра
1	Цена горюче-смазочных материалов	Топливо, смазочные и другие материалы, которые транспортное средство расходует в процессе эксплуатации
2	Амортизация за срок службы транспортного средства	Износ автомобиля за его срок службы
3	Стоимость технического обслуживания и ремонта подвижного состава	Нормативы расхода различных материалов, инструментов, оборудования и запасных частей, которые используются при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля
4	Заработная плата	Заработная плата водителей, специалистов, руководителей, а также ремонтных и вспомогательных рабочих
5	Материальные расходы	Автомобильные шины, аккумулятор, комплектность автомобиля (аптечка, огнетушитель, светоотражающая жилетка)
6	Налоговые и прочие платежи	Платежи за лизинг, страховые взносы, техосмотр, транспортный налог
7	Прочие косвенные и неучтённые расходы	Неучтённые или непредвиденные расходы

Вывод. Вопрос оптимального и эффективного распределения расходов на техническую эксплуатацию подвижного состава при выполнении задач автотранспортного предприятия является первостепенным для повышения конкурентоспособности в сфере строительного производства. Автотранспортное предприятие, быстро и эффективно выполняющее работу при минимальных затратах, несомненно будет лидирующим в своей отрасли [3]. На основе решения указанной задачи оптимизации планируется разработка методики снижения эксплуатационных затрат подвижного состава на предприятиях отрасли, в том числе на АО «ПЗСП».

Список литературы

1. Повысим надёжность строительства объектов / С.В. Базилевич, И.Л. Чулкова, С.М. Кузнецов, Н.А. Сироткин // Механизация строительства. – 2009. – № 6. – С. 12–14.

2. Абдразаков Ф.К., Горюнов Д.Г. Оптимальное распределение техники – основа стабильного развития производства // Механизация строительства. – 2004. – № 1. – С. 8–10.

3. Кузнецов С.М. Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08. – Ростов-н/Д, 2015. – 256 с.

Об авторах

Балабанов Станислав Дмитриевич – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: balabanov_stas@rambler.ru.

Бояршинов Михаил Геннадьевич – профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», доктор технических наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 9128841776@mail.ru.

**И.Р. Гимадеев, Д.В. Власов, М.И. Токарев,
А.А. Юров, Л.В. Янковский**

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ЭКСКАВАТОРА

Авторами предложен новый вариант исполнения прицепного электрического малогабаритного экскаватора. Определены его основные параметры, рабочие характеристики и перечень выполняемых работ. Представлено компоновочное решение рабочего оборудования обратной лопаты и мест расположения гидромагистралей и электропривода.

Ключевые слова: малогабаритный экскаватор, электрический привод, гидравлическое оборудование, несущая платформа, рабочее оборудование.

**I.R. Gimadeev, D.V. Vlasov, M.I. Tokarev,
A.A. Yurov, L.V. Yankovsky**

DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC SMALL-SIZED EXCAVATOR

The authors propose a new version of the trailed electric small-size excavator. Its main parameters, operating characteristics and the list of performed works are determined. The layout solution of working equipment of reverse shovel and locations of hydraulic lines and electric drive is presented.

Keywords: small-sized excavator, electric drive, hydraulic equipment, load-bearing platform, working equipment.

В настоящее время на строительных объектах и народном хозяйстве все чаще используется малогабаритная техника. Такая тенденция обусловлена тем, что крупногабаритная техника не всегда может выполнять работы в условиях городской застройки, такие как работа машин на уклоне, в стесненных условиях, при низком расположении линий электропередач и т.д. [1]. На рынке строительно-дорожных машин имеется широкий выбор зарубежной и отечественной мини-техники с ДВС (рис. 1).

Однако они не лишены конструктивных недостатков, связанных с эксплуатацией и устойчивостью, а также загрязнением экологии города. Поэтому разработка электрического малогабаритного экскаватора, компенсирующая недостатки аналогов, актуальна.



a

б

Рис. 1. Варианты малогабаритных экскаваторов, предлагаемые на рынке с передним (*a*) и задним (*б*) расположением кресла механизатора [2, 3]

С целью определения устойчивости конструкций и выбора наиболее оптимальной из них для проектирования были проведены проверочные расчеты. На основании проведенных расчетов было определено, что двухосная рама имеет наибольший коэффициент запаса устойчивости по сравнению с другими конструкциями [4]. По общеизвестной методике был произведен расчет устойчивости для двух опасных положений разрабатываемой техники [5]. Результаты расчета подтвердили обоснованность выбора двухосной рамы.

Для выбранного варианта исполнения машины было разработано компоновочное решение по размещению элементов гидравлики и силового привода (рис. 2).

По результату гидравлических расчётов было выявлено, что для работы электроэкскаватора необходим электродвигатель с мощностью не менее 4 кВт. Для подключения питания напрямую к розетке в бытовых условиях нужно соблюсти ряд условий, которые влияют на выбор фазности. Самым оптимальным остаётся однофазный электродвигатель АИРЕ 112М2 К2, мощностью 7,5 кВт, который позволяет подключаться напрямую к розетке без подключения дополнительных конденсаторов и инверторов для преобразования напряжения. Электродвигатель соединен через муфту с гидронасосом НШ-10. Гидронасос перекачивает рабочую жидкость из гидробака (емкостью 42 литра) и через гидрораспределители подает к исполнительным элементам – гидроцилиндрам. Гидроцилиндры выполняют свои функции: поворот стрелы, подъем и опускание стрелы, привод рукояти и привод ковша экскаватора.

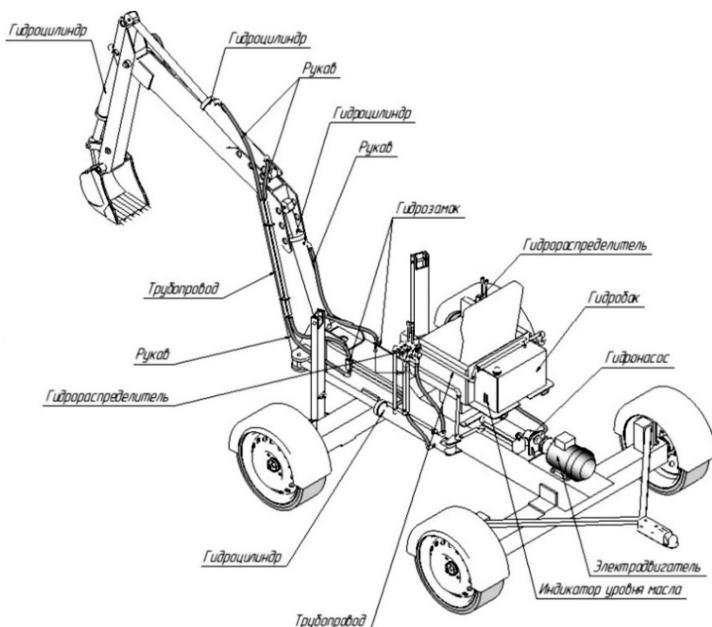


Рис. 2. Компоновка гидравлического оборудования

Также было разработано компоновочное решение для рабочего оборудования экскаватора, навесной платформы и электрогидравлического оборудования с выдвигаемыми опорами (рис. 3).



Рис. 3. Компоновка малогабаритного экскаватора с рабочим оборудованием в транспортном (а) и рабочем состоянии опор (б)

Именно такое расположение рабочего оборудования будет оптимальным для оператора техники, так как оно в близкой доступности для рук и удобно при длительной работе.

Привод экскаватора выбран электрогидравлический из-за высокого КПД и наименьшего вреда для экологии. Разработанная техника имеет следующие показатели: масса – 400–500 кг; габаритные размеры (длина-ширина) – 2133×1460 мм; работа с грунтами до 3-й категории; глубина копания – 2,1 м и высота выгрузки 2,45 м.

На дальнейшем этапе проектирования необходимо провести проверочные прочностные расчеты в программном комплексе КОПМАС 3D, с целью оптимизации конструкции путем снижения ее массы и сохранения жесткости, прочности и устойчивости. Далее данная конструкция будет собрана в 2022 году силами авторов на базе лаборатории кафедры АТМ ПНИПУ. После этого будут проведены натурные испытания.

Список литературы

1. Ананин В.Г., Эмилов А.Б. О рентабельности применения, достоинстве и недостатках мини-экскаваторов в промышленности и народном хозяйстве // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 36–41.

2. Мини-экскаватор прицепной НВР-22 Спецтехника в Москве [Электронный ресурс]. – URL: <http://dibi.ru/moskva/content/29634753> (дата обращения: 13.03.2022).

3. МИНИ ЧЕЛЕН ТОВАРАЧ АФА РОСК 5К [Электронный ресурс]. – URL: <http://proftools.net/product/2745/mini-chelen-tovarach-afa-rock-5k.html> (дата обращения: 13.03.2022).

4. Разработка малогабаритного экскаватора прицепного типа / И.Р. Гимадеев, Д.В. Власов, К.Г. Пугин, Л.В. Янковский // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. г. Пермь, 11–12 ноября 2021 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – С. 25–29.

5. Баловнев В.И., Глаголев С.Н., Данилов Р.М. Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства: учебное пособие для вузов. – 2011. – 401 с.

Об авторах

Гимадеев Ильдар Равильевич – магистрант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kakuzu.911@mail.ru.

Власов Даниил Викторович – магистрант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 77599170297000@mail.ru.

Токарев Матвей Игоревич – магистрант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mat.1561.ru@yandex.ru.

Юров Артём Александрович – магистрант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: artemurov67@gmail.com.

Янковский Леонид Вацлавович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, доцент кафедры «Технического сервиса и ремонта машин», Пермский государственный аграрно-технологический университет, e-mail: yanekperm@yandex.ru.

Н.В. Далида, Д.В. Скуба, Н.М. Филькин

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ)
НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКИХ ФОРМ**

В статье представлены методологические основы нового подхода проектирования транспортных средств на основе трехмерных кубических форм. Предложена схема взаимосвязи качества разрабатываемого изделия с конструктивными методами, средствами композиции через тектонику к форме и стилю (технической эстетике). Представлен пример создания рамно-каркасного транспортного средства – квадроцикла.

Ключевые слова: методологические основы проектирования, комплексный подход к проектированию, трехмерная кубическая форма, технические факторы, транспортное средство, квадроцикл, рамная конструкция.

N.V. Dalida, D.V. Skuba, N.M. Filkin

**DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL FOUNDATIONS
FOR THE CREATION OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS (VEHICLES)
BASED ON CUBIC SHAPES**

The article presents the methodological foundations of a new approach to vehicle design based on three-dimensional cubic shapes. The scheme of interrelation of the quality of the developed product with structural methods, means of composition through tectonics to form and style (technical aesthetics) is presented. An example of creating a frame-frame vehicle – an ATV is presented.

Keywords: methodological foundations of design, integrated approach to design, three-dimensional cubic shape, technical factors, vehicle, quadrocycle, frame structure.

В процессе проектирования сложных технических объектов (ТО) необходимо выделять составляющие укрупненные узлы для ТО или изделия. Важным определяющим фактором является количество деталей, входящих в сборку конечного продукта, а также их взаимное расположение, что формирует структурное сочетание деталей в изделии для эксплуатационного значения. Предлагается новый подход к формообразованию и проектированию транспортных средств на основе трехмерных кубических форм.

В процессе проектной работы необходимо учитывать потребителя, чтобы создаваемое изделие приносило максимальную пользу для жизнедеятельности человека. Также требуется выделить основные функции изделия, а дополнительные функции вводить в зависимости от основных, чтобы не создавать продукт с разностным универсальным значением. Очень важно в начале проектной работы определиться с эксплуатационным значением изделия, чтобы корректно выбрать материал для изготовления, определиться с материалоемкостью, а также с характером соединения деталей в сборке. Некоторые материалы по своему химическому составу и физическим свойствам несопоставимы при контакте друг с другом, и конструктор всегда должен учитывать этот фактор.

Всегда необходимо учитывать качество ТО, которое определяет потребитель, и которое имеет взаимосвязь с конструкционными методами, средствами композиции через тектонику к форме и стилю (технической эстетике) со всеми потребительскими свойствами и фактором инжиниринга (рис. 1) [1].

Проектирование транспортных средств на основе трехмерных кубических форм (объемов) определяет топологию создания практически любых транспортных средств. Упрощенно можно представить габариты кузова автомобиля через условный объем $2 \times 2 \times 4 \text{ м}^3$, а это 16 кубов (рис. 2). Такое решение по формообразованию позволяет создавать множественные вариации кузовов. В этом случае намечается корректная компоновка всех узлов и агрегатов автомобиля. Изменение формы автомобиля при кубической трансформации кузова может быть определено даже незначительно, но внешний вид будет другим, и будет новый покупатель на такие транспортные средства, что расширит тенденции спроса на одной системной основе (условно раме).

Метод использования кубических объемов при проектировании автомобилей позволяет систематизировать гаммы и вариации кузовов при различных потребительских сочетаниях с использованием типовых деталей и форм. Размерные ряды транспортного средства назначаются по трем координатам – x , y , z , т.е. исключаются «сложные» диагональные размеры, которые сложно контролировать при конструировании, потому что при назначении углов координатные размеры могут составлять более 3 знаков после запятой в мм, а тогда эта точность должна быть выше, чем 10^{-3} мм, чтобы сумма ошибки на все размерные ряды не копилась. Метод кубического построения форм транспортных средств позволяет более четко контро-

лирывать массо-центровые характеристики и определять центры масс для каждого расчетного узла и агрегата с целью обеспечения корректных весовых характеристик по всей длине и ширине.

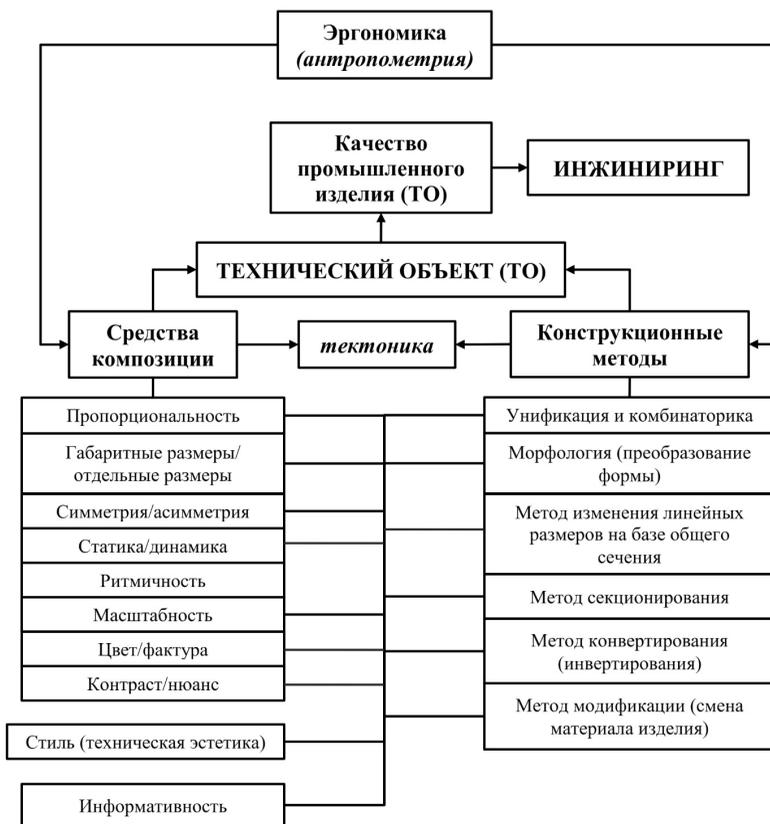


Рис. 1. Взаимосвязь качества ТО с учетом тектоники через конструкционные методы и средства композиции

Этот метод позволяет также создавать рамно-каркасные транспортные средства (квадроциклы, багги, мототехнику и т.п.). Только в этом случае под контроль формообразования берутся ребра кубов и назначается меньший типоразмер модуля-куба. Разбивка по кубическим объемам определяется по форме каркаса с высвобождением кубатуры рамы. Профиль сечения для трубчатого каркаса на-

значается по тектоническому условию от габаритных размеров куба. Например, если размер опорного куба составляет $200 \times 200 \times 200 \text{ мм}^3$, то примерный внешний диаметр круглой трубы будет составлять 24–28 мм, т.е. примерно в 9 раз меньше, чем размер куба.

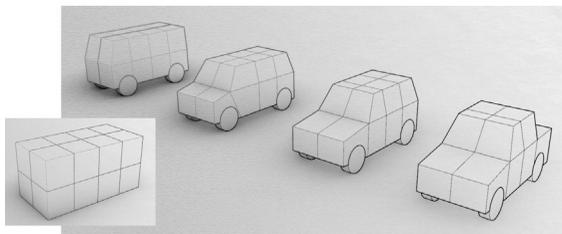


Рис. 2. Топология создания форм автомобилей из кубических объемов

На рис. 3 представлена схема построения рамы квадроцикла по принципу кубических объемов, что позволяет распределять компоновочное пространство для узлов и агрегатов данного транспортного средства логически корректно.

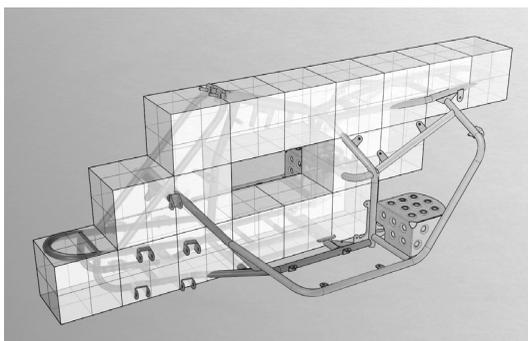


Рис. 3. Построение рамы квадроцикла по принципу кубических объемов

На рис. 4 представлена размерная связь, которая обеспечивает логический смысл при формировании конструкции рамы изделия. Все размеры в тектонико-композиционном смысле правильные, а также при таких пропорциях намечается правильная посадка водителя и пассажира с учетом 95-го перцентиля в условиях эргономики [2, 3].

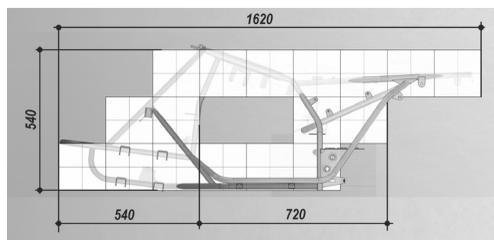


Рис. 4. Размерные ряды рамы квадроцикла

Опыт проектирования различного рода изделий при использовании кубических трехмерных объемов показал, что данный подход к созданию новых сложных ТО, включая транспортные средства, является логически правильной и практически применимой теорией, что подтверждается разработанным квадроциклом, который в настоящее время начинает производиться.

Список литературы

1. Скуба Д.В. Комплекс системных методов дизайн-проектирования изделий: учеб.-метод. пособие для студ. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – 136 с.
2. Панеро Дж., Зелник М. Основы эргономики. Человек, пространство, интерьер: справочник по проектным нормам: пер. с англ. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 319 с.
3. Тьялве Э. Краткий курс промышленного дизайна. – М.: Машиностроение, 1984. – 192 с.

Об авторах

Далида Николай Вацлавович – аспирант кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: amo@istu.ru.

Скуба Денис Владиславович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: amo@istu.ru.

Филькин Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: fnm@istu.ru.

В.И. Старцев, М.Г. Бояршинов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРКА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ПОТРЕБИТЕЛЯМ

Представлена проблема предприятия, сферой деятельности которого является доставка однородной продукции множеству клиентов, распределенных по значительной территории. Описывается существо проблемы и ключевые параметры целевой функции, минимизация которой планируется с использованием методов математического моделирования и линейного программирования.

Ключевые слова: транспорт, маршрут, однородный груз, целевая функция, точки маршрутов.

V.I. Startsev, M.G. Boyarshinov

FLEET OPTIMIZATION TO ENSURE CARGO DELIVERY TO CONSUMERS

This paper presents the problem of one enterprise that faced the delivery of homogeneous products to customers. The problem is described and the key parameters of the objective function of the enterprise are determined, which will be solved using mathematical modeling methods, which will be further considered in other works.

Keywords: transport, route, homogeneous cargo, objective function, route points.

Транспортная задача линейного программирования получила в настоящее время широкое распространение в теоретических работах и практическом применении на транспорте и в промышленности [1]. В рассматриваемой задаче имеющиеся у предприятия ресурсы могут быть перераспределены между видами транспортных работ, и отдельные работы могут быть выполнены с помощью различных комбинаций имеющихся ресурсов. Как и в стандартной транспортной задаче, рассматривается поиск наиболее экономичного плана перевозки продукции одного вида из нескольких пунктов отправления в различные пункты назначения [2]. Принимается, что величина транспортных расходов прямо пропорциональна объему перевозимой продукции и задается с помощью тарифов на перевозку единицы продукции [3].

В настоящей работе рассматривается задача о доставке однородных грузов (дымоходов) из г. Пермь в различные города Российской Федерации (таблица). У компании есть 4 региональных центра, которые находятся в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске и Краснодаре. Эти города являются конечными точками маршрутов, по которым следует автотранспорт предприятия.

Расстояния маршрутов, по которым развозится груз

Маршруты автомобиля Газель	Расстояние, км
г. Пермь – г. Екатеринбург	360
г. Пермь – г. Нижний Тагил	340
г. Пермь – г. Первоуральск	330
г. Пермь – г. Челябинск	570
г. Пермь – г. Тюмень	700
г. Пермь – г. Ижевск	281
г. Пермь – г. Набережные Челны	470
г. Пермь – г. Кез	214
г. Пермь – г. Глазов	310
г. Пермь – г. Киров	490
г. Пермь – г. Уфа	510
г. Пермь – г. Оренбург	890
г. Пермь – г. Бузулук	830
г. Пермь – г. Орск	1090
Маршруты автомобиля Камаз	
Маршрут РЦ Новосибирск	
г. Пермь – г. Екатеринбург	360
г. Пермь – г. Курган	740
г. Пермь – г. Тюмень	700
г. Пермь – г. Омск	1330
г. Пермь – г. Новосибирск	1990
Маршрут РЦ Москва	
г. Пермь – г. Ижевск	281
г. Пермь – г. Набережные Челны	470
г. Пермь – г. Казань	670
г. Пермь – г. Нижний Новгород	1070
г. Пермь – г. Владимир	1300
г. Пермь – г. Рязань	1490
г. Пермь – г. Москва	1430
Маршрут РЦ Санкт-Петербург	
г. Пермь – г. Кез	214
г. Пермь – г. Глазов	310

Окончание таблицы

Маршруты автомобиля Газель	Расстояние, км
г. Пермь – г. Киров	490
г. Пермь – г. Шарья	780
г. Пермь – г. Кострома	1100
г. Пермь – г. Иваново	1160
г. Пермь – г. Киржач	1410
г. Пермь – г. Ярославль	1180
г. Пермь – г. Вологда	1220
г. Пермь – г. Пестово	1520
г. Пермь – г. Великий Новгород	1900
г. Пермь – г. Санкт-Петербург	2030
Маршрут РЦ Краснодар	
г. Пермь – г. Ижевск	281
г. Пермь – г. Набережные Челны	470
г. Пермь – г. Пенза	1180
г. Пермь – г. Самара	840
г. Пермь – г. Саратов	1260
г. Пермь – г. Волгоград	1630
г. Пермь – г. Краснодар	2340

Доставка осуществляется грузовыми транспортными средствами с разной грузоподъемностью.

Средняя скорость движения грузовых транспортных средств составляет 70–80 км/ч. Парк грузовых транспортных средств, имеющийся на предприятии: 5 Камазов 4308 с прицепами и 3 Газели (Next) с прицепами. Габаритные размеры Камазов с прицепами: Камаз: длина – 6,3 м, ширина – 2,5 м, высота – 2,6 м; прицеп КамАЗа: длина – 6,3 м, ширина – 2,5 м, высота – 2,6 м. Габаритные размеры Газелей: длина – 4,3 м, ширина – 2,2 м, высота – 2,5 м; прицеп Газели: длина – 4,3 м, ширина – 2,2 м, высота – 2,5 м. Камаз с прицепом вмещает в себя 28 паллет (56 м³), по 14 паллет каждый, Газель с прицепом вмещает в себя 16 паллет (32 м³).

К некоторым клиентам могут быть направлены как автомобили Газель, так и автомобили Камаз; такая ситуация возможна в случае, когда заказ клиента не умещается в одно транспортное средство, которое следует в город его местонахождения. Тогда второй автомобиль по маршруту следования может завезти этому кли-

енту оставшуюся часть заказа. По этой причине некоторые клиенты могут быть включены одновременно в несколько маршрутов. Масса груза не должна превышать грузоподъемность транспортного средства, и груз не должен выступать за пределы транспортного средства.

Для решения задачи предполагается сформировать целевую функцию, минимум которой приведет к минимизации затрат на доставку заказов клиентам.

В качестве ограничений предполагается использовать следующие требования:

- количество транспортных средств;
- затраты на лизинговые платежи;
- затраты на горюче-смазочные материалы;
- затраты на страхование транспортных средств и страхование грузов;
- прочие затраты на содержание транспортных средств;
- офисные расходы;
- налоги на фонд оплаты труда водителей;
- налоги на фонд оплаты труда руководителя транспортной службы;
- вместимость транспортных средств;
- расстояние до заказчика;
- средняя скорость транспортных средств;
- режим работы водителя по тахографу;
- фонд оплаты труда водителей;
- фонд оплаты труда руководителя транспортной службы;
- затраты на доставку продукции клиентам наемным транспортом;
- поломки транспортных средств;
- затраты на техническое обслуживание и ремонт (периодичность проведения технического обслуживания Камазов составляет 30 000 км, периодичность проведения технического обслуживания Газелей составляет 10 000 км);
- отпуска и болезни сотрудников (водителей);
- заказанные объемы клиентов, формирующие объем поставки.

Список литературы

1. Бояршинов М.Г. Методы вычислительной математики: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 241 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – С. 208.
3. Абдразаков Ф.К., Горюнов Д.Г. Оптимальное распределение техники – основа стабильного развития производства // Механизация строительства. – 2004. – № 1. – С. 8–10.

Об авторах

Старцев Владислав Игоревич – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atm@pstu.ru.

Бояршинов Михаил Геннадьевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atm@pstu.ru.

Н.В. Чмых, А.О. Добрынин

**ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛНОЙ
МАССЫ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ДОПУСТИМОЙ ОСЕВОЙ
НАГРУЗКИ ДО 130 кН В КОНТЕКСТЕ РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ
ГРУЗОПЕРЕВОЗОК**

Рассмотрены предельно допустимые весовые показатели транспортных средств в России и Китае, а также в некоторых странах ЕС. Проанализированы различия весовых показателей и предложены значения предельно допустимой полной массы пятиосного и шестиосного автопоездов при увеличении допустимой осевой нагрузки до 130 кН.

Ключевые слова: полная масса, осевая нагрузка 130 кН, автомобильные грузоперевозки, российско-китайские грузоперевозки.

N.V. Chmykh, A.O. Dobrynin

**JUSTIFICATION OF THE MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES
OF THE TOTAL MASS OF ROAD TRAINS WITH INCREASING
THE PERMISSIBLE AXLE LOAD TO 130 kN IN THE CONTEXT
OF RUSSIAN-CHINESE CARGO TRANSPORTATION**

The maximum permissible weight indicators of vehicles in Russia and China, as well as in some EU countries, are considered. The differences in weight indicators are analyzed and the values of the maximum permissible total mass of five-axle and six-axle road trains are proposed with an increase in the permissible axial load up to 130 kN.

