

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»

Национальная конференция с международным участием

**Международная научно-техническая
конференция молодых ученых
БГТУ им. В.Г. Шухова,
посвященная 300-летию Российской академии наук**



Сборник докладов

Часть 9

***Эффективные материалы, технологии, машины и
оборудование для строительства современных
транспортных сооружений.
Организация и безопасность движения***

Белгород
18- 20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 9. – 446 с.

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами эффективных материалов и технологий для строительства современных транспортных сооружений, а также организацией и безопасностью движения.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01020-2

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

Оглавление

Бублик А.В. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ УГОНА АВТОМОБИЛЕЙ	14
Бутряшов Д.В. ДВУХКОМПОНЕНТНОЕ ГРАНУЛИРОВАНИЕ	17
Воля А.П. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДИЦЕЙ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ	20
Высочин А.А. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ..	24
Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е. СОВРЕМЕННОЕ ПОМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ МАТЕРИАЛОВ	29
Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СНЕГОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ...	35
Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е. МАЛОТОННАЖНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ	38
Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ПОМОЛЬНОМ АГРЕГАТЕ	43
Герасимов С.В., Иванов Н.А. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ..	48
Голубева Н. Д., Ляшенко С. А. ОПИСАНИЕ ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	54
Голубева Н. Д., Ляшенко С. А. АНАЛИЗ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЦЕНТРИРУЮЩИХ УСИЛИЙ.....	60

Голубева Н.Д., Ляшенко С.А.	
АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ	63
Голубева Н.Д., Польшин А.А., Тихонов А.А., Мелентьев Н.А.	
АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СДМ МЕТОДОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	66
Голубева Н.Д., Польшин А.А., Тихонов А.А., Мелентьев Н.А.	
МЕТОД ВЫБОРА СЕТКИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СДМ.....	71
Градусов М.Д.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ УЧАСТКА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ.....	76
Грищенко М.С.	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	80
Демянцев С.Ю.	
РАЗРЯДКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛЕТЯХ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ.....	85
Добровольский Б.В., Василенко В.В.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ.....	88
Ильин И.П.	
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ ...	93
Калинин Е.Н., Смирнов К.Л.	
КОНЦЕПЦИЯ МААС ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ.....	97
Камбур А.С., Кущенко С.В., Воля А.П.	
ВЫЯВЛЕНИЕ ВИДОВ НАРУШЕНИЯ ПДД С ПОМОЩЬЮ ИТС	102
Капральский Я.Р.	

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАМЕРЗАНИЮ–ОТТАИВАНИЮ	105
Карабашева Ю.А.	
ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ОБЛЕДЕНЕНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СТРАНАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ	109
Киндеев О.Н., Лашин М.В., Курлыкина А.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «VISCOGEL» НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ БИТУМА .	113
Кобченко Д.А.	
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СПОРТИВНЫХ ГРУЗОВИКОВ МАРКИ КАМАЗ.....	118
Копейкина Н.Е. ¹ , Фотиади А.А. ² , Иванченко В.В. ¹	
СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ УСТРОЙСТВА ОБЛЕГЧЕННОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ НАСЫПИ НА ДОРОГАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА	121
Косминский Д.А., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.	
РАСЧЕТ ПОДШИПНИКА ГИДРОМОТОРА ЭКСКАВАТОРА ...	126
Косминский Д.А., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.,	
РАЗРАБОТКА УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРА К КОВШУ	130
Крутиков А.Н., Лукьянов А.С., Титко О.М.	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ КОВША ПОГРУЗЧИКА	136
Крутиков А.Н., Лукьянов А.С., Цыбульников А.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ КОВША ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА	139
Кулькипума И.Д.	

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИНЫ НА ЭКВАДОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ	145
Кулькипума И.Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЕИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НДМ-4 ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ ЭКВАДОР	150
Курлыкина А.В., Власова Е.А., Ткачева А.И. ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БИТУМА	154
Кутькина В.Д. КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА	159
Кухар Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛЕГЧЕННЫХ НАСЫПЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ	162
Кушнарев Д.С., Гудов А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	166
Лагутин Р.В., Рогозина Ю.В., Денисов Д.А. СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ.....	170
Ларских Е.Л., Борисова Е.А. АНАЛИЗ СИСТЕМ ГОРОЧНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ.....	175
Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Курлыкина А.В. ВЛИЯНИЕ ДВУХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ «ПОЛИМЕР – ПЛАСТИФИКАТОР» НА ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ ПБВ 90.....	178
Локтионова А.Г. АВТОНОМНЫЕ АВТОМОБИЛИ — ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ БДД.....	185
Лукьяненко Н.О.	

ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОНИЖАЮЩЕГО И ПОГЛОЩАЮЩЕГО ДРЕНАЖА	188
Лукьянов А.С., Крутиков А.Н., Бабкин А.С.	
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ РАМЫ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИЦЕПНОГО ГРЕЙДЕРА	192
Лукьянов А.С., Крутиков А.Н.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОТВАЛ ПРИЦЕПНОГО ГРЕЙДЕРА.....	196
Мальшев А.А.	
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПО ПРИМЕРУ ДОБАВЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ПОЛОС ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА	199
Мальшев А.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	203
Манина Е.Д., Локтионова А.Г.	
УЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ.....	207
Миронов Д.Д., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.	
РАСЧЕТ ШАРИКОВОГО РАДИАЛЬНО-УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ВИБРАЦИОННОГО ВАЛЬЦА	211
Михайлов К.В., Андроник Н.Н., Ратушный Н.Г.	
РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАКА ГУСЕНИЧНОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-18.	215
Михайлова О.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	222

Морозов Е.Н.	
ГАБИОННЫЕ СЕТЧАТЫЕ ИЗДЕЛИЯ И ИХ РОЛЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	227
Мурзина И.С., Таволжанский М.Р.	
МЕХАНИКА ВЗВЕШЕННОГО СЛОЯ С ПОЛИДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	229
Ниязмамедов А.Б.	
ПЕРЕРАБОТКА ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ТАРЫ.....	233
Ниязмамедов А.Б.	
ТЕХНИКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	237
Обухов А.Г., Высоцкая М.А., Курлыкина А.В.	
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЩМА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ НЕОКИСЛЕННОГО СЫРЬЯ	240
Пахомов Е.Г., Романович М.А.	
СМЕСИТЕЛЬ С ЭФФЕКТИВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ.....	246
Пирожков А.В.	
РАЗРАБОТКА СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СМЕСЕЙ.....	249
Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.	
К ВОПРОСУ АКТУАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ	254
Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	257
Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.	

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ СДМ ..	266
Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.	
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ	270
Проценко А.М., Бабуков В.А.	
ПЕРЕРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ	276
Проценко А.М., Пирожков А.В.	
ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	280
Проценко А.М., Пирожков А.В.	
РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ МАСС ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ	284
Рогозина Ю.В., Симонян А.А., Лагутин Р.В.	
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ	287
Рогозина Ю.В., Симонян А.А.	
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДМОСТОВЫХ РУСЕЛ ПРОТИВ РАЗМЫВА	292
Рогозина Ю.В., Симонян А.А., Стеценко Д.Б.	
МЕТОДЫ РАСЧЕТА МЕСТНЫХ РАЗМЫВОВ У ОПОР МОСТОВ	297
Романович М.А., Духанин С.А.	
МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАПЛАВКИ НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ УДАРНО-ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ	300
Салихов Д.Д.	

ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ	305
Сбоева Д.С.	
СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СТРАНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ	307
Свечинский С.А.	
СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН	311
Смирнов К.Л., Перькова А.Ю.	
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК.....	316
Смирнов П.А., Смирнов К.Л.	
ЭТАПЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ	321
Стеценко Д. Б. ¹ , Рогозина Ю.В. ¹ , Фотиади А.А. ²	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	328
Сырых А.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНЫ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	333
Сырых А.А.	
БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	338
Таволжанский М.Р., Мурзина И.С., Новиков А.Н.	
РАСЧЕТ ДВУХРЯДНОГО СФЕРИЧЕСКОГО РОЛИКОПОДШИПНИКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ	341
Тихонов А.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ ВОЛОКОН В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ	345

Тихонов А.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Шуринов А.А. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ	348
Тихонов А.А., Польшин А.А., Мелентьев Н.А., Голубева Н.Д. ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАСШИРЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ	354
Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д. КОНСТРУКЦИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ МАШИН	357
Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д. ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС- ФОРМЫ С ПРОФИЛЬНЫМ КАНАЛОМ ОХЛАЖДЕНИЯ	362
Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д. ТЕОРИЯ РАСЧЁТА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	365
Топский А.А. СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ МАРКИ МАЙБАХ	371
Тулинов О.В. ПРЕИМУЩЕСТВО ИСКУССТВЕННОГО БАЛЛАСТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	376
Угнич Н.С. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН..	379
Фотиади А.А. ¹ , Гнездилова С.А. ² ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗНЫЕ СРОКИ СЛУЖБЫ	383
Химич А.В. УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ КАНАТОВ МОБИЛЬНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ.....	387
Чан А. В.	

ОБЗОР СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	391
Чередниченко Р.В.	
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТЕ ДОРОГ НА НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ	396
Черниченко С.В.	
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИГИНАЛЬНОГО ПРОБЕГА	401
Шаров Э.А., Масальгина Д.А.	
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ПОДРЕЛЬСОВЫХ ОСНОВАНИЙ.....	405
Шаталов В.А., Шавирская Д.С.	
РАЗРАБОТКА ТРЕХВАЛКОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТЕКЛОБОЯ	408
Шаталов В.А., Шавирская Д.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ЗВЕНА	411
Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОГО ВОЗДУШНО- МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	416
Шестаков Ю.Г., Романович М.А.	
ОТВАЛ БУЛЬДОЗЕРА С РЫХЛИТЕЛЬНЫМИ ЗУБЬЯМИ	422
Широбоков А. Д., Мельничук В.К., Дубина Т.В.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА БЫСТРОТОКОВ И ПЕРЕПАДОВ	425
Шишков Д.А.	
РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ, ОСНАЩЕННОГО ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ	430
Юнг А.А.	

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ
..... 434

Юхтанов Д.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ В МОСТОСТРОЕНИИ 439

Ячменёв Д.С.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОРРОЗИИ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ 444

УДК 629.067

Бублик А.В.

*Научный руководитель: Конев А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ УГОНА АВТОМОБИЛЕЙ

В современной России среднее количество угнанных и похищенных автомобилей по данным ГИБДД составляет более 20000 единиц в год. Лидерами в этой области преступлений являются Московская, Ленинградская область и Краснодарский край. Наиболее угоняемыми марками являются: Hyundai, KIA, Toyota. Стоит отметить, что эта цифра с каждым годом немного уменьшается и часть влияния на это оказывает развитие средств защиты от угона. Автомобилисты пытаются различными способами обезопасить свое авто, т.к. одновременно со средствами защиты от угона, развиваются и методы угона. Даже самая новая и дорогая сигнализация не даст 100% защиты от угона.

Необходимо обращать внимание на мелочи. Отходя от машины на небольшой промежуток времени, очень важно закрывать ее на замок, а также поднимать все стекла. Если пренебрегать этими простыми правилами, очень легко потерять свою машину. Если к водителю обращается незнакомец, лучше не открывать дверь, а слегка опустить стекло.

Существуют два основных способа защиты от угона автомобиля, электронные и механические устройства. К самым распространенным электронным устройствам относятся иммобилайзер и сигнализация.

Иммобилайзер-ом оснащены почти все автомобили, выпущенные после 2008 года. Суть работы заключается в том, что он блокирует основные электронные модули, и двигатель нельзя запустить если его запускать без ключа, в котором установлен специальный чип. Стандартный иммобилайзер злоумышленники легко блокируют, т.к. знают его стандартные места установки, для этого есть возможность установить дополнительный иммобилайзер который можно спрятать в любое место в автомобиле и запрограммировать его активацию на скрытую кнопку, пин-кодом на головном устройстве, отпечатком пальца и многим другим.

В современном мире существует огромное кол-во видов охранных комплексов и их развитие так же предоставило злоумышленникам

новые методы угона, бесключевой доступ и автозапуск двигателя преступники взламывают различными устройствами, такими как ретранслятор сигнала (рисунок 1).



Рис. 1 Ретранслятор сигнала

Угонщики работают в паре: один находится в непосредственной близости от автомобиля, а второй, около водителя на расстоянии до нескольких сотен метров у которого находится ключ-метка. Это устройство усиливает сигнал радиоволны, и охранная система думает, что владелец находится в 2-3 метрах от автомобиля. Это распространенный метод с помощью которого угоняют автомобили со стоянок магазинов и бизнес-центров. Наиболее простой способ защиты заключается в использовании экранирующего чехла, который блокирует сигнал, передаваемый ключ-меткой (рисунок 2).



Рис. 2 Чехол для блокировки ретранслятора сигнала

Самый лучший способ сохранения автомобиля является скрытая установка поискового модуля, который отслеживает перемещение автомобиля в режиме реального времени по средствам сети GPS для работы которого нужно установить сим-карту, а также с возможностью автономной работы до нескольких недель. Этот модуль не поможет вам защититься от угона, но очень сильно поспособствует полицейским найти автомобиль.

К основным механическим устройствам можно отнести различные блокираторы и секретки. Основной акцент этих устройств нацелен на потерю времени на угон автомобиля злоумышленником. Такое устройство устанавливают на различные элементы систем управления автомобиля: руль, педали, коробка передач и другие (рисунок 3).



Рис. 3 Блокиратор руля и педалей

Данные средства уже очень давно на рынке, но большой популярностью не пользуются, т.к. устройства громоздкие, а некоторые требуют механического и технического вмешательства в конструкцию автомобиля: магнитные защелки на коробку передач, тумблер перекрытия клапана выхлопной трубы и многое другое. К другим методам технической защиты можно отнести противоугонную маркировку или уникальный рисунок на кузовных элементах автомобиля.

Противоугонную маркировку наносят методами аэрографии на стеклах и зеркалах автомобиля, нанесением скрытых отметок на деталях салона или элементах кузова, о которых будет известно только владельцу.

Уникальный рисунок защищает автомобиль тем, что он становится заметным в потоке, стоянке. Преступники маловероятно будут угонять

заметный автомобиль, который будет выделяться на фоне остальных автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данильян А.С. Установление места нахождения похищенного имущества в процессе расследования преступлений: дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2011. С. 3-25.

2. Гавришев А.А., Бурмистров В.А., Осипов Д.Л. Оценка защищенности беспроводной сигнализации от несанкционированного доступа на основе понятий нечеткой логики - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-zaschischennosti-besprovodnoy-signalizatsii-ot-nesanktsionirovannogo-dostupa-na-osnove-ponyatiy-nechetkoy-logiki/viewer> (дата обращения 15.04.2022).

3. Тимко С.А., Подшивалов А.П. Виктимологические аспекты краж и угонов автомобилей - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/viktimologicheskie-aspekty-krazh-i-ugonov-avtomobiley/viewer> (дата обращения 15.04.2022).

4. Статистика и показатели [официальный сайт] - URL: <https://rosinfostat.ru/ugoni/> (дата обращения 15.04.2022)

5. Установка автосигнализаций и защита от угона – URL: <https://www.ugona.net> (дата обращения 15.04.2022)

6. Щетинин Н. А. Тюнинг автомобилей: учебное пособие / Н. А. Щетинин, Н. А. Загородний, Ю. В. Семикопенко, А. А. Конев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – 184 с.

УДК 66.099.2

Бугряшов Д.В.

Научный руководитель: Бодяков А.Н., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДВУХКОМПОНЕНТНОЕ ГРАНУЛИРОВАНИЕ

Гранулирование – совокупность физических и физико-химических процессов, которые обеспечивают формирование гранул определенных размеров, форм, необходимой структуры, а также физических свойств из порошковых и пылевых материалов. Гранулирование проводят с целью получения промежуточных, а также готовых продуктов более высокого качества. Этот процесс позволяет значительно снизить

склонность пылевых продуктов к слеживанию, тем самым упростить хранение и транспортировку, а также увеличить сроки хранения без значительных изменений свойств [1, 2]. Технологии гранулирования широко применяют в химической, пищевой, фармацевтической, металлургической и других отраслях промышленности.

При выборе способа гранулирования и вида аппарата следует учесть, что гранулирование связано с изменениями агрегатного состояния, формы и свойств гранулята. Гранулирование разделяют по следующим признакам [3]:

- Из жидкой фазы, диспергированием ее на капли с последующей кристаллизацией растворенного вещества при обезвоживании или охлаждения этой фазы;

- Из твердой фазы, прессованием с последующем дроблением брикетов до гранул требуемого размера;

- Из смеси жидкой и твердой фаз, агломерацией порошков с последующей окутыванием агломератов и упрочнением связей между частицами при удалении жидкой фазы;

- Из газообразной фазы – конденсацией (десублимацией) с образованием твердых гранул;

- Из смеси жидкой и газообразной фазы при протекании химической реакции;

- Из смеси жидкой, твердой и газообразной фазы при протекании химической реакции.

Метод грануляции зависит, от выбора типа оборудования для гранулирования. Виды и конструкции этих машин очень разнообразны: вибрирующие, вращающиеся, неподвижные, механическим перемешиванием.

Идеальным видом конструкции, является та, которая ведет процесс к наибольшей производительности и лучшему качеству выпускаемого продукта, при самых минимальных затратах. Учитывается стабильность работы аппарата, при постоянном использовании, но и с недорогими деталями для его починки. В итоге идеальное оборудование для грануляции порошков должно быть: компактным, надежным и снижать собственную себестоимость.

1) Гранулирование методом окатывания. Окатывание включает следующие стадии: смачивание частиц материала связующим, в результате чего образуются агломераты частиц, уплотнение агломератов в слое материала [4]. Процесс осуществляют в барабанных, тарельчатых, скоростных и вибрационных грануляторах. Окатывание в барабанном грануляторе происходит на боковой цилиндрической поверхности, в тарельчатом – на поверхности днища тарелки [5].

2) Гранулирование прессованием. Прессование можно производить в глухую матрицу с получением гранул в форме брикетов, плиток, таблеток путем уплотнения сухих порошков или порошков со связующим, иногда с последующим дроблением спрессованного материала [4] или методом экструзии. Применяют валковые и вальцовые прессы, таблеточные машины, зубчатые роторные грануляторы. Для непрерывной подачи порошка и его предварительного уплотнения используют подпрессовыватель (спиралевидный шнек). Экструзия – образование гранул путем продавливания пластично-вязкой массы с помощью шнека через головку экструдера с последующим разрезанием или дроблением материала [4, 6]. Метод используют в основном для гранулирования термопластов, каучуков и резиновых смесей, а также концентрированных кормов.

3) Гранулирование сухого порошка. Такой процесс применяется компанией «С.Д. Верен» (США) в печи фирмы «Дор-Оливер» при обжиге каустизационного шлама с целью получения активной гранулированной извести. В составе шлама есть примеси, которые плавятся при температуре процесса и связывают известь в гранулы. Вертикальная шахта разделена на две части газораспределительной решеткой. В верхней части происходят сушка и предварительный подогрев шлама, содержащего 1% соды. Диссоциация CaCO_3 происходит в нижней высокотемпературной зоне. Выше уровня ввода топлива поддерживается псевдооживленный слой, ниже происходит охлаждение гранулированной извести в плотном слое воздухом [4].

Достоинствами процесса псевдооживления является возможность автоматизации процесса, проведения в одном аппарате нескольких процессов, непрерывность, большая производительность. Однако кипящий слой предполагает непрерывное многотоннажное производство. Для предприятия с односменным графиком работы более подходит процесс окатывания с периодической схемой производства [7.8]. В нашем случае – это загрузка, смешение, гранулирование, сушка и выгрузка.

Двухкомпонентное гранулирование представляет собой процесс получения гранул, состоящих из двух компонентов: ядра и оболочки. В ходе исследований были опробованы все доступные методы гранулирования. Получение двухкомпонентной гранулы наиболее эффективно достигается методом окатывания на тарельчатом грануляторе с использованием вяжущего вещества. Полученные ядра отправляют на вторичное окатывание порошком (вторым компонентом), после чего материал отправляют на хранение при

температуре окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М., Химия, 1982.- 272с.

2. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ГРАНУЛИРОВАНИЯ. URL: <https://msd.com.ua>

3. П. В. Классен, И. Г. Гришаев, И. П. Шомин. Гранулирование – М.,: Химия, 1991.- 240 с.

4. Вилесов Н. Г., Схрипко В. Я., Ломазов В. Л., Танченко И. М., Процессы гранулирования в промышленности. —Техника, 1976, 192 с.

5. Оборудование для компактирования и грануляции - Студопедия. URL: <https://studopedia.ru>

6. Шкарпеткин Е. А. Анализ методов получения гранул и средств для их реализации //Наука и современность. – 2010. – №. 2-2. – С. 378-383.

7. Bondarenko S. N., Bodayakov A. N., Lebedev M. S. Metallurgical Waste Recycling for Transport Construction //International Conference Industrial and Civil Construction, 2021. – С. 79-84.

8. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности. URL: <http://docme.ru>

УДК 656.1

Воля А.П.

*Научный руководитель: Кущенко Л.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДИЦЕЙ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ

Проблема гололедицы крайне распространена в России. В зимнее время из-за скользкости на дорогах возрастает вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Также вследствие тяжелых погодных условий зимой увеличивается протяженность заторов.

Поскольку зима в Финляндии существенно не отличается от зимы средней полосы России, целесообразно ознакомиться со статистикой ДТП в зимнее время.

Количество погибших и раненых в ДТП в Финляндии 2017 г - январь, февраль 2018 г *в сравнении с* 2021 г - январь, февраль 2022 г

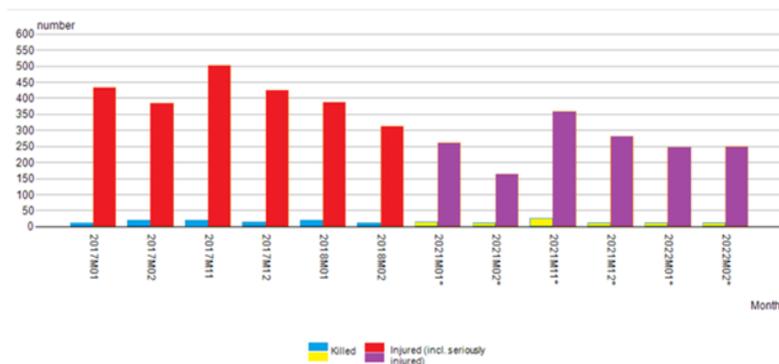


Рис. 1 Статистика ДТП с пострадавшими в Финляндии (зимнее время)

По представленным данным видно, что за 5 лет в Финляндии снижается количество пострадавших в ДТП в зимний период времени. Это говорит о том, что финны весьма успешно противостоят гололедице, поскольку сезонная скользкость является одной из ключевых причин повышенной опасности возникновения ДТП.

Кроме того, в результате тяжелых погодных условий в дорожном покрытии образуются трещины и ямы.



Рис.2 Неудовлетворительное состояние дорожного покрытия

Для борьбы с явлением гололедицы в России практически повсеместно используются противогололедные реагенты и песок. Однако, песок становится грязью, а реагенты - чаще всего представляют собой соли, смеси солей. Эти вещества вступают в реакцию со льдом, быстро его плавят и после защищают дорожное покрытие, понижая температуру замерзания воды. Но есть нюанс - коррозия металлов. Соль разъедает автомобили и портит обувь пешеходов. Кроме того, вредна для почвы, труб и водоемов, куда со стоками она и попадает.

Существуют альтернативные методы противодействия гололедице. Особенно показателен опыт северных стран.

В Финляндии обогревают дороги электричеством с помощью интегрированных в дорожное покрытие в слой бетона нагревательных кабелей. Также, дорожные службы используют фрикционный метод, основанный на действии силы трения. Дорогу посыпают гранитной/мраморной крошкой. Никаких химических реакций не происходит, обеспечивается хорошее сцепление, не растворяется, можно повторно использовать. Однако, эффективна только не на голом асфальте, поскольку в этом случае будет разрушаться дорожное покрытие и страдать днища автомобилей. Для повторного использования крошки требуется сбор и промывка водой.

В Норвегии тепловые коммуникации прокладываются вдоль под пешеходными дорожками и автомагистралями. Лед и снег неизбежно таят.

Исландия использует для топки льда воду из подземных термальных источников. Тепловые трубы вмонтированы под дорожное покрытие в слой бетона и тротуары.



Рис. 3 Система топки льда под тротуаром в Исландии

В США в штате Мичиган в городе Холланд так же установлена гидравлическая система топки льда.



Рис. 4 Работа подогрева Холланд, Мичиган

Хотя сооружение дорожного покрытия с подогревом стоит дорого, затраты окупаются посредством того, что не потребуются ежегодные работы по замене дорожного покрытия, благодаря постоянному уровню влажности и температуры внутри покрытия. Не нужны будут и противогололедные реагенты и работа снегоуборочной техники. А также существенно возрастет безопасность дорожной сети для всех участников движения.

Таким образом, при использовании современных способов борьбы с гололедицей повышается коэффициент сцепления, существенно снижается возможность возникновения ДТП из-за скользкости. Повышается эффективность и улучшается экология по очистке дорог. Ремонт дорожного покрытия не будет требовать частоты, и сократится в целом объем ремонтных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владыкина А.Н., Исаков В.Г., Дягелев М.Ю. Альтернативный метод содержания автомобильных дорог в зимний период // Химия. Экология. Урбанистика. - 2017. - С. 221-224.

2. Пшембаев М.К., Ковалев Я.Н., Яглов В.Н., Гирицкий В.В. Способы борьбы с зимней скользкостью // Наука и техника. - 2020. - №3. - С. 230-240.

3. Л.Е. Кущенко, А.А. Кравченко, П.П. Рыжкин, Л.А. Королева Влияние состояния качества автомобильных дорог на ДТП // Мир транспорта и технологических машин. - 2020. - №1 (68). - С. 49-58.

4. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С. 166-168.

5. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases // stat.fi URL: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__lii__ton/statfin_ton_pxt_12sd.px/ (дата обращения: 15.05.2022).

УДК 666.94:621.926

Высочин А.А.

Научный руководитель: Голубенко Н.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Автомобилестроение является одним из крупнейших потребителей конструкционных материалов. Несмотря на увеличение использования в автомобилестроении доли новых конструкционных материалов, ведущую роль в производстве продолжает играть стальной прокат.

Выбор материала и термообработки деталей машин определяется конструктивными соображениями (обеспечение надежности), а также – технологическими (единичное, серийное, массовое производство) и экономическими.

Для изготовления деталей машин широко применяют стали и чугуны, а также алюминиевые, магниевые, титановые и медные сплавы. [8]

Стаями называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2%. По сравнению с другими материалами стали имеют высокую прочность, пластичность, хорошо обрабатываются термически, химико-термически и механически.

Основой конструкционных материалов стали металлические сплавы на основе железа, меди, олова, свинца.

В зависимости от содержания углерода стали подразделяют на низкоуглеродистые ($C \leq 0,25\%$), среднеуглеродистые ($C = 0,25 \dots 0,6\%$)

и высокоуглеродистые ($C > 0,6\%$). С увеличением содержания углерода возрастает прочность и снижается пластичность сталей.

Из углеродистых сталей обыкновенного качества для изготовления неотчетственных деталей (корпусов, крепежа и др.) наиболее часто используют мартеновские стали, обозначаемые буквами Ст и номерами в порядке возрастания прочности.

Чугунами называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода свыше 2%. Чугуны имеют высокие литейные и невысокие пластичные свойства в сравнении со сталями.

В зависимости от структуры чугуны подразделяют на белые, ковкие и серые.

Белый чугун, обладающий высокой твердостью и хрупкостью, обрабатывают резанием твердосплавным инструментом. Используют для изготовления тормозных колодок и других деталей, взаимодействующих с абразивом.

Ковкий чугун применяют для деталей, получаемых литьем, его не обрабатывают давлением из-за низкой пластичности. Он имеет высокую прочность.