Keywords: gross weight, axial load 130 kN, road cargo transportation, Russian-Chinese cargo transportation.

В настоящее время Китай является ключевым торговым партнёром России. Товарооборот России и Китая в 2021 году вырос на 35,8 %, достигнув рекордной отметки \$146,88 млрд [1]. С учетом тесного торгового сотрудничества двух стран направление российско-китайских автомобильных грузоперевозок имеет большой потенциал для развития. В то же время существуют различия в нормативных документах, регламентирующих предельно допустимые значения весовых показателей транспортных средств. Одним из

вариантов унификации предельно допустимых весовых показателей двух стран является увеличение допустимой осевой нагрузки в РФ до значения 130 кН.

Увеличение предельно допустимой осевой нагрузки до величины 130 кН при проектировании дорожной одежды повлечет соответственное увеличение нормативного показателя предельно допустимых осевых нагрузок и полной массы транспортных средств.

В мировой практике существуют случаи, когда увеличение предельно допустимой осевой нагрузки не приводит к увеличению полной массы грузовых транспортных средств. Например, допустимая осевая нагрузка во Франции также составляет 130 кН, в то время как полная масса пятиосного и шестиосного автопоезда составляет 44 т. С 1 января 2022 года во Франции вступила в силу Директива ЕС 96/53/УС, которая ограничивает полную массу сочлененных ТС более чем с четырьмя осями до 40 т. Вопреки общим тенденциям еврозоны, направленным на сокращение полной массы, Финляндия активно практикует предельно допустимую полную массу 60 и 72 т, а также проводит исследования по оценке влияния транспортных средств с полной массой 90 т на дорожные конструкции [2].

Чтобы определить величины допустимых параметров полной массы автопоезда с различным количеством осей необходимо задаться весовыми характеристиками расчетного седельного автопоезда.

В качестве расчетных будут приняты два варианта автопоезда – пятиосный и шестиосный. Допустимая осевая нагрузка на ось транспортного средства принимается в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 2200 от 21.12.2020 г. (ред. от 30.11.2021) «Об утверждении перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации».

На рисунке представлены действующие нормативные значения осевых нагрузок (полной массы ТС) и их сравнение с соответствующими величинами, принятыми в Китайской Народной Республике.

Из представленных значений видно, что осевые нагрузки в РФ и КНР отличаются несущественно, а величина полной массы, наоборот, значительно отличается.

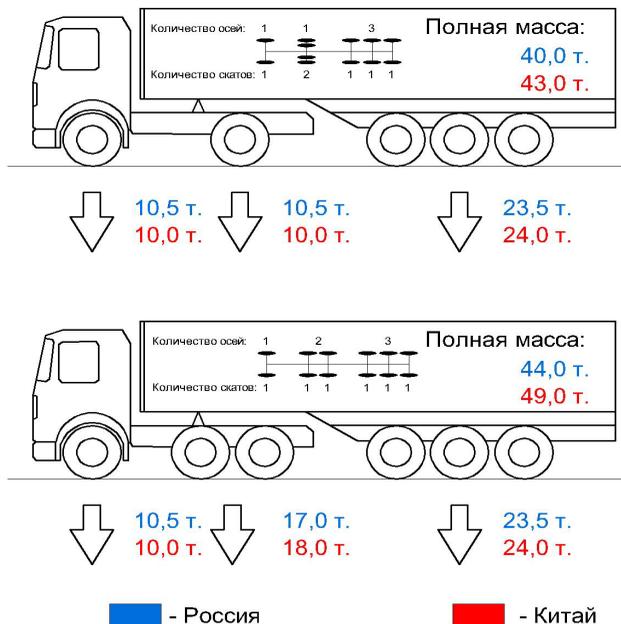


Рис. Сравнение действующих параметров допустимых осевых нагрузок и полной массы транспортных средств в России и Китае

По своей сути полная масса – это сумма осевых нагрузок, передаваемых на каждую одиночную ось или на группу осей. Следовательно, для определения величины полной массы справедлива формула (1):

$$M = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

где P_i – величина нагрузки на i -й оси, кН.

Исходя из этого утверждения, рассчитаем полную массу для пятиосного и шестиосного автопоездов при нормативной нагрузке 115 кН.

Пятиосный:

$$M_5^{\text{PФ}} = 10,5 + 10,5 + 23,5 = 44,5 \text{ т}$$

$$M_5^{\text{КНР}} = 10,0 + 10,0 + 24,0 = 44,0 \text{ т}$$

Шестиосный:

$$M_6^{\text{РФ}} = 10,5 + 17,0 + 23,5 = 51,0 \text{ т}$$

$$M_6^{\text{КНР}} = 10,0 + 18,0 + 24,0 = 52,0 \text{ т}$$

Из приведенного расчета явно видно, что значение осевой нагрузки в КНР максимально приближено к возможностям перевозки за вычетом 2 и 5 % соответственно для пятиосного и шестиосного автопоездов при нормативной нагрузке 115 кН. В то время как нормативная документация в России предусматривает значительно большую разницу между допустимой и фактической возможной величиной в 10 и 14 % соответственно.

Исходя из вышепредставленных результатов можно сделать вывод, что действующие значения предельно допустимой полной массы транспортных средств в России существенно занижены по сравнению с аналогичными значениями, принятыми в Китае, при сопоставимых осевых нагрузках.

Принимая во внимание ориентирование данной работы на российско-китайские автомобильные грузоперевозки, следует принять в качестве новых увеличенных значений полной массы китайские значения:

- 43 т для пятиосного автопоезда;
- 49 т для шестиосного автопоезда [3].

В дальнейшей работе планируется обосновать увеличение допустимой осевой нагрузки до 130 кН при проектировании автомобильных дорог, интенсивно используемых для российско-китайских грузовых перевозок. Это необходимо для повышения эксплуатационной надежности дорожной конструкции по аналогии с запасами возможности перевозок 10 и 14 % для пятиосного и шестиосного автопоезда соответственно, принятыми в РФ для нагрузки 115 кН.

Список литературы

1. Tass: сайт. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/13424783> (дата обращения: 09.03.2022).
2. Оценка влияния тяжелых грузовых автоперевозок на дорожные конструкции. Виртуальная симуляция / Петри Варин, Аннеле Матинтупа, Тимо Сааренкето // 2012. – 45 с.

3. GB 1589-2016. Национальный стандарт Китайской Народной Республики. Габаритные размеры, нагрузка на ось и масса автомобилей, полуприцепов и автопоездов [Текст]. – Взамен GB 1589-2004; введ. 2016-07-26. Пекин: Изд-во China Standard Press, 2016. – 23 с.

Об авторах

Чмых Никита Вячеславович – студент магистратуры кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chmyhnikita@gmail.com.

Добрынин Антон Олегович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dobrynin.anton@yandex.ru.

К.Б. Шарафутдинов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ БИОЦИДНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

В статье описаны экспериментальные исследования эффективности биоцидной добавки – микрокальцита, модифицированного наночастицами меди. Был выполнен сравнительный анализ исследуемого вещества с обычным микрокальцитом. Описаны методы и результаты исследования, сделаны выводы.

Ключевые слова: микрокальцит, наночастицы, бактерицидность.

K.B. Sharafutdinov

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF A NANOMODIFIED BIOCIDAL ADDITIVE FOR CONSTRUCTION MORTARS

The article describes experimental studies of the effectiveness of a biocidal additive - microcalcite modified with copper nanoparticles. Comparative analysis of the test substance with conventional microcalcite was performed. The methods and results of the study are described, conclusions are drawn.

Keywords: microcalcite, nanoparticles, bactericidal activity.

Наномодифицированные биоцидные добавки в настоящее время считаются наиболее перспективными и инновационными. Современные достижения в области нанотехнологий позволяют создать гибридные материалы: сыпучие вещества, на поверхность которых нанесены наночастицы тяжелых металлов [1]. За счет олигодинамического эффекта полученный материал может быть способен противостоять развитию микроорганизмов и демонстрировать антибактериальный эффект.

Биоповреждение конструкций наносит колоссальный экономический ущерб [2], поэтому строительный материал должен быть стоек к деструктивному воздействию микроорганизмов и необходимо предусматривать методы защиты строительных материалов. Для этого в строительные растворы добавляют специальные антибактериальные добавки органического и неорганического происхождения [3, 4]. Эффективность подобных добавок зависит от типа материала, в который вводится такая добавка. Для определения эффективности действия изучаемой добавки было принято решение исследовать её на бактерицидность.

В качестве исследуемой биоцидной нанодобавки был выбран наномодифицированный карбонат кальция, предоставленный корейской компанией iCube Global., Ltd. Синтезированное вещество представляло собой порошок микрокальцита с наночастицами меди и латуни.

Для проведения сравнительного анализа был выбран микрокальцит «LinCarb», предоставленный кафедрой Строительного инжиниринга и материаловедения ПНИПУ, а также химически чистый (ХЧ) микрокальцит, предоставленный Естественнонаучным институтом ПГНИУ.

Дополнительно были изготовлены образцы из цементного композита, где микрокальцит CaCO_3 был использован в качестве заполнителя. В качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н. Соотношение микрокальцита к цементу равнялось 5:1. В качестве контрольных использовались образцы из цементного камня и цемент сам по себе. Формование образцов выполнялось в лаборатории кафедры Строительного инжиниринга и материаловедения ПНИПУ. Для проведения экспериментов были изготовлены образцы в форме кубов, размером $1 \times 1 \times 1$ см. Порошки и образцы были исследованы на бактерицидность в лаборатории Геологии техногенных процессов ПГНИУ.

Для определения бактерицидности в подготовленных чашках Петри в течение 7 дней выращивался газон из бактерий, заранее выращенных в лаборатории Геологии техногенных процессов ПГНИУ. Далее в чашку Петри с газоном помещались исследуемые образцы: порошки микрокальцита и цемента, а также образцы цементного камня и цементного композита и в течение 7 дней наблюдался рост бактерий. При таком методе исследования наличие вокруг образца зоны просветления, в которой рост бактерий отсутствует, говорит о том, что вещество является бактерицидным.

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Результаты показывают, что CaCO_3 , модифицированный наночастицами меди, не является биоцидной добавкой, поскольку бактерицидные свойства не проявились. Наномодифицированная добавка по бактерицидным свойствам соответствует обычному микрокальциту. Бактерицидный эффект проявился только на цементе и цементном камне, что может быть объяснено выщелачиванием из цемента. Различия в бактерицидности цемента и микрокальцита показаны на рисунке.

Результаты испытаний образцов

№ п/п	Исследуемый материал	Размер зоны просветления	Результат
1	Цемент	4–5	Бактерицидный (выщелачивание)
2	Цементный камень	4–5	Бактерицидный (выщелачивание)
3	CaCO ₃ (LinCarb)	нет	Не бактерицидный
4	CaCO ₃ (ХЧ)	нет	Не бактерицидный
5	CaCO ₃ + наночастицы Cu	нет	Не бактерицидный
6	CaCO ₃ + наночастицы Cu+Zn	нет	Не бактерицидный
7	Цементный композит: Цемент + CaCO ₃ (LinCarb)	нет	Не бактерицидный
8	Цементный композит: Цемент + CaCO ₃ (ХЧ)	нет	Не бактерицидный

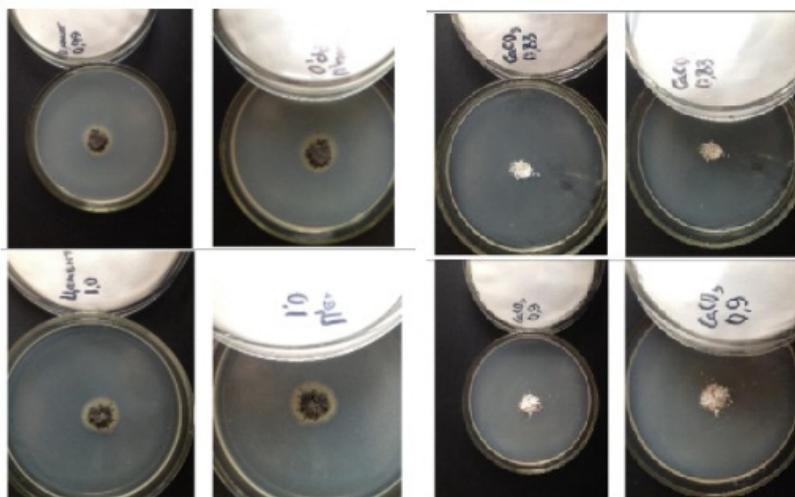


Рис. Бактерицидность цемента (слева) и микрокальцита (справа)

Результаты данного исследования позволяют обосновать эффективность применения такой биоцидной добавки для повышения бактерицидных свойств строительного раствора.

Согласно полученным результатам, применение такого вещества в качестве биоцидной добавки для строительных растворов

на цементном и гипсовом вяжущем можно считать неэффективным. Добавка не является бактерицидной сама по себе.

Цемент сам по себе, а также цементный камень и бетон демонстрируют бактерицидный эффект за счет выщелачивания, которое наблюдается в свежеприготовленном бетоне. Таким образом, можно предположить, что бетон с введенной добавкой в первое время будет показывать бактерицидные свойства, однако спустя некоторое время бетонную конструкцию будет необходимо защитить биоцидным составом, например гидрофобизатором.

Проблема биокоррозии особенно актуальна для конструкций, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности, микроорганизмы разрушают строительный материал и снижают его прочность. Появляются всё новые методы защиты строительных конструкций, и все они показывают разную степень защиты и влияют на долговечность материала, поэтому эта проблема требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Antimicrobial concrete for smart and durable infrastructures: A review / L. Qiu, S. Dong, A. Ashour, B. Han // *Construction and Building Materials*. – 2020. – № 260. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120456.

2. Ерофеев, В.Т., Дергунова А.В., Богатов А.Д. Экономические потери от биоповреждений и технико-экономическая эффективность повышения биостойкости материалов и конструкций зданий и сооружений предприятий текстильной промышленности // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2020. – № 5 (389). – С. 97–102.

3. Нетрусов А.И. Экология микроорганизмов: учебник для бакалавров. – М.: Юрайт, 2013. – 268 с.

4. Matveeva L., Pakhtinov V., Tikhonov Yu. Study of micromycete destructive power in gypsum and polymeric binding composite construction materials // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. – 2019. – № 687. DOI: 10.1088/1757-899X/687/2/022031.

Об авторе

Шарафутдинов Камил Булатович – аспирант кафедры «Строительные конструкции и вычислительная механика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kamil_sh@bk.ru.

С.П. Мымрин, А.С. Сергеев

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО РОДА ОБЪЕКТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данной статье рассматривается последнее постановление правительства о введении обязательной сдачи BIM-модели при выделении государственного финансирования на объекты капитального строительства, поднимается вопрос о целесообразности данного постановления и возможные пути решения проблем, возникающих при исполнении постановления.

Ключевые слова: BIM, постановление правительства, проектирование.

S.P. Mymrin, A.S. Sergeev

THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING BIM TECHNOLOGIES FOR VARIOUS TYPES OF DESIGN OBJECTS

This article discusses the latest government decree on the introduction of mandatory delivery of a BIM model when allocating state funding for capital construction projects, raises the question of the expediency of this resolution and possible ways to solve problems arising in the execution of this resolution.

Keywords: BIM, government decree, design

Введение

На протяжении всех времен человечество стремилось упростить, ускорить и автоматизировать те или иные процессы, например, это промышленная революция в Англии, где ввели механизированное оборудование, или изобретение конвейера Фордом.

Люди во все времена с трудом и недоверием относились к нововведениям, противясь и пытаясь саботировать изобретения. Но прогресс неостановим, как тогда, так и сейчас человек вынужден подстраиваться и адаптироваться под современные тенденции.

Сфера проектирования и строительства также не остается в стороне и постоянно совершенствуется, начиная от обычных калькуляторов и молотков несколько столетий назад и заканчивая программными комплексами и строительной техникой, которые способны функционировать без участия человека сейчас.

Процесс цифровизации развивается во всех странах мира и в последние десять лет инженеры различных сфер переходят на BIM-проектирование.

Основная часть

BIM (Building Information Modeling) – процесс создания и использования информации по строящимся и завершенным объектам для координации входных данных, организации совместного производства и хранения данных и их использования для различных целей на всех стадиях жизненного цикла. BIM можно рассматривать как общий ресурс знаний для получения информации об объекте [1].

Данная модель позволяет полностью смоделировать строение, задав реальные характеристики всех конструкций, и испытать его без постройки и также осуществлять мониторинг его состояния в период эксплуатации (рис. 1).

5 марта 2021 года правительством Российской Федерации было подписано постановление № 331 о введении обязательного использования технологий информационного моделирования (BIM) на объектах госзаказа, в котором говорится, что для объектов капитального строительства с привлечением государственных средств становится обязательным разработка информационной модели. Этим самым правительство РФ хочет выйти на новый уровень строительства и проектирования и сравняться с прогрессивными странами Европы и Америки [2].



Рис. 1. Пример реализации BIM-модели в благоустройстве

Цель статьи – анализ и оценка данного постановления на предмет целесообразности введения обязательной BIM-модели для всех объектов капитального строительства.

BIM-модель представляет собой набор 3D-моделей и покрытий с заданными каждому из них характеристиками и параметрами. За счет мгновенной визуализации объекта имеется возможность повысить качество и скорость проектных работ, ускорить строительство и упростить эксплуатацию, так как на руках будет иметься информация про каждый элемент и не составит труда его заменить или отремонтировать.

Само по себе создание полноценной BIM-модели – работа затратная и ресурсоемкая. Для ее реализации необходимо, чтобы у организации имелась лицензионная версия одной из специализированных программ, которая стоит порядка 100 тыс. руб., также необходимы смежные ПО для обработки файлов и формирования проектной и рабочей документации, а это еще более 150 тыс. руб., для всего этого необходим компьютер с системными компонентами, подходящими для данных программ, стоимость которого в нынешней экономической обстановке превышает 150 тыс. руб. Итого получается порядка 400 тыс. руб. на старте, чтобы просто иметь возможность сделать эту работу. Если развивать тему финансов дальше, то можно ко всему прибавить стоимость обеспечения заявки и контракта для того, чтобы участвовать на аукционе и в случае победы, упав на 10–20 % от цены, взять эту работу и прочие сопутствующие траты.

Все это ведет к тому, что резко повышаются требования к Подрядчикам и сужается круг фирм, способных выполнить данную работу, что может привести к монополии на рынке.

Данные траты усилий и ресурсов целесообразны, если выполняются работы по объекту от 4–5 млн руб. для таких видов работ, как строительство крупных автомобильных дорог, мостов, аэродромов, зданий и т.д.

В случае если выполняются работы по благоустройству, имеющие статус капитального строительства, различного рода площадные объекты (парки, скверы и т.п.), тротуары и парковки, в данном случае нет никакого смысла искусственно усложнять и удорожать работу, так как в их проектировании нет уникальности и особой сложности, за исключением единичных случаев.



Рис. 2. Пример визуализации по средствам встроенного функционала Топоматик Robur

Для такого случая будет целесообразней сделать 3D-визуализацию с помощью встроенных средств визуализации программ проектирования, например таких, как Топоматик Robur (рис. 2), что существенно проще и дешевле в реализации [3].

Заключение

С точки зрения практичности и текущих реалий разумней будет пересмотреть подход к требованиям и сдаче проектной и рабочей документации в паре с BIM-моделью, так как не во всех случаях целесообразно данное требование. При рассмотрении вопроса с других сторон возникает еще больше вопросов и проблем, связанных с финансовой составляющей, возможностью Заказчика грамотно оценить и принять BIM-модель, возможностью для последующего ее использования и т.д., которые ни это постановление, ни государство никак не решают или решают медленно.

С целью решения на государственном уровне можно принять меры для пересмотра формирования стоимости объекта, предусмотреть запас на перестраивание компании для выполнения требований данного постановления на протяжении ближайших нескольких лет, чтобы стабилизировать ситуацию. И продумать прочие меры для более эффективного перехода на новую ступень.

Список литературы

1. Ильинова В.В., Мицевич В.Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешне-экономический вестник. – 2021. – № 6. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-opyt-ispolzovaniya-bim-tehnologiy-v-stroitelstve> (дата обращения: 07.11.2021).

2. Состояние внедрения BIM в 2021 году: сравнение 7 стран // ardexpert. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://ardexpert.ru> (дата обращения: 07.11.2021).

3. Лекомцева Ю.В., Бургонутдинов А.М., Кобелев В.С. 3D-визуализация автомобильных дорог в программном комплексе «Топоматик gobur – автомобильные дороги» // Химия. Экология. Урбанистика. – 2020. – Т. 2020 (3). – С. 152–156.

Об авторах

Мыррин Сергей Павлович – студент, кафедра «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sergeymimrin31@gmail.com.

Сергеев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zzverdvd@mail.ru.

Н.М. Собянин, А.С. Сергеев

**ИМИТАЦИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ
НА ПОКРЫТИЯХ АВТОДРОМОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ
КУРСАНТОВ-ВОДИТЕЛЕЙ**

В данной статье рассматривается возможность имитации неблагоприятных дорожных условий на автодромах путем использования покрытий из стальной нержавеющей прокатной стали. Рассматривается потенциальное повышение безопасности дорожного движения благодаря заблаговременной подготовке водителей в автошколах.

Ключевые слова: безопасность, конструкция дорожной одежды, дорога, покрытие, скользкость, обучение, автошкола, автодром, город.

N.M. Sobyenin, A.S. Sergeev

**SIMULATION OF UNFAVORABLE CONDITIONS
ON THE RACETRACKS**

This article discusses the possibility of simulating unfavorable road conditions on the racetracks by using coatings made of stainless steel rolled steel. The potential improvement of road safety due to the advance training of drivers in driving schools is being considered.

Keywords: safety, road construction, road, coating, slipperiness, training, driving school, circuit, city.

С каждым годом в России растет уровень автомобилизации. Новым водителям при обучении необходимы не только теоретические знания, но и практические навыки. Специально для этого на территориях автошкол, профильных техникумов и колледжей возводятся специальные искусственные сооружения – закрытые площадки, предназначенные для обучения будущих водителей (автодромы). Специализированные площадки должны быть оборудованы в соответствии с категорией транспортных средств, на которую в будущем будет проводиться экзамен [1].

Для ускорения адаптации новых водителей к реальным условиям движения целесообразно оснащать автодромы реально используемыми техническими средствами и использовать в строительстве общепринятые материалы и конструкции дорожных

одежд. Однако даже в таких случаях условия движения по учебной площадке значительно отличаются от фактических. Во время обучения на автодроме люди редко сталкиваются с опасными ситуациями на дорогах. Это касается не только трафика, но и климатических факторов. В среднем, курс обучения в автошколе составляет от 3 до 6 месяцев. Это означает, что среднестатистический ученик может не практиковаться в вождении в неблагоприятных дорожных условиях, таких как обледенелая (рис. 1, *а*) или мокрая (рис. 1, *б*) дорога. Особенно остро это проявляется при обучении в условиях жаркого, сухого летнего периода. Следовательно, к части климатических дорожных условий будущий водитель будет просто не готов, что может привести к повышенной опасности на дороге.



а

б

Рис. 1. Обледенелая (*а*) и мокрая (*б*) дорога

Для решения этой проблемы можно использовать специальные покрытия из прокатной стали гладкого профиля (рис. 2). Такое покрытие обладает куда меньшим коэффициентом сцепления, чем традиционный для наших дорог асфальтобетон, бетон, щебеночные и гравийные материалы или даже глина. Оно имеет значения, приближенные к показателям обледенелой дороги, составляющим в среднем от 0,1 до 0,2.



Рис. 2. Прокатный стальной лист

На территории автодрома можно обустроить специальную площадку с покрытием из стального проката, включающую базовые элементы вождения: торможение, разгон и повороты. Такая площадка позволит будущему водителю подготовиться к неблагоприятным дорожным условиям, вне зависимости от текущего сезона. Особенно такие площадки будут актуальны при обучении в летних засушливых условиях. Такое техническое решение позволит упростить конструкцию дорожной одежды на самих специальных площадках, например – использовать только один слой из асфальтобетона. Крепление стального покрытия будет производиться на анкерные крепления или закладные детали. Минусом такого решения будет их простаивание в дождливых или зимних условиях.

Альтернативой является выделение участка существующего покрытия автодрома, также включающего базовые элементы вождения. Сами стальные покрытия, в таком случае, будут модульными. Их использование будет обуславливаться погодой – раскладка стальных листов будет производиться только в жаркие дни, с возможностью демонтажа и хранения в дождливых и зимних условиях. Также модульными покрытиями можно оснастить эстакаду, что позволит отрабатывать упражнения подъёма и спуска в неблагоприятных условиях в любую погоду. Модульность конструкции будет обеспечиваться специальными креплениями с предусмотренными в них пазами под стальные листы. Сами крепления будут долговременными, чтобы обеспечить жесткость конструкции при многократных циклах сборки и разборки (рис. 3). Для снижения шанса повреждения шин автотранспорта при въезде на покрытие свободные ребра стальных листов необходимо оснастить резиновыми заглушками.

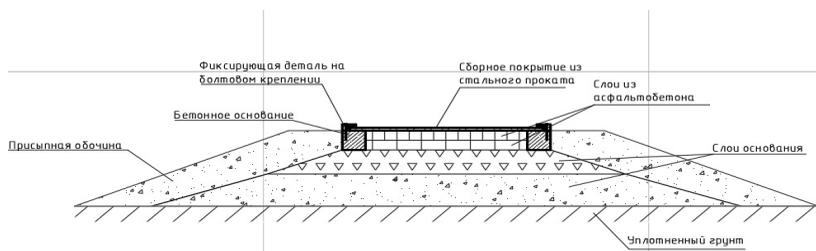


Рис. 3. Конструкция дорожной одежды при использовании сборных стальных покрытий

Недостатком такого покрытия является недолговечность – сталь подвержена коррозии, процессу, приводящему к образованию ржавчины и последующему разрушению. Для борьбы с этим можно использовать стальной прокат с противокоррозийной обработкой, такой, например, как хромирование или оцинковка. Или же использовать нержавеющую сталь, что будет несколько дороже при строительстве, но экономически эффективнее в долгосрочной перспективе, чем замена ржавеющих листов.

Использование временных и постоянных покрытий из стальных листов при прохождении упражнений на автодроме поможет начинающим водителям подготовиться к неблагоприятным климатическим условиям на дороге. Это позволит повысить безопасность дорожного движения и снизить количество связанных с погодой ДТП. Кроме того, стальной прокат производится по всей территории России в больших количествах, что позволит оснастить площадки учебных автодромов в кратчайшие сроки.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ № 1097 от 24.10.2014 г. (ред. от 20.12.2019). – [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70774562/> (дата обращения: 04.04.2021).
2. ГОСТ 33078-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200123715> (дата обращения: 04.04.2021).
3. ГОСТ 5632-2014. Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113778> (дата обращения: 04.04.2021).

Об авторах

Собянин Никита Михайлович – студент бакалавриата кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sobyenin.nicita@yandex.ru.

Сергеев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zzverdvd@mail.ru.

Е.А. Соколова, К.Ю. Тюрюханов

ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕПЛЫХ ДОРОГ

Ежегодно в зимний период водители сталкиваются с проблемой гололёда на проезжей части автомобильных дорог. Практика использования соли и специальных химических реагентов не оправдывает себя, потому что это не всегда эффективно, финансово выгодно, и порой вредно для экологии. Поэтому в статье будут рассматриваться технологии строительства автомобильных дорог с подогревом для борьбы со снежным покровом и образованием ледяного наката.