Серый чугун является основным литейным материалом в машиностроении. Его используют для изготовления деталей сложной конфигурации при отсутствии жестких требований к габаритам и массе (зубчатые колеса, валы, детали корпусов, шкивы ременных передач). Он имеет высокие литейные свойства, среднюю прочность, удовлетворительную износостойкость, высокую демпфирующую способность, хорошо обрабатывается резанием.

Композитные материалы для автомобилей заметно потеснили на рынке привычный металл, причем не только сталь, но и алюминиевые сплавы, которые до недавнего времени считались во всех отношениях лучшими. В настоящее время композиционные материалы используются при создании практически любого узла автомобиля [5].

Одним из главных козырей композитных материалов является их низкая плотность. Кубический сантиметр углепластика или стеклопластика весит до 2 грамм. Это примерно в 4 раза меньше, чем у стали, в 2,5 раза – титана, и на 35% – алюминия. При равной толщине стенок, деталь из композитного материала будет намного легче металлической.

Снижение веса конструкций особо актуально для покоряющих рынок электромобилей. Чем больше лишней массы смогут убрать конструкторы – тем больше груз батарей можно разместить на борту. Даже экономия 100 кг веса уже сейчас позволяет добавить 25 кВт·ч

полезной емкости аккумулятора, обеспечивающих примерно +100 км пробега [2].

Обладая малой массой, композитные материалы, при этом, отличаются высокой прочностью. Их удельная прочность превышает таковую у стали и алюминия. Благодаря этому автомобиль, сделанный из композитов, получится значительно легче стального, при схожем уровне надежности.

Детали, не имеющие несущих или защитных функций, такие как крылья, капот, бамперы, плоскость крыши уже сейчас можно смело делать из композитов. С элементами, теоретически подверженными ударным нагрузкам, есть определенные нюансы, но они не выглядят неразрешимой проблемой и в будущем устранимы.

Применение таких материалов в автомобильной промышленности ограничивают, главным образом, два фактора. Во-первых, многие армированные полимеры боятся ударных нагрузок. Карбоновая труба, выдерживающая огромные усилия на сжатие или растяжение, может треснуть от удара обычным молотком. Второй недостаток – дороговизна, детали из стали и алюминия пока что обходятся существенно дешевле [7].

Интерметаллиды – новый класс материалов (химические соединения металлов), которые по своей структуре занимают промежуточное положение между металлами и керамикой. Они имеют сложную кристаллическую структуру с наличием в межатомных связях до 30% ковалентной связи, что и определяет их физико-механические свойства: высокую жаропрочность, низкую плотность и возгораемость в кислороде, высокую износостойкость. Интерметаллидные сплавы называют материалами следующего поколения, так как этим сплавам присущ эффект запоминания формы. Этот эффект проявляется в том, что после придания образцу определенной формы при повышенной температуре ему придают новую форму пластической деформацией при более низкой температуре, а после нагрева исходная форма образца (детали) восстанавливается. Характерными деталями, изготавливаемыми из них, будут самые крупные элементы оперения: крыша, капот, передние крылья. За счет большой площади и не самой высокой нагруженности применение композитных материалов помогает существенно снизить массу изделий и сроки их изготовления [4].

Настолько широкое применение композитных материалов говорит о том, что данные материалы и технологии их переработки способны решать самые сложные производственные задачи и гарантировать

изделиям соответствие самому высокому уровню предъявляемых к ним требований.

Области использования интерметаллидов и сплавов на их основе чрезвычайно широкие из-за большого разнообразия их свойств. К этим материалам относятся сплавы с особыми физическими и химическими свойствами. Жаропрочные алюминиды и сплавы на их основе представляют значительный интерес для авиационной и аэрокосмической техники вследствие высокой стабильности, жаропрочности и жаростойкости.

Сплавы на основе алюминидов никеля могут быть использованы в качестве конструкционных литейных материалов для изготовления деталей машин, работающих длительное время при повышенных температурах в окислительных средах, причем, для обеспечения их работоспособности в этих условиях не требуется специальной защиты. Использование этих сплавов в промышленности позволит существенно повысить срок службы и эксплуатационную надежность деталей, уменьшить их вес.

Интерметаллидные соединения и сплавы на их основе являются перспективными конструкционными материалами для работы при высоких температурах. Считается, что использование данных материалов может открыть новую эру в создании двигателей для аэрокосмической техники и развитии других отраслей промышленности [3].

Композиционные материалы – самый интенсивно развивающийся сегмент на рынке материалов. Повышенная прочность, пластичность, термостойкость, малая плотность – эти преимущества позволяют композитам все больше и больше вытеснять классические материалы – дерево, металлы, камень. Композиты интенсивно входят в привычный мир каждого человека, их применение в автомобилестроении, авиастроении и других отраслях экономики с каждым годом увеличивается [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что для продолжения дальнейшего успешного внедрения композиционных материалов в автомобилестроении необходимо решить несколько задач. Во-первых, сократить цикл изготовления деталей до нескольких минут, что позволит осуществлять их массовое производство и снизить количество необходимого оборудования. Во-вторых, обеспечить их приемлемую рыночную стоимость, что связано как с решением первой задачи, так и со снижением стоимости исходных материалов. И наконец, необходимо создать современные автоматизированные производства, на которых будут работать специалисты по проектированию и разработке

современных технологических процессов, а также по сопровождению конструкций из полимерных композитов на протяжении всего жизненного цикла – вплоть до утилизации [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Композитные материалы в автомобильной промышленности URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1117 (дата обращения: 25.04.2022).

2. Использование пластики в автомобилестроении URL: <https://zen.yandex.ru/media/inznan/pochemu-avtomobili-ne-delaiut-iz-plastika-i-horosho-li-eto-mnenie-materialoveda-601cf870b426f776c0d3b4aa> (дата обращения: 25.04.2022).

3. Области использования сплавов на основе интерметаллидов URL: https://studbooks.net/608741/tovarovedenie/oblasti_ispolzovaniya_splavov_osnove_intermetallidov (дата обращения: 25.04.2022).

4. Композиты в автомобильной промышленности URL: <https://compositeworld.ru/articles/app/id60219e6897730173ee269692> (дата обращения: 25.04.2022).

5. Композитные материалы в автомобилестроении URL: <https://ktzcomposit.ru/responsible-to-environment/> (дата обращения: 25.04.2022).

6. Почему за авто из композитных материалов – будущее URL: <https://zen.yandex.ru/media/hyperu/pochemu-za-avto-iz-kompozitnyh-materialov--buduscee-5c88c8a5d2fa8100b4ef27cc> (дата обращения: 25.04.2022).

7. Новые материалы в автомобилестроении URL: <http://aneks.spb.ru/srednee-spetsialnoe-obrazovanie/novye-materialy-v-avtomobilestroenii.html> (дата обращения: 25.04.2022).

8. Толмачев Д.И., Голубенко Н.В. Использование КПГ и СПГ в качестве моторного топлива на автотранспорте // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Междунар. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2-х томах. Отв. редактор А.В. Медведев. Тюмень. 2018. 437–444 с. (дата обращения: 25.04.2022).

*Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е.
Научный руководитель: Сеница Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННОЕ ПОМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время, в зависимости от различных технологических требований, в промышленности эксплуатируются разнообразные виды помольного оборудования центробежного типа. Различные варианты систематизации измельчителей приведены во многих трудах.

Для тонкого измельчения различных материалов из числа центробежных мельниц чаще всего применяют вибрационные, роторные и дезинтеграторные. Эффективность работы этих мельниц, экономичность (что важно при их промышленном использовании) и диапазон дисперсности, в котором они дают лучшие результаты, зависят от многих факторов.

Дезинтеграторные мельницы используются, в основном, для измельчения сравнительно мягких материалов, абразивность которых достаточно мала. Но при некоторых технических решениях возможен помол и твердых материалов. Кроме того, они требуют тщательной балансировки роторов.

Дезинтеграторы (рисунок 1.) содержат в своем кожухе два вращающихся навстречу друг другу диска с расположенными с внутренней стороны по концентрическим окружностям рядами бил цилиндрической (иногда конической или призматической) формы.

Некоторые конструкции данных машин имеют ряд преимуществ: возможность переработки материалов, содержащих вязкие включения до 15-20%, осуществление внутреннего рецикла материалов, сочетание в рабочем объеме одного агрегата процессов измельчения и смешения [5].

Основными недостатками дезинтеграторов являются: значительные перегрузки, которые испытывает ротор при больших скоростях вращения; повышенный износ пальцев, который с интенсификацией процесса (ростом скорости) только увеличивается; необходимость исключения попадания в дезинтегратор крупных и недробимых материалов.

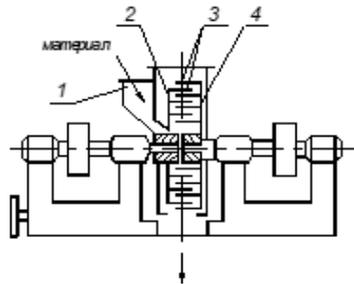


Рис. 1 Дезинтегратор:

- 1 – течка; 2 – внутренний ротор; 3 – рабочие элементы;
4 – наружный ротор

Для получения высокодисперсных материалов с частицами размером менее 60 мкм наиболее подходящими являются вибромельницы [2, 4]. В сравнении с другими конструкциями центробежных измельчителей применение вибрационных мельниц обеспечивает: повышение производительности за счет сокращения времени помола; достижение высокой тонины помола; возможность использования мелющих тел из различных материалов; проведение процесса измельчения в инертной среде, вакууме, при различных температурных режимах.

Эффективность измельчения в вибрационной мельнице зависит не только от свойств материалов, но определяется также частотой и амплитудой колебаний, твердостью, размерами и количеством шаров, формой и объемом помольной камеры, степенью ее заполнения измельчаемым материалом, условием его поступления и скоростью удаления измельченного продукта.

В зависимости от способа возбуждения вибрации их делят на мельницы гирационного и инерционного типов [1].

Инерционные и гирационные вибрационные мельницы имеют ряд технологических недостатков: вследствие размещения вибратора внутри барабана затрудняется работа мелющих тел, снижается их эффективность, повышается удельный расход энергии и увеличивается износ деталей; из-за расположения в корпусе измельчителя большого числа мелющих тел (коэффициент заполнения 0,8-0,9) затруднен непрерывный и равномерный вывод готового продукта из зоны измельчения; высокая энергонапряженность в процессе измельчения приводит к сильному нагреванию системы, что вынуждает принимать специальные меры для отвода тепла принудительным охлаждением;

сравнительно малая производительность, связанная с трудностями передачи высокочастотной вибрации на большие массы шаров. Поэтому мельницы данного типа нашли применение, в основном, в лабораторном оборудовании и малотоннажном производстве.

Перечисленные выше недостатки в значительной мере устранены в вибрационном измельчителе с вынесенным вибратором (рисунок 2) [6].

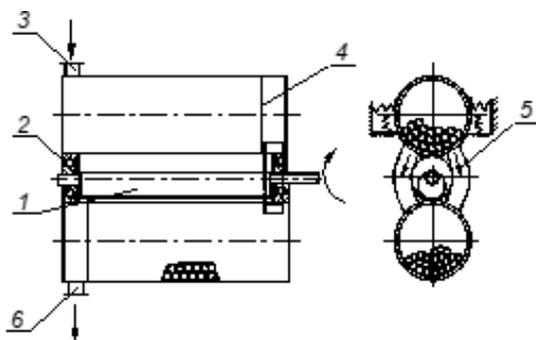


Рис. 2 Вибрационная мельница с вынесенным вибратором:
1 – дебалансный вал; 2 – подшипники; 3 – штуцер питания; 4 –
ограничительная решетка; 5 – переточные рукава; 6 – штуцер разгрузки.

Мельница состоит из трех горизонтальных барабанов, расположенных друг над другом. В среднем барабане размещен дебалансный вал 1, вращающийся в подшипниках 2. Под действием вращающегося дисбаланса вибровозбудителя помольные барабаны совершают вибрационно-вращательное движение, при котором измельчающим телам сообщается ускорение, от 3 до 10 раз превышающее ускорение силы тяжести, так что находящийся между ними материал подвергается главным образом ударным нагрузкам, повторяющимся с большой частотой.

В крайние барабаны загружаются мелющие тела. Материал, подлежащий измельчению, подается через штуцер 3. В конце первого барабана перед переточным рукавом установлена ограничительная решетка 4, которая пропускает материал и задерживает мелющие тела. Материал, выйдя из верхнего барабана, по переточным рукавам 5 попадает в нижний барабан, где продолжается процесс измельчения (доизмельчения). Готовый продукт, пройдя ограничительную решетку, выходит через штуцер 6.

Поиск высокоэффективного способа сверхтонкого измельчения

привел к созданию планетарных мельниц [3]. В начале 60-х годов 20 века в Германии появились первые лабораторные мельницы планетарного типа.

Основными преимуществами являются: высокая скорость измельчения; значительное увеличение ассортимента измельчаемых материалов; эксплуатационная надежность; гибкость, адаптация к требованиям заказчика.

Область применения планетарных мельниц (рисунок 3) включает размол материалов; производство пигментов, абразивных материалов, стекла, керамики, цемента и других строительных материалов; смешение компонентов; получение тонких и сверхтонких порошков, например, для химической, фармацевтической промышленности, для порошковой металлургии, в лакокрасочном производстве и др.

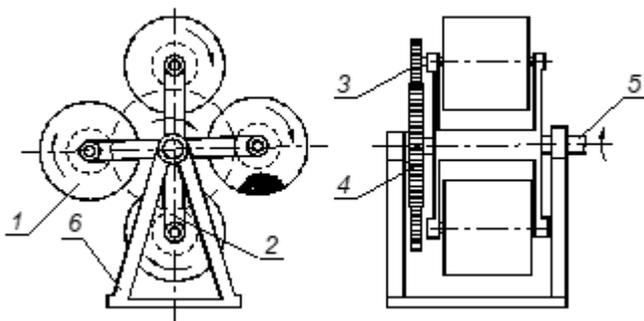


Рис. 3 Планетарная мельница: 1 – барабанная мельница; 2 – водило; 3 – приводная шестерня; 4 – неподвижное зубчатое колесо; 5 – приводной вал; 6 – станина

Планетарная мельница представляет собой несколько небольших барабанных измельчителей 1, смонтированных на вертикальном водиле 2. На оси каждого измельчителя насажены шестерни 3, которые находятся в зацеплении с неподвижным зубчатым колесом 4. При вращении водила барабанные измельчители вращаются как относительно оси водила, так и вокруг собственных осей. Находящиеся в барабанах мелющие тела совершают сложное движение и при столкновении со стенками барабанов и взаимном друг с другом измельчают материал.

Основной недостаток, ограничивающий внедрение планетарных мельниц – сложность конструкции и отсутствие технических решений

по разработке надежной системы непрерывной загрузки барабана, а также сложность моделирования процессов, происходящих внутри помольных камер.

Еще одним видом помольных агрегатов, часто применяющимся в малотоннажных производствах, являются центробежные мельницы [7].

Центробежные мельницы (рисунок 4) применяются для тонкого и сверхтонкого помола при производстве вяжущих строительных материалов (цемента, извести, гипса), тонкой керамики, стекла, огнеупорных и других изделий. Отличительной особенностью центробежных мельниц является высокоэффективное измельчение за счет интенсивного движения мелющих тел при сложном плоскопараллельном перемещении помольного барабана.

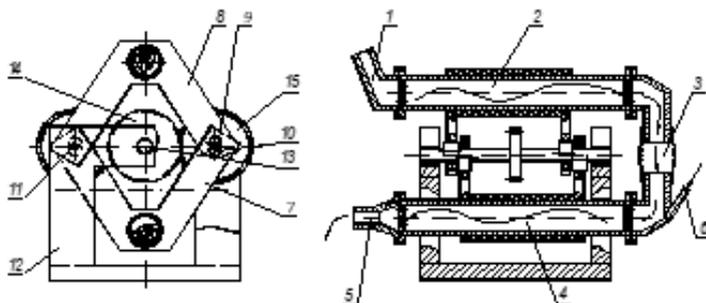


Рис. 4 Центробежная мельница

1 – загрузочный патрубок; 2 – верхняя помольная камера; 3 – переходное устройство; 4 – нижняя помольная камера; 5 – разгрузочный патрубок; 6 – дополнительный патрубок; 7 – нижнее водило; 8 – верхнее водило; 9, 10 – эксцентриковые шейки; 11 – приводной вал; 12 – корпус; 13 – ведущий вал; 14 – ведущая шестерня; 15 – ведомая шестерня

Сущность работы центробежной мельницы заключается в следующем. Исходный материал через загрузочный патрубок 1 поступает в верхнюю помольную камеру 2, перемещение которой по круговой траектории вызывает возникновение внутри нее инерционных сил. Продольное перемещение материала внутри помольной камеры обеспечивается его круговым перемещением вместе с мелющими телами и подпором загружаемого материала. Далее измельчаемый материал при помощи гибкого переходного устройства 3 попадает в нижнюю помольную камеру 4, в которой процесс измельчения аналогичен процессу, происходящему в верхней камере. Выход материала из нижней помольной камеры происходит через

разгрузочный патрубок 5. При необходимости могут быть введены дополнительные компоненты через патрубок 6. Круговое перемещение нижнего 7 и верхнего 8 водил с помольными камерами осуществляется синхронным вращением эксцентриковых шеек 9 и 10 приводных валов 11, установленных в корпусе 12 мельницы. Вращение на валы передается от ведущего вала 13 через зубчатые колеса 14 и 15.

В данной статье изучено состояние помольного оборудования центробежного типа с различной динамикой воздействия мелющей загрузки для тонкого и сверхтонкого измельчения материалов, определены направления его совершенствования и расширения функциональных возможностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бауман, В. А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В.А. Бауман, И.И. Быховский. – М., Высш. шк., 1977. – 256 с.

2. Бот Г.У. Некоторые проблемы вибрационного измельчения / Г.У. Бот // Труды Европейского Совещания по измельчению. – М.: Стройиздат, 1966. – С. 435– 443.

3. Ким Бен Ги Исследование планетарной мельницы для тонкого измельчения горных пород с целью установления ее оптимальных безразмерных параметров: дис.канд.техн.наук / Ким Бен Ги. – М.: 1975. – 186 с.

4. Лесин А.Д. Вибрационное измельчение материалов. Элементы теории и методика расчета основных параметров вибромельниц / А.Д. Лесин. – М.: Промстройиздат, 1957. – 115 с.

5. Пат. 2168361 Российская Федерация, в 02С 13/22. Дезинтегратор / Севостьянов В.С., Богомолов А.А., Гендриксон В.В., Михайличенко С.А., Быков Ю.В., Шаталов А.В., Темников А.А.; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов; опубл. 10.06.2001, Бюл. №27.

6. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. – М.: Химия, 1968. – С. 375–377.

7. Хетугаров В.Н. Разработка и проектирование центробежных мельниц вертикального типа / В.Н. Хетугаров. – Владикавказ, 1999. – 243 с.

*Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е.
Научный руководитель Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СНЕГОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ

В настоящее время ввиду сложившейся ситуации с аномальными погодными условиями каждый год огромное количество стран страдают от сильных снежных завалов, которые требуют своевременного и оперативного удаления.

При расчистке дорог, особенно просёлочных, требуется повышенная проходимость транспортных средств. Применяемые бульдозеры и автогрейдеры в силу специфики применяемого отвального оборудования перемещают снег к обочинам дороги, уменьшая ширину проезжей части и, как следствие, уменьшая пропускную способность дороги. Результатом этого являются заторы и повышенная аварийность [1,4].

В связи с этим наибольшую популярность получили роторные снегоочистители, которые используются для уборки слежавшегося или свежевывавшего снега, перебрасывая его в сторону или перемещая в транспортные средства. Также используются для погрузки валов и куч, образованных после работы плужно-щеточных снегоочистителей.

Популярность роторных снегоочистителей объясняется простым конструктивным исполнением, качеством и скоростью выполняемой работы. А также, в частности, шнекороторные снегоочистители могут выполнять межсезонные работы, что позволяет использовать рабочий орган по максимуму и получать производственно-экономический эффект в течение года.

Актуальными на сегодняшний день остаются разработки эффективных снегоочистителей для качественной уборки снега. А также возможность использовать их в межсезонье.

Основными требованиями, предъявляемыми к снегоочистителям, являются: высокая эффективность и качество уборки снега, незначительные удельные энергозатраты, невысокая металлоёмкость и широкое технологическое применение рабочего органа.

Проведённые исследования по уборке снега показали, что физические свойства убираемого снега различны в зависимости от

толщины убираемого слоя. Дело в том, что верхние слои снега испытывают только атмосферное давление, поэтому его плотность сравнительно невелика ($\rho = 200 \text{ кг/м}^3$ – плотность свежеснежавшего снега). Нижние слои испытывают силу тяжести верхних слоёв, тем самым он естественным образом уплотняется, причём имеет место явление слёживаемости. Причём разность температур на поверхности и на глубине до 1 метра значительна, поэтому не исключено подтаивание снега. Тем самым его плотность в несколько раз выше плотности верхнего слоя и может достигать $\rho = 400\text{-}600 \text{ кг/м}^3$. Исходя из этого, очевидно, что нагрузки, которые испытывает снегоочиститель, довольно велики. Для снижения нагрузок на рабочий орган и повышения эффективности уборки снега слоем свыше 1 метра следует серьёзно отнестись к выбору используемых шнеков, т.к. каждый вид шнека направлен на конкретный тип материала с определёнными физико-механическими свойствами [2,3].

Недостатками существующих снегоочистителей являются сложность конструкций, небольшая производительность, связанная с налипанием снега на рабочие органы.

С целью повышения эффективности снегоочистителей предложена конструкция шнекороторного снегоочистителя с комбинированным типом шнеков для уборки снега до 1,5 м (рисунок 1).

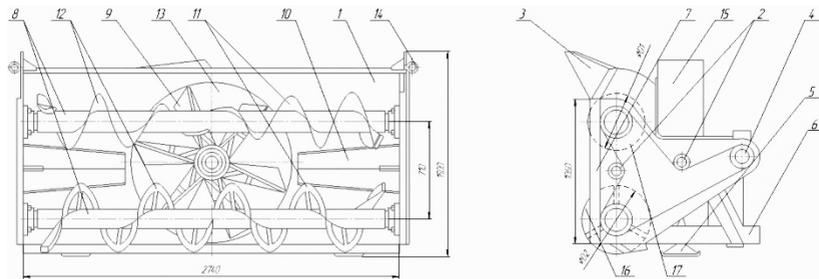


Рис. 1 Шнекороторный снегоочиститель:

1 корпус рабочего органа; 2 – звёздочки натяжения цепи; 3 – нож верхний; 4 – приводная звёздочка; 5 – ложка; 6 – рама; 7 – нож боковой; 8 – труба; 9 – лопасти ротора-метателя; 10 – рассекатели горизонтальные; 11 – левое направление витков; 12 – правое направление витков; 13 – загрузочное отверстие; 14 – рым-болт; 15 – направляющий аппарат; 16 – нижний шнек; 17 – верхний шнек.

Снегоочиститель работает следующим образом: при движении вперёд путём крепления рамы снегоочистителя 6 к раме базовой машины, вращающиеся верхний 17 и нижний 16 шнеки, приваренные к

трубе 8 рабочего органа, осуществляют попутное фрезерование и разрыхление плотного снежного массива. Вращательное движение шнеков осуществляется путём цепной передачи через приводную звёздочку 4 и звёздочками натяжения цепи 2. Для лёгкого перемещения снегоочистителя установлены лыжи 5. Вырезанная масса снега перемещается правыми 12 и левыми 11 винтовыми лопастями шнеков с периферии к центру между стенкой корпуса 1 рабочего органа, горизонтального рассекателя 10. После чего отбрасывается в загрузочное отверстие ротора-метателя 13, где снег захватывается вращающимися лопастями ротора 9. Поверхность рассекателя 10 предотвращает залипание и уплотнение снега на пути к загрузочному отверстию 13. Благодаря разнице в размере винтов D1 и D2 уменьшается нагрузка на двигатель базовой машины, а также постепенное уменьшение высоты винта верхнего шнека 17 позволяет уменьшить скорость встречных потоков снега тем самым создавая условия дозирования и максимального попадания снега в загрузочное отверстие 13 с незначительными потерями. Выброс снега осуществляется через направляющий аппарат 15. Увеличенный размер D2 винта нижнего шнека 16 по сравнению с D1 верхним шнеком 17 позволяет задействовать большую площадь контакта винта со снегом. Особенность конструкции шнека 16 предварительно разрыхляет уплотнённый, слипшийся снег, тем самым снижая нагрузку на ротор-метатель, а также налипание снега на сам шнек, в частности. Техническая эффективность предлагаемого устройства достигается за счёт обеспечения равномерной загрузки ротора снегом правыми и левыми винтовыми лопастями шнеков, снижением нагрузки на двигатель базовой машины, использование рабочего органа в межсезонье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков // М.: Высшая школа, 1980. 423 с.
2. Кухар И.В., Карнаухов А.И., Орловский С.Н., Коршун В.Н., Меньшиков. Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды. Часть 3. / И.В. Кухар, А.И. Карнаухов // Красноярск: СибГТУ, 2010. 156 с.
3. Корнопелев А.С., Засов И.А., Ереснов Н.И. Эксплуатация машин для уборки городских территорий / А.С. Корнопелев, И.А. Засов, Н.И. Ереснов // М: Стройиздат, 1986. 272 с.

4. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112.

УДК 666.97

*Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е.
Научный руководитель Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МАЛОТОННАЖНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Основополагающими технологическими процессами многих отраслей промышленности строительных материалов (цементной, стекольной, керамической, огнеупорной и др.) являются: тонкое и сверхтонкое измельчение материалов с различными физико-механическими свойствами и минералогическим составом, гомогенизация композиционных смесей, полусухое или пластическое формование материалов в компактные тела заданной геометрической формы, размеров и др. Особое значение данные процессы имеют на современном этапе интенсивного развития малотоннажных технологических комплексов (МТК) и научно-технического предпринимательства (производство сухих строительных смесей, высокодисперсных микронаполнителей, механоактивированных композиционных смесей из природных и техногенных материалов, а также высокоэффективных теплоизоляционных материалов и изделий). Применение механоактивационных технологий является перспективным направлением для получения строительных материалов высокого качества с необходимыми эксплуатационными характеристиками.

В настоящее время известны различные эффективные способы физического воздействия на разрушаемый материал, такие как газо- и гидродинамический, электроимпульсный, термодинамический и др. Однако на сегодняшний день основным способом разрушения материала остается способ механического воздействия.

Механоактивация общестроительных и декоративных цементов [1] позволяет увеличить рабочую поверхность цементов и скорость их растворения в 3–4 раза. Кинетика твердения цементного камня

позволяет производить строительные работы и выпускать изделия без принудительной тепловлажностной обработки за счет быстрого нарастания прочности (за 1 сутки – 50 %, за 3 суток – 70 %, за 7 суток – 90% от марочной прочности на сжатие). Водопотребность цемента снижается почти вдвое до значения нормальной густоты 17–18%. Увеличивается исходная марочная прочность цемента в 1,75 раза. Упрощается процесс уплотнения и гидратации цементного теста при комнатной температуре. Изучено влияние на гидратацию портландцемента размера частиц доменного шлака и других минеральных добавок. Установлено, что более мелкие частицы минеральных добавок реагируют быстрее и способствуют достижению большей прочности.

Кварцевый песок, как наиболее распространенный природный материал, считающийся инертной добавкой, при тонком измельчении приобретает химическую активность и вяжущие свойства. Механоактивация кварцевого песка [2] позволяет значительно повысить его структурообразующую роль. На месте выхода дислокаций на поверхности кристаллов кварцевого песка идет закрепление зародышей новообразований продуктов гидратации цемента за счет увеличения рабочей поверхности в 2–3 раза. При этом повышается химическая активность песка при нормальных условиях.