Ключевые слова: строительство автомобильных дорог, технология теплых дорог, химические реагенты.

E.A. Sokolova, K.Yu. Tyuryukhanov

TECHNOLOGIES AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF WARM ROADS

Every year in winter, drivers face the problem of ice. The practice of using salt and special chemicals does not justify itself, because it is not always effective, and sometimes harmful to the environment. Therefore, the article will present and describe technologies for the construction of heated roads to combat snow cover and ice formation.

Keywords: road construction, warm road technology, chemical reagents.

Введение

Большинство водителей понимают, как зимой меняется ситуация на дорогах. На них накапливается снег, который со временем преобразуется в лед. В результате этого передвижение автотранспортных средств не только затруднительно, но и очень опасно, так как высока вероятность создания аварийно-опасных ситуаций, следствием чего могут стать человеческие травмы и жизни людей. Нужно соблюдать осторожность и двигаться с невысокой скоростью, пока дорожники не проведут соответствующую обработку полотна. Традиционно существующие методы ликвидации снега и ледяного наката – неудовлетворительные. Зачастую, в силу экономичности и практического применения, используют для очистки снежных осадков, снегоуборочные машины с использованием различных химических реагентов, но этот метод неавтоматизированный, неэкологич-

ный и неэффективный, а также наносящий ущерб автомобилям в виде появления на них ржавчины. Решением этих проблем может стать внедрение в дорожную одежду системы теплых дорог.

Основная часть

Рассмотрим некоторые технологии теплых дорог. Например, израильская компания SAN Hitech нашла решение этих проблем, разработав снегоплавильную систему Snowless, которая позволяет в зимний период избавляться от снега на дорогах, что благоприятно влияет не только на асфальтобетонное покрытие, но и на уровень безопасности, а также упрощает обслуживание дорог в зимний период (рис. 1).



Рис. 1. Снегоплавильная система Snowless [2]

Идея состоит в укладке дополнительного слоя, который включает в себя нагреватели и сеть датчиков, которые мониторят текущую температуру покрытия. Во время строительства его достаточно просто размотать из рулона и уложить. Использовать разработку можно и на уже существующих дорогах – есть машина, которая прорежет в покрытии канавки для укладки.

Слой Snowless все время подключен к электрической системе, а его датчики отслеживают состояние покрытия. При этом система подсоединена и к метеослужбе, с тем чтобы быстро среагировать при выпадении осадков. Также предусмотрен анализ нагрузки на энергосистему – потребляемая мощность может варьироваться в зависимости от этого фактора. Таким образом, уже через несколько минут дорога будет пригодна для использования. Также если учиты-

вать фактор, что данная система будет работать от электроэнергии, то можно использовать возобновляемые источники энергии [1].

В некоторых странах, таких как Япония, использование химических реагентов запрещено, поэтому они используют технологию подогрева (рис. 2). Сама технология подогрева асфальта во многом схожа с технологией «теплого пола» в строительстве, когда под внешнее покрытие укладывается сетка с нагревательным элементом [3].



Рис. 2. Подогрев асфальта в Японии [4]

Для того чтобы понять целесообразность использования рассмотренных методов, сравним их с уже существующим методом устранения гололеда на автомобильных дорогах. Сравним их с точек зрения экологической, эффективности использования, в экономическом плане и срока службы дорог при использовании данных методов (таблица).

Сравнительная характеристика

Наименование критерия	Наименование методов		
	химические реагенты	Snowless	«теплый пол»
Экономичность	+	–	–
Пагубное влияние на экологию	+	–	–
Эффективность	–	+	+
Срок службы дороги	–	+	+

Заключение

Из всего вышепредставленного можно сделать вывод, что использование теплых дорог имеет больше плюсов, чем минусов.

Выпавший снег не копится, а мгновенно тает, такие изменения в дорожной одежде существенно облегчают жизнь водителям, пешеходам, ну и, конечно же, работникам коммунальных служб. На дорогах уменьшится количество аварийных ситуаций, в городах станет лучше ситуация с пробками, потому что в некоторых случаях пробки создаются из-за снегоуборочных машин. Данная технология имеет лишь один минус – это высокая стоимость, но данные дороги имеют больший срок службы, ведь периодическое промерзание и оттаивание в течение холодного сезона приводит к образованию дефектов на традиционных асфальтобетонных покрытиях.

Список литературы

1. Развитие дорожной отрасли: «зеленые» технологии, повторное использование асфальтобетона и снегоплавильные системы [Электронный ресурс]. – URL: https://dorinfo.ru/99_detail.php (дата обращения: 09.03.2022).

2. Snowless – умная дорога, на которой не бывает льда [Электронный ресурс]. – URL: <https://itcrumbs.ru> (дата обращения: 09.03.2022).

3. Дороги с подогревом: практичное решение для стран с холодным климатом [Электронный ресурс]. – URL: <https://travelask.ru> (дата обращения: 09.03.2022).

Об авторах

Соколова Екатерина Андреевна – студент, СТФ, группа САД-19-16, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: matyha181@gmail.com.

Тюрюханов Кирилл Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Turuchanov.k.u@list.ru.

М.В. Голдобин, И.Л. Бартоломей

ВНЕДРЕНИЕ ЗЕЛеноЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ЛИВНЕВУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ

Статья посвящена обзору современных тенденций в развитии зеленой инфраструктуры города. Рассматривается ряд технологий с применением данной концепции, демонстрируются примеры ее реализации и оцениваются преимущества развития данного направления для жителей города, экономики и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: зеленая инфраструктура, урбанизация, водоотведение, ливневые воды, дождевые сады, ливневые горшки, резервуары.

M.V. Goldobin, I.L. Bartolomey

IMPLEMENTATION OF GREEN INFRASTRUCTURE TO REDUCE THE LOAD ON STORM SEWERS

The article is devoted to the review of modern trends in the development of the green infrastructure of the city. A number of technologies with the application of this concept are considered, examples of its implementation are demonstrated and the advantages of the development of this direction for the residents of the city, the economy and environmental protection are evaluated.

Keywords: Green infrastructure, urbanization, drainage, stormwater, rain gardens, rain pots, reservoirs.

В современном мире тренд на урбанизацию стремительно развивается. С каждым годом наблюдается все больший рост населения в городах, а следовательно, увеличивается и плотность городской застройки. Серая инфраструктура города смещает границы естественного озеленения, а следовательно, при такой тенденции увеличивается нагрузка на ливневую канализацию, и даже строительство новых водоотводных сооружений не исправляет ситуацию. С каждым десятилетием количество осадков на территории России увеличивается на 1–2 %, и если раньше было больше затяжных слабых дождей, то теперь мы все чаще наблюдаем сильные, но короткие ливни с грозами, даже зимой [1]. Вода является большой проблемой для городов: именно она разрушает улицы и тротуары, а также является причиной образования грязи и наледи,

снижая качество жизни и уровень безопасности населения. Основная задача, которую необходимо решать: в кратчайшие сроки отвести воду с улиц. Когда вне городов большая часть осадков просто уходит в землю, не вызывая никаких проблем, то в городах, где большая часть территории покрыта асфальтом и бетоном, воде уходить некуда. Отводить воду приходится с помощью системы стоков и направлять в городскую ливневую канализацию, откуда она обычно сливается в ближайший водоем. Отсюда возникает несколько проблем:

1. Системы ливневой канализации не всегда справляются с нагрузкой, особенно после сильного ливня, и появляются участки с образованиями регулярных подтоплений преимущественно в районах со старыми или засоренными коллекторами.

2. Традиционную систему ливневой канализации очень дорого строить, особенно при наличии иных коммуникаций в районе строительства.

3. Дождевая вода вымывает грязь, песок, а также различный мелкий мусор, что приводит к очень скорому засорению коллектора, снижая эффективность системы водоотвода.

4. Через ливневую канализацию в водоемы попадают опасные вещества: тяжелые металлы, нефтепродукты и прочие отходы деятельности человека. Фильтровать же ливневые воды крайне дорого, и почти нигде это не предусмотрено.

Внедрение зеленой инфраструктуры поможет решить данные проблемы, а также улучшить внешний вид города и повысить качество жизни горожан, возвращая экологические и природные элементы в повседневность населения и открывая новые возможности для досуга.

Тенденция возведения зеленой инфраструктуры стала наблюдаться довольно часто. Один из первых крупных примеров – Филадельфия. Изношенная канализация города не справлялась с частыми ливнями, так что город частенько превращался в огромный водоём. В 2006 году Департамент водоснабжения Филадельфии решил: хватит расширять «серую» инфраструктуру, давайте инвестировать в «зелёную»! Зачем бесконечно прокладывать, чинить и менять трубы и фильтры, если можно просто вернуть в город землю? Оказалось, что это ещё и экономически выгодно: на создание зелёной инфраструктуры уйдёт порядка 2,4 млрд долларов за 25 лет, серая же потребует гораздо больше – от 8 миллиардов [2].

В качестве реализации зеленой инфраструктуры применяется множество различных технологий обустройства территорий.

Дождевые сады. Представляют собой искусственно созданные в пределах городской среды участки земли с высаженными на них водолюбивыми травами и кустарниками. Почва для ливневых вод выступает в качестве естественного фильтра, очищая поступающие стоки, которые в дальнейшем пополняют ресурсы земли (рис. 1, 2).



Рис. 1. Дождевой сад в Питтсбурге



Рис. 2. Дождевой сад в Гренобле

Ливневые горшки. Это все те же участки с озеленением, но расположенные в углублении с общим рельефом и состоящие из 3 уровней. На первом уровне принимается грязная вода и с помощью решетки отсеивается крупный мусор, который оседает в резервуаре. После вода проходит через гравийную наброску и уже попадает в зону с высаженными растениями (рис. 3).



Рис. 3. Ливневые горшки в Мальмё

Главным свойством растений для дождевого сада будет их способность выдерживать непродолжительные затопления. Лучше такие условия переносят многолетние растения. Поэтому в дождевом саду могут использоваться только травянистые многолетние растения или в сочетании с деревьями и кустарниками [3]. Также в зависимости от расположения сада, например вблизи автомагистрали, к растениям может предъявляться требование в устойчивости к загрязнениям от нефтепродуктов и тяжелых металлов, а также изменениям pH-среды, ввиду воздействия весной на них противогололедных реагентов.

Чтобы вода поступала к дождевым садам, устраиваются *системы лотков*, которые собирают воду с прилегающих территорий. В случае переполнения ливневых горшков и дождевых садов излишки воды через решетки или специальные конусы поступают в обычную городскую канализацию (рис. 4, 5).



Рис. 4, 5. Решетки и конусы для приема излишков воды

Искусственное заболачивание. Представляют собой небольшие болота, засаженные растениями, которые способны хорошо очищать загрязненную воду. Например: тростник, осока или камыш. По искусственному рельефу ливневые воды направляются в данный водоем, избавляя городскую среду от образования луж.

Помимо выполнения своих основных функций по отводу воды с улиц города, а также ее очистки, рассмотренные сооружения имеют в себе и эстетическую составляющую, являясь прекрасным украшением для серых улиц города. А при должной реализации данные объекты могут стать и точкой интереса для приезжающих туристов, что благоприятно скажется на рейтинге и узнаваемости города (рис. 6, 7).



Рис. 6, 7. Искусственные заболачивания в Гренобле

Еще одним эффективным методом борьбы с излишками воды, стекающими с крыш, является *использование специальных резервуаров*, которые собирают воду, стекающую по водосточным трубам, чтобы в дальнейшем применить ее для автоматического или ручного полива (рис. 8, 9).



Рис. 8, 9. Резервуар для сбора дождевой воды с крыш

Иногда резервуары устраивают и под землей. Система *Stormbox* предназначена для сбора поверхностных ливневых стоков и последующей инфильтрации в грунт либо контролируемого сброса в систему ливневой канализации. Дождевая вода собирается с крыш зданий и сооружений, парковок, проезжей части и тротуаров, а также других площадок с покрытием, не позволяющим ливневым стокам впитываться в грунт, или на которых отсутствует возможность сброса стоков в систему ливневой канализации [4] (рис. 10, 11).

Если для выстраивания подобной инфраструктуры отсутствует свободное пространство ввиду плотности окружающей за-

стройки, имеет смысл прибегнуть к применению водопроницаемого покрытия из пористого асфальтобетона, в частности на проезжей части, или мощению плиткой на тротуарах, оставляя в ней небольшие зазоры для свободного прохождения ливневых вод в дренирующие слои. Данная технология имеет ряд ограничений, таких как крутизна склона, загрязненность почвы и целесообразность к применению в районах с теплым климатом.



Рис. 10, 11. Система управления дождевыми стоками Raineo Stormbox

Пористые дорожные системы в силу своих особенностей не могут применяться повсеместно, но по мере того как строительные компании приобретут опыт работы с ними, этот вариант дорожных покрытий должен быть рассмотрен местными органами власти, архитекторами, дизайнерами, строителями и собственниками зданий, заинтересованными в озеленении городской среды [5].

В заключение можно сказать, что зеленая инфраструктура – это крайне перспективное направление. Исследователи и разработчики рассматриваемой концепции выделяют ее преимущества перед другими видами городских инфраструктур. Отмечается, что зеленая инфраструктура учитывает потребности и людей, и природы, в отличие от других видов, которые, обслуживая людей, наносят вред природе. Такое преимущество, в свою очередь, обуславливает следующие: зеленая инфраструктура может являться основой для интеграции природных ресурсов в городскую структуру и выступать некоторым механизмом, который способен уравновесить экологические и экономические факторы [6].

Список литературы

1. Шелковкина С.В. Зеленая инфраструктура для организации урбанистических пространств: как рационально управлять ливневыми осадками? [Текст]. [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46177314> (дата обращения: 04.04.2021).

2. Как спасти ваш город от воды [Электронный ресурс] varlamov.ru: [Сайт]. – URL: <https://varlamov.ru/3527560.html> (дата обращения: 04.04.2021).

3. Что такое дождевой сад? [Электронный ресурс] magicgarden18.ru: [Сайт]. – URL: <http://magicgarden18.ru/gorodskoe-ozelenenie/chto-takoe-dozhdevoj-sad> (дата обращения: 04.04.2021).

4. Система управления дождевыми стоками Raineo Stormbox [Электронный ресурс] rosbiznes-nsk.ru: [Сайт]. – URL: <http://rosbiznes-nsk.ru/products/sistema-upravleniya-dozhdevymi-stokami-raineo-stormbox> (дата обращения: 04.04.2021).

5. Дергунова А.В., Пиксайкина А.А. Применение пористых тротуаров в создании инфраструктуры городской среды // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 12. – С. 1440–1447. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.12.1440-1447.

6. Подойницына Д.С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» [Текст] // АМІТ. – М., 2016. – № 1 (34).

Об авторах

Голдобин Максим Вадимович – магистр кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: evgesha0gold@mail.ru.

Бартоломей Игорь Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: barmadesu@yandex.ru.

Н.М. Собянин, А.С. Сергеев

СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ В РАМКАХ САНКЦИЙ

В статье рассматривается устройство систем подогрева дорожного покрытия для повышения безопасности движения путем борьбы с климатическими факторами, в рамках национального проекта. Основным объектом исследования является возможность использования систем подогрева покрытия в городе Перми. Предлагаемые варианты конструкций являются способом борьбы с зимней скользкостью и оледенением на опасных участках и перекрестках, пешеходных переходах, примыканиях и пересечениях.

Ключевые слова: безопасность, конструкция дорожной одежды, дорога, покрытие, подогрев, город, перекресток, пересечение, примыкание.

N.M. Sobyenin, A.S. Sergeev

PAVEMENT HEATING SYSTEMS TO COMBAT WINTER SLIPPERINESS AND GLACIATION

This article discusses the installation of coating heating systems to improve traffic safety by combating climatic factors within the framework of a national project. The main object of the study is the possibility of using coating heating systems in the city of Perm. The proposed design options are a way to deal with winter slipperiness and glaciation in dangerous areas and intersections, pedestrian crossings, junctions and intersections.

Keywords: safety, pavement construction, road, covering, heating, city, intersection, intersection, abutment.

Ежегодно в осенние, зимние и весенние периоды времени года Пермский край сталкивается с проблемой гололеда. Неблагоприятные эксплуатационные условия на дорогах в холодный период года связаны с климатическими факторами, которые отрицательно сказываются на дорожно-эксплуатационных условиях в зимний и переходный периоды. На покрытиях образуется ледяная корка, ухудшающая сцепление автомобиля с дорогой. В весенний и осенний периоды ситуация особенно усугубляется при перепадах температуры в дневное и вечернее время.

Согласно официальному пресс-релизу ГУ МВД России «О состоянии аварийности на дорогах Пермского края», в 2021 г. из-за

неудовлетворительных дорожных условий допущено 274 ДТП, в которых погибли 16 и получили травмы 382 человека [1]. По статистике ГИБДД, публикуемой на официальном сайте [2], в конце прошлого года около трети всех ДТП составили происшествия, связанные с недостаточным эксплуатационным состоянием дорог, не обеспечивающим безопасность дорожного движения.

В 2018 году Министерство транспорта Российской Федерации разработало национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», одной из целей которого является принятие регионами мер по повышению безопасности дорожного движения с использованием новых материалов и технологий [3]. Способом решения проблемы неблагоприятных погодных условий сможет стать установка систем подогрева покрытий автомобильных дорог и тротуаров (рис. 1). Подобные системы уже активно применяются другими странами, для которых характерны низкая среднегодовая температура и зима, сопровождаемая осадками и гололедицей, например, в Канаде, Исландии, Норвегии и Швеции.

Один из вариантов системы подогрева представляет собой нагревающий кабель в минеральной изоляции, закрепленный на основании, например – из бетона или асфальтобетона (рис. 1, а). Поверх кабеля устраиваются слои покрытия. Работа системы может быть автоматизированной и зависеть от измеряемой специальным датчиком температуры или сезонной, с принудительным включением при начале понижения температуры и выключением после весеннего перехода отметки термометра через ноль градусов по Цельсию и стабильного состояния температуры выше заданного порога. Во избежание выхода системы из работы, ввиду механического повреждения при износе покрытия или повышенной нагрузке на него, можно использовать токопроводящие перемычки, которые смогут на себя взять роль вышедших из строя проводных элементов.

Вторым вариантом является применение металлической сетки вместо нагревающего кабеля. В таком случае принцип работы системы будет аналогичен первому. Однако подобный тип нагревающей системы можно будет применять не только при новом строительстве или ремонте существующих дорог. Нагревающая сетка может быть уложена в уже существующее покрытие, после предварительной нарезки штроб (рис. 1, б) под неё.

Третьим вариантом системы подогрева может послужить пластиковая трубка для проведения по системе горячей воды (рис. 1, в).

Теплопроводящие элементы можно будет закреплять непосредственно в асфальтобетонном покрытии. Работа системы в таком случае будет сезонной и синхронизированной с началом и концом отопительного периода, так как подключение будет производиться не к сетям электроснабжения, а к тепловым. Данная система описана А.Н. Владыкиной, В.Г. Исаковым, М.Ю. Дягелевым в статье «Альтернативный метод содержания автомобильных дорог в зимний период» [4].



а



б



в

Рис. 1. Устройство системы подогрева: *а* – применение нагревающего кабеля в минеральной изоляции; *б* – применение металлической сетки в штробах; *в* – применение пластиковой трубки для проведения по системе горячей воды

Однако реализация подобных систем в России оспаривается. Так, например, технический директор агрегатора технической помощи и эвакуации «МЭТР» Денис Викторович Голосюк считает, что реализация подобных проектов будет слишком трудоемкой и дорогостоящей по причине общей протяженности дорог на территории страны, составившей на 2018 год 1 млн 76 тыс. км, для подогрева которых потребуется строительство дополнительных электростанций.

тростанций, так как «на одном километре двухполосного шоссе за зиму потребуется минимум 180 мВт·ч» [5]. Аналогичного мнения придерживается руководитель «Национальной ассоциации зимнего содержания дорог» Анна Климентова. Она аргументирует это экономической неэффективностью подобных систем из-за отсутствия источников «свободного тепла»: на территории России геотермальные источники слишком малочисленны, а сжигать топливо только для подогрева дорог – слишком дорого [5].

С другой стороны, профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), член Российской академии транспорта, доктор технических наук Михаил Ростиславович Якимов выступает за подогрев только отдельных элементов транспортной инфраструктуры, которые наиболее подвержены температурным колебаниям, таких как мосты, тоннели, путепроводы и эстакады. Это снизит вероятность ДТП, происходящих ввиду недостаточного состояния проезжей части [5].

Применение подогреваемого покрытия не даст покрыться поверхности автомобильной дороги наледью и снизит, в итоге, вероятность ДТП. Кроме того, тротуары также можно оснащать подобными системами, тем самым снизится получение травм пешеходами. Также на тротуарах, оборудованных системами подогрева покрытия, отсутствует необходимость в очистке от снежных и ледяных покровов, распределении по поверхности противогололедных материалов, что экономит топливо, ресурс техники и сами материалы.

В рамках введения санкций против РФ и снижения стоимости применения обогреваемых покрытий авторами предлагается использование альтернативных источников электричества из компонентов, произведенных в нашей стране, таких как применение солнечных батарей производства, например, «Квант КСМ» (рис. 2, *а*) или применение малых ветряных генераторов производства ЗАО «Ветроэнергетическая компания» (рис. 2, *б*), а также применение установок с гибридным питанием.

Кроме того, возможно применение в основании дорожного покрытия термоэлектрических генераторов производства ООО «КРИОТЕРМ» (рис. 3, *а*), вырабатывающих электроэнергию за счёт разницы температур (датчики изготовлены из специальных материалов, вырабатывают электрический ток в случае, если их одна сторона нагрета сильнее, чем вторая), а также применение пьезоэлектрических генераторов производства ООО «НПП ВИКО» (рис. 3, *б*) (рабо-

тающих по принципу преобразования механической энергии в электрическую). Последние смогут снабжать систему подогрева покрытия, получая давление от автотранспортных средств.

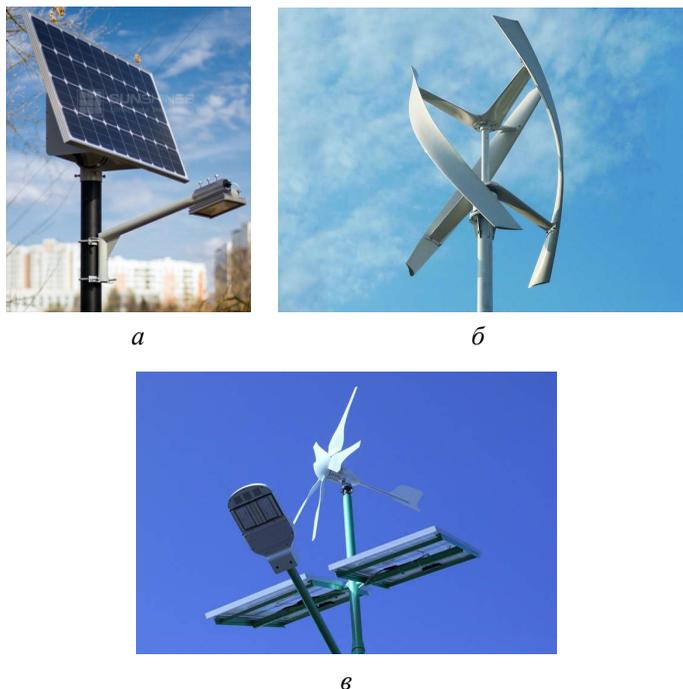


Рис. 2. Альтернативные источники электричества: *а* – солнечные батареи; *б* – малые ветряные генераторы; *в* – установка с гибридным питанием

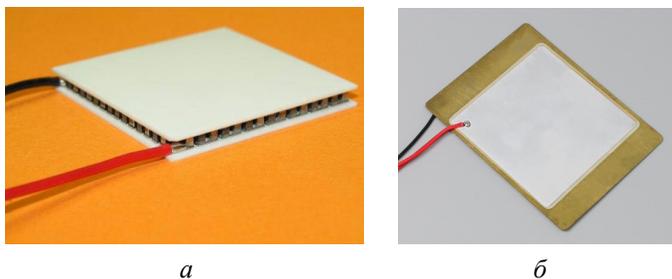


Рис. 3. Альтернативные источники электричества в покрытии: *а* – датчик термоэлектрического генератора; *б* – датчик пьезоэлектрического генератора

В рамках экономии и реализации систем подогрева покрытия на дорогах имеет смысл оборудовать только наиболее опасные участки дорог – места разгона и торможения, то есть пересечения, перекрестки, пешеходные переходы. В черте города можно подключить системы к существующей электросети освещения. Это исключит излишние экономические издержки на прокладку новых электропроводящих сетей. За городом можно подключить к автономным уже существующим системам альтернативных источников.

Список литературы

1. О состоянии аварийности на дорогах Пермского края: Пресс-релиз ГУ МВД по Пермскому краю. – [Электронный ресурс]. – URL: https://59.xn--b1aew.xn--p1ai/press/Press_relises/item/17034208 (дата обращения: 09.02.2022).
2. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://gibdd.ru> (дата обращения: 09.02.2022).
3. Безопасные и качественные автомобильные дороги: Паспорт национального проекта [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/nacionalnyj-proekt-bezopasnye-i-kachestvennye-avtomobilnye-dorogi> (дата обращения: 09.02.2022).
4. Владыкина А.Н., Исаков В.Г., Дягелев М.Ю. Альтернативный метод содержания автомобильных дорог в зимний период, 2017 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30042362> (дата обращения: 09.02.2022).
5. «Идея обогрева дорог: эффективно или нет?» [Электронный ресурс]. – URL: <http://rosacademtrans.ru/ideya-obogreva-dorog-v-rossii/> (дата обращения: 09.02.2022).

Об авторах

Собянин Никита Михайлович – студент бакалавриата кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sobyanin.nicita@yandex.ru.

Сергеев Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zzverdvd@mail.ru.

Л.В. Гулицкая, Д.Е. Гусев, О.С. Шиманская

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

В статье рассмотрены особенности расчета по второй группе предельных состояний (по трещиностойкости) пролетных строений мостовых сооружений, выполненных из плит либо балок с каркасным армированием стержневой ненапрягаемой арматурой. К таким особенностям относится существующая в современных нормативных документах неопределенность алгоритма расчета растягивающего напряжения в арматуре и предельного изгибающего момента при расчете по трещиностойкости пролетных строений из условия недопущения раскрытия в нормальных сечениях трещин предельной ширины.

Ключевые слова: расчет по трещиностойкости, пролетное строение, ненапрягаемая арматура, предельный изгибающий момент, растягивающее напряжение в арматуре, трещины.

L. Gulitskaya, D. Gusev, O. Shymanskaya

ANALYSIS OF THE EXISTING UNCERTAINTY IN CALCULATION OF THE LOAD CAPACITY OF BRIDGE STRUCTURES

The article discusses the features of calculating the second group of limit states (crack resistance) of bridge superstructures made of slabs or beams with frame reinforcement with non-stressed rod reinforcement. Such features include the uncertainty existing in modern regulatory documents of the algorithm for calculating the tensile stress in the reinforcement and the maximum bending moment when calculating the crack resistance of superstructures from the condition of preventing the disclosure of cracks of the maximum width in normal sections.

Keywords: crack resistance calculation, superstructure, non-stressed reinforcement, limiting bending moment, tensile stress in the reinforcement, cracks.