Механоактивация функциональных добавок различного назначения [2,3] позволяет увеличить их рабочую поверхность в несколько раз, повысить их химическую активность настолько, что показатели качества сухих строительных смесей улучшаются на 15% по сравнению со смесями на импортных добавках аналогичного назначения. Наибольший экономический и технический эффекты достигаются в случае применения механоактивации в технологии получения полифункциональной комплексной добавки, состоящей из двух и более механоактивированных добавок различных классов.

Механоактивация неорганических и (или) органических цветоносителей и их смесей [4], входящих в состав смеси с прозрачными минералами, открывает новую страницу в технологии получения дешевых пигментов для строительной индустрии и развития производства декоративных материалов, в том числе сухих смесей, с применением механоактивированных пигментов.

Поэтому задача рациональной организации малотоннажного технологического комплекса (МТК) и оборудования является весьма актуальной.

Основными требованиями, предъявляемыми к МТК, являются: высокая эффективность составляющих агрегатов и качество готового

продукта, незначительные удельные энергозатраты, компактность и невысокая металлоемкость оборудования.

С учетом выполненных теоретических и экспериментальных исследований, разработанных патентозащищенных конструкций энергосберегающих помольных агрегатов, а также предлагаемой технологии получения механоактивированных материалов разработан технологический комплекс для постадийного селективного измельчения и механоактивации материалов [5].

На (рисунке 1) представлена схема малотоннажного технологического комплекса для производства механоактивированных материалов.

Технологический комплекс работает следующим образом. Исходный материал доставляется автотранспортом 1 и подается в приемный лоток 2. С помощью элеватора 3 материал перемещается в бункер хранения исходного материала 4. Затем через ячеевый питатель 5 материал с помощью шнекового конвейера 6 подается в центробежный помольный агрегат 7, в котором осуществляется тонкое и сверхтонкое измельчение. Центробежный помольный агрегат работает в замкнутом цикле измельчения. Вентилятор высокого давления 8 через патрубок нагнетает воздух во вторую камеру помола, сдувая измельченный материал, который выносится на поверхность мелющих тел при их циркуляции. Далее, поток воздуха с содержащимся в нем материалом (аэросмесь) по трубопроводу поступает в отбойно-вихревой сепаратор 9, где происходит разделение материала по фракционному составу. Крупные частицы возвращаются на домол во вторую камеру измельчения, тонкие (готовый продукт) – уносятся в циклон 10. В циклоне происходит осаждение готового продукта. Воздух из циклона поступает в фильтр тонкой очистки 11, откуда с помощью вентилятор 12 попадает в атмосферу. Готовый продукт из бункера циклона и бункера фильтра ячейковыми питателями 13 и 14, с помощью шнекового конвейера 15 и элеватора 16 поступает в накопительный бункер конечного продукта 17. Далее тонкодисперсный материал взвешивается на весах 18 и грузится на транспортирующие устройства 19.

Разработанный технологический комплекс может быть использован не только в различных отраслях промышленности строительных материалов (цементной, керамической, огнеупорной и др.), но и в смежных отраслях промышленности (горнодобывающей, химической, энергетической, топливной и др.).

Были проведены исследования по измельчению наиболее используемых сырьевых компонентов при производстве строительных

материалов: портландцемента и различных генетических типов кварцевых пород.

С использованием МТК было получено модифицированное вяжущее, которое применялось в составе теплоизоляционного пеногазобетона.

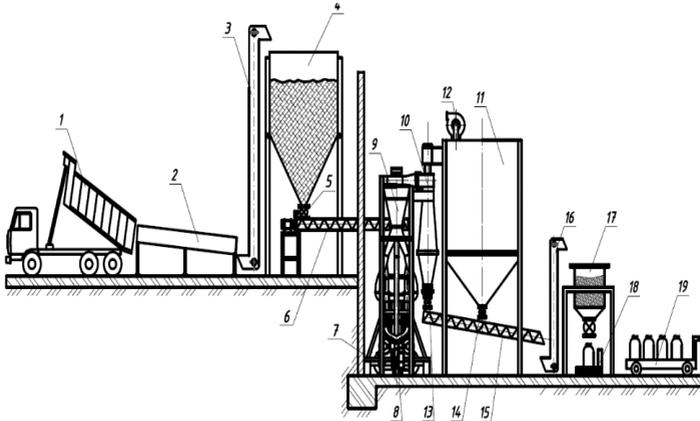


Рис.1 Схема технологического комплекса для производства механоактивированных материалов:

1 – автотранспорт; 2 – приемный лоток; 3,16 – элеваторы; 4 – бункер исходного материала; 5,13,14 – ячейковые питатели; 6,15 – шнековые конвейеры; 7 – центробежный помольный агрегат; 8,12 – вентиляторы высокого давления; 9 – сепаратор; 10 – циклон; 11 – бункер фильтр; 17 – бункер накопительный конечного продукта; 18 – весы; 19 – транспортирующее устройство

Проведенный анализ показал, что по сравнению с теплоизоляционным пеногазобетоном на портландцементе (ЦЕМ I 42,5 Н) на образцах с применением модифицированного вяжущего получена оптимальная поровая структура, образцы не подвержены усадочным деформациям. При использовании такого вяжущего значительно сокращаются сроки схватывания, уменьшается водопотребность и повышаются прочностные характеристики.

В (таблице 1) приведены сравнительные характеристики полученного модифицированного вяжущего, которые подтверждают сделанные выводы о значительном улучшении технологических свойств изделий.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики вяжущих

Вяжущее	Тонкость помола		НГ	Сроки схватывания, мин		Прочность					
						на изгиб (сут.)			на сжатие (сут.)		
	Проход через сито 008, %	Удельная поверхность, м ² /кг		начало	конец	3	28	ТВО (1 сут.)	3	28	ТВО (1 сут.)
ВНВ–100 Melflux	97,9	623	21,1	23	76	7,3	8,6	6,5	49,4	63,8	54,9
ВНВ–100 Melment	97,1	620	21,2	25	80	7,1	7,9	6,1	44,1	63,1	51,4
ТМЦ–100	97,3	510	25,8	30	78	6,5	8,3	6,0	38,2	57,4	48,7
ЦЕМ I 42,5 Н	91,1	310	24,7	67	167	5,3	8,3	5,7	34,2	53,5	39,4

Представленные результаты показывают эффективность создания малотоннажного технологического комплекса для реализации процессов механоактивации природных и техногенных материалов, получения из них композиционных смесей различного технологического назначения, утилизации техногенных материалов промышленных производств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмина В. П. Механоактивация цементов / В. П. Кузьмина // Строительные материалы. – 2006. – № 5. – С. 7–9.
2. Кузьмина В.П. Механохимическая активация полупродуктов для сухих строительных смесей / В. П. Кузьмина // Современные технологии строительной химии: Сб. докладов. – Киев, 2005. – С. 84–88.

3. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов / Е.Г. Авакумов. – Новосибирск: Наука, 1986. - С.88-89.

4. Кузьмина В.П. Механоактивация добавок для ССС / В. П. Кузьмина // Популярное бетоноведение. – 2007. – № 2. - С. 18-20.

5. Гридчин, А.М. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей / А.М. Гридчин, В.С. Севостьянов, В.С. Лесовик, В.И. Уральский, Е.В. Синеца, А.В. Уральский // Изв. Вузов. Строительство. – 2009. – №5. – С. 68–79.

УДК 666.97

Герасимов С.В., Иванов Н.А., Сафронов С.Е.

Научный руководитель: Уральский В.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ПОМОЛЬНОМ АГРЕГАТЕ

Помол является важной технологической операцией в производстве строительных материалов. Качество изделия зависит от измельченного материала, эффективность которого повышают в камере грубого помола путем избавления от застойных зон, тем самым увеличивая интенсивность удара мелющих тел на измельчаемый материал, позволяя применять заявляемую конструкцию для помола твердых материалов, обладающих различными физико-механическими свойствами.

В данной статье приведены результаты исследований по измельчению кварцитопесчаника.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования центробежных помольных агрегатов показали их эффективность при измельчении материалов с различными физико-механическими характеристиками [1, 2]. В то же время становится очевидным вопрос повышения степени измельчения материала, а, следовательно, и качества готового продукта, что свидетельствует о целесообразности дальнейших исследований помольных агрегатов вибрационно-центробежного типа. Одним из вариантов повышения эффективности агрегата является изменения формы камеры грубого помола (рисунок 1).

Для исследования эффективности измельчения в камере грубого помола были проведены экспериментальные исследования по

измельчению в цилиндрической и параллелепipedной камерах центробежного помольного агрегата [3].

При исследовании процессов измельчения использовался кварцитопесчаник. Твердость материала 4-6 единиц по шкале Мооса, $\sigma_{сж} = 100 \pm 300$ МПа. Химический состав кварцитопесчаника (средний) в %: SiO₂-90,0; TiO₂-0,27; Al₂O₃- 2,39; Fe₂O₃-2,16; FeO-1,58; MgO-1,34; CaO-0,89; Na₂O+K₂O-0,69; P₂O₅-0,11; S-0,06. Органические вещества отсутствуют. Средний показатель плотности этого натурального камня – 2650 кг/м³, пористость – 0,91 %, водопоглощение – 0,10 %, при сжатии предел прочности достигает 2000 кг/см², в водонасыщенном состоянии временное сопротивление сжатию равно 141,2 МПа.

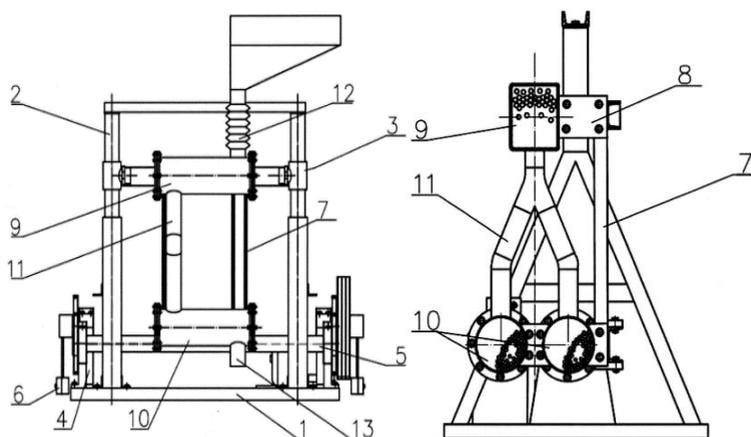


Рис. 1 Камера грубого помола.

- 1 – станина, 2 – вертикальные цилиндрические направляющие,
 3 – ползуны, 4 – опорные стойки, 5 – эксцентриковый вал,
 6 – противовесы, 7 – рама, 8 – выносные элементы, 9 – камера грубого помола,
 10 – камера тонкого помола, 11 – раздваивающийся патрубок,
 12 – загрузочный патрубок, 13 – разгрузочные патрубки.

На (рисунках 2-7) приведены результаты гранулометрии кварцитопесчаника с разным режимом работы измельчения 10, 20 и 30 минут при частоте вращения эксцентрикового вала $n = 347$ об/мин.

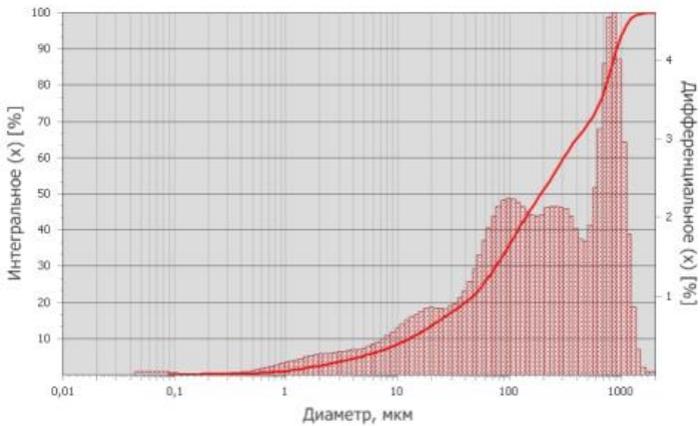


Рис. 2 Цилиндрическая камера (время измельчения 10 мин.)

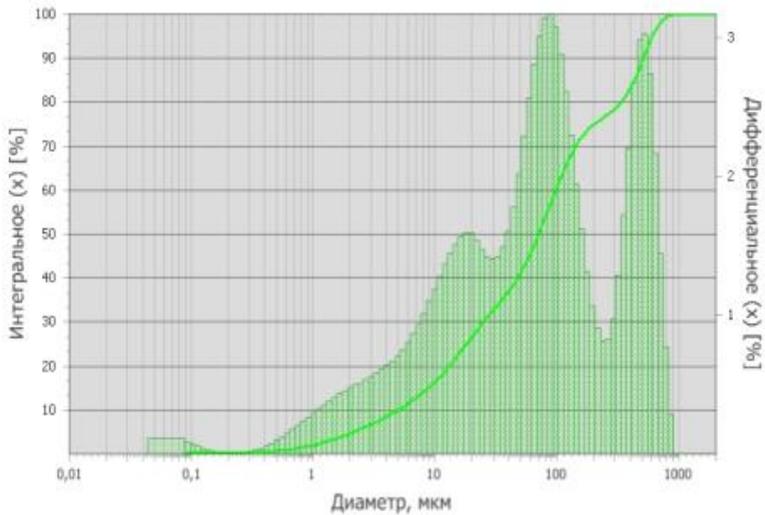


Рис. 3 Параллелепipedная камера (время измельчения 10 мин.)

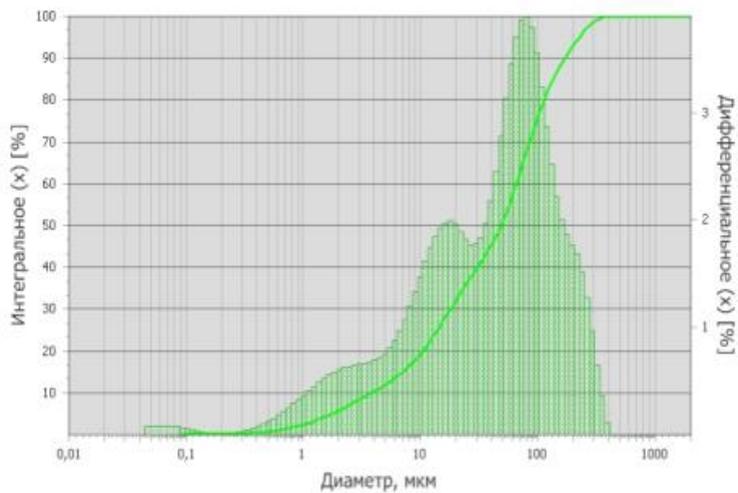


Рис. 4 Цилиндрическая камера (время измельчения 20 мин.)