Грузоподъемность пролетных строений по второй группе предельных состояний (по трещиностойкости) – важный показатель эксплуатационной надежности мостовых сооружений. Значения грузоподъемности по трещиностойкости могут быть использованы для оценки возможных запасов несущей способности пролетных строений при назначении режима эксплуатации сооружения, а также при пропуске тяжеловесных одиночных нагрузок, в том числе и сверхнормативных.

Одним из основных усилий при расчете грузоподъемности в балках и плитах пролетных строений с ненапрягаемой арматурой является предельный изгибающий момент, рассчитанный из условия недопущения раскрытия в нормальных сечениях трещин предельной ширины. Этот предельный изгибающий момент по современным нормам, используемым, в частности, в Беларуси, России, Казахстане, не может быть корректно вычислен, так как алгоритм этого расчета четко не обозначен, что вынуждает использовать различные методики, не прописанные в современных нормах и основанные на нормах прошлых лет или рассмотренные в специальной технической литературе.

Данное исследование выполнено с целью анализа существующей неопределенности при вычислении растягивающего напряжения в арматуре и предельного изгибающего момента при расчете по трещиностойкости пролетных строений, выполненных из плит либо балок с каркасным армированием стержневой ненапрягаемой арматурой.

Основная недосказанность в современных нормах кроется в порядке определения растягивающего напряжения σ в арматуре, необходимого для определения ширины раскрытия трещин a_{cr} :

$$a_{cr} = \frac{\sigma}{E} \Psi \leq \Delta_{cr}, \quad (1),$$

где Ψ – коэффициент раскрытия трещин; Δ_{cr} – предельная ширина раскрытия трещин.

В российском СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» это формула (7.93), в белорусском СН 3.03.01-2019 «Мосты и трубы» это формула (Д. 79), в казахском СП РК 3.03-112-2013 «Мосты и трубы» это формула (132). Указанные формулы национальных стандартов были скопированы из формулы (124) СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы».

Никаких разъяснений по поводу порядка и особенностей определения напряжений σ в вышеназванных нормах не дано, поэтому разные пользователи данной формулы могут определять их по-разному.

Порядок определения этих напряжений был прописан в формуле (125) первой редакции СНиП 2.05.03-84. По данной формуле (2) напряжения могут быть однозначно определены:

$$\sigma = \frac{M}{A_s z} \frac{(h - x - a_u)}{(h - x - a)}, \quad (2)$$

где M – максимальный изгибающий момент в сечении по второй группе предельных состояний;

A_s – площадь сечения растянутой арматуры;

h – высота сечения;

x – высота сжатой зоны бетона;

z – плечо внутренней пары сил;

a – расстояние от наиболее растянутой грани сечения до центра тяжести растянутой арматуры;

a_u – расстояние от наиболее растянутой грани сечения до центра тяжести наиболее растянутого ряда арматуры.

В формуле (2) значения высоты сжатой зоны бетона x и плечо внутренней пары сил z , по варианту первой редакции СНиП 2.05.03-84, предлагалось принимать из результатов расчета по первой группе предельных состояний (по прочности). Неточность при таком подходе заключается в том, что эпюра сжимающих напряжений в бетоне при расчете по трещиностойкости имеет треугольную форму, в отличие от прямоугольной при расчете по прочности, и высота сжатой зоны определяется иначе, чем при прочностном расчете. При этом значение x оказывается значительно больше, а значение z оказывается несколько меньше, чем при расчете по прочности. Скорее всего, это несоответствие и побудило разработчиков последней редакции СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы» исключить данную формулу из норм, при этом ничего не предложив взамен и предоставив возможность пользователям норм разбираться в данном вопросе по своему усмотрению.

Формула (2) с некоторой модификацией, касающейся вычисления напряжений в крайних стержнях растянутой арматуры, базируется на подходе, который применялся в общестроительных нормах СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции». Данные нормы разрабатывались и вводились в одно время со СНиП 2.05.03-84. В настоящее время этот подход продолжает использоваться в российском СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

Для вычисления высоты сжатой зоны при расчете по трещиностойкости предлагается использовать формулу (8.152) СП 63.13330.2018, которая в общем случае применима для тавровых и двутавровых сечений с полкой в сжатой зоне и с двойным армированием:

$$x = h_0 \left[\sqrt{(\mu_s \alpha_{s2} + \mu'_s \alpha_{s1} + \mu'_f)^2 + 2 \left(\mu_s \alpha_{s2} + \mu'_s \alpha_{s1} \frac{a'}{h_0} + \mu'_f \frac{h'_f}{2h_0} \right) - (\mu_s \alpha_{s2} + \mu'_s \alpha_{s1} + \mu'_f)} \right]. \quad (3)$$

Несмотря на некоторую громоздкость формулы (3), все ее составляющие могут быть однозначно определены. В данной формуле

$$\begin{aligned} \mu_s &= \frac{A_s}{b h_0}; \quad \mu'_s = \frac{A'_s}{b h_0}; \quad \mu'_f = \frac{A'_f}{b h_0}; \\ \alpha_{s2} &= \frac{E_{s1}}{E_{b,red}}; \quad \alpha_{s1} = \frac{E_{s2}}{E_{b,red}}; \\ E_{b,red} &= \frac{R_{b,ser}}{\epsilon_{b1,red}}; \end{aligned}$$

где h_0 – рабочая высота сечения;

b – ширина ребра;

h'_f – толщина сжатых свесов таврового сечения;

a' – привязка центра тяжести сжатой арматуры к наиболее сжатой грани сечения;

A_s – площадь сечения растянутой арматуры;

A'_s – площадь сечения сжатой арматуры;

A'_f – площадь сжатых свесов таврового или двутаврового сечения;

E_{s1} – модуль упругости растянутой арматуры;

E_{s2} – модуль упругости сжатой арматуры;

$\epsilon_{b1,red} = 0,0015$ – для тяжелого бетона при кратковременном действии нагрузки.

Плечо внутренней пары сил z для прямоугольных сечений или для тавровых сечений в случае, если низ сжатой зоны проходит в полке, можно определить по формуле (4)

$$z = h_0 - x/3. \quad (4)$$

Если низ сжатой зоны проходит в ребре таврового сечения, значение z вычисляется по формуле (5) как расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до центра тяжести усилий в сжатой зоне бетона. При этом эпюра напряжений в бетоне принимается треугольной формы с максимальным значением у наиболее сжатой грани сечения.

$$z = h_0 - z_2, \quad (5)$$

где $z_2 = S_b/F_b$; $F_b = F_1 + F_2$; $F_1 = 0,5b x$; $F_2 = 0,5(1+k)(b_f - b)h_f$; $k = (x - h_f)/x$;
 h_f и b_f – соответственно высота и толщина сжатой полки;
 $S_b = F_1 z_3 + F_2 z_4$; $z_3 = x/3$;

$$z_4 = \frac{\frac{kh_f^2}{2} + \frac{(1-k)h_f^2}{6}}{kh_f + \frac{(1-k)h_f}{2}}.$$

После определения x и z по формуле (2) находятся напряжения σ в арматуре, а по формуле (1) определяется ширина раскрытия трещин a_{cr} .

При определении грузоподъемности существующих мостов предельный изгибающий момент может быть определен из формулы (2). Предельное значение σ определяется из формулы (1) при заданной предельной ширине раскрытия трещин. Если значение этого напряжения выше нормативного расчетного сопротивления растянутой арматуры R_{sn} , то значение σ принимается равным R_{sn} . Значение x определяется по формуле (3), а значение z – по приведенной выше методике.

Подход, предлагавшийся в первой редакции СНиП 2.05.03-84, несколько проще рассмотренного подхода с использованием СП 63.13330.2018, хотя последний более обоснован.

В рамках проведенного исследования выполнен сравнительный расчет по двум рассмотренным методикам для нескольких распространенных типовых конструкций пролетных строений мостовых сооружений. В первом варианте использовался расчет по первой редакции СНиП 2.05.03-84. Во втором варианте реализован расчет с использованием методики современных норм, в которой напряжения, сжатая зона бетона и плечо внутренней пары сил определялись по СП 63.13330.2018. Предельные характеристики вычислены либо для случая образования предельных трещин в сечении, либо для случая возникновения в растянутой арматуре напряжений, равных расчетному сопротивлению. Результаты расчета показали, что ширина раскрытия трещин по двум способам совпадает, что очевидно, так как в этих методиках используются одинаковые формулы и одинаковые значения параметров. Значения же

предельных моментов по второму варианту несколько ниже, чем по первому. Разница значений не превышает 7 %.

Анализ полученных при исследовании результатов показал, что для расчета предельных моментов по трещиностойкости пролетных строений мостовых сооружений, выполненных из плит либо балок с каркасным армированием стержневой ненапрягаемой арматурой, можно использовать упрощенную методику первой редакции СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы», в которой напряжения в арматуре определяются по формуле (2), а высота сжатой зоны бетона и плечо внутренней пары сил определяются из расчета по прочности. При этом для полученных значений предельных моментов рекомендуется применить понижающий коэффициент 0,95.

Для более точного расчета рекомендуется при использовании формулы (2) высоту сжатой зоны бетона определять по формуле (3), а плечо внутренней пары сил определять с учетом треугольной эпюры сжимающих напряжений в бетоне.

Список литературы

1. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 200 с.
2. СП РК 3.03-112-2013. Мосты и трубы / АО «КазНИИСА», ТОО «АЗДИ». – Астана, 2015. – 347 с.
3. СН 3.03.01-2019. Мосты и трубы / РУП «Стройтехнорм». – Минск, 2019. – 279 с.
4. СП 63.13330.2011. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 / ОАО «НИЦ «Строительство». – М: ООО «Аналитик», 2015. – 163 с.

Об авторах

Гулицкая Лариса Владимировна – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией мостов и инженерных сооружений, Белорусский национальный технический университет (г. Минск), e-mail: nilmis@mail.ru.

Гусев Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, главный специалист ООО «Экомост», e-mail: nilmis@mail.ru.

Шиманская Ольга Степановна – старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории мостов и инженерных сооружений, Белорусский национальный технический университет (г. Минск), e-mail: nilmis@mail.ru.

А.А. Солодянкина, М.О. Карпушко

К ВОПРОСУ О МЕЖРЕМОНТНЫХ СРОКАХ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Рассмотрены межремонтные сроки, приведенные в ГОСТ Р 58861-2020. Проведен анализ изменения межремонтных сроков за последние 15 лет в зависимости от дорожно-климатической зоны, категории дороги и типа дорожной одежды. Описаны задачи национального проекта «Безопасные качественные дороги» по приведению автомобильных дорог в нормативное состояние. Проведено сравнение российских и зарубежных требований. Описаны проблемы увеличения межремонтных сроков службы автомобильных дорог. Приведены способы минимизации влияния этих проблем и увеличения межремонтных сроков.

Ключевые слова: автомобильные дороги, межремонтные сроки, капитальный ремонт, ремонт.

A.A. Solodyankina, M.O. Karpushko

ON THE QUESTION ABOUT THE MAIN REPAIR TIME FOR AUTOMOBILE ROADS

The inter-repair terms given in GOST R 58861-2020 are considered. An analysis was made of the changes in the inter-repair periods over the past 15 years, depending on the road-climatic zone, road category and type of pavement. The tasks of the national project "Safe high-quality roads" on bringing highways into a normative state are described. The comparison of Russian and foreign requirements is carried out. The problems of increasing the inter-repair service life of highways are described. The ways of minimizing the impact of these problems and increasing the time between repairs are given.

Keywords: highways, inter-repair terms, major repairs, repairs.

Ключевым проектом по развитию дорожной сети в Российской Федерации является национальный проект «Безопасные качественные дороги». Он включает в себя шесть федеральных проектов. Основными задачами проекта «Региональная и местная дорожная сеть» являются:

– повышение доли дорожной сети 105 городских агломераций в нормативном состоянии с 73 % на 2021 год до 85 % к 2024 году;

– увеличение доли автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения в нормативном состоянии с 45,8 % на 2021 год до 50,9 % к 2024 году и 60 % к 2030 году [1].

Для решения поставленных задач субъекты Российской Федерации в соответствии с программами дорожной деятельности выполняют дорожные работы. Основными являются работы по ремонту и капитальному ремонту автомобильных дорог. В 2021 году было отремонтировано 16 500 км в 84 субъектах [2]. В пределах городских агломераций, а также на автомобильных дорогах регионального значения уложено 141 млн м² дорожного покрытия.

Срок службы новых и отремонтированных участков напрямую зависит от качества работ. Федеральным проектом «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» предусмотрено увеличение показателя «доля объектов, на которых предусматривается использование новых и наилучших технологий». В 2021 году более 70 % контрактов по национальному проекту «Безопасные качественные дороги» предусматривали использование современных технологий, благодаря применению которых реализуется комплекс мер, направленный на увеличение межремонтного срока.

В приказе Минтранса России от 1 ноября 2007 г. № 157 были приведены следующие сроки: минимальный – 3 года для дорожной одежды низшего типа, V категории дорог; максимальный – 18 лет для капитального усовершенствованного типа, дорог IA, IB, IB категорий в IV–V дорожно-климатической зоне (ДКЗ).

Спустя 10 лет требования ужесточились, и дифференциация в зависимости от ДКЗ и типа дорожных одежд была полностью утрачена. В Постановлении Правительства РФ № 658 от 30.05.2017 г. приведены следующие нормативные межремонтные сроки: для капитального ремонта – 24 года для дорог I, II, III, IV категорий и 10 лет для V категории дорог; для ремонта – 12 лет для дорог I, II, III, IV и 5 лет для V категории дорог.

На данный момент межремонтные сроки проведения работ по ремонту и капитальному ремонту регламентируются ГОСТ Р 58861-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков». Для нежестких дорожных одежд они составляют:

– для капитального типа дорожных одежд: по ремонту – 12 лет, по капитальному ремонту – 24 года;

– для облегченного типа дорожных одежд – для дорог III, IV категории по ремонту – 12 лет, по капитальному ремонту – 24 года. Для V категории – 5 и 10 лет соответственно;

– для переходного типа – для IV категории – по ремонту 12 лет, по капитальному ремонту 24 года, для категории V – 5 и 10 лет соответственно. Для низшего типа – 3 и 6 лет соответственно.

Не смотря на то, что публичные обсуждения проекта ГОСТ Р 58861-2020 были завершены в 2019 году, отмечается дискуссионный характер равенства межремонтных сроков службы для разных типов дорожных одежд. В работе [3] отмечается, что облегченный тип одежды не может быть таким же долговечным, как капитальный, а срок службы переходного типа не может длиться 24 года. Спорность назначения действующих межремонтных сроков отражают различия в уровнях надежности дорожных одежд.

Уровни надёжности конструкций дорожных одежд зависят от категории автомобильной дороги, приведены в ОДМ 218.2.104-2019 «Альбом типовых конструкций нежестких дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах» и составляют для капитального типа дорожных одежд – 0,98–0,92; облегченного – 0,9–0,85; переходного – 0,82. Также различаются коэффициент запаса прочности в зависимости от типа дорожных одежд и категории дорог; требуемые минимальные модули упругости (минимальный приведенный – 110 МПа, максимальный – 320 МПа); материалы конструктивных слоев дорожных одежд [3].

Для выявления факторов, влияющих на срок службы автомобильной дороги, ее износ, изменение ровности покрытия и т.д., был проведен анализ зарубежных требований. «Концепция вечных дорожных одежд», разработанная в 2000 году в США, предусматривает срок службы дорожных одежд не менее 50 лет без капитального ремонта и реконструкции. Допускается лишь периодическое обновление верхнего слоя. Примером является автомобильная дорога I-710 в южной Калифорнии. Описание природно-климатических характеристик территории, приведенное в [4], направлено на выявление особенностей месторасположения дороги I-710. Отмечаются благоприятные климатические условия. Среднегодовая температура составляет 19 °С, при этом зимой температура воздуха не опускается ниже 5 °С, а летом не превышает 45 °С. На территории РФ такой климат соответствует IV ДКЗ (Краснодарский край, Калмыкия, Ростовская область), т.е. южной территории, занимающей примерно 5 % площади РФ.

В [5] приведен пример автомобильных дорог Германии, для которых модуль упругости грунтов земляного полотна назначают не менее 45 МПа для всех типов дорожных одежд. Анализ природных условий показал, что территория Германии соответствует IV дорожно-климатической зоне РФ (не ниже). В свою очередь, большую часть территории РФ занимают I и II ДКЗ, которые являются менее благоприятными для строительства и эксплуатации автомобильных дорог. При этом при проектировании в соответствии с действующими нормами модуль упругости на поверхности земляного полотна будет принят не выше 25 МПа, а по данным работы [5] – 16–20 МПа.

Поэтому необходимо выдвигать требования к межремонтным срокам, опираясь на категорию автомобильной дороги, с учетом дорожно-климатической зоны и типа дорожной одежды. Выполнение столь строгих требований в условиях I и II ДКЗ (которые занимают большую часть территории России) реализовать будет сложнее.

Рассмотрим пути увеличения межремонтных сроков:

1. Ужесточить нормы проектирования и расчета дорожных одежд и предъявлять к ним более высокие требования.

2. Использовать зарубежный опыт, например, США, направленный на усиление дорожной одежды, чтобы на протяжении десятилетий периодически заменять лишь верхний слой. Для этого необходимо предусмотреть более технологичный слой износа.

3. Предъявлять более высокие требования к грунтам, как, например, в Германии. Усиление грунтов основания земляного полотна можно проводить пятью методами: заменой грунта; армированием (геосеткой, георешеткой, геотекстилем и др. материалами); укреплением и стабилизацией грунта вяжущими материалами; осушением грунтов земляного полотна; набивными сваями и колоннами [5].

Фактическое увеличение межремонтных сроков дорожных одежд является важной задачей, решение которой направлено на повышение экономической эффективности автодорожного хозяйства. Сокращение количества ремонтных работ приведет к уменьшению количества транспортных заторов, что благоприятно отразится на удовлетворенности автомобилистами качеством автомобильных дорог. Увеличение межремонтных сроков ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог возможно даже в достаточно неблагоприятных погодных условиях I и II дорожно-кли-

матических зонах России. Однако необходимо учитывать, что любой метод увеличения межремонтных сроков приведет к увеличению сметной стоимости строительства.

Список литературы

1. Федеральный проект «Региональная и местная дорожная сеть», 2018–2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://bkdrf.ru/about/regionalroads> (дата обращения: 07.03.2022).

2. В 2021 году в России благодаря нацпроекту отремонтировали 16,5 тыс. км дорог // Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/485031> (дата обращения: 07.03.2022).

3. Красиков О.А., Косенко И.Н. Межремонтные сроки службы нежестких дорожных одежд и покрытий // Дороги и мосты. – 2019. – № 1. – С. 92–108.

4. Радовский Б.С. Концепция вечных дорожных одежд // Дорожн. техн. – 2011. – № 11. – С. 132–144.

5. Кулижников А.М. Пути увеличения межремонтных сроков службы автомобильных дорог // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2018. – № 2. – С. 46–50.

Об авторах

Солодянкина Алена Андреевна – студентка бакалавриата кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: aasolodyankina@yandex.ru.

Карпушко Марина Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mkarpushko@gmail.com.

В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургонутдинов

**РОССИЙСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Статья посвящена российскому опыту использования технологий информационного моделирования в сфере дорожного строительства. Проанализированы основные программные продукты и рассмотрены примеры объектов, где уже применялись BIM-технологии.

Ключевые слова: информационная модель, технология информационного моделирования, дорожное строительство, программное обеспечение BIM.

V.I. Bryzgalov, M.O. Karpushko, A.M. Burgonutdinov

**RUSSIAN EXPERIENCE IN THE USE OF INFORMATION MODELING
TECHNOLOGIES IN ROAD CONSTRUCTION**

The article is devoted to the Russian experience in the use of information modeling technologies, in particular in the field of road construction. The main software products are analyzed and examples of objects where BIM-technologies have already been applied are considered.

Keywords: information model, information modeling technology, road construction, BIM software.

Увеличение темпов строительства и рост объемов работ послужили внедрению BIM-технологий в России. На законодательном уровне технологии информационного моделирования (ТИМ) были утверждены постановлением Правительства РФ . № 331 от 5 марта 2021 г «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». Данный документ вводит обязательное применение информационного моделирования в сфере государственных заказов с 1 января 2022 г.

В декабре 2021 года количество застройщиков, инвесторов, подрядчиков, инженерных и проектных организаций, которые при-

ступили к внедрению ТИМ, составляло порядка 85 %. При этом лишь 7 % участников строительного рынка полностью перешли на BIM-технологии и ещё 8 % находятся в переходной стадии. В настоящее время количество компаний, применяющих информационное моделирование, около 33,5 тыс., что больше по сравнению с Хорватией или Австрией, но значительно меньше, чем у Германии, Франции или Великобритании (рис. 1).

Для более точного представления об использовании ТИМ в России и других странах была подсчитана пропорция от общего количества строительных компаний, осуществляющих свою деятельность на территории страны. Сравнивая эти показатели, количество застройщиков, использующих BIM-технологии, составило 12 %, что имеет наименьший показатель (рис. 2) [1, 2]. Низкий процент применения ТИМ во многом объясняет трудности перехода на цифровую модель. Если рассматривать дорожное строительство, то тут возникает еще одна особенность – большая протяженность объектов. Получение исходных данных для строительства зданий занимает меньшее количество времени, а объемы работ по строительству дорог во много раз превышают. Также для линейных объектов характерны переменчивые геологические условия, вследствие чего происходит увеличение изыскательских работ. Помимо этого возможны пересечения с инженерными коммуникациями и линиями электропередач, что требует принимать дополнительные меры по переносу или их обходу.

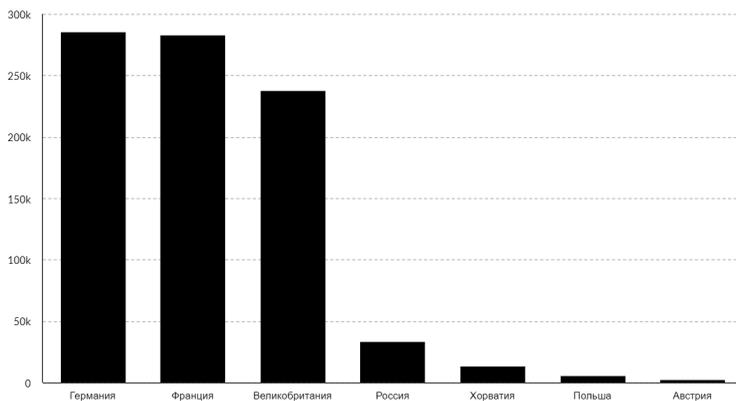


Рис. 1. Количество компаний, использующих BIM-технологии

Несмотря на все трудности, ТИМ уже применяется на объектах дорожного строительства [3]. Компанией ГК «Моспроект-3» был реализован проект Северный дублёр Кутузовского проспекта, протяженностью 10 км. Платная трасса выступит в качестве продолжения магистрали Северный обход, г. Одинцово. По всей длине дороги будет шесть полос движения, на мосту, через Москву-реку, – четыре. Платная дорога позволит связать районы Дорогомилово, Фили-Давыдково, Можайский, Кузнецово и Филевский парк с центром города и обеспечить въезд на платную альтернативу трассы М-1 «Беларусь».

Ещё одним примером служит участок федеральной трассы Р-234 «Кострома – Киров – Пермь». Компанией «Севзапдорпроект» был выполнен капитальный ремонт. С помощью ВІМ-технологий было разработано 50 водопропускных труб, 60 пересечений и примыканий, организовано 10 участков освещения, произведено переустройство линий электропередач и установлены шумозащитные экраны и подпорные стенки.

Первым линейным объектом стал участок автомобильной дороги М-7 «Волга» (Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань – Уфа, подъезд к городу Иваново). В ходе капитального ремонта была создана структура самой модели трассы, проработаны уровни детализации и атрибутивная информация.



Рис. 2. Доля компаний от общего количества использующих ВІМ-технологии

Проекты были воплощены с помощью программных продуктов отечественной и зарубежной разработки. Рассмотрим наиболее востребованные на российском рынке.

Кредо Дороги (Россия). Программа предназначена для нового строительства, ремонта и реконструкции автомобильных дорог. Продукт включает в себя концепцию ТИМ, что позволяет помимо входных данных получить полную информационную модель объекта, с помощью которой обеспечивается контроль за принимае-

мыми решениями на протяжении всего жизненного цикла дороги. *Преимущества:* адаптирована под нормативные документы РФ; производится анализ принятых решений на стадии проектирования; возможность проектирования искусственных сооружений. *Недостатки:* проблемы в обмене информацией со сторонними продуктами; формирование 3D-моделей распространяется только на дороги, нет проработки прилегающей территории.

Топоматик Robur – Автомобильные дороги (Россия). Основной функционал продукта направлен на проектирование загородных и городских дорог. Программа позволяет работать с планом дороги, его профилями, проектировать дорожную одежду и создавать обустройство. *Преимущества:* учтены действующие нормативные документы; взаимодействие со сторонними программами; возможность создавать искусственные сооружения; производится анализ принятых решений; создание объемных геологических моделей. *Недостатки:* сложности в создании модели сложных конструкций.

InodorCAD/Road (Россия). Возможности программы позволяют создавать не только совокупность чертежей и ведомостей проекта, но и его информационную модель. Функционал позволяет получать информацию об объекте для принятия оптимальных решений. *Преимущества:* учтены действующие нормативные документы; взаимодействие со сторонними программами; возможность создания наружного освещения; функционал создания параметрического 3D-объекта; создание искусственных сооружений; объемных геологических моделей. *Недостатки:* ограниченный функционал для ремонтных работ.

AutoCAD Civil 3D (США). Программа предназначена для выполнения чертежей, создания 3D-моделей и конструкторской документации. Основное направление – области землеустройства, геодезии, создание генеральных планов и объектов инфраструктуры. *Преимущества:* широкий спектр действия; наличие облачных сервисов; динамическая связь между моделью и таблицей. *Недостатки:* не учтены действующие нормативные документы РФ; нет возможности моделирования надземных и подземных коммуникаций.

OpenRoads (США). Программа разработана для дорожной отрасли и включает проектирование автомобильных дорог, мостов, дорожных знаков. *Преимущества:* имеет широкий спектр действия; имеется функционал для проектирования мостов и водопропускных труб, создания параметрического 3D-объекта, моделирования

и анализа транспортного потока. *Недостатки:* данный продукт мало распространен на территории РФ, нет информации на русском языке и специалистов по работе в данной программе.

Технологии информационного моделирования только начинают свой путь в нашей стране, но уже пользуются популярностью. Они уже получили поддержку на государственном уровне, а значит, совсем скоро следует ждать их активного развития.

Список литературы

1. Строительный рынок оказался не готовым к переходу на BIM-технологии // TAdviser. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: BIM-технологии_ \(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:_BIM-технологии_(рынок_России)) (дата обращения: 06.03.2022).

2. Global № 1 Business Data Platform // Statista. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com> (дата обращения: 06.03.2022).

3. BIM в инфраструктурном строительстве // Айбим. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bim-info.ru/articles/bim-v-infrastrukturnom-stroitelstve> (дата обращения: 06.03.2022).

Об авторах

Брызгалов Владислав Игоревич – аспирант кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru.

Карпушко Марина Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский университет, e-mail: mkarpushko@gmail.com.

Бургонутдинов Альберт Масугутович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский университет, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru.

А.В. Любимов, А.Р. Габдрахманов

ПРИМЕНИМОСТЬ БЕСПЛАТНЫХ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ СРЕДЫ ГОРОДА

Проведено сравнение результатов измерения и моделирования скорости ветра вблизи зданий. При моделировании использовались следующие параметры: несжимаемая жидкость и турбулентный поток. Значение начальной скорости ветра соответствует данным сайта метеонаблюдений rp5.ru. Измерения на площадке были сделаны анемометром на высоте примерно 2 метров в ключевых точках вблизи высотных зданий в г. Перми. Корреляционный анализ результатов измерений и моделирования в основном показал очень слабую корреляцию. Полученные результаты могут быть объяснены комплексностью факторов, оказывающих влияние на измерения на площадке, а также ограниченностью функционала доступной бесплатной версии облачного вычисления.

Ключевые слова: аэрация населенных пунктов, городская ветровая среда, численное моделирование, ветровой комфорт пешеходов.

A.V. Lyubimov, A.R. Gabdrahmanov

APPLICABILITY OF FREE CLOUD COMPUTING TO URBAN WIND ENVIRONMENT SIMULATION

A comparison was made between the results of measuring and simulating the wind speed near buildings. The simulation conditions include incompressible fluid and turbulent flow. The initial wind speed corresponds to the average speed data available at RP5.RU. On-site measurements were made using an anemometer at a height of approximately 2 meters at Perm city. Correlation analysis of measurement and simulation result demonstrated a very weak correlation. The results obtained can be explained by complexity of influence factors on measurements and limits of the available free version of cloud computing.

Keywords: city aeration, urban wind environment, CFD, pedestrian wind comfort.

Введение

В настоящее время типология новой застройки представлена в основном большими многоквартирными домами, которые обладают значительными габаритами [1]. Это приводит к изменению ветрового режима, вызывая опасные ветровые явления [2]. В то же время влиянию новой застройки на ветровой режим в городах в настоящий

момент уделено недостаточно внимания. Оценку влияния на ветровую среду производят на поздней стадии проекта или уже на построенном объекте [3]. Исследование влияния здания на ветровую среду требует сложных моделирований в аэротрубе либо не менее сложного компьютерного моделирования [4]. Однако сейчас появляются различные облачные технологии для моделирования, в том числе и воздушных потоков. Цель данного исследования – определить, возможно ли использовать облачные сервисы и технологии моделирования для оценки влияния зданий на ветровую среду.

Сложность моделирования – один из факторов, ограничивающих рассмотрение вопросов влияния зданий на ветровую среду. Чтобы снизить этот фактор моделирование должно быть простым и доступным. В данном случае под простым моделированием понимается время, необходимое на освоение продукта в течение 1–2 дней. С другой стороны, результаты моделирования должны иметь схожесть с результатами экспериментов.

Выдвинута гипотеза о том, что результаты моделирования в облачном сервисе, на основе инструкции сервиса, будут иметь среднюю корреляцию с натурными исследованиями. Для проверки этой гипотезы были проведены измерения скорости ветра вблизи зданий и моделирование в облачном сервисе.

Методология

Для моделирования ветровой среды были выбраны следующие объекты: ЖК «Аэлита», ЖК «Галактика», ЖК «Завидный». ЖК «Галактика» расположен близи уличного каньона – шоссе Космонавтов. ЖК «Завидный» расположен внутри застроенной территории. Расположение ЖК «Аэлита» представляет собой средний вариант, частично он расположен внутри застройки, в то же время одна секция примыкает к уличному каньону – улице Липатова.

Измерения на площадках

Измерения на объектах проводились в ключевых точках, таких как детские площадки, парковки, тротуары вблизи углов зданий. Точки были определены заранее и нанесены на схему местности. Измерительный прибор – цифровой анемометр Venetech GM816. Диапазон измерений анемометра 0,8–30 м/с, чувствительность 0,1 м/с. Замеры снимались на высоте человеческого роста

(около 2,0 м.). При измерении фиксировалась средняя скорость ветра в течение 1 минуты, а также направление ветра. Данные заносились в журнал наблюдений (рис. 1).



Рис. 1. Измерения в ЖК «Аэлита»

Моделирование в облачном сервисе SimScale

Для создания 3D-моделей зданий было решено использовать данные из открытых источников: Openstreetmap. Экспорт данных был проведен с использованием свободно распространяемого программного обеспечения Blender и специального аддона GISforBlender. Однако облачный сервис SimScale не может принимать данные, экспортируемые из Blender, так как он приспособлен обрабатывать САД-файлы. Поэтому данные были дополнительно конвертированы с помощью программы Fusion360 (бесплатная лицензия для персонального использования). Все 3D-модели были созданы в масштабе 1:1.

Для создания расчетного объема было создано тело высотой 150 м и шириной, равной ширине комплекса зданий плюс 100 м с каждой стороны. Для наглядности фронтальная плоскость расчетного объема создавалась перпендикулярно направлению ветра. Из этого объема вычитались 3D-модели зданий. Затем этот объем импортировался в SimScale.

В Simscale при создании проекта необходимо указать, какой тип расчета будет использоваться, причем дана рекомендация для

расчетов, связанных с гидродинамикой, где скорость ветра не превышает скорость звука, лучше использовать расчет для несжимаемой жидкости. Затем необходимо импортировать заранее подготовленную геометрию. После указывается материал для расчетного объема, в нашем случае это воздух. Направление ветра присваивается поверхности, соответствующей направлению ветра, которое было в день измерений на площадке, аналогично и значение скорости ветра. Противоположной поверхности присваивается значение нулевого давления (pressureoutlet $P = 0 \text{ Pa}$). Генерация расчетной сетки происходит в автоматическом режиме. Однако при значении «по умолчанию» всплывает уведомление о том, что прогнозируемое время для расчетов становится недопустимо большим. На этом этапе приходится значительно снижать качество расчетной сетки, что определенно влияет на качество расчета. После того как расчетная сетка была сгенерирована, можно запускать расчет. Расчет занимал в среднем около 1 часа. Затем необходимо было настроить отображение результатов вычислений (рис. 2).

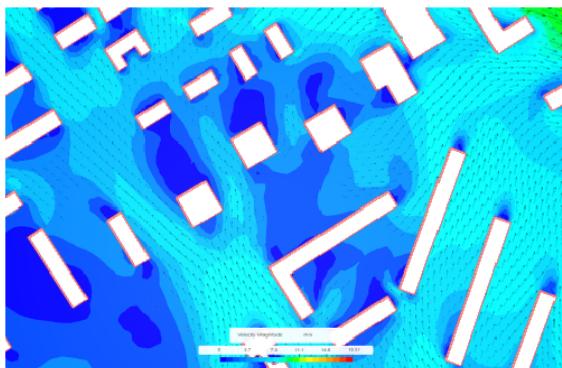


Рис. 2. Моделирование в ЖК «Аэлита» в Simscale

Результаты и заключение

Вычисленные коэффициенты корреляции. Для ЖК «Аэлита» коэффициент корреляции между значениями измеренными и смоделированными составил $-0,4$ (слабая корреляция), для «ЖК» Галактика $-0,09$ (очень слабая корреляция), для ЖК «Завидный» составил $0,25$ (слабая корреляция). Таким образом, можно говорить об очень слабой корреляции между результатами измерений и ре-

зультатами моделирования. При этом стоит отметить, что в случае с ЖК «Аэлита» результаты моделирования и результаты натуральных измерений были контринтуитивными, так как направление ветра для большинства точек стало юго-восточное, в то время как направление основного ветра было северо-западное. Очень слабая корреляция между результатами натуральных измерений и моделирования опровергает выдвинутую гипотезу. Таким образом, моделирование воздушных потоков в городской застройке остается сложным процессом. Дальнейшее развитие облачных сервисов, возможно, исправит эту ситуацию.

Список литературы

1. Kees C. Преобразование города. Стратегический мастер-план Перми. – 2010.
2. Fadl M.S., Karadelis J. CFD Simulation for Wind Comfort and Safety in Urban Area: A Case Study of Coventry University Central Campus // International Journal of Architecture, Engineering and Construction. – 2013. – Vol. 2, № 2. – P. 131–143.
3. Khallaf M., Jupp J. Performance-based Design of Tall Building Envelopes using Competing Wind Load and Wind Flow Criteria // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 180. – P. 99–109.
4. Wind environment of urban residential blocks: a research review / M. Zhen, D. Zhou, G. Bian [et al.] // Architectural Science Review. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 66–73.

Об авторах

Любимов Александр Владимирович – аспирант кафедры «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lyubimov.aldr@gmail.com.

Габрахманов Артем Раисович – аспирант кафедры «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: gab_artem@mail.ru.

Д.С. Жданов, Р.И. Шенкман

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ОТ ТРУБОПРОВОДОВ НА СВАЙНЫЕ И ОТДЕЛЬНОСТОЯЩИЕ ФУНДАМЕНТЫ

Описаны особенности в расчетах отдельно стоящих опор под технологические трубопроводы, прокладываемые надземно. Рассмотрена основная регламентирующая нормативная литература, которая устанавливает обязательные нормы и правила при проектировании трубопроводов. Проведен анализ основных методов расчетов отдельностоящих опор. Описаны и сформулированы проблемы, а также варианты их решения.

Ключевые слова: аналитический расчет, строительство опор под трубопроводы, трубопроводы, совместный расчет, нагрузки.

D.S. Zhdanov, R.I. Shenkman

DISTINCTIVE FEATURES OF THE DEFINITION LOADS FROM PIPELINES TO PILE AND FREE-STANDING FOUNDATIONS

The features in the calculations of free-standing supports for technological pipelines laid aboveground are described. The main regulatory literature, which establishes mandatory norms and rules for the design of pipelines, is considered. The analysis of the main methods of calculations of free-standing supports is carried out. The problems are described and formulated, as well as their solutions.

Keywords: analytical calculation, construction of supports for pipelines, pipelines, joint calculation, loads.

Актуальность проблемы проектирования опор на свайных и отдельностоящих фундаментах высока, поскольку в нормативной литературе представлены относительно старые расчетные положения.

Введение

Трубопроводы используются на промышленных объектах и предприятиях для транспортировки различных жидкостей и веществ. Надземные трубопроводы располагают зачастую на отдельностоящих опорах.

Цель работы – обнаружение особенностей, которые необходимо учитывать при расчетах отдельностоящих опор, служащих

несущей конструкцией технологических трубопроводов. Для достижения назначенной цели авторами были решены следующие задачи:

- 1) выполнен обзор изученности вопроса;
- 2) выполнен обзор нормативной литературы в области расчета опор технологических трубопроводов;
- 3) сформулированы выводы по обзору.

Обзор изученности вопроса по проектированию отдельностоящих опор с учетом совместной работы системы «грунт – фундамент – сооружение»

Передача нагрузок на отдельностоящие опоры от трубопровода выполняется при помощи подвижных и неподвижных опорных частей трубопровода.

Выполнение расчётов фундаментов зданий и сооружений в соответствии с современными нормами предлагает учет совместной работы с надземной частью, то есть с учетом работы системы «основание – фундамент – сооружение». Целью расчета является ограничение абсолютных и относительных перемещений фундаментов и надфундаментных конструкций такого рода «пределами», при которых обеспечивается нормальная эксплуатация сооружения и сокращается его долговечность. Нагрузки, которые передаются на фундамент от сооружения, формируются с учетом их перераспределения конструкцией сооружения. Одновременно прочность, деформации и трещиностойкость фундаментов и надфундаментных конструкций подвергаются проверке расчетом на действие усилий, определяемых при совместной работе сооружений и основания.

Технологические трубопроводы имеют относительно небольшой вес. Основная нагрузка, на которую стоит обратить внимание, это горизонтальная. Расчетная горизонтальная нагрузка вдоль трассы на отдельностоящие промежуточные опоры устанавливается из усилий, действующих с одной стороны опоры, и складывается, согласно СП 43.13330 [2], из:

– суммы усилий, которые образуются в компенсаторах от общего количества прокладываемых трубопроводов (значения усилий, которые возникают в компенсаторах или в случае самокомпенсации, находятся исходя из расчетной разности температур, а также из величины расчетного внутреннего давления.);

- суммы горизонтальных нагрузок от опор промежуточных, находящихся на участке трассы от опоры до оси компенсатора;
- суммы неуравновешенных осевых усилий, образовавшихся в результате воздействия внутреннего давления на запорную арматуру.

Согласно основным сводам правил по проектированию различных типов фундаментов зданий и сооружений (СП 24.13330 [4], СП 20.13330 [5]), предложены аналитические методы, предполагающие приложение известной нагрузки на обрез фундаментных конструкций, при этом основными методами моделирования конструкций предполагается использование метода конечных элементов, как того, который позволяет учитывать совместную работу грунтового основания и надфундаментных конструкций. При этом, как уже было сказано выше, при рассмотрении опор трубопроводов на первый план выходят горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты. Имея большие горизонтальные нагрузки от трубопровода, в столбчатых фундаментах необходимо производить проверку краевых напряжений, считать крен (неравномерную осадку). Касемо свайных фундаментов в зависимости от сопряжения, помимо горизонтальной нагрузки, необходим расчет с учетом изгибающих моментов или выдергивающих нагрузок.

Необходимость учета совместного действия основания, фундаментов и сооружения при моделировании конструкций с использованием метода конечных элементов значительно усложняет расчеты строительных конструкций и требует отступления от существующих инженерных методов расчета фундаментов, представленных в рекомендуемой нормативной литературе по проектированию, что делает актуальным вопрос эффективности применения современных способов моделирования (в том числе с использованием метода конечных элементов) для проектирования конструкций опор и эстакад, в том числе ввиду отсутствия развитой надфундаментной части.

Выводы

Одной из ключевых нагрузок при расчёте отдельностоящих опор и эстакад трубопроводов является горизонтальная, вследствие чего на обрез фундамента действуют значительные изгибающие моменты и непосредственно горизонтальные нагрузки. В зависимости от типа фундамента, способа сопряжения надфундаментной

конструкции с самим фундаментом возникают различные нагрузки и требования к их расчетам. Все расчетные положения, представленные в сводах правил [4, 5], сводятся к тому, что необходимо выполнять с учетом жесткости надфундаментной конструкции, но основные из представленных аналитических методик этого не учитывают. Расчет без учета жесткости надфундаментной конструкции можно учитывать лишь для примерных расчетов или для конструкций, которые относятся к первой геотехнической категории. Следовательно, для того чтобы выполнить точный расчет, необходимо смоделировать всю надфундаментную конструкцию, фундамент и грунт основания. Это можно сделать разными способами:

- введением коэффициентов постели, которые для столбчатых фундаментов рассчитываются согласно СП 20.13330.2016 [5], для свайных согласно СП 24.13330.2011 [4];

- использованием нелинейных моделей грунта в программно-вычислительных комплексах.

При этом выполнение подобных расчетов для конструкций отдельностоящих опор и эстакад трубопроводов является чрезвычайно трудоемкой задачей ввиду возможного наличия большого количества различных грунтовых условий и вариантов нагрузок по рассматриваемой трассе.

Учитывая вышеописанное, актуальной задачей для научных исследований является оценка необходимости выполнения данных сложных расчетов, в которых учитывается совместная работа надфундаментной конструкции, фундамента и грунта основания, определение условий, в каких будет целесообразно выполнять данные расчеты.

Список литературы

1. Пособие по проектированию отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы / ЦНИИПромзданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 80 с.

2. Свод правил: СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменениями № 1, 2): нормативно-технический материал. – М.: Стандартинформ, 2019.

3. Свод правил: СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изме-

нениями № 1, 2, 3): нормативно-технический материал. – М.: Стандартинформ, 2020.

4. Свод правил: СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями № 1, 2, 3): нормативно-технический материал. – М.: Стандартинформ, 2019.

5. Свод правил: СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия (с Изменениями № 1, 2, 3): нормативно-технический материал. – М.: Стандартинформ, 2019.

Об авторах

Жданов Дмитрий Сергеевич – студент магистратуры кафедры «Строительное производство и геотехника», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: d.zhdanov111@gmail.com.

Шенкман Роман Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: rshen@mail.ru.

В.А. Устеряков, И.Г. Овчинников

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В МОСТОСТРОЕНИИ

Тенденция перехода от ветровой энергетики к солнечной продолжает вызывать заинтересованность не только в климатических и метеорологических сферах, но и в транспортном строительстве, ведь перед инженерами стоит проблема, определяющая наиболее выгодный по ключевым характеристикам ресурс.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, транспортное строительство, ветрогенератор, мостостроение, солнечная панель.

V.A. Usteryakov, I.G. Ovchinnikov

RENEWABLE ENERGY SOURCES IN BRIDGE ENGINEERING

The trend of transition from wind energy to solar continues to arouse interest not only in the climatic and meteorological fields, but also in transport construction, because engineers face the problem of determining the most profitable resource in terms of key characteristics.

Keywords: renewable energy sources, transport construction, wind generator, bridge building, solar panel.

Заострим внимание на анализе двух источников возобновляемой энергии (ВИЭ), ветровой и солнечной, применительно к сфере транспортного строительства. Ветровая энергетика начала своё появление ещё с парусных судов. Затем появились ветряные мельницы и уже позже естественная вентиляция. В 1887 году Джеймс Блит (Шотландия) первым создал ветряную турбину и предложил автономное обеспечение электричеством, получаемым за счёт ветра [1]. Тем, кто открыл дверь в солнечную энергетiku, такую, какую мы её знаем, является Чарльз Фритц. В 1883 году американский учёный создал настольную электростанцию, которая вырабатывала электричество от небольшой позолоченной селеновой пластинки [1].

К достоинствам ветряков можно отнести их установку в местах, где преобладает ветер, будь то берега водоёмов, горная местность. В таких местах выработка электроэнергии будет на

порядок выше. С данным утверждением согласен исследователь проекта из университета в Лондоне – Оскар Сото. В работе [5] приведён пример такого сооружения – Juncal Viaduct, расположенный в горной местности, с установленными ветрогенераторами между его опорами. Ветряки не зависят от сезона погоды, а также от светового дня. Ещё один немаловажный фактор для ветрогенераторов – это их монтаж на отметке более 25 метров от поверхности земли. Данный фактор касается ветрогенераторов, установленных в непосредственной близости к жилой застройке, а также лесов (строения и насаждения значительно уменьшают потоки ветра) [2]. Схожее мнение описывается в статье М.М. Трибунского и И.Г. Овчинникова, посвященной применению ВЭУ на пилонах мостовых сооружений (с. 2, п. 2) [4]. Также в данном источнике подробно описывается патент ветрогенератора с вертикальной осью вращения, который монтируется на пилоны мостовых сооружений. Рассмотрев мнение авторов [4], можно подчеркнуть: ветровые установки с вертикальной осью вращения выдают электроэнергию даже при слабом ветре; такая установка имеет минимальный изгибающий момент; также реализуется обеспечение электричеством всего мостового сооружения и подача избыточной энергии в городские сети (как следствие – экономия электроснабжения). Из недостатков ветровых установок можно выделить периодичность их работы, а также трудоёмкость технического обслуживания. Что касается солнечных панелей, то подкупает простота их монтажа: при помощи угловых и болтовых соединений, реже с кронштейнами. Большинство отечественных производителей устанавливают солнечным панелям более долговечный срок службы в отличие от ветрогенераторов, начиная от 25 лет и более. Процессы окружающей среды тесно переплетаются между собой. К примеру, общее воздействие солнечного света и северного (прохладного) ветра дают возможность выработать значительно больший КПД солнечной панели. Примером применения данного типа ВИЭ служит пешеходный арочный мост Levis Stadium в Сан-Франциско (рис. 1), описанный в [5].

Одним из инновационных решений получения энергии из нетрадиционных источников в транспортном строительстве являются шумовые заслоны автомагистралей А2 вблизи города Хертогонбес. Основатели применяемого решения – инженеры технического университета Эйндховена (рис. 2).



Рис. 1. Мост Levis Stadium [5]



Рис. 2. Панели, генерирующие энергию [2]

Главной составляющей служат полупрозрачные люминесцентные панели, которые являются концентраторами солнечного света. Они же, в свою очередь, принимают свет солнца и направляют его на стандартные солнечные панели. Последние генерируют электроэнергию. Привлекательной особенностью данного изобретения является широко использованная цветовая гамма, то есть возможность выбора любых оттенков цветов, благодаря чему панели не только генерируют энергию, но и дополняют городской ландшафт. Не менее важным фактором считается невысокая себестоимость таких панелей. Нанесение надписей, рисунков грозит снижением светового потока и снижением попадания солнечного света на панели, что может привести к потерям выработки электроэнергии.

Не менее интересным вариантом участия возобновляемых источников энергии на транспорте, в частности в мостостроении, является проект Ф. Коларосси, Л. Сарачино и Д. Сарачино, ставший вице-чемпионом технологического конкурса в Италии (рис. 3).



Рис. 3. Ветрогенераторы моста – виадукка [3]

Проект моста – виадукка между Багнерой и Сицилией насчитывает 26 ветряков, встроенных в пространство между опорами моста. Проект является гибридом применения ВИЭ, поэтому 20 км асфальтового покрытия предлагается заменить на солнечные батареи из плотной сети элементов [3].

Реализация инновационных проектов и предложений на основе фундаментальных знаний приводит мировое сообщество к визуально привлекательным и, самое главное, рациональным решениям. Так, слияние транспортной инфраструктуры, в частности мостостроения, и возобновляемых источников энергии при поддержке целостного ряда структур, таких как дизайнеры, инженеры и, конечно, государство, позволит получить наилучший результат.

Список литературы

1. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Твайделл Дж., Уэйр А.; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Зысин Л.В., Сергеев В.В. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Ч. 1. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2008. – 192. – 111 с.

3. Мост солнечного ветра – эффективное повторное использование автомагистралей, 2011 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.evolo.us/solar-wind-bridge-efficient-reuse-of-highways/> (дата обращения: 02.03.2022).

4. Трибунский М.М., Овчинников И.Г. Использование ветроэлектрических установок на пилонах мостовых сооружений // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона [Электронный документ] № 1 (8) / ИСТИНА, 2017. – С. 378–382. – URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/120177095/> (дата обращения: 04.03.2022).

5. Ecmag.com: сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ecmag.com> (дата обращения: 04.03.2022).

Об авторах

Устеряков Владимир Андреевич – студент магистратуры базовой кафедры «АО «Мостострой – 11», Тюменский индустриальный университет, e-mail: usteryakov.vowa@yandex.ru.

Овчинников Игорь Георгиевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, профессор базовой кафедры «АО «Мостострой – 11», Тюменский индустриальный университет, e-mail: bridgesar@mail.ru.

М.Г. Бояршинов, Ю.А. Щукин

ОЦЕНКА ЗАПОЛНЯЕМОСТИ ПЛАТНЫХ СТОЯНОК В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОТЫ ИНФОРМАЦИИ

Представлен анализ массивов информации, предполагающейся к использованию при разработке методики оценки заполняемости платных муниципальных стоянок. Описан ряд характеристик неполноты массивов информации.

Ключевые слова: заполняемость стоянок, оценка заполняемости, платная стоянка.

M.G. Boyarshinov, Y.A. Schukin

ASSESSMENT OF THE FILLONNESS OF PAID PARKINGS IN CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION. REVIEW OF EXISTING METHODS FOR EVALUATION OF FILLONNAGE

The goals and objectives of the dissertation research aimed at developing a methodology for assessing the occupancy of paid municipal parking lots in conditions of incomplete information are presented. The relevance of the work is described. A number of parking space organization systems are presented, for which the described technique may be relevant. A number of currently existing methods for assessing the occupancy of parking lots are outlined.

Keywords: parking occupancy, occupancy assessment, paid parking.

В городах России обеспеченность местами хранения автомобилей по месту проживания населения составляет в среднем 35–40 %. Обеспеченность местами парковки автомобилей у объектов «тяготения» в среднем не превышает 25 % от требуемого количества [1]. В условиях неупорядоченной парковки, то есть при нарушении способов постановки автомобилей, снижается ширина улицы на 30–50 % [2]. Вследствие этого снижается пропускная способность дороги. Пути решения проблемы сводятся к координации мероприятий по развитию парковочного пространства и решению задач управления транспортным спросом.

Наиболее остро вопрос обеспечения парковочными местами стоит в центральных частях городов, где сконцентрировано большое количество центров притяжения, в том числе социально значимых объектов. Рассматривая практику применения платных

стоянок на территории г. Перми, следует подчеркнуть наличие описанных выше проблем, связанных с неупорядоченной парковкой автомобилей на большей части центральных улиц.

Оценка заполняемости парковочных мест производится на основе натуральных исследований (подсчет количества припаркованного транспорта на наиболее нагруженных участках в опорные промежутки времени). На основании этого делается вывод о необходимости изменения цены за 1 час парковки. Помимо натуральных исследований предлагается использовать при оценке заполняемости непрерывные массивы данных, первый из которых – реестр оплаты парковочных мест, второй – информация, получаемая с фото- и видеофиксаторов, а также от сотрудников, патрулирующих зону платных муниципальных стоянок г. Перми. Каждый из указанных источников информации имеет набор метаданных, объединяющим фактором для каждого из них является государственный регистрационный знак.

Данные фото- и видеофиксаторов содержат информацию о месте фиксации, что позволяет производить выборку необходимых данных по конкретному участку парковочных стоянок. Вследствие наличия погрешности в работе оборудования возможна ситуация, когда государственный регистрационный знак не будет распознан и зафиксирован, что является причиной неполноты информационного массива данных.

При оплате парковки присутствует возможность выбора конкретного парковочного кармана через мобильное приложение «Горпарковки» или с помощью интернет-сайта оплаты пермских парковок [3]. Неполнота получаемого в этом случае массива данных заключается в том, что не все водители оплачивают стоянку через приложение. Статистика используемых способов оплат за ноябрь 2021 г. представлена на рис. 1.

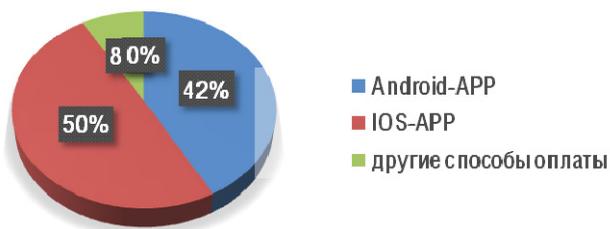


Рис. 1. Разбивка по способам оплаты платных стоянок г. Перми за ноябрь 2021 г.

Кроме того, неполнота информации при оплате платных муниципальных стоянок усугубляется 8 %-ной транзакцией через другие способы оплаты, а также тем, что около 35 % водителей осуществляют оплату через мобильное приложение без точного указания места размещения транспортного средства. Вопросы неполноты информации фото-, видеофиксаторов, а также организация работы патрульных автомобилей рассматриваются в [4].

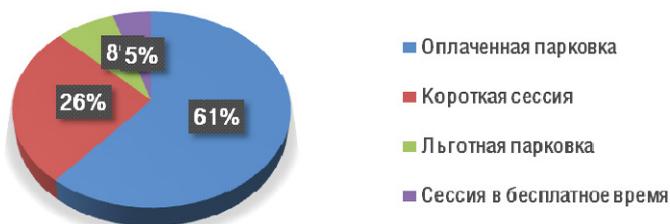


Рис. 2. Оплаченные парковочные сессии за ноябрь 2021 г.

На основании данных, представленных на рис. 2, можно сделать вывод о наличии парковочных сессий (сессия предполагает не менее двух фиксаций одного транспортного средства на одном и том же парковочном месте), попадающих в обработку и отброшенных системой по критерию длительности. Сессия является короткой, если она длится менее 20 минут.