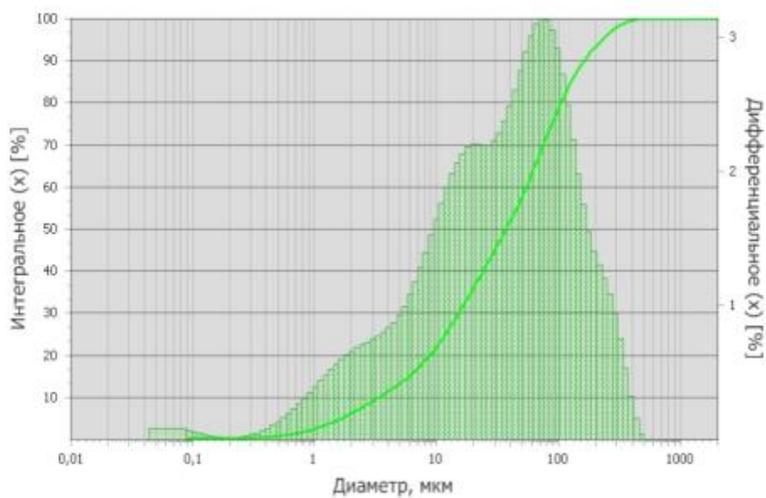


Рис. 5 Параллелепipedная камера (время измельчения 20 мин.)

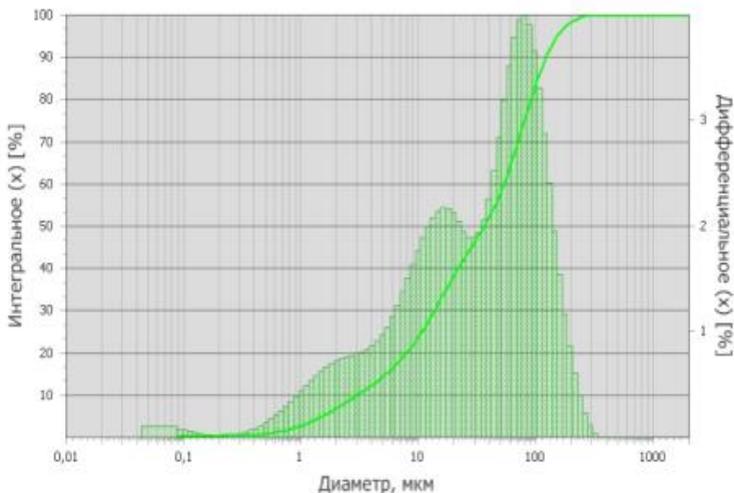


Рис. 6 Цилиндрическая камера (время измельчения 30 мин.)

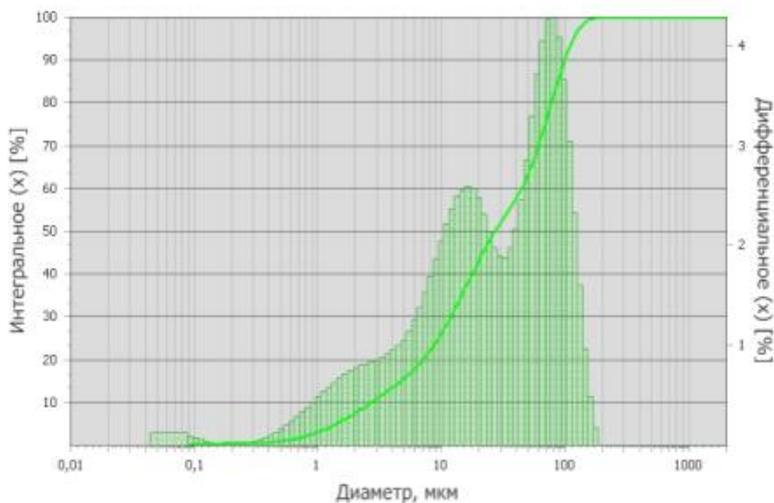


Рис. 7 Параллелепипедная камера (время измельчения 30 мин.)

Проведенные экспериментальные исследования показали, что эффективность измельчения в параллелепипедной камере выше, чем в цилиндрической. Это обусловлено тем, что боковые вертикальные грани параллелепипедной камеры препятствуют отклонению мелющих тел от вертикальной траектории, тем самым увеличивая интенсивность

ударной нагрузки мелющих тел на измельчаемый материал, а плавный переход по цилиндрической поверхности от вертикальных к горизонтальным граням камеры обеспечивает отсутствие застойных зон. Кроме этого, объем мелющей загрузки в камере грубого помола по сравнению с цилиндрической камерой, при одинаковых коэффициентах загрузки, больше на 27% за счет параллелепipedной формы камеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин, А.М. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей / А.М. Гридчин, В.С. Севостьянов, В.С. Лесовик, В.И. Уральский, Е.В. Сеница, А.В. Уральский // Изв. Вузов. Строительство. – 2009. – №5. – С. 68–79.

2. Пат. 123688 Российская Федерация, В 02С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Севостьянов В.С., Сеница Е.В., Уральский В.И., Уральский А.В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет; опубл. 10.01.2013, Бюл. №1.

3. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112. Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральская Л.С., Фарафонов А.А. Центробежный агрегат комбинированного способа измельчения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 115–119.

4. Пат. 190117 Российская федерация, В02С 17/06. Центробежный помольный агрегат / Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В., Непризаннов А.Е., Шкулев А.С.; патентообладатель: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова опубл. 19.06.2019 Бюл. № 17.

УДК 666.97

Герасимов С.В., Иванов Н.А.

*Научный руководитель Сеница Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Совершенствование производства строительных материалов может быть обеспечено только опережающим развитием научных

исследований, базирующихся на достижениях современной химии, физики, механики. Так, для формирования заданной структуры, регулирования основных и повышения эксплуатационных свойств композиционных строительных материалов на основе различных вяжущих веществ перспективно использование высокоэффективных способов механоактивации.

В настоящее время активно ведутся работы по совершенствованию составов сухих строительных смесей (ССС) с целью получения дополнительных свойств и разработке современных технологий их производства.

В ООО «Колорит-Механохимия» (г. Москва) под руководством генерального директора к.т.н. В.П. Кузьминой проведены исследования влияния премиксов на качество строительных смесей [1-4]. Премиксы представляют собой предварительно смешанные композиции добавок для производства определенных видов ССС и бетонов. Хорошие результаты дает применение механохимической обработки как самих добавок, так и премиксов.

Основная задача проведенных исследований состояла в создании способа получения ССС за счет увеличения действующей поверхности цемента. Новизна способа заключается в применении механоактивации цементного концентрата с комплексом пластифицирующих, уплотняющих, армирующих, противоморозных и красящих добавок. Поставленная задача была решена за счет предварительной механоактивации суперпластификатора С-3, изготовления его с использованием цементного премикса и последующего смешения цементного концентрата с оставшейся частью цемента и песка.

Установлено, что механоактивация премиксов позволяет увеличить марочную прочность части рецептурного цемента за счет его активации и снижения водопотребности при увеличении удельной поверхности. Целевое применение нескольких добавок одновременно в составе премикса позволяет использовать синергетический эффект воздействия их друг на друга, значительно снизить их расход, унифицировать ассортимент ССС.

Большой вклад в развитие технологии производства керамических материалов внес известный ученый, д.т.н., профессор Ю.Е. Пивинский. Особое место в его исследованиях занимают работы, посвященные технологии высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) [5]. При изготовлении материалов на основе ВКВС, как правило, ставится задача получения отливок с высокой плотностью (низкой пористостью). Пористость отливки во многом обуславливает как исходную, так и «вторичную» структуру материала,

формирующуюся в процессе спекания или термообработки. Одним из основных факторов понижения пористости полуфабриката, формуемого различными методами, является подбор оптимального зернового состава. Состав твердой фазы ВКВС характеризуется полидисперсностью – крайние значения размера частиц различаются на пять порядков.

Обнаружение эффекта существенного влияния на свойства ВКВС содержащихся в них микрочастиц коллоидной дисперсности дало основание ввести понятие о двух условных уровнях дисперсности ВКВС. Указанные уровни представлены: 1 – фракциями 100-10, 10-1, 1-0,3 мкм; 2 – фракциями 0,3-0,03 и < 0,03 мкм. Частицы первого уровня представляют собой «истинную» дисперсную фазу ВКВС, для которой характерна седиментация частиц; частицы второго уровня, характеризующиеся коллоидной дисперсностью, подчиняются закономерностям броуновского движения и являются частью дисперсионной среды. Несмотря на то, что массовая доля частиц дисперсионной среды может составлять 5-10% от общей массы твердой фазы, вклад коллоидных фракций в ее удельную поверхность составляет около 80%.

Зерновое распределение частиц твердой фазы при получении ВКВС определяется многими технологическими факторами: видом измельчения (сухой, мокрый), типом мельницы, характером загрузки при мокром измельчении (одностадийная, постадийная), концентрацией при измельчении, зерновым распределением исходного материала, степенью измельчения (дисперсностью) и т.д.

Рассмотренная особенность дисперсионного состава ВКВС имеет важное значение в проявлении вяжущих свойств и дает ответ на вопрос о том, почему на основе порошков после сухого помола в шаровых мельницах, в которых отсутствуют указанные коллоидные фракции или они содержатся в минимальном количестве, невозможно получить ВКВС с вяжущими свойствами.

Из сказанного следует, что для реализации установленного эффекта необходимо помольное оборудование, способное увеличить содержание коллоидной фракции в измельчаемом материале.

Из приведенного анализа ряда технологических процессов следует, что для их осуществления необходимо наличие измельчителей, обеспечивающих получение высокодисперсных порошков различных компонентов, и оборудования для их смешения и дальнейшего совместного помола. Причем, предпочтение во всех случаях отдается помольным агрегатам центробежного типа, выгодно отличающихся от традиционных шаровых мельниц.

Таким образом, для организации высокоэффективного производства, отвечающего современным требованиям по качеству получаемой продукции и условиям энергосбережения, необходимо универсальное помольное оборудование центробежного типа, позволяющее в одном агрегате сочетать технологические операции с материалами, обладающими различными физико-механическими характеристиками, а также обеспечивающее требуемую последовательность стадий измельчения отдельных компонентов и образованных из них смесей.

На рис. 1 представлены основные перспективные направления в развитии наукоемких технологий производства строительных материалов, для реализации которых необходимо эффективное помольное оборудование, обеспечивающее избирательное динамическое воздействие на измельчаемый материал на всех стадиях его помола и обладающее расширенными технологическим возможностями организации процесса измельчения.

Проведенный анализ помольного оборудования для производства тонкодисперсных порошков позволяет сделать вывод, что из существующих способов осуществления процесса измельчения наиболее приемлемым для создания простого по конструкции универсального энергосберегающего помольного агрегата является способ, при котором интенсивное ударное и истирающее воздействие на материал обеспечивается созданием значительных центробежных сил, возникающих при больших скоростях движения рабочих элементов.

По такому принципу работают измельчители центробежного типа, отвечающие на сегодняшний день в большей степени предъявляемым требованиям по энергосбережению и качеству получаемого продукта.

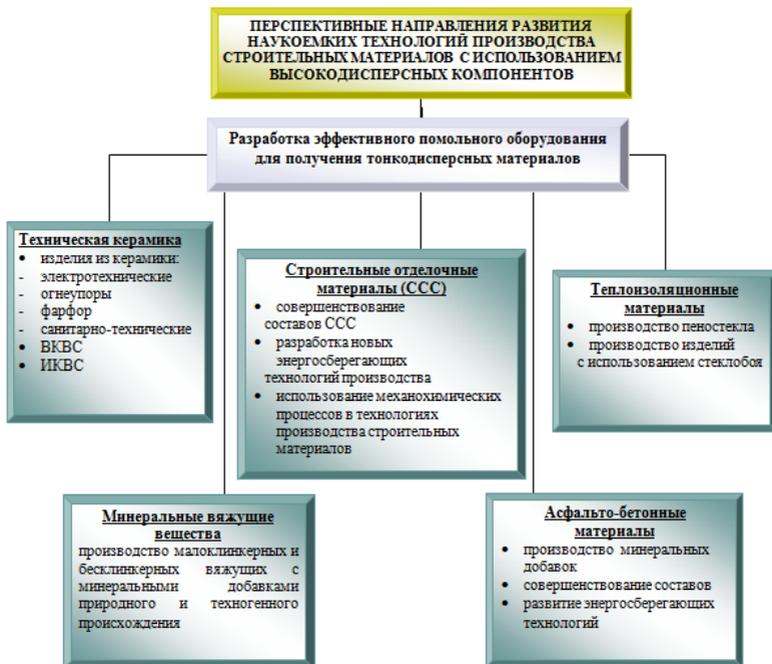


Рис. 1 Основные перспективные направления в развитии наукоемких технологий производства строительных материалов

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова коллективом авторов разработана и создана серия центробежных помольных агрегатов (ЦПА), обеспечивающих эффективное измельчение материалов с различными физико-механическими характеристиками [6-8]. На (рисунке 2) представлен агрегат с параллельными помольными блоками.

Изобретения направлены на повышение эффективности процесса измельчения путем изменения режима динамического воздействия мельющих тел на измельчаемый материал, а именно возможности сочетания ударных и истирающих нагрузок за счет обеспечения соответствующих траекторий движения помольных камер.