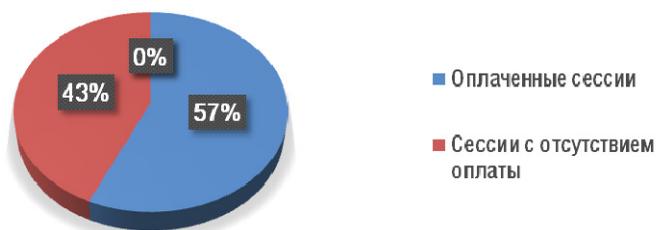


Рис. 3. Анализ соотношения оплаченных парковочных сессий и сессий с отсутствием оплат

На рис. 3 представлен анализ парковочных сессий с отсутствующей оплатой, по которым после проверки достоверности будет сформирован штраф за неоплату парковки. Таким образом, из общего объема имеющегося материала не менее 30 % водителей зафиксированных транспортных средств не внесли оплату парковки.

Анализ в разрезе количества оплаченных сессий, информация о которых получена с фото- и видеофиксаторов, и количества оплат через мобильное приложение или с помощью интернет-сайта позволит сделать вывод о неполноте информации фото- и видеофиксаторов в соотношении с другими способами оплаты парковки (рис. 4).

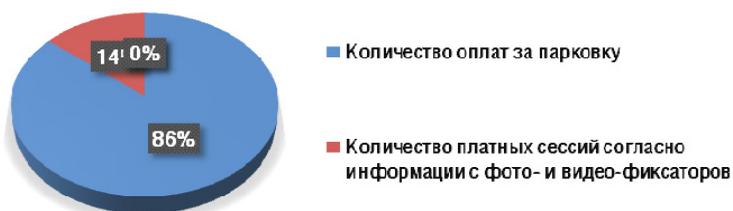


Рис. 4. Соотношение количества оплаченных сессий, полученных с фото- и видеофиксаторов, с количеством оплат за парковку за ноябрь 2021 г.

Результат исследования позволяет сделать вывод, что требуется глубокий анализ имеющихся массивов информации для выделения доли платных сессий, полученных с фото- и видеофиксаторов, в общем количестве оплат за парковку. Цель настоящей работы – начать комплексное изучение проблемы оценки заполняемости платных муниципальных стоянок. Полученные предварительные результаты будут использованы при дальнейшей разработке данной тематики в рамках диссертационного исследования.

Список литературы

1. Щукин Ю.А., Пестриков С.А. Современное состояние парковочного пространства г. Перми // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). – Пермь, 23–24 апреля 2020 г. – Т. 3. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – С. 293–299.
2. Бояршинов М.Г., Пестриков С.А., Щукин Ю.А. Оценка парковочных мест в зоне платных участков г. Перми на соответствие требованиям геометрических параметров // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 11–12 ноября 2021 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – С. 114–119.

3. Городские парковки. Интеллектуальная парковочная система [Электронный ресурс]. – URL: <https://gorparkovki.ru/> (дата обращения: 05.03.2022).

4. Щукин Ю.А., Пестриков С.А. Анализ эффективности патрулирования платных парковок г. Перми // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посв. 90-летию основания университета. – Пермь, 20 октября 2020 года. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2020. – С. 280–284.

Об авторах

Бояршинов Михаил Геннадьевич – профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mgboyarshinov@pstu.ru.

Щукин Юрий Алексеевич – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: cshukin-yura@mail.ru.

С.М. Мырзина, К.В. Озерова, О.М. Зверев

СНЕЖНАЯ АРХИТЕКТУРА

Цель работы – разработка нового способа строительства из снега, для реализации которого мы использовали запатентованное «Устройство для уплотнения снега». Устройство представляет собой подогреваемую опалубку длиной 1,5 м и высотой 0,75 м. Толщина снежка может быть от 0,8 м до нуля, мы прессовали до 0,4 м. Изготовлены две буквы «П» – логотип ПНИПУ высотой более двух метров.

Ключевые слова: строительство из снега, арт-объект из снега, блоки из снега.

S.M. Myrzina, K.V. Ozerova, O.M. Zverev

SNOW ARCHITECTURE

The purpose of the work was to develop a new method of construction from snow, for the implementation of which we used a patented "device for compacting snow". The device is a heated formwork with a length of 1.5 m and a height of 0.75 m. The thickness of the snow block can be from 0.8 m to zero, we pressed up to 0.4 m. Two letters "P" were made – the PNRPU logo with a height of more than two meters.

Keywords: construction made of snow, art object made of snow, blocks made of snow.

В древние времена жители северных районов, в связи с отсутствием материалов для строительства, возводили дома из рубленого льда и спрессованного снега. Одним из первых сооружений из данного материала являются иглу [1]. В настоящее время строительство из льда и снега приобретает все большую популярность. Это обусловлено рядом преимуществ, а именно доступностью сырья, высокой прочностью и простотой создания архитектурных элементов.

На данный момент существует два основных способа строительства из снега. Первый способ – строительство из снежных блоков (иглу). Для второго способа первоначально изготавливается опалубка, например из досок, которая заполняется снегом и оставляется на продолжительное время (минимум неделю), для того чтобы в результате сублимации и обратной кристаллизации произошло «слёживание снега» в монолит. Таким способом на Хар-

бинском фестивале изготавливаются заготовки 3×3 м и высотой 3,5 м для снежных скульптур [2].

Цель работы – разработка нового способа строительства из снега. Для его реализации мы использовали полезную модель «устройство для уплотнения снега» [3] (решение о выдаче патента 16.02.2022). Устройство для уплотнения снега содержит объемный корпус, образованный верхней и боковыми стенками, механический винтовой привод уплотнительного механизма и отличается от своего прототипа тем, что две параллельные из боковых стенок выполнены подвижными с возможностью движения навстречу друг другу, механический винтовой привод уплотнительного механизма размещен в корпусе и содержит винтовые шпильки, закрепленные в подвижных боковых стенках, с возможностью вращения, при этом в верхнюю и боковые стенки уложен греющий электрический кабель, закрываемый металлическим листом.

Данная полезная модель заявлена в МПК E01H 6/00 «Очистка дорог, улиц; ... уборка территорий ... Устройства, приспособленные как для удаления мусора и т.п., так и для удаления снега или льда» и относится к оборудованию для прессования снега в брикеты, используемые с целью повышения плотности снега, вывозимого транспортом в процессе уборки снега в городах, а также используемые при строительстве зимних автодорог и аэродромов, снегозадерживающих стен и прочих сооружений из снега. Устройство представляет собой подогреваемую опалубку длиной 1,5 м и высотой 0,75 м. Толщина снежного блока может быть от 0,8 м до нуля. Мы в основном прессовали до 0,4 м (стандартная ширина газоблока) (рис. 1). Была отработана технология получения снежных блоков плотностью от 400 до 540 кг/м³. Минимальная масса снежных блоков 200 кг, и что-то построить из них можно только используя кран, мы поднимали кран-балкой (<https://youtu.be/eNkJAUbfNxA>). Снежные блоки легко пилятся ножовкой по дереву на более мелкие, но такой способ строительства слишком длительный. Нашей задачей была разработка технологии возведения стен из снега с помощью подогреваемой и прессующей опалубки.

Прежде чем строить стены из снега мы провели оценку прочности снежных блоков. Из различных частей больших снежных блоков мы вырезали блоки высотой 100 мм различной площади и нагружали, вставая на них. Кубики по 100 мм из самой нижней части блока (почти ледяной) выдерживают, не разрушаясь, двух человек. Из 7 образцов площадью 100×150 мм, вырезанных на расстоянии

100 мм от дна ($\rho = 450 \text{ кг/м}^3$), нагрузку в 72 кг выдержали только 3. В результате экспериментов мы получили, что нагрузку в 72 кг гарантированно выдерживают образцы площадью 150×150 мм из любых частей снежка (<https://youtu.be/CJrwhDc2rkA>). То есть нагрузка на стены может быть $(72 \cdot 9,81) / (0,15 \cdot 0,15) \approx 30 \text{ кПа}$.



Рис. 1. Устройство для уплотнения снега в боре



Рис. 2. Изготовление перемычки

Можно рассчитать максимальную высоту стен:

$$H = \frac{V}{S} = \frac{m}{\rho \cdot S} = \frac{72}{450 \cdot 0,15^2} = 7,1 \text{ м.}$$

Задавшись двукратным запасом прочности, можно смело строить стены высотой до 3,5 м. Наше устройство, поставленное на торец, позволяет делать блоки высотой 1,5 м, поэтому далее было решено наращивать снежок.

В качестве экспериментальной постройки мы решили изготовить букву П – логотип ПНИПУ. Первый «столб» был спрессован за 50 минут, от первоначальной толщины 500 мм до окончательной 400 мм, и получился несколько «пузатым». При этом была сорвана резьба на одной из шпильек. Было принято решение усовершенствовать устройство и заменить 4 шпильки $\varnothing 10$ мм на 6 шпильек $\varnothing 12$ с удлиненными гайками 35 мм. Второй столб поставили на расстоянии 0,5 м от первого, общая ширина получилась 2 м. Для изготовления перемычки подвижные стенки опалубки установили на специальные опоры, снизу лист фанеры с полиэтиленовой пленкой (рис. 2). Так как длина опалубки 1,5 м, торцы закрыли кусками снежка толщиной 400 мм. Начальное расстояние между стенками

опалубки 420–440 мм, щели заткнули кусками снега. Загрузку снега на высоту более 2,2 м производили с помощью «пневмотранспортной установки для уборки снега с крыши», она позволяет кидать снег на высоту до 4 м [4] (https://youtu.be/HvD9q_Tfz9M). Прессование заняло около 20 мин. После этого опалубка сразу же была снята.

Посередине перемычки, сверху, с помощью утюга была сделана треугольная канавка глубиной 100 мм. В нее на ребро установили снежный куб размером 0,5 м. С помощью нихромового ледореза – устройства для удаления сосулек и наледей – из куба вырезали еще одну букву П (рис. 3) (<https://youtu.be/P0ziddhZnkA>). Резать нихромовым нагревателем медленнее, чем ножовкой [5], зато края получаются не разрыхленные, а подплавленные, значит, упрочненные.

Вторую букву «П» мы постарались сделать максимально быстро, в первую очередь за счет прессования. От начала сборки опалубки и ее разборки у нас тратилось не более 50 минут, на прессование 25–30 мин. Начальную толщину устанавливали 450 мм и формовали до 400 мм. Делать перемычку на 2 столба (рис. 4) в тот же день не решились – прочность снега при температурах, близких к 0 °С, наименьшая. Перемычку сделали в следующий выходной.

В воскресенье, 13.02.2022 г., мы решили попробовать вырезать из снега что-то сложной формы, а так как на следующий день был «день всех влюбленных», мы вырезали «валентинку» (<https://youtu.be/AI2fKaL6ksE>). Сердечко получилось слишком тяжелым – пришлось сделать его тоньше (рис. 5).



Рис. 3. Логотип
ПНИПУ



Рис. 4. Заготовка
буквы



Рис. 5. Валентинка

Выводы. С помощью устройства для уплотнения снега можно возводить сооружения высотой до 3 метров. Сооружения из снега можно возводить поэтапно, постепенно передвигая опалубку, в том числе наращивая сверху. Загрузку снегом лучше производить с помощью мобильного пневмотранспортера. Нихромовым ледорезом можно придать объектам из снега любую форму.

Список литературы

1. Ницин А.Ю. Снежная хижина «иглу» – энергосберегающий дом аборигенов крайнего севера // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 4 (56). – С. 28–32.
2. Гречанов К.Б. История фестивалей и конкурсов ледяной и снежной скульптуры // Инновации в социокультурном пространстве: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2020. – С. 32–37.
3. Устройство для уплотнения снега: заявка № 2021123272 Рос. Федерация: МПК E01H 4/00, E01H 6/00 / О.М. Зверев, А.В. Перминов; заявл. 02.08.2021.
4. Муратова В.А., Фунтяева В.В., Зверев О.М. Мобильный пневмотранспортер для уборки снега и мусора с крыш и придомовых территорий // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 42–50. DOI: 10.15593/2224-9826/2021.2.04.
5. Нихромовый ледорез против наледей и сосулек / Л.В. Задорина, В.А. Муратова, О.М. Зверев, Д.М. Малых // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 3. – С. 44–55.

Об авторах

Мырзина Софья Михайловна – студентка бакалавриата гр. СТ-20-46, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mirzina.sofi@yandex.ru.

Озерова Ксения Викторовна – студентка бакалавриата гр. СТ-20-46, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ksenyaozerowa2016@yandex.ru.

Зверев Олег Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая физика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ckko-smt2@pstu.ru.

М.Г. Бояршинов, А.С. Вавилин

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСА ХЁРСТА

Приведены результаты исследования временного ряда интенсивности транспортного потока с использованием метода нормированного размаха; рассчитан показатель Хёрста для различных временных промежутков.

Ключевые слова: интенсивность транспортного потока, временной ряд, метод нормированного размаха, показатель Хёрста.

M.G. Boyarshinov, A.S. Vavilin

STUDY OF THE INTENSITY OF THE TRANSPORT STREAM USING THE HURSTS INDEX

This article contains results of study of traffic flow intensity time series with the rescaled range analysis. The Hurst exponent was computed for different time ranges.

Keywords: traffic flow intensity, time series, rescaled range analysis, Hurst exponent.

Актуальность работы обусловлена предиктивными свойствами показателя (индекса) Хёрста, позволяющими выявлять наличие/отсутствие тренда в наблюдаемом стохастическом процессе, которые целесообразно использовать при регулировании и управлении движением транспорта с целью снижения заторов, дорожно-транспортных происшествий на основе обработки информации о транспортных потоках, поступающей со стационарных комплексов видеofиксации нарушений правил дорожного движения.

Исследование временных рядов с помощью показателя Хёрста, или метода нормированного размаха [3], – оригинальный подход к исследованию стохастических данных в самых разных областях знаний. Этот сравнительно новый способ изучения случайных характеристик объектов, процессов и явлений активно развивается и используется наряду с фрактальным анализом, нейросетевым моделированием и теорией катастроф [2, 4].

Методика проведения исследования

В основе подхода Хёрста лежит аппроксимация безразмерного показателя R/S временного ряда исследуемой величины степенной зависимостью вида, $(at)^H$, где a и H – константы, t – время. Здесь обозначено:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x_i - X]^2}$$

– среднеквадратичное отклонение значений x_i случайной величины X от среднего значения

$$X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i;$$

N – количество слагаемых временного ряда случайной величины X на отрезке времени наблюдения $t \in [0, \tau]$:

$$R = \max_{t \in [0, \tau]} Z(t) - \min_{t \in [0, \tau]} Z(t),$$

– накопленный размах отклонений

$$Z(t) = \sum_{i=1}^N [x_i - X], \quad t \in [0, \tau],$$

случайной величины X от среднего значения (X) на отрезке времени наблюдения.

Значение показателя Хёрста за различные периоды

Период	Показатель H Хёрста
Понедельник	1,05502
Вторник	1,12966
Среда	1,10668
Четверг	1,11033
Пятница	1,07478
Суббота	1,13485
Воскресенье	1,12034
Неделя	0,48031

В зависимости от значения H показателя степени (это и есть показатель Хёрста¹) различают три вида временных рядов [4, 3]:

$H = 0,5$ – рассматриваемые процессы являются случайными и не имеют какого-либо тренда, то есть история изменения слагаемых рассматриваемого временного ряда не влияет на последующие значения;

$0 \leq H \leq 0,5$ – антиперсистентные процессы, для которых характерна знакопеременная тенденция, фактически речь идет о неустойчивости значений рассматриваемого временного ряда;

$0,5 \leq H \leq 1,0$ – персистентные процессы, для которых соблюдение наблюдаемой тенденции, то есть история формирования слагаемых рассматриваемого временного ряда, оказывает влияние на последующие значения.

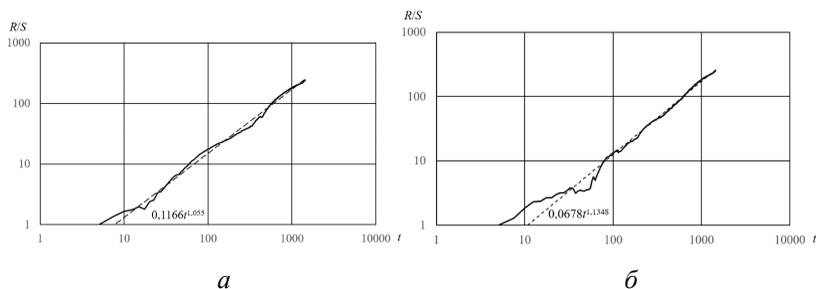


Рис. 1. Аппроксимации степенной функцией (---) нормированного размаха R/S интенсивности транспортного потока в понедельник (а) и субботу (б) с использованием логарифмических координат; аппроксимирующие формулы приведены на рисунках

Рассматривается интенсивность потока транспорта $N(t) = n(t) / \Delta$ как случайная величина. В приведенном выражении $n(t)$ – количество автомобилей, прошедших через контрольный рубеж за период времени от $t - \Delta / 2$ до $t + \Delta / 2$. Для определения интенсивности транспортного потока рассматриваются интервалы времени $\Delta = 5, 10, 20, 30, 40, 50$ и 60 минут.

Определение индекса Хёрста для интенсивности потока автомобилей выполнялось в течение недели, с 17 по 23 мая 2021 года

¹ Встречаются иные названия: индекс, экспонента или постоянная Хёрста.

(рис. 1 и 2), на основе данных комплекса видеофиксации, установленного на дороге со стабильно высокой интенсивностью движения, связывающей центральный и отдаленные районы города Перми. Зависимости нормированного размаха R/S от времени суток для рабочего и выходного дней показаны на рис. 1, а и б. В таблице приведены вычисленные значения показателя Хёрста для различных периодов (сутки, неделя).

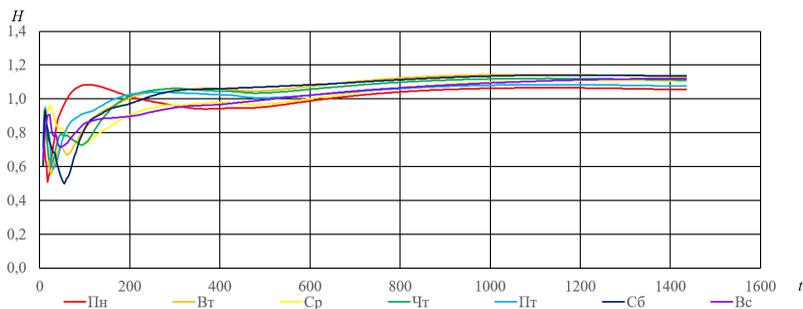


Рис. 2. Зависимость от времени t (мин) показателя H Хёрста временных рядов интенсивности транспортного потока по дням наблюдения

Применение метода нормированного размаха Хёрста при анализе временного ряда интенсивности транспортного потока показало, что показатель Хёрста в течение каждых суток периода наблюдения эволюционирует по-разному, однако к концу каждых суток принимает близкие значения, значительно превышающее 0,5, что свидетельствует о персистентности анализируемого случайного процесса. В то же время значение показателя Хёрста для всей недели наблюдения оказывается ниже 0,5, что говорит о неустойчивости тенденции недельного изменения интенсивности транспортного потока.

Список литературы

1. Бояршинов М., Вавилин А.С., Шумков А.Г. Использование комплекса фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения для выделения детерминированной и стохастической составляющих интенсивности транспортного потока // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 61–71. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-61.

2. Araya H., Tudor C.A. Behavior of the Hermite sheet with respect to the Hurst index // *Stochastic Processes and their Applications*. – 2019. – Vol. 129, iss. 7. – P. 2582–2605. DOI: 10.1016/j.spa.2018.07.017.

3. Hurst H.E. The Problem of Long-Term Storage In Reservoirs // *International Association of Scientific Hydrology*. – 1956. – Bulletin, 1 (3). – P. 3–27.

4. Kalush Yu.A., Loginov V.M. Hurst Index and Its Hidden Properties. *Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki* // *Siberian Journal of Industrial Mathematics*. – 2002. – № 4 (12). – P. 29–37 (In Russ).

5. Najman E.L. (2020) Calculation of the Hurst index to identify the trend (persistence) of financial markets and macroeconomic indicators. Available at: http://wealth-lab.net/Data/Sites/1/SharedFiles/doc/forindicators/articles/04_erik_naiman_herst.pdf (accessed 12.04.2020) (In Russ).

Об авторах

Бояршинов Михаил Геннадьевич – профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mgboyarshinov@pstu.ru.

Вавилин Александр Сергеевич – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atm@pstu.ru.

С.Г. Гурьянов, Р.Ф. Шаихов

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

В статье анализируются стратегии развития транспортной отрасли развитых стран, связанные с переходом на электромобили. Рассмотрены методы стимулирования и популяризации электротранспорта таких стран, как Норвегия, Финляндия и Швеция, которые по своему климату наиболее приближены к России. Проанализированы основные проблемы эксплуатации электромобилей в нашей стране.

Ключевые слова: электромобиль, сравнительный анализ, переход на электротранспорт, опыт развитых стран.

S.G. Guryanov, R.F. Shaikhov

ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE IN THE OPERATION OF ELECTRIC VEHICLES

The article analyzes the development strategies of the transport industry of developed countries associated with the transition to electric vehicles. The methods of stimulating and popularizing electric transport in countries such as Norway, Finland and Sweden, which are closest to Russia in their climate, are considered. The main problems of operation of electric vehicles in our country are analyzed.

Keywords: electric vehicle, comparative analysis, transition to electric transport, experience of developed countries.

Мировой экономический прогресс невозможен без использования энергоносителей. Электричество, по сравнению с углеводородами, является возобновляемым и более экологичным видом энергии. Одним из способов улучшения экологической обстановки в крупных городах может стать популяризация использования электромобилей как альтернативы автомобилям с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Учитывая полный жизненный цикл транспортных средств, от производства до утилизации, использование электромобилей может уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу примерно на 30 % по сравнению с автомобилями с ДВС.

По данным аналитического агентства «Автостат», в России на 1 января 2021 года зарегистрировано 10 836 автомобилей, что по

отношению к парку автомобилей с ДВС является очень малым. Как следствие, практически отсутствует опыт эксплуатации электромобилей на территории РФ, поэтому целесообразно проанализировать опыт развитых стран с целью его адаптации к условиям нашей страны.

К основным проблемам эксплуатации автомобилей в России относятся: качество выполнения работ технического обслуживания и ремонта, в том числе несоответствие квалификации производственного персонала автосервисов [1–4], несвоевременное выполнение работ технического обслуживания [5], низкая надежность основных узлов и агрегатов автомобилей в различных условиях эксплуатации [6–10]. Предположительно эти же проблемы будут актуальны и для электромобилей, кроме того, к ним прибавится более сложная диагностика электроники, отсутствие инфраструктуры и специалистов, особенно в регионах.

Цель исследования – разработка рекомендаций по эксплуатации электромобилей за счет анализа зарубежного опыта.

По статистическим данным МЭА (Международное энергетическое агентство), в 2015 году было продано более 1 млн электромобилей. Уже в 2016 году количество продаж удвоилось и достигло 2 млн. В прошлом году объем продаж превысил 3 млн единиц, к концу нынешнего десятилетия прогнозируется объем продаж в 145 млн электромобилей. Доля рынка электромобилей должна достигнуть 30 % парка всех автомобилей в мире к 2030 году. Для достижения этой цели планируется разрабатывать соответствующие технологии производства аккумуляторов, требования к материалам, совершенствовать зарядные устройства для электромобилей, разрабатывать перспективные технологии экономии энергии и топлива, сокращения выбросов парниковых газов.

На этом фоне все больше стран планируют стратегии развития, связанные с эксплуатацией электромобилей, предоставляя гарантии производителям транспортных средств и другим заинтересованным сторонам. Кроме того, некоторые страны объявили о планах запретить автомобили с ДВС в ближайшие 15–20 лет. Таким образом, произойдет существенное изменение в составе парка автомобилей, автомобили с ДВС, вероятно, будут использоваться в развивающихся странах и в особых условиях эксплуатации, например, при низких температурах.

Мировые автопроизводители также поддерживают развитие индустрии электромобилей практическими действиями. К 2018 году почти все крупные автопроизводители по всему миру объявили о планах по разработке электромобилей. В феврале 2017 года Daimler AG заявила, что в будущем Smart сосредоточится на электромобилях на рынках США и Канады. В июле 2017 года VOLVO объявила, что с 2019 года будет выпускать только электромобили и автомобили с гибридными силовыми установками. В 2016 году HONDA заявила, что к 2030 году 2/3 продаж составят электромобили. Рассматривая ситуацию по развитию электромобилей в зарубежных странах, корректнее всего будет перенимать опыт таких северных стран, как Норвегия, Финляндия и Швеция, которые по своему климату наиболее приближены к России.

Согласно статистике, в конце 2020 года в Норвегии доля электромобилей среди всех приобретенных новых автомобилей составила 54,3 %. Несмотря на то, что Норвегия является одной из крупнейших нефтедобывающих стран, активное развитие электро-транспорта началось с 2015 г. Постепенное развитие инфраструктуры, увеличение стоимости топлива и большие траты на налоговые льготы создали явное стимулирование населения к покупке электромобилей. Примерами стимулирования являются освобождения от дорожного налога, который в Норвегии составляет порядка 350 евро ежегодно, обеспечение бесплатной парковки и возможность перемещаться по полосам общественного транспорта.

Европейскими исследованиями в области удельных затрат на эксплуатацию электромобилей была доказана значительная экономия владения в сравнении с ДВС. В данных исследования были затронуты затраты на покупку, топливо и налоги на самый продаваемый в Европе автомобиль VW Golf в его электрических, гибридных, бензиновых и дизельных версиях. В течение четырех лет чисто электрическая версия была самой дешевой во всех странах – Германии, Финляндии, Швеции и Норвегии, благодаря сочетанию более низких налогов, затрат на топливо и субсидий на закупочную цену. Электромобили предлагают самую большую экономию по сравнению с дизельным двигателем в Норвегии (27 %), поскольку автомобили с батарейным питанием освобождены от большого регистрационного налога.

В Финляндии владельцы электромобилей платят четверть транспортного налога, который полагается для автомобилей с дви-

гателем внутреннего сгорания. Кроме того, с прошлого года до конца 2021 года при покупке электромобиля можно воспользоваться прямой субсидией от государства в размере 2 000 евро. Также в конце 2019 года вступил в силу регламент ЕС о требовании установок ЭЗС для электромобилей на парковочных местах и в подземных парковках в новых многоквартирных домах. Обязательным условием для новостроек стала необходимость в оборудовании условий подзарядки на каждом пятом парковочном месте.

Касаемо стимулирующих действий шведского правительства – с июля 2018 года увеличение продаж электромобилей было достигнуто с помощью выделенных субсидий. Иными словами, при покупке электромобиля владелец по истечению 6 месяцев имеет возможность на получение «кэшбэка» с покупочной стоимости своего ТС. Пример наибольшей суммы компенсации (кэшбэка) в Европе – 60 тысяч крон, или 6,7 тысячи долларов, которые положены владельцу Nissan Leaf, она составляет 20 % от цены на новый Leaf, который обходится в 30 тысяч долларов в самой простой комплектации.

Подводя итог анализа зарубежного опыта, можно сделать вывод, что при благоприятных условиях для потенциального потребителя, включающих множество станций подзарядки, отмену транспортного налога, выделение бесплатных парковочных мест, а также государственное стимулирование за счет субсидий на покупку электромобилей, рост популяризации электромобилей будет неизбежен даже при «сложных» климатических условиях.