Рис. 2 Центробежный агрегат с параллельными помольными блоками

Проведенные комплексные теоретические и экспериментальные исследования помольных агрегатов, а также опытно-промышленные испытания в производственных условиях показали их потенциальные возможности как в направлении конструктивно-технологического совершенствования, так и дополнительного снижения энергозатрат. При этом к числу перспективных задач по дальнейшему совершенствованию ЦПА следует отнести:

- повышение производительности;
- уменьшение удельной энергоемкости;
- обеспечение максимального динамического уравнивания подвижных частей агрегата;
- расширение технологических возможностей для осуществления различных режимов измельчения в одном агрегате.

Актуальным является дальнейшее конструктивно-технологическое совершенствование агрегатов для реализации в них иных технологических процессов, например, классификации, смешения, гранулирования или экструдирования материалов, сушки мелкозернистых или сформованных материалов и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмина В.П. Механохимическая активация полупродуктов для сухих строительных смесей / В. П. Кузьмина // Современные технологии строительной химии: Сб. докладов. – Киев, 2005. – С. 84–88.
2. Кузьмина, В.П. Технология изготовления премиксов и их влияние на качество продукции / В.П. Кузьмина // Строительные материалы. – 2006. – №3. – С. 26–27.
3. Кузьмина В. П. Механоактивация цементов / В. П. Кузьмина // Строительные материалы. – 2006. – № 5. – С. 7–9.
4. Кузьмина В.П. Механоактивация добавок для ССС / В. П. Кузьмина // Популярное бетоноведение. – 2007. – № 2. - С. 18-20.
5. Пивинский Ю.Е. Керамические и огнеупорные материалы. Избранные труды. Том 2. – СПб.: Стройиздат, 2003. – 688 с.
6. Патент РФ №2005118705/03, 24.06.2005. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В. Помольно-смесительный агрегат // Патент России №2277973. 2006. Бюл. №17
7. Патент РФ №2008109444/03, 11.03.2008. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В. Помольно-смесительный агрегат // Патент России №2381837. 2010. Бюл. №5.
8. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106 –112.

УДК 621.926

Голубева Н.Д., Ляшенко С.А.

Научный руководитель: Прокопенко В.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПИСАНИЕ ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Минералы и горные породы обычно сначала бурят и взрывают, а затем дробят, иногда даже несколько раз, прежде чем конечный продукт будет готов к следующему этапу процесса. Таким образом, целью измельчения является уменьшение размера частиц горных пород (как в

щебеночной промышленности), или выделение ценных полезных ископаемых из руд (как в горнодобывающей промышленности). В зависимости от типа применения используются различные измельчающие устройства, например, в отрасли производства заполнителей, где размер продукта измеряется миллиметрами, часто используются вихревые, щековые, конусные и ударные дробилки. Это можно сравнить с горнодобывающей промышленностью, где измельчение с помощью дробилки с вертикальным валом происходит до микрометрового диапазон. Для этого используются такие устройства, как конусные дробилки. Используются также измельчающие валки, мельницы для самоизмельчения и шаровые мельницы. Другими словами, камнедробилки используются как в агрегатной, так и в горнодобывающей промышленности [1].

Для сравнения, дробление происходит, когда частицы сжимаются до заданного размера, градуса или заданного смещения между двумя или более поверхностями. Следовательно, форма условного дробления также называется компрессионным дроблением, при котором уменьшение размера может контролироваться путем степени сжатия (рисунок 1) [2].

Результирующая сила - это вторичные эффекты при сжатии, а не энергия условного дробления. Конусные дробилки (по существу аналогичны конусным дробилкам) и щековые дробилки — это типы дробилок, которые применяются в компрессионном дроблении.

Также на ряду с конусными дробилками стоят щековые, но в отличии от конусных, щековые применяют при первичном дроблении. Их основная цель – это уменьшить горную породу до определенных параметров, подходящих для транспортировки конвейерами на дальнейшие стадии дробления. Однако это не значит, что данный тип дробилок не может быть использован в качестве основного, так как все опирается на конечный результат, и вероятно, что полученная фракция будет оптимального размера для использования в технологическом процессе для потребителя, и, соответственно, не потребует последующего измельчения.

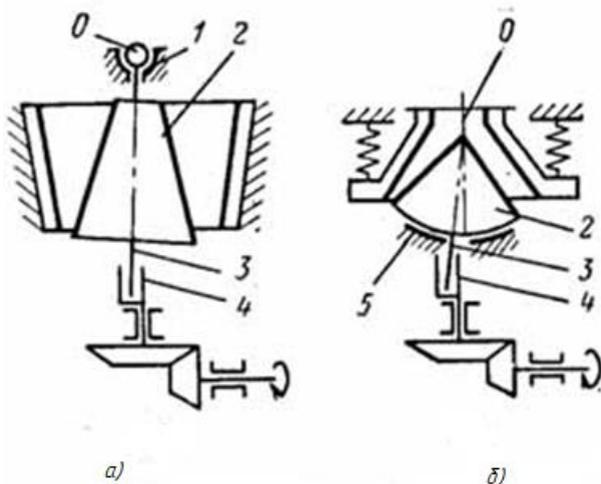


Рис. 1 Кинематические схемы конусных дробилок: а - схема ККД, б - схема КСД и КМД. 1 – траверса, 2 - подвижный конус, 3 - вал, 4 – эксцентриковая втулка, 5 - сферический подпятник.

Принцип работы данного типа дробилок заключается в том, что измельчение материала происходит под действием двух щек: подвижной и неподвижной. Первая щека соответственно совершает возвратно-поступательные движения при помощи шатуна, на котором она установлена, а вторая всегда остается неподвижной.

Все представленные компрессионные дробилки работают циклически; щековые дробилки на полуциклах за счет маховиков, а конусные дробилки на полных циклах за счет эксцентрикового гираторного движение оси главного вала. Частицы, попадающие в камеры дробления этих компрессионных дробилок, многократно зажимаются и раздавливаются при прохождении через полость. Это можно сравнить с валковыми, в которых сжатие применяется только один раз.

В щековых и конусных дробилках процесс дробления сильно зависит от геометрии камеры дробления. Геометрия камеры мелкого, среднего и крупного дробления приводит к различному дроблению. Это связано с различным способом и положением, в котором дробятся более крупные частицы. В мелком дроблении камера, где слои частиц не могут быть сформированы из-за геометрии камеры, более крупные частицы измельчаются по отдельности в верхней части камеры. В среднем и крупном дроблении камеры, с другой стороны, частицы

измельчаются в слоях до определенного уровня дросселя, после которого считается, что частицы дробятся по отдельности. Уровень дросселя, который определяется как наименьшая площадь поперечного сечения в камере дробления, находится в различных положениях в зависимости от геометрии камеры. Площадь сечения камеры дробления изменяется по всей камере. Его постепенное снижение вплоть до уровня Штуцера позволяет формировать слои частиц по мере того, как объем материала, поступающего на том или ином сечении больше, чем на выходе [3].

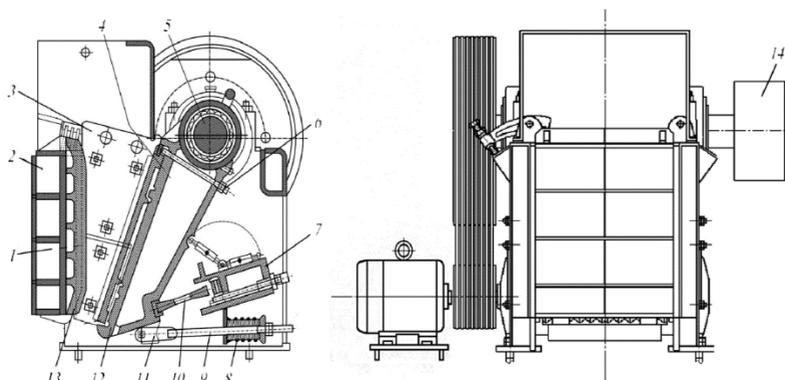


Рис. 2 Щековая дробилка со сложным движением щеки: 1 — передняя стенка; 2 — защитный корпус; 3 — боковая стенка; 4 — подвижная щека; 5 — эксцентриковый вал; 6 — задняя балка; 7 — регулировочное устройство; 8 — пружина замыкающего устройства; 9 — тяга замыкающего устройства; 10 — распорная плита; 11 — дробящая плита подвижной щеки; 12 — неподвижная дробящая плита; 13 — шкиф; 14 — маховик.

Разберем более подробно такие машины для измельчения, как мельницы.

Например, вихревые мельницы предназначены для вторичной разработки материала. Они предназначены для тонкого помола, но также могут использоваться и для смешивания, и для механохимической активации твердых материалов. Ее оборудование позволяет измельчать материалы с твердостью до 6 единиц по Моосу, получая порошок, размеры частицы которого не будут превышать 5мкм. Вихревые мельницы снабжены аэродинамическим классификатором, благодаря которому производитель на выходе может получить однородный порошок заданной фракции (рисунок 3).

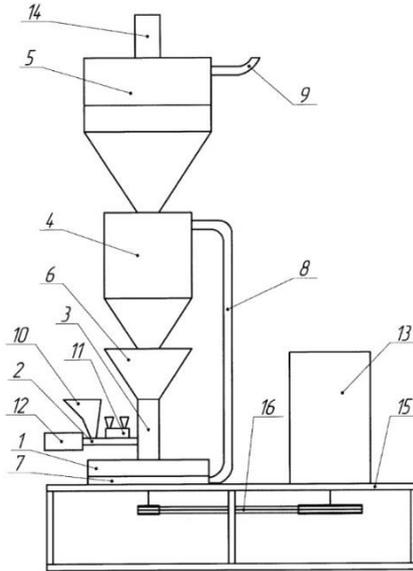


Рис. 3 Роторно-вихревая мельница: 1 – камера помола; 2 – устройство подачи; 3 – соединительный патрубок; 4 – газовый сепаратор (типа циклон); 5 – центробежный аэродинамический сепаратор (камера основной сепарации); 6 – камера стабилизации пылегазовых потоков аэродинамического сепаратора; 7 – камера выгрузки не сепарированного материала для последующей аспирации (выгрузки); 8 – пневмогазовый тракт, 9 – патрубок вывода; 10 – бункер загрузки основного измельчаемого материала; 11 – устройство дозированной подачи дополнительного материала (для обеспечения процесса механического легирования измельчаемого материала); 12 – двигатель для устройства подачи исходного материала; 13 – двигатель, приводящий в движение рабочие органы мельницы; 14 – двигатель сепаратора; 15 – рама; 16 – приводной ремень главного привода (ременная передача)

Также в России исторически сложилось, что тут до сих пор эксплуатируется более 70 % ШБМ (шаровые барабанные мельницы), работающих в открытом цикле измельчения. Это объясняется тем, что в сравнении с мельницами замкнутого цикла измельчения их стоимость в 2 раза ниже, так как отсутствуют сепаратор, элеватор и другие вспомогательные устройства.

Шаровая барабанная мельница – это машина, предназначенная для измельчения материала за счет истирающе-ударного действия. Такой способ измельчения позволяет получить очень высокодисперсный материал, а именно частицы до 0,1 мм.

Принцип работы шаровой барабанной мельницы заключается в том, что мелющие тела (шары) при определенной скорости вращения увлекаются за барабаном. Они поднимаются на определенную высоту, а затем падают, измельчая материал при попадании на него. Таким способом они выполняют работу по измельчению материала ударным способом.

На основании многолетнего опыта эксплуатации принято считать экономически целесообразными ШБМ со следующими размерами: диаметр барабана — не более 5,6 м; длина — не более 16 м (рисунок 4) [4].

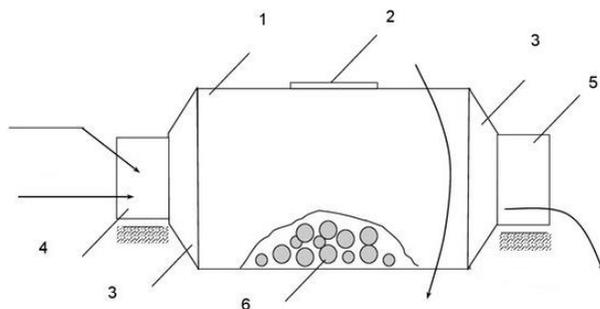


Рис. 4 Шаровая мельница: 1 – барабан; 2 – люк для загрузки шаров; 3 – конические крышки; 4 – загрузочная цапфа; 5 – разгрузочная цапфа; 6 – шаровая загрузка.

Основные недостатки ШБМ:

- высокий удельный расход энергии на помол,
- большой износ мелющих тел и футеровки,
- сильный шум,
- низкая производительность,
- малый КПД [5].

Однако простота конструкции и обслуживания, возможность регулирования в широких пределах тонины помола готового продукта без конструктивных изменений «на ходу», возможность автоматизации измельчения определяют перспективу дальнейшего широкого использования ШБМ.

В последние 20—25 лет активно внедряются в цементное производство для помола клинкера и добавок вертикальные валковые мельницы (ВВМ). Однако в настоящее время в мире для помола цемента используются не более 5 % таких мельниц [6].

До сих пор основным агрегатом для помола цемента остается ШБМ. Усовершенствование технологии измельчения сырья в ней будет осуществляться за счет разработки новых конструкций внутренних устройств, обеспечивающих внутримельничную классификацию [7].

Таким образом, этот пробел в знаниях о дробильном оборудовании является отправной точкой этой статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балахнина Е.Е., Дмитрак Ю.В., Сычев Н.М. Тенденции развития оборудования для тонкого измельчения горных пород. Информационно-аналитический бюллетень МГТУ. 2006. № 1. С. 282—286.
2. Волков Д. П., Алешин Н. И, и др. Строительные машины. Под ред. д. т. н., проф. Д. П Волкова. М.: Высшая школа, 1988. - 319 с.
3. Донченко А.С., Донченко В.А. Эксплуатация и ремонт дробильного оборудования. Изд: Недра, Москва, 1972 г., 320 с.
4. Косарев А. И., Муйзимек Ю. А. Дробилки конструкция, расчеты та особенности эксплуатации. М.: Машиностроение – 1990. – 320с.
5. Любимый Н.С., Четвериков Б.С., Троян С.А. Оптимизация метода управления процессом дробления по крупности конечного продукта. Белгород: Из-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. – 311 с.
6. Орлов П.И. Основы конструирования. Т.1 / П.И.Орлов – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
7. Фишман М.А Дробилки ударного действия. Из-е: Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу, Москва, 1960. - 191 с.

УДК 621.867.1/6

Голубева Н.Д., Ляшенко С.А.

Научный руководитель: Прокопенко В.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЦЕНТРИРУЮЩИХ УСИЛИЙ

Во все времена промышленное производство являлось главной составляющей хозяйственного комплекса мира. Ведущая роль, которого формируется тем, что он предоставляет новые материалы для

всех отраслей экономики. Оно является наиболее активным фактором научно-технического прогресса и расширенного воспроизводства в целом. Работу современных предприятий невозможно представить без ленточных конвейеров, будь то производство товаров массового потребления, деревообрабатывающая, пищевая и, конечно же, металлообработка и машиностроение. Их численность составляет 90% от всего парка ленточных установок. Они позволяют обеспечить непрерывность процессов транспортировки различных видов грузов и материалов, автоматизировать производственный процесс и сделать его более производительным [1].

Ленточные конвейеры – это машины непрерывного действия, в которых тяговым и несущим элементом является гибкая лента. Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом машин конвейерного транспорта. Их главное назначение заключается в том, чтобы были минимизированы затраты, при этом повышая темпы производства и безопасность труда.

Разберем подробно преимущества и недостатки ленточных конвейеров.

К преимуществам ленточных конвейеров можно отнести:

- небольшая масса;
- простота конструкций;
- высокая производительность;
- большая длина транспортировки грузов;
- возможность построения более сложных трасс;
- удобный визуальный контроль за перемещением груза.

Однако, несмотря на все весомые достоинства, ленточные конвейеры имеют достаточно большой ряд недостатков, а именно:

- сильный износ конвейерной ленты;
- высокая энергоемкость;
- ограниченная область применения;
- резкое увеличение затрат при транспортировке груза на большие расстояния;
- низкая стабильность погрузочно-разгрузочного комплекса [3].

Как и любой механизм, ленточные конвейеры можно усовершенствовать с помощью повышения качества материалов или же с помощью дополнительного оборудования.

Разберем более подробно проблему низкой стабильности погрузочно-транспортного комплекса.

Были проанализированы отечественные патенты, позволяющие решить эту проблему. Среди них был выбран более подходящий патент

№2706022, который ставит задачу, заключающуюся в увеличении центрирующего усилия. За счет конических роликоопор, которые благодаря своей форме и дополнительным наплавкам, осуществляется смещение перевозимого груза в центр ленты (рисунок 1).

Отличительным признаком полезной модели является увеличение реализуемого устройством центрирующего усилия и возможность использования устройства для центрирования грузонесущей и холостой ветвей конвейерной ленты – желобчатой или плоской в поперечном сечении [4].

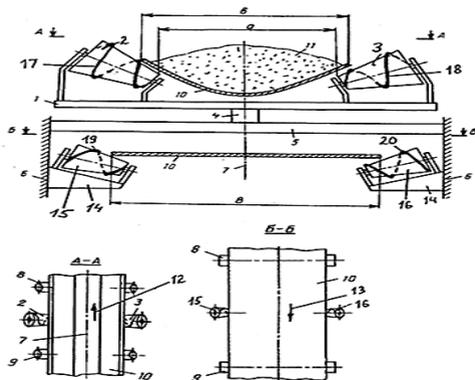


Рис. 1

Рис. 1 Центрирующее устройство для конвейерной ленты содержит: 1 - опору; 2, 3, 15, 16 - наклонно расположенные конические ролики; 4 - опорно-поворотный шарнирный узел; 5 - поперечная балка; 6 - рама; 7 - продольная ось конвейера; 8, 9 - смежные желобчатые или плоские роликоопоры конвейера; 10 - конвейерная лента; 11 - транспортируемый груз; 12 - направление движения грузонесущей ветви; 13 - направление движения холостой ветви конвейерной ленты; 14 - опоры; 17 - 20 - винтовые спирали

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков Р. А., Гнутов А. Н., Дьячков В. К. Конвейеры: справочник. М.: Из-во: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. - 367 с.

2. Киселев Б.Р., Колобов М.Ю. Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов: учебное пособие. М.: Изд-во: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2019. - 179с.

3. Пат. 2706022 Российская Федерация, МПК В65G15/60(2006.01), В65G39/071(2006.01), В65G39/16(2006.01). Центрирующее устройство

для конвейерной ленты/Автор(ы): Эвиев Валерий Андреевич, Романюк Николай Николаевич, Агейчик Валерий Александрович, Романюк Вадим Николаевич; заявитель и патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова". № 2018146209, заявл. 24.12.2018; опублик. 14.11.2019, Бюл. №32. 2 с.

4. Любимый Н.С., Орехова Т.Н., Четвериков Б.С. Грузоподъемные машины и оборудование: лабораторный практикум: учебное пособие. Белгород: Из-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. - 100с.

5. Спиваковский А.О., Дьяков В.К., Транспортирующие машины: учебное пособие. М.: Машиностроение,1983. - 483с

УДК 621.822.6

Голубева Н.Д., Ляшенко С.А.

Научный руководитель: Прокопенко В.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Эффективное выполнение поставленных целей и задач по повышению качества производства и экономии финансов и других ресурсов, возможно только с помощью роста производительности машин и их механизмов, также повышению их прочностных характеристик и уменьшению издержек на производство, эксплуатацию, устранение дефектов и ремонтных работ.

Надежная, а главное высокопроизводительная работа, уровень затрат на эксплуатацию и ремонт машин подъемно-транспортного, дорожного и сельскохозяйственного назначения в большой мере зависимы от функциональности и стоимости конструктивных деталей, например, таких как подшипники качения. Они нашли широкое применение в этих машинах и их механизмах.

В России сейчас применяется около 4 – 4,5 млрд. подшипников, которые в среднем на рынке стоят несколько тысяч рублей и имеют срок службы около 8 – 10 лет. Каждый год до истечения срока эксплуатации, предполагаемой заводом, подвергаются разрушениям и заменяются почти 350 – 400 млн. подшипников, из которых в дорожно-строительных машинах – 120 млн. Это сопутствует увеличению расходов на ремонтные работы, которые в свою очередь могут вызывать

простои, нарушающие допускаемые сроки выполнения плановых работ. Но с другой стороны, в ряде механизмов машин наблюдается неполное использование ресурсов подшипников. Может это происходит из-за выхода из строя всей машины после истечения ее срока службы.

Подшипники качения получили в настоящее время большое распространение в механизмах машин. Это точное, строго регламентированное техническое изделие, которое в процессе своего изготовления проходит через достаточно большое количество точных технологических операций. Так как сам подшипник состоит из отдельных деталей, то и его производство тоже состоит из производства отдельных деталей, сборки и дополнительных работ по испытанию качества изделия, маркировки, смазки и упаковки [1].

Подшипники качения представляют собой опоры звеньев, совершающих вращательные движения, в которых используются элементы качения, например, шарики или ролики и также работающие в условиях трения качения (рисунок 1).

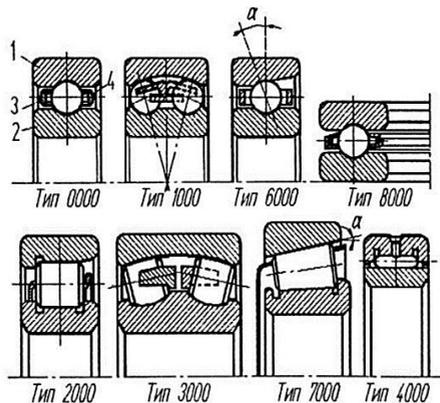


Рис.1 Подшипники качения: 1, 2 – кольца, 3 - тела качения, 4 - сепаратор

К основным проблемам подшипников качения относятся:

- низкая надежность в высокоскоростных приводах;
- относительно большие радиальные размеры;
- шум при работе на больших скоростях;
- большая восприимчивость к ударным и вибрационным нагрузкам.

Решение проблемы выбора подшипника возможно несколькими способами: экспериментальным и расчетным [2].

Экспериментальный способ может дать объективную картину работы подшипника в заданных условиях и осуществляется по двум направлениям: эксплуатационные испытания и стендовые испытания в имитируемых условиях эксплуатации.

Некоторые дорожно-строительные машины работают в строго отведенные сроки и сезоны года. Асфальтоукладчик, например, работает в год приблизительно 100 – 300 часов. Отсюда можно сделать вывод, на сколько могут затянуться эксплуатационные испытания. Этот недочет может быть устранен за счет проведения ускоренных испытаний образцов. Последний способ соответственно имеет ряд недостатков. Таких как:

- высокая стоимость и большая номенклатура стендов для испытания различных агрегатов и узлов;
- данные, которые будут получены в результате испытаний, могут быть использованы только на отдельные узлы и агрегаты в заданных условиях работы.

Также экспериментальный способ подходит больше под понятия «исправления» и «доработок» ошибок, возникающих при проектировании этой детали. В свою очередь конструктору на стадии проектирования необходим метод, который поможет подобрать подшипник, обеспечивающий достаточную точность результатов. Такое условие повышает роль расчетного метода подбора подшипников [3].

В настоящее время существует огромное количество методик для проведения расчетов на прочность и долговечность подшипников качения. Они могут распространяться на все отрасли машиностроения. Также имеют относительную простоту расчетов на долговечность подшипников, но они также не полностью учитывает разницу в эксплуатационных характеристиках данных подшипников.

Методики, применяемые в наше время, в основе своей опираются на традиционные основы анализа контактных напряжений, разработанных физиком Генрихом Герцем. Предполагается, что подшипники качения, которые работают в условиях качественной смазки и выходят из строя вследствие усталостного разрушения поверхностей качения в результате многократного восприятия ими переменных напряжений от внешних нагрузок [4].

Практикой эксплуатации и ремонта машин установлено, что 50 – 90 % подшипников качения выходят из строя вследствие изнашивания контактируемых деталей в условиях загрязненной смазки. Результатом этого является увеличение радиального зазора, предельное значение

которого служит в практике диагностики технического состояния узлов машин критерием выбраковки подшипников качения.

Вследствие несовпадения предполагаемой и реальной причинами потери работоспособности подшипников качения и недостаточного учета условий их эксплуатации при проведении расчетов, естественным является несовпадение их фактической и расчетной долговечности, отличающихся на несколько порядков [5].

Эта статья показывает важность уточнения методик расчета долговечности и надежности подшипников качения для повышения их срока службы, надежности машины и снижению финансовых расходов на производство, эксплуатацию и ремонт деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бейзельман Р. Д., Цыпкин Б. В., Перель Л. Я. Подшипники качения: справочник. М.: Машиностроение, 1975 СССР, 1961., 150 с.
2. Городецкий Ю. Г., Мухин Б. И., Савенок Э. П., Соломатин Н. А. Приборы и автоматы для контроля подшипников: справочник. М.: Машиностроение, 1973. — 256 с.
3. Любимый Н. С., Романович М. А., Тихонов А. А., Бабкин М. С. Исследование температуры поверхности металл-металлополимерной детали при механической обработке плоским шлифованием. Белгород: Из-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2020. – 90 с.
4. Нарышкин В. Н., Коросташевский Р. В. Подшипники качения. Справочник-каталог. Машиностроение. 1984. – 280 с.
5. Пинегин С. В. Опоры качения в машинах. М: Издательство АН, 191. – 150 с.
6. Черменский О. Н., Федотов Н. Н. Подшипники качения: справочник-каталог. М.: Машиностроение. 2003. – 576 с.

УДК 621.74

*Голубева Н.Д., Польшин А.А., Тихонов А.А., Мелентьев Н.А.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ СДМ МЕТОДОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Конечно-элементные расчёты повсеместно используются инженерами-исследователями при проектировании конструкций

различных изделий. Численное моделирование позволяет заранее рассчитать прочность изделия, его деформации, запас прочности и другие параметры, перед тем как запустить проектируемое изделие в производство. Существует большое разнообразие программных продуктов, позволяющих произвести расчёты методом конечных элементов [1, 2, 3]. SolidEdge, NX, SolidWorks, TFlex некоторые из них. Предварительные расчёты позволяют изменить конструкцию, оптимизировать форму, внести другие изменения в конструкцию, снизить материалоемкость используя генеративный дизайн формы изделия [4-8].

Для осуществления расчётов необходимо обладание основными данными. К основным данным для расчёта относятся: наличие цифровой модели изделия или сборки, знание физико-механических параметров материала исследуемой модели изделия, знание параметров нагрузки и мест её приложения, знание ограничений степеней свободы модели. Кроме указанных параметров, большое значение на получение адекватных результатов вычислений оказывают другие настройки расчётов, такие как размер и вид сетки конечных элементов и др. Особенно важно учитывать дополнительные настройки параметров расчёта при решении так называемых задач «нелинейного анализа», к которому относятся задачи решения моделей в которых требуется учитывать геометрическую и физическую нелинейность. Имеется ввиду изменение свойств модели, например, пластичности, ползучести и др. параметров на каждой итерации расчёта. Так как в реальности деталь испытывает изменяющиеся во времени нагрузки, то есть свойства детали без нагрузки и детали при нагружении половиной от заданных нагрузок будут отличными. Именно поэтому задачи решения нелинейного анализа требуют итеративного решения задач. Возникает закономерный вопрос, а сколько необходимо и достаточно итераций для получения адекватных результатов расчётов.

90% производимых на сегодняшний день расчётов относятся к линейному анализу, так как это не занимает много времени и ресурсов вычислительной техники. Тем не менее для расчёта композитных деталей, таких как металл-металлополимерные детали [9-11], когда существует поверхностное взаимодействие контактных поверхностей различных материалов, геометрическая нелинейность (деформации), требуется именно решение нелинейной задачи.

Процесс решения задачи оптимизации расчётных параметров модели, описанной в статье, производится с использованием программного продукта SolidEdge ST10. В используемой программе в качестве решателя используется NX Nastran, еще с середины 70-х годов

прошлого века многократно доказавшим свои надежность, точность и скорость.

Алгоритм решения, используемый в нелинейном