Список литературы

1. Мальцев Д.В., Генсон Е.М., Репецкий Д.С. Электронные учебные пособия для прикладного бакалавриата // Высшее образование в России. – 2019. – № 4. – С. 134–141.
2. Шаихов Р.Ф. Контроль производственного персонала на автотранспортном предприятии // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 3. – С. 89–95.
3. Мальцев Д.В., Репецкий Д.С. Удовлетворённость обучающихся качеством образовательных услуг технического университета // Высшее образование в России. – 2020. – № 5. – С. 45–52.
4. Мальцев Д.В. Влияние качества образовательных услуг технического университета на трудоустройство выпускников // Перспективы науки и образования. – 2020. – № 6 (48). – С. 459–473.

5. Мальцев Д.В., Пестриков С.А. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания автобусов // Мир транспорта. – 2018. – № 2 (75). – С. 96–105.
6. Мальцев Д.В. Анализ причин малой наработки на отказ турбокомпрессоров при эксплуатации в условиях карьеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – № 5–4 (25–4). – С. 267–271.
7. Шаихов Р.Ф. Особенности эксплуатации автомобилей с турбокомпрессорами в условиях карьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 73–79.
8. Шаихов Р.Ф. Определение остаточного ресурса деталей навесного оборудования специальных автомобилей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 3. – С. 83–88.
9. Миллер А.П., Пугин К.Г., Шаихов Р.Ф., Бонадренко Д.В. Повышение эксплуатационной надежности технологических машин с гидравлическими системами // Всерос. науч.-практ. конф., посв. 90-летию образования университета «Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации»: сборник науч. трудов. – Пермь, ИПЦ «Прокрость», 2020. – С. 267–269.
10. Мальцев Д.В., Пестриков С.А., Утробин В.Ю. Влияние условий эксплуатации на надежность грузовых автомобилей на базе шасси КамАЗ // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т. 2. – С. 129–133.

Об авторах

Гурьянов Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: gsg9171@yandex.ru.

Шаихов Ринат Фидарисович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: tsat@pgatu.ru.

С.Г. Гурьянов, Р.Ф. Шаихов

РАЗВИТИЕ РЫНКА И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Автомобильный транспорт в России ежегодно выполняет огромный объем транспортной работы, исчисляемой сотнями миллионов тонно-километров. С экономической и экологической точки зрения эксплуатация автомобилей с силовыми агрегатами на электротяге видится более перспективной. В настоящее время электромобили уже не уступают автомобилям на углеводородном топливе по запасу хода, а в обслуживании и ремонте они гораздо менее прихотливы и затратны. В статье рассмотрены перспективы развития рынка электромобилей в городе с миллионным населением на примере г. Перми.

Ключевые слова: электромобиль, сравнительный анализ, затраты на эксплуатацию, стоимость электромобилей.

S.G. Guryanov, R.F. Shaikhov

MARKET DEVELOPMENT AND POPULARIZATION OF ELECTRIC VEHICLES IN LARGE CITIES

Road transport in Russia annually performs a huge amount of transport work estimated at hundreds of millions of ton-kilometers. From an economic and environmental point of view, the operation of cars with electric power units is seen as more promising. Currently, electric vehicles are no longer inferior to cars powered by hydrocarbon fuel in terms of power reserve, and they are much less whimsical and costly in maintenance and repair. The article discusses the prospects for the development of the electric car market in a city with a million people, for example, Perm.

Keywords: electric vehicle, comparative analysis, operating costs, cost of electric vehicles.

Автомобильный транспорт играет важную роль в обеспечении транспортной доступности, локальных перевозках грузов и пассажиров, а также является неотъемлемой частью жизни многих граждан. Одним из ключевых и в то же время наиболее несовершенных агрегатов является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Он ограничивает максимальные интервалы между обслуживаниями [1], так как требуется замена расходных материалов (фильтров, масла и пр.), на системы ДВС приходится достаточно большое количество отказов [2–5], и существенная часть трудоемкости технического обслужива-

ния приходится на ДВС и его системы. Кроме того, последние 30 лет горюче-смазочные материалы, и прежде всего топливо, непрерывно дорожают. Альтернативой автомобилям с ДВС могут стать электромобили, так как они гораздо экологичнее в процессе эксплуатации, надежнее, требуют меньше обслуживания, а стоимость электроэнергии за аналогичный пробег будет примерно в 5 раз ниже.

Цель исследования – анализ факторов, влияющих на популяризацию автомобилей в Перми.

Для современного потребителя выбор нового автомобиля является сложным процессом из-за огромного количества информации, которую необходимо проанализировать. Несмотря на различие личных предпочтений, можно выделить общие критерии выбора: стоимость автомобиля, производитель, стоимость эксплуатации, надежность (в частности безотказность), ликвидность при продаже. При анализе российского автомобильного рынка взята статистика аналитического агентства «Автостат», на 1 января 2021 года в России было приобретено 1,6 млн ед. новых автомобилей, из которых только 670 ед. электромобили. Несмотря на очевидные проблемы продаж электромобилей на территории РФ, некоторые модели данного сегмента все-таки являются более распространенными.

В табл. 1 представлена стоимость наиболее популярных бюджетных моделей электромобилей. Она сопоставима со стоимостью автомобилей среднего класса. В настоящее время анонсирована отечественная модель компактного электромобиля КАМА-1, с вместимостью 3 человека и предварительной стоимостью 1,25 млн рублей, что в среднем вдвое выше стоимости автомобиля аналогичного класса.

Таблица 1

Бюджетные модели электромобилей

Наименование	Стоимость, руб.	Запас хода, км	Вместимость, чел.	Мощность, кВт
Nissan Leaf	2 150 000	378	5	110
Chevrolet Bolt	2 500 000	350	5	150
Hyundai Ioniq	2 480 000	280	5	88
Renault Zoe	2 200 000	350	5	80

Также из табл. 1 видно, что наиболее популярные марки электромобилей выпускают известные автопроизводители, кроме

того, крупнейшие концерны анонсируют выпуск бюджетных моделей, поэтому в части бренда отличий нет.

При анализе затрат на эксплуатацию можно выделить статьи расходов, которые будут существенно отличаться у электромобилей и автомобилей с ДВС, к ним относятся: затраты на топливо, затраты на обслуживание, ремонт и запасные части, а также потеря стоимости за время эксплуатации. По предварительной оценке затраты на топливо будут отличаться в 5 раз по сравнению с бензиновыми двигателями и в 2,5 раза по сравнению с ДВС, оснащенными газобаллонным оборудованием. Техническое обслуживание обойдется в 3 раза дешевле, ремонт и запасные части в 2 раза. В сравнении не участвовали автомобили с дизельными ДВС, так как среди автомобилей граждан они занимают всего 7,5 % рынка.

В табл. 2 представлено сравнение изменения стоимости после 5 лет эксплуатации для автомобилей с ДВС (на бензине и сжатом газе), а также электромобилей.

Т а б л и ц а 2

Снижение стоимости автомобилей после 5 лет эксплуатации

Модель ТС	Стоимость модели 2021 г., руб.	Стоимость модели 2016 г., руб.
Nissan Leaf, электроэнергия	2 150 000	841 982
Toyota Camry, бензин	2 117 000	1 259 000
Toyota Camry, пропан-бутан	2 117 000	1 259 000

Потеря стоимости за аналогичный период эксплуатации будет примерно в 1,5 раза больше, чем у автомобилей с ДВС, что фактически сократит все преимущества от эксплуатации до минимума. Вероятно, ключевую роль здесь играют два фактора: во-первых, в отличие от ДВС батареи практически не ремонтпригодны и после исчерпания ресурса их необходимо заменить на новые, во-вторых, рынок электромобилей в России микроскопический и большого спроса на них нет, что делает их низколиквидными.

Ключевым отличием в конструкции является двигатель, остальные узлы и агрегаты аналогичны автомобилям с бензиновым ДВС. Электрические двигатели имеют ряд преимуществ перед бензиновыми, в частности, они не нуждаются в частом обслуживании и диагностике, обладают большей средней наработкой на отказ, трудоемкость их ремонта гораздо ниже. К недостаткам можно от-

нести несовершенство аккумуляторных батарей, их дороговизну и низкий ресурс, около 160 тыс. км, этот фактор в большей степени ограничивает доступность и популярность электромобилей.

Эксплуатация автомобилей в городе Перми относится к третьей категории условий (город с населением свыше 100 тыс. человек, асфальтобетонное дорожное покрытие, слабохолмистый рельеф местности). Город Пермь расположен в центральной части России на Западном Урале, климат умеренно-континентальный с продолжительной снежной зимой. Подобные условия эксплуатации характерны для большей части территории РФ, поэтому их можно считать типовыми [6]. Наибольшие опасения у потребителей вызывает эксплуатация автомобилей при отрицательных температурах. К негативным последствиям можно отнести вероятность потери емкости батареи, быстрый разряд, что повлечет снижение и так небольшого запаса хода.

К проблемам эксплуатации электромобилей также можно отнести слаборазвитую инфраструктуру, в частности: небольшое количество зарядных станций, например в Перми их всего 5, в том числе одна станция быстрой зарядки, сложность с квалифицированным обслуживанием и ремонтом [6–8], так как даже официальные дилеры еще полностью не освоили данную нишу, а также проблемы с запасными частями.

Таким образом, электромобили являются перспективным видом транспорта, их развитие и распространение это вопрос времени. Очевидно, что в ближайшие годы, по аналогии со странами Евросоюза, электромобили в России займут значительную нишу до 50 % от всего парка автомобилей. В настоящее время к сдерживающим факторам их популяризации относятся: высокая стоимость, низкая ликвидность, слабое развитие инфраструктуры.

Список литературы

1. Мальцев Д.В., Пестриков С.А. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания автобусов // Мир транспорта. – 2018. – № 2 (75). – С. 96–105.

2. Мальцев Д.В. Анализ причин малой наработки на отказ турбокомпрессоров при эксплуатации в условиях карьеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – № 5–4 (25–4). – С. 267–271.

3. Шаихов Р.Ф. Особенности эксплуатации автомобилей с турбокомпрессорами в условиях карьеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 73–79.

4. Шаихов Р.Ф. Определение остаточного ресурса деталей навесного оборудования специальных автомобилей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 3. – С. 83–88.

5. Мальцев Д.В., Пестриков С.А., Утробин В.Ю. Влияние условий эксплуатации на надежность грузовых автомобилей на базе шасси КамАЗ // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т. 2. – С. 129–133.

6. Мальцев Д.В., Генсон Е.М., Репецкий Д.С. Электронные учебные пособия для прикладного бакалавриата // Высшее образование в России. – 2019. – № 4. – С. 134–141.

7. Мальцев Д.В., Репецкий Д.С. Удовлетворённость обучающихся качеством образовательных услуг технического университета // Высшее образование в России. – 2020. – № 5. – С. 45–52.

8. Мальцев Д.В. Влияние качества образовательных услуг технического университета на трудоустройство выпускников // Перспективы науки и образования. – 2020. – № 6 (48). – С. 459–473.

Об авторах

Гурьянов Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: gsg9171@yandex.ru.

Шаихов Ринат Фидарисович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: tsat@pgatu.ru.

А.В. Лозин, С.В. Павлов, А.Г. Семенов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГИ ТОРСИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУЗОВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВАГОНА

Разработка относится преимущественно к железнодорожному транспорту, конкретно – к подвижному составу, стабилизации вагонов в движении. Модернизирована тяга в составе торсионного стабилизатора кузова железнодорожного вагона. Устройство применимо и для других видов наземного транспорта. Использование технических предложений позволяет улучшить технико-эксплуатационные характеристики вагонов и подвижного состава в целом. Оно запатентовано в России как полезная модель, успешно испытано и внедрено.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стабилизация поперечного наклона кузова вагона, торсионный стабилизатор, тяга стабилизатора, ресурс работы.

A.V. Losin, S.V. Pavlov, A.G. Semenov

TRACTION MODERNIZATION TORSION STABILIZER OF TRANSVERSE STABILITY RAILWAY CAR BODIES

The development relates mainly to railway transport, specifically to rolling stock, the stabilization of cars in motion. The traction as part of the torsion stabilizer of the railway car body has been upgraded. The device is also applicable for other types of ground transport. The use of technical proposals makes it possible to improve the technical and operational characteristics of wagons and rolling stock as a whole. It is patented in Russia as a utility model, successfully tested and implemented.

Keywords: railway transport, stabilization of the transverse inclination of the car body, torsion stabilizer, stabilizer thrust, service life.

Обзор уровня техники

В колесных тележках железнодорожных и трамвайных вагонов применяют, в частности, торсионные стабилизаторы (ТС) с торсионным валом (торсионом) как составляющую системы вторичного поддрессоривания [1, 2]. В конструкцию каждого ТС входят левая и правая тяги с резьбовыми талрепами [3]. При этом резьба, работающая в условиях динамических знакопеременных циклических нагрузок, недолговечна и подвержена механическим повреж-

дениям, что определяет невысокую надежность резьбы и всего устройства, особенно при вынужденно малом габарите тяги по длине и опять же вынужденно коротких накидных фиксирующих гайках.

Выбор объекта сравнения, проблематика

Максимально близким прототипом принята тяга ТС по источнику, в составе наконечников с цилиндрическими резьбовыми хвостовиками, жестко взаимосвязанных соединительным элементом при их соосности, с возможностью передачи знакопеременных усилий от кузова на рычаги соединения с подвижными участками торсиона [4].

Однако при общности назначений тяги-прототипа и разработанной тяги резьбовые соединения талрепа недостаточно надежны, в условиях динамических знакопеременных циклических нагрузок недолговечны и сложны. Ситуация усугубляется тем, что разработчики более ограничены (повторим) в габаритах тяги по длине, что продиктовано двухэтажным типом вагона и общей его компоновкой.

Задачи и цели разработки

Задача – предложить техническое решение проблемы преждевременного износа и механических ударных повреждений тяги и разработать такую тягу для ТС, преимущественно для двухэтажного железнодорожного вагона, с улучшенными технико-эксплуатационными характеристиками (ТЭХ) в части срока службы (длительной работоспособности) и технологичности.

Устройство наконечника тяги

Тяга в составе ТС содержит (рис. 1–3) верхний 1 и нижний 2 наконечники с цилиндрическими резьбовыми хвостовиками 3 и 4 [5]. Последние жестко взаимосвязаны соединительным элементом – 5 при их соосности. При этом предусмотрена возможность передачи знакопеременных усилий от кузова на рычаги соединения с подвижными участками торсиона (не показаны).

Резьбы хвостовиков 3 и 4 выполнены наружными, а элемент 5 – в виде стяжки хомутового типа с ответными внутренними резьбовыми участками и стяжными болтами 6 в замке, и охватывает хвостовики 3 и 4 с финишной закруткой болтов 6, преимущественно в количестве

трех, распределенных равномерно по длине стяжки 5. При этом болты 6 применены в комплекте с гайками 7 и сферическими шайбами 8 (см. рис. 2, 3).

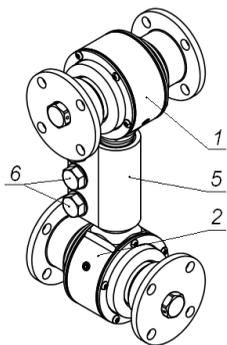


Рис. 1. Тяга ТС, общий вид

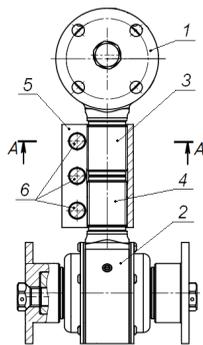


Рис. 2. Тяга ТС, продольный разрез по стяжке

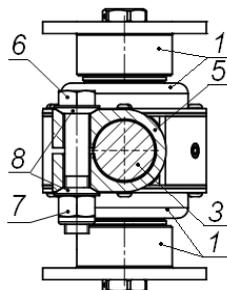


Рис. 3. Тяга ТС, разрез А–А на рис. 2

Замок (разъем) стяжки 5 с болтами 6 расположен, как правило, с внутренней стороны по отношению к продольной вертикальной плоскости ТС.

Возможность реализации разработки (проекта)

В приведенном примере ТС использованы промышленно освоенные комплектующие: болты, гайки, шайбы, подшипники по соответствующим ГОСТам. Оригинальные детали в производстве не требуют каких-либо несуществующих технологий. Техническое решение включено в техническую документацию ООО «ПРС» для двухэтажных пассажирских вагонов. Изготовлен опытный образец. Устройство внедрено на РЖД.

Работа наконечника тяги

При боковых наклонах кузова ТС нагрузка/движение передается через наконечник 1 с хвостовиком 3 стяжке 5, а от него – хвостовику 4 наконечника 2 и, далее, рычагу и подвижному участку торсиона. В последнем возникает упругое сопротивление, которое и стабилизирует поперечную устойчивость вагона. На-

грузка носит динамический знакопеременный характер. В отличие от резьбового соединения (см. [4]) с контргайками при вынужденно коротких резьбовых участках, длины резьбовых участков достаточно для надежной и длительной работы, а стяжка 5 обеспечивает, за счет трения по развитым поверхностям контакта «стяжка 5 – хвостовики 3 и 4», надежную фиксацию соединения.

Результат разработки

Предложено техническое решение, решающее поставленную комплексную задачу. Разработка защищена патентом РФ на полезную модель [5], что свидетельствует о ее промышленной применимости и мировом уровне новизны (с включением в учебные базы данных гражданских и военных высших учебных заведений).

Авторы выражают благодарность инженеру-конструктору Белозерцеву Евгению Олеговичу (г. Мариуполь, Украина) за техническое содействие в разработке изделия.

Заключение

Использование позволит существенно увеличить ТЭХ ТС. Имеют место научно-техническая новизна – как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность. Изготовлен и успешно испытан экспериментальный образец ТС. Устройство внедрено на РЖД, защищено патентом РФ на полезную модель, что свидетельствует о ее промышленной применимости и мировом уровне новизны.

Список литературы

1. Патент № 2220863 С2 РФ, В61F 5/00. Тележка рельсового транспортного средства / ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (UA); заявка № 2001133703/11 от 10.01.2004; опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1.
2. Solutions. – Электронный ресурс. – URL: <https://www.ferrabyrne.co.uk/solutions/> (дата выкладки: 25.02.2020).
3. Патент № 190458 U1 РФ, В62D 7/20, F16C 11/06. Наконечник рулевой тяги / Г.И. Вольперт; заявка № 2019112982 от 26.04.2019; опубл. 01.07.2019, Бюл. № 19.

4. Патент № 2614162 С1 РФ, В60G 3/00, В60G 21/05. Способ крепления деталей транспортных средств, преимущественно стойки стабилизатора поперечной устойчивости, и устройство для его осуществления / А.В. Филякин и др.; заявка № 2015151671/11 от 01.12.2015; опубл. 23.03.2017, Бюл. № 9.

5. Патент № 200957 U1 РФ, В61F 5/02, F16F 15/06. Тяга торсионного стабилизатора поперечной устойчивости кузова транспортного средства / Е.О. Белозерцев (UA), С.В. Павлов (RU); ООО «ППС» (RU); заявка № 2020125333/11 от 22.07.2020; опубл. 20.11.2020, Бюл. № 32.

Об авторах

Лозин Андрей Васильевич – заведующий лабораторией колесных и гусеничных машин Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: ln.ln@inbox.ru.

Павлов Сергей Викторович – генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «ПетроРемСтрой», г. Санкт-Петербург, e-mail: prs.spb@bk.ru.

Семенов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доктор МАНЭБ, ст. научный сотрудник, Почетный изобретатель Европы и СПб., академик ЕАЕН, РИА, МАНЭБ, ПАНИ, МАСТ, чл.-корр. АВН, доцент Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: angel.777@mail.ru.

А.В. Лозин, С.В. Павлов, А.Г. Семенов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТОРСИОННОГО УЗЛА СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУЗОВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВАГОНА

Разработка находится в области преимущественно железнодорожного транспорта, а именно – относится к подвижному составу, стабилизации вагонов в движении. Модернизирован узел торсионный в составе торсионного стабилизатора кузова вагона скоростного пассажирского поезда. Применимо также для других видов наземного транспорта. Использование увеличивает надежность и долговечность устройства. Оно запатентовано в России как полезная модель, успешно испытано и внедрено.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стабилизация поперечного наклона кузова вагона, торсионный стабилизатор, торсионный узел стабилизатора, ресурс работы.

A.V. Losin, S.V. Pavlov, A.G. Semenov

MODERNIZATION OF THE TORSION UNIT OF THE TRANSVERSE STABILITY STABILIZER RAILWAY CAR BODIES

The development relates mainly to railway transport, specifically to rolling stock, the stabilization of cars in motion. The torsion unit as part of the torsion stabilizer of the car body of a high-speed passenger train has been upgraded. It is also applicable for other types of ground transport. Use increases the reliability and durability of the device. It is patented in Russia as a utility model, successfully tested and implemented.

Keywords: railway transport, stabilization of the transverse tilt of the car body, torsion stabilizer, torsion node, service life.

Обзор уровня техники

На колесных тележках железнодорожных и трамвайных вагонов применяют торсионные стабилизаторы (ТС) с торсионным валом (торсионом) как составляющую системы вторичного подрессоривания [1]. В конструкцию каждого ТС входит торсионный узел с торсионом. К недостаткам ТС-аналогов относят, во-первых, неудобство технического обслуживания и ремонта: их приходится проводить либо из-под вагона, либо с предварительным демонтажем тележки, а во-вторых, неудовлетворительная работоспособ-

ность подшипников скольжения цилиндрических опор торсиона и шарниров.

В общем машиностроении применяют клеммовые соединения вала с рычагом [2, рис. 9]; врезные винты с концом конической или цилиндрической формы для угловой фиксации детали на валу [3, рис. 129 X; рис. 134 III, V]; болты призонные, включая конические, а также соединения болтовые установочные – для передачи крутящего момента (см. [3], рис. 168 I–IV). Тем не менее подобные соединения в приложении к подвижному силовому узлу с хвостовиком (головкой) торсиона, по крайней мере в комбинации, не обнаружены.

Выбор объекта сравнения, проблематика

Аналогом, максимально близким (прототипом), принят узел [4], где торсион установлен на подшипниках скольжения (бронзовых втулках). Следует констатировать недостаточную рациональность распределения нагрузок, затрудненный доступ к опорам.

Задачи и цели разработки

Необходимо улучшить ТЭХ торсионного узла и ТС в целом.

Устройство торсионного узла

Торсионный узел содержит (рис. 1–3) [5] торсион 1, установленный поперечно на раме при помощи разнесенных подшипниковых опор 2 и 3, с охватом цилиндрических концов 4 и 5 торсиона 1. Последний соединен с кузовом левым 6 и правым 7 рычагами с охватом его до опор 2 и 3 и вертикальными тягами (не показаны).

Подшипники II – сферические, с выпуклой внутренней и вогнутой наружной обоймами и установлены враспор. Взаимосвязь «вал 1 – рычаг 6, 7» выполнена клеммово(клеммно)-болтовой (болты 16), при параллельном использовании вспомогательного соединения посредством врезных болтов или винтов 14 с концами в ступице рычага 6, 7. На цилиндрических участках вала 1 предусмотрены защитные рукава 17 и 18 с V-образным торцевым уплотнением 19 (см. рис. 3).

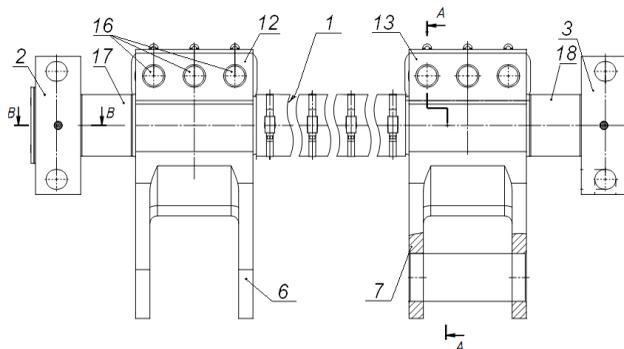


Рис. 1. Узел торсионный, вид сверху

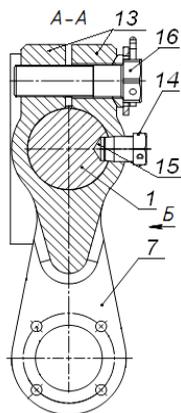


Рис. 2. Разрез А-А на рис. 1

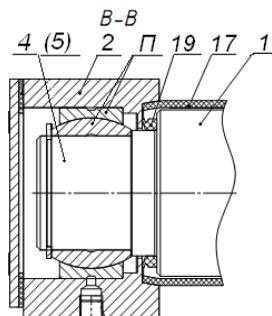


Рис. 3. Разрез В-В на рис. 1

Возможность реализации разработки (проекта)

Использованы промышленно освоенные комплектующие: подшипники *GE 50 ES (SKF)*, рукав *40 У75-3 ТУ 0056016-87*, торцевые уплотнения *55 VF R (SKF)*. Предложения включены в техническую документацию ООО «ПРС». Устройство внедрено на РЖД.

Работа торсионного узла

С позиций описанной модернизации в работе устройства важно следующее:

1) компоновка с организацией опор 2, 3 на концах 4, 5 торсиона 1 улучшает условия работы и подшипников П, и тяг, рациональнее распределяет нагрузки в ТС, обеспечивает прямой доступ к подшипникам П при регламентных работах;

2) в П происходит (за счет зазоров и сферичности) компенсация изгибу вала 1 упругой линии, растормаживается смежность, предотвращается повышенный износ опор 2, 3;

3) использование «покупных» П отечественного производства существенно расширяет возможности крупносерийного производства ТС, импортозамещения;

4) характер взаимосвязи вала 1 с рычагами 6, 7 обеспечивает безударную, надежную передачу крутящих моментов и, как следствие, – снижение перекосов, деформаций и износа подшипников П и самого вала 1.

Результат разработки

Предложено техническое решение, решающее поставленную задачу модернизации. Разработка защищена патентом РФ на изобретение [5], что свидетельствует о ее промышленной применимости, мировом уровне новизны и изобретательском уровне. Очевидны научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность (с включением в учебные базы данных гражданских и военных высших учебных заведений).

Авторы выражают благодарность инженерам-конструкторам Малафееву Виктору Артёмовичу (г. Санкт-Петербург, ВНИИТрансмаш) и Белозерцеву Евгению Олеговичу (г. Мариуполь, Украина) за техническое содействие в разработке изделия.

Заключение

Использование позволит существенно увеличить ТЭХ ТС. Имеют место научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность. Изготовлен и успешно испытан экспериментальный образец ТС. Устройство внедрено на РЖД, защищено патентом РФ на полезную модель.

Список литературы

1. Патент № 2220863 С2 РФ, В61F 5/00. Тележка рельсового транспортного средства / ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (UA); заявка № 2001133703/11 от 10.01.2004; опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 2. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – С. 516–517.
3. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3 книгах. Кн. 3. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 60–61; 75–77.
4. Патент № 2688453 С2 РФ, В61F 5/02. Тележка рельсового двухэтажного пассажирского транспортного средства / ФГБОУ ВО «Брянский гос. технический университет»; заявка № 20017125645/11 от 17.07.2017; опубл. 17.01.2019, Бюл. № 2.
5. Патент № 200948 U1 РФ, В61F 5/24, В60G 21/05. Торсионный узел стабилизатора поперечной устойчивости кузова транспортного средства / Е.О. Белозерцев (UA), С.В. Павлов (RU); ООО «ПРС» (RU). Заявка № 2020126220/11 от 03.08.2020; опубл. 20.11.2020, Бюл. № 32.

Об авторах

Лозин Андрей Васильевич – заведующий лабораторией колесных и гусеничных машин Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: ln.ln@inbox.ru.

Павлов Сергей Викторович – генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «ПетроРемСтрой», г. Санкт-Петербург, e-mail: prs.spb@bk.ru.

Семенов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доктор МАНЭБ, ст. научный сотрудник, Почетный изобретатель Европы и СПб., академик ЕАЕН, РИА, МАНЭБ, ПАНИ, МАСТ, чл.-корр. АВН, доцент Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: angel.777@mail.ru.

С.В. Павлов, А.Г. Семенов

РАЗРАБОТКА НАКОНЕЧНИКА ТЯГИ ТОРСИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУЗОВА ВАГОНА СКОРОСТНОГО ПОЕЗДА

Разработка относится преимущественно к железнодорожному транспорту, конкретно – к подвижному составу, стабилизации вагонов в движении. Разработан конструктивно и функционально новый наконечник тяги в составе торсионного стабилизатора кузова вагона скоростного пассажирского поезда. Применимо и для других видов наземного транспорта. Использование увеличивает надежность и долговечность устройства, делает его легче, проще и дешевле, технологичнее при производстве и ремонте. Оно запатентовано в России как изобретение, успешно испытано и внедрено.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стабилизация поперечного наклона кузова вагона, торсионный стабилизатор, тяга стабилизатора, ресурс работы.

S.V. Pavlov, A.G. Semenov

DEVELOPMENT OF THE THRUST TIP OF THE TORSION STABILIZER LATERAL STABILITY OF A HIGH-SPEED TRAIN CAR BODY

The development relates mainly to railway transport, specifically to rolling stock, the stabilization of cars in motion. A structurally and functionally new thrust tip has been developed as part of the torsion stabilizer of the car body of a high-speed passenger train. It is also applicable for other types of ground transport. The use increases reliability and durability, significantly facilitates, simplifies and reduces the cost of the device, increases the manufacturability of production and repair. It is patented in Russia as an invention, successfully tested and implemented.

Keywords: railway transport, stabilization of the transverse tilt of the car body, torsion stabilizer, stabilizer rod, service life.

Обзор уровня техники

В колесных тележках железнодорожных и трамвайных вагонов применяют, в частности, торсионные стабилизаторы (ТС) с торсионным валом (торсионом) как составляющую системы вторичного подрессоривания [1, 2]. В конструкцию ТС входят левая и правая тяги с наконечниками.

В конструкциях наконечников и по конструктивным признакам близких к ним изделиях (в составе шарошечного бурового долота, в турбомашинах) применяют подшипники радиальные сферические [3].

Выбор объекта сравнения, проблематика

Максимально близким устройством-аналогом (прототипом) принят наконечник [4], в составе которого – подшипник радиальный сферический с вогнутым наружным кольцом в корпусе наконечника плюс выпуклым внутренним кольцом, расположенным на пальце, зафиксированным во избежание и проворота, и осевого смещения.

Такое решение не гарантирует предотвращение упомянутого проворота пальца, прежде всего при перекосах тяги, обусловленных погрешностями изготовления сферических поверхностей сферической формы; при продолжительной работе с износом пары трения. А подшипник, работающий в смазке, не изолирован от внешней среды (при неизбежных потерях смазки и загрязнении абразивом, попадании влаги на палец и внутренние кольца подшипника).

Задачи и цели разработки

Задача – решить технически проблему проворота пальца (оси) в динамике на внутреннем кольце подшипника и проблему перекоса тяги, а также эффективного изолирования подшипникового узла плюс пальца от внешней среды, упрощения устройства с повышением технологичности, предложить конструкцию наконечника для ТС с более высокими технико-эксплуатационными характеристиками (ТЭХ) в части срока службы.

Устройство наконечника в составе тяги

Входящий в состав тяги наконечник содержит (рис. 1, 2) [5] корпус 1 со встроенным в него радиальным сферическим подшипником с вогнутым кольцом наружным 2 (в корпусе 1) и выпуклым кольцом внутренним 3 (на пальце 4).

На концах пальца 4 смонтированы втулки 5 и 6 фланцевого типа (с использованием сопряжения 7, 8 цилиндрической конфигурации и болта 9, 10). Последний ввинчен с торца втулки 5, 6 через сквозное отверстие в палец 4, с эксцентриситетом e по отношению

к оси пальца 4 – для фиксации пальца 4 как от проворота, так и от смещения осевого относительно кузова одновременно. Предусмотрены также возможность жесткой взаимосвязи втулок 5 и 6 с кузовом вагона (отверстия 11 и 12). Плюс последовательно расположенные распорные втулки 13, 14 с упругими кольцевыми прокладками 15 и 16. Кольцо 2 зафиксировано во избежание упорным буртиком 17 корпуса 1 от осевого смещения, а также пружинным стопорным кольцом 18, встроенным в корпус 1. Подшипник с его торцов (рекомендация) закрыт уплотнениями 19 и 20, упруго опертыми на втулки 13, 14 и прикрепленными винтами сквозь кольца 21 и 22 к торцам корпуса 1. На хвостовике 23 – наружная резьба.

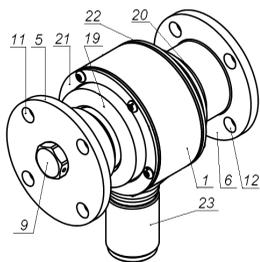


Рис. 1. Наконечник тяги, общий вид

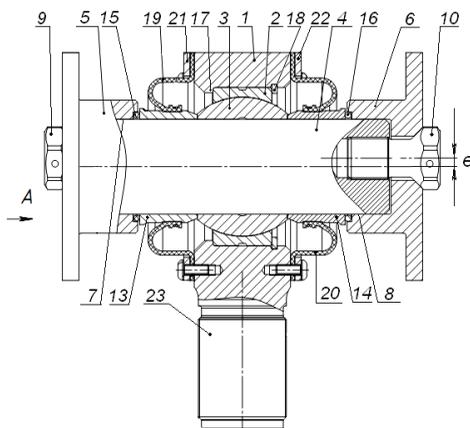


Рис. 2. Наконечник тяги, продольный разрез

Возможность реализации разработки (проекта)

В приведенном примере ТС использованы промышленно производимые комплектующие. В частности, подшипники *GEH 45 ES (SKF)* (одна из причин использования жестких втулок распорного типа), кольца стопорные внутренние *75×2.5 DIN 472*. Техническое решение входит в тех. документацию ООО «ПРС» для двухэтажных пассажирских вагонов. Имеется экспериментальный образец. Устройство внедрено на РЖД.

Работа наконечника тяги

Предусмотренный эксцентриситет «е» осей болтов 9, 10 убедительно исключает проворот пальца 4 по отношению к втулкам 5, 6, что снижает износ пар трения 4–3 сферического подшипника», гарантирует определенность кинематики, позволяет избежать перекоса тяг. И сопряжение 7, 8 лучше выдерживает нагрузки циклического характера, в отличие от шлицевых и шпоночных соединений как средств от проворота. Жесткие втулки 13 и 14 при большей их длине способствуют надежности осевой фиксации и выступают положительным фактором в организации опоры на них уплотнений 19 и 20. Кольцевые прокладки 15, 16 двухфункциональны, обеспечивая так называемую в машиностроении «размерную цепочку» (компенсация технологических погрешностей и т.д.), изолируют от влаги внутреннюю поверхность кольца 3 подшипника и цилиндрическую поверхность пальца 4.

Результат разработки

Предложено техническое решение, решающее поставленную комплексную задачу. Разработка защищена патентом РФ на изобретение [5], что свидетельствует о ее промышленной применимости, мировом уровне новизны и изобретательском уровне. Очевидны научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность (с включением в учебные базы данных гражданских и военных высших учебных заведений).

Авторы выражают благодарность инженеру-конструктору Белозерцеву Евгению Олеговичу (г. Мариуполь, Украина) за техническое содействие в разработке изделия.

Заключение

Использование позволит существенно увеличить ТЭХ ТС. Имеют место научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность. Изготовлен и успешно испытан экспериментальный образец ТС. Устройство внедрено на РЖД, защищено патентом РФ на изобретение, что свидетельствует о ее промышленной применимости, мировом уровне новизны и изобретательском уровне.

Список литературы

1. Патент № 2220863 С2 РФ, В61F 5/00. Тележка рельсового транспортного средства / ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (UA); заявка № 2001133703/11 от 10.01.2004; опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1.
2. Solutions [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ferrabyrne.co.uk/solutions/> (дата выкладки: 25.02.2020).
3. Патент № 2437998 С1, РФ, E21B 10/22. Буровое шарошечное долото (варианты) / И.Я. Пинус. Заявка № 2010119354/03 от 17.05.2010; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 35.
4. Патент № 194133 U1 РФ, F16C 11/06, B62D 7/20. Рулевой наконечник / ООО «Белебеевский завод “Автокомплект”». Заявка № 2019132040 от 10.10.2019; опубл. 28.11.2019, Бюл. № 34.
5. Патент № 2738872 С1 РФ, В61F 5/24, B60G 21/04, A16C 11/06. Наконечник тяги торсионного стабилизатора поперечной устойчивости кузова транспортного средства / Е.О. Белозерцев (UA), С.В. Павлов (RU); ООО «ПРС» (RU); заявка № 2020125363/11 от 22.07.2020; опубл. 17.12.2020, Бюл. № 35.

Об авторах

Павлов Сергей Викторович – генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «ПетроРемСтрой», г. Санкт-Петербург, e-mail: prs.spb@bk.ru.

Семенов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доктор МАНЭБ, ст. научный сотрудник, Почетный изобретатель Европы и СПб., академик ЕАЕН, РИА, МАНЭБ, ПАНИ, МАСТ, чл.-корр. АВН, доцент Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: angel.777@mail.ru.

С.В. Павлов, А.Г. Семенов

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОЕМКОЙ ТЯГИ ТОРСИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУЗОВА ВАГОНА СКОРОСТНОГО ПОЕЗДА ИЛИ РЕЛЬСОВОГО АВТОБУСА

Разработка относится преимущественно к железнодорожному транспорту, конкретно – к подвижному составу, стабилизации вагонов в движении. Разработана конструктивно и функционально новая конструкция тяги (два варианта) в составе торсионного стабилизатора кузова вагона. Применимо и для других видов наземного транспорта, включая рельсовые автобусы для мегаполисов. Использование позволяет увеличить ресурс работы стабилизатора и подвижного состава в целом. Тяга в ее вариантах запатентована в России как изобретение и успешно испытана.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стабилизация поперечного наклона кузова вагона, торсионный стабилизатор, тяга стабилизатора, ресурс работы.

S.V. Pavlov, A.G. Semenov

DEVELOPMENT OF RESOURCE-INTENSIVE TRACTION TORSION BAR STABILIZER TRANSVERSE STABILITY OF THE CAR BODY HIGH-SPEED TRAIN OR RAIL BUS

The development relates mainly to railway transport, specifically to rolling stock, the stabilization of cars in motion. A structurally and functionally new traction design (two variants) has been developed as part of the car's torsion stabilizer. It is also applicable for other types of ground transport, including rail buses for megacities. The use allows you to increase the service life of the stabilizer and the rolling stock as a whole. The traction in its variants is patented in Russia as an invention and has been successfully tested.

Keywords: railway transport, stabilization of the transverse tilt of the car body, torsion stabilizer, stabilizer rod, service life.

Обзор уровня техники

В конструкции колесных тележек железнодорожных и трамвайных вагонов применяют, в частности, торсионные стабилизаторы (ТС) с торсионом, в вагонной системе так называемого «вторичного подрессоривания» [1–3].

Выбор объекта сравнения, проблематика

В качестве наиболее близкого устройства-аналога (прототипа) принята тяга ТС вагона [4]. В условиях знакопеременной передаваемой силы от кузова вагона к торсионному валу через тяги и рычаги тяги также испытывают знакопеременные динамические многоцикличные нагрузки переменного знака, сокращающие срок службы изделия. Так как существующие тяги транспортных средств – это сборки с использованием резьбовых соединений, нагрузки неприемлемы в интересах долговечности и самоотвинчивания. Следует отметить и технологическую их нерациональность.

Задачи и цели разработки

Из предыдущей критики аналогов [1–4] вытекает задача – предложить техническое решение проблемы – сконструировать, спроектировать тягу для ТС с более совершенными технико-эксплуатационными характеристиками (ТЭХ) в части долговечности, ремонтпригодности, массогабаритных показателей и технологичности.

Устройство тяги

Торсионный узел стабилизатора бокового наклона кузова вагона, рельсового автобуса, др. средства транспорта содержит [5] поперечно установленный на раме тележки, посредством разнесенных подшипниковых опор, торсионный вал, концы которого связаны с кузовом левым и правым рычагами и тягами (рис. 1, 2).

Тяга содержит объединенные стержень 9 и корпуса 10, 11 наконечников с гнездами 12, 13 под шарниры. Тяга соединяет по осям гнезд 12, 13, кузов с концом рычага, противоположным взаимосвязи последнего с концом вала. Предусмотрена возможность передачи упомянутых знакопеременных усилий поперечных колебаний кузова на торсион и, соответственно, его упругой закрутки. Тяга выполнена в виде симметричного жесткого талрепа в составе стержня 9 с регулировочным (в части длины тяги) устройством 14 (под ключ), упорными поясками 15, 16 и концами 17, 18 с резьбой, ввинченными в хвостовики 19, 20 с внутренней 21, 22 и наружной 23, 24 резьбами. На хвостовиках 19, 20 навинчено, посредством наружной резьбы 23, 24, по накидной гайке 25, 26. Меж-

ду торцами хвостовиков 19, 20 с накидными гайками 25, 26, с одной стороны, и поясками 15, 16 с др. стороны, установлено по распорной шайбе 31, 32.

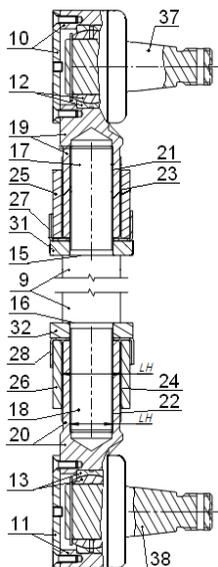


Рис. 1. Тяга по I вар., вид сзади

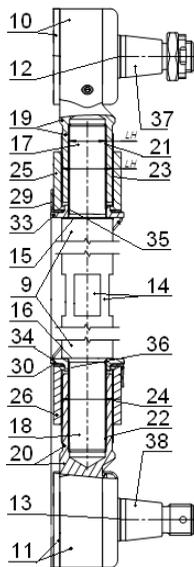


Рис. 2. Тяга по II вар., вид сзади

Возможность реализации разработки (проекта)

Пример реализации: ТС использует освоённые промышленностью современные комплектующие. Техническое решение включено в техническую документацию ООО «ПРС» для двухэтажных пассажирских вагонов мод. 61-779. Опытный образец уже изготовлен.

Работа тяги

Во-первых, сборная конструкция тяги работает особым образом. При растяжении тяги это усилие воспринимают только корпус 10 с его хвостовиком 19 и стержень 9 через их резьбовое соединение 21 («внутреннее» резьбовое соединение 21 в узле). При сжатии тяги в частном ее исполнении с нерезьбовой распорной шайбой 31 это уси-

лие воспринимает корпус 10 с его хвостовиком 19 и стержень 9 через «посредников» – резьбовое соединение 23 («наружное») и накидную гайку 25 (здесь не является только «контргайкой», ее главная функция, как видим, иная, плюс регулировочная) и, последовательно, распорную шайбу 31, упертую в пояс 15 стержня 9. В частном исполнении, с резьбовой упорной шайбой (шайбой-гайкой) 33 (см. рис. 2), дополнительно обеспечена двухпоточность усилия в тяге 9.

Инструменты регулировок – накидная гайка 25 плюс распорная шайба 33.

В обоих исполнениях тяги эти процессы принципиальны, так как приводят к тому, что рабочие элементы нагружены не знакопеременной нагрузкой, а работают в отнулевом цикле. Иначе говоря, в силовых резьбах 21–24 и 35, 36 отсутствуют условия образования зазоров, при этом внутреннее резьбовое соединение («стержень – хвостовик корпуса») работает только на растяжение, а наружное («хвостовик корпуса – накидная гайка») – только на сжатие. Исполнение по рис. 2 дополнительно снимает в режиме сжатия с каждого элемента тяги половину нагрузки – имеет место «двухпоточность» усилий и в пространстве и времени.

В совокупности факторов в обоих частных исполнениях это однозначно приводит к резкому повышению долговечности тяг в целом при меньших габаритах ее деталей.

Результат разработки

Предложено техническое решение, решающее поставленную комплексную задачу. Разработка защищена патентом РФ на изобретение [5], что свидетельствует о ее промышленной применимости, мировом уровне новизны и изобретательском уровне. Очевидны научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность (с включением в учебные базы данных гражданских и военных высших учебных заведений).

Авторы выражают благодарность инженерам-конструкторам Малафееву Виктору Артёмовичу (г. Санкт-Петербург, ВНИИТрансмаш) и Белозерцеву Евгению Олеговичу (г. Мариуполь, Украина) за техническое содействие в разработке изделия.

Заключение

Использование позволит существенно увеличить ТЭХ ТС. Имеют место научно-техническая новизна как наукоемкой и прогрессивной разработки плюс учебно-методическая полезность. Изготовлен и успешно испытан экспериментальный образец ТС. Разработка защищена патентом РФ на изобретение, что свидетельствует о ее промышленной применимости, мировом уровне новизны и изобретательском уровне.

Список литературы

1. Патент № 2220863 С2 РФ, В61F 5/00. Тележка рельсового транспортного средства / ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (UA); заявка № 2001133703/11 от 10.01.2004; опубл. 10.01.2004, Бюл. № 1.

2. Патент № 2376181 С2 РФ, В61F 5/00. Тележка пассажирского вагона / ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (UA); заявка № 2008104166/11 от 04.02.2008; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22 (заявка) и 20.12.2009, Бюл. № 35 (патент).

3. Solutions [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ferrabyrne.co.uk/solutions/> (дата выкладки: 25.02.2020).

4. Патент № 2688453 С2 РФ, В61F 5/02. Тележка рельсового двухэтажного пассажирского транспортного средства / ФГБОУ ВО «Брянский гос. технический университет»; заявка № 20017125645/11 от 17.07.2017; опубл. 17.01.2019, Бюл. № 2.

5. Патент № 2743601 С1 РФ, В61F 5/24, В60G 21/04. Тяга торсионного стабилизатора вагона / Е.О. Белозерцев (UA), С.В. Павлов (RU); ООО «ПРС» (RU); заявка № 2020119963/11 от 09.06.2020; опубл. 20.02.2021, Бюл. № 5.

Об авторах

Павлов Сергей Викторович – генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «ПетроРемСтрой», г. Санкт-Петербург, e-mail: prs.spb@bk.ru.

Семенов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доктор МАНЭБ, ст. научный сотрудник, Почетный изобретатель Европы и СПб., академик ЕАЕН, РИА, МАНЭБ, ПАНИ, МАСТ, чл.-корр. АВН, доцент Высшей школы транспорта, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: angel.777@mail.ru.

К.Г. Пугин, И.Э. Шаякбаров

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ
СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ
МАШИН В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Рассмотрен вопрос обеспечения надежности гидравлических систем дорожно-строительных машин при их эксплуатации в суровых условиях Северных широт Российской Федерации. Теоретически исследован вопрос неравномерного расширения компонентов гидравлических систем. Выполнено математическое моделирование процесса.

Ключевые слова: гидравлический привод, строительные и дорожные машины, тепловой удар, компьютерное моделирование.

K.G. Pugin, I.E. Shayakbarov

**IMPROVING THE RELIABILITY OF HYDRAULIC SYSTEMS
OF CONSTRUCTION, ROAD AND LIFTING MACHINES
IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

The issue of ensuring the reliability of hydraulic systems of road construction machines during their operation in the harsh conditions of the Northern regions of the Russian Federation is considered. The problem of uneven expansion of components of hydraulic systems is theoretically investigated. Mathematical modeling of the process is performed.

Keywords: hydraulic drive, construction and road vehicles, heat stroke, computer modeling.

Основной задачей Российской Федерации на ближайшее время является активное освоение Северных территорий нашего континента, а также Арктики. Особенностью данных территорий является наличие сурового климата, заключающегося в экстремально низких температурах, местами достигающих $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1, 2].

Освоение вышеуказанных территорий неизбежно ведет к большому количеству строительно-дорожных работ, а следовательно, к росту количества техники на рабочих площадках. Данный факт требует обеспечения безотказной работы всего автопарка машин на всех этапах жизненного цикла машины: хранение, транспортировка и эксплуатация.

В своем составе строительная, дорожная и подъемно-транспортная техника имеет ряд систем, эксплуатация которых затруднена при наличии низких температур, например, топливная система, гидравлическая система и т.д. [2].

Гидравлическая система является одной из ключевых, обеспечивающих работу рабочих органов машины, выход из строя которой влечет за собой простой техники и финансовые потери.

Ряд проблем, которые возникают при эксплуатации гидравлики, появляются в результате изменения вязкости гидравлических жидкостей. Это ведет к повышению трения между элементами гидросистемы, появляется повышенное сопротивление в системе. Производители техники для решения данной проблемы устанавливают подогреватели в гидравлические баки машин, тем самым подогревая жидкость и уменьшению вязкости. Однако при подаче нагретой жидкости к неподогретому исполнительному органу системы происходит его неравномерный прогрев, ввиду того, что компоненты выполнены из разных материалов, имеющих различные характеристики, например разные коэффициенты температурного расширения. Данное неравномерное расширение создает повышенный износ компонентов, что в свою очередь может привести к заклиниванию [3–5].

Для тщательного изучения данного вопроса необходимо произвести математическое моделирование процесса. При этом необходимо ввести ряд упрощений:

1) гидроцилиндра представляет собой совокупность двух геометрических фигур: длинный диск (поршень) и трубка с тонкими стенками (цилиндр);

2) в поршне распределение температуры происходит равномерно и симметрично относительно оси и не зависит от осевой координаты;

3) в моделях элементов нет отверстий, модели являются сплошными;

4) не учитывается наличие третьих элементов (например, уплотнительных колец);

5) температура рабочей жидкости в момент подачи – 70 °С, температура окружающей среды – –40 °С.

Для построения математической модели необходимо рассмотреть появляющиеся при нагреве напряжения в элементах гидроцилиндра и их направления (рис. 1).

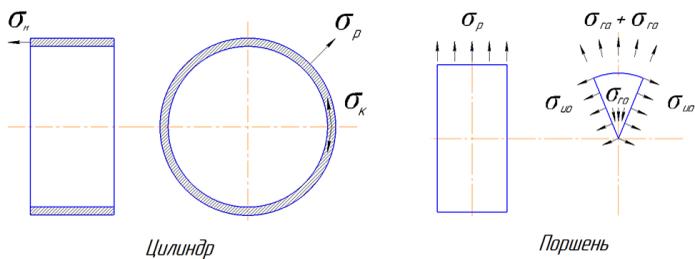


Рис. 1. Напряжения, возникающие в гидроцилиндрах при воздействии температур (для цилиндра: σ_m – меридиальное напряжение, σ_k – кольцевое напряжение, σ_p – радиальное напряжение; для поршня: σ_p – радиальное напряжение, σ_{ω} – окружное напряжение, $\sigma_{го}$ – нормальное радиальное напряжение)

Напряжения, определяемые для каждого элемента, удовлетворяют закону Гука:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_{\theta}}{r} = 0.$$

После всех математических операций и преобразований вышеуказанной формулы получаем выражения для определения напряжений, возникающих при нагреве диска и трубки.

Далее при помощи программного обеспечения MS Excel производится расчёт напряжений. Для этого вводится ряд исходных данных: характеристики материалов, из которых выполнены элементы гидроцилиндра, температура окружающей среды и рабочей жидкости и т.д. Далее программа производит расчёт значений напряжений, появляющихся при воздействии температур.

Окончательным результатом расчётов являются результаты изменения геометрических размеров поршня и цилиндра. При расчётах было выявлено, что поршень увеличится в диаметре (увеличение диаметра составляет 0,032 мм), а цилиндр уменьшится в диаметре, но увеличится в длину (уменьшение диаметра составляет –0,0028 мм).

Далее можно произвести расчёт необходимого теплового зазора между цилиндром и поршнем, исключая вероятность появления повышенного трения и вероятного заклинивания деталей. Для этого необходимо из диаметра, получившегося при нагреве поршня, вычесть диаметр, получившийся при нагреве гильзы. Соот-

ветственно, получаем необходимый зазор в 0,0292 мм (нормативно зазор должен составлять 0,02–0,04 мм).

Подводя итог, можно сделать ряд выводов:

1. Особого внимания заслуживают процессы хранения, транспортировки и эксплуатации строительной, дорожной и подъемно-транспортной техники в Арктической зоне, температура окружающей среды которой достигает до -70 °С.

2. Выявлено, что при эксплуатации техники при низких температурах в гидравлических системах высока вероятность возникновения процессов температурной деформации элементов гидросистем, результатом которой является изменение геометрических размеров деталей, что ведет к повышенному износу или вероятному заклиниванию гидропривода. При расчётах в программном обеспечении MS Excel продемонстрировано возможное изменение размеров элементов гидропривода на примере гидроцилиндра.

3. Необходимо на этапе конструирования учитывать процесс неравномерного нагрева элементов, внося изменения в конструктив гидравлических узлов с учётом эксплуатационных факторов, что в свою очередь позволит повысить надёжность гидравлических систем строительно-дорожных машины

Список литературы

1. АРКТИКА / В.М. Котляков, В.Е. Хаин [и др.] // Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/geography/text/3452274> (дата обращения: 24.02.2022).

2. Пираматов У.А., Пугин К.Г. Совершенствование гидропривода строительно-дорожных машин с целью повышения надёжности // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), г. Пермь, 23–24 апр. 2020 г. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. – Т. 3. – С. 224–228.

3. Пугин К.Г., Шаякбаров И.Э., Власов Д.В. Тепловой удар в гидравлических системах строительных и дорожных машин, эксплуатируемых в условиях низких температур // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – № 1. – С. 16–22.

4. Пугин К.Г., Власов Д.В., Шаякбаров И.Э. Явление теплового удара в гидравлических системах строительных и дорожных ма-

шин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2020. – Т. 1. – С. 163–166.

5. Пугин К.Г., Шаякбаров И.Э. Исследование остывания агрегатов транспортных машин при термостатировании // Транспорт: проблемы, цели, перспективы (транспорт 2020): материалы всерос. науч.-техн. конф., Пермь, 15 февраля 2020 г. / под ред. Е.В. Чабановой. – Пермь: Пермский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта», 2020. – С. 248–252.

Об авторах

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова; доктор технических наук, профессор, Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

Шаякбаров Ильнур Эльмарович – аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ilnur199459@gmail.com.

Научное издание

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)*

г. Пермь, 28–29 апреля 2022 г.

В четырех томах

Том 3

Корректор *М.Н. Афанасьева*

Подписано в печать 13.05.2022. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 14,2. Тираж 25 экз. Заказ № 83/2022.

Отпечатано в типографии ООО «Цифровые решения»
г. Пермь, ул. Т. Барамзиной, 42/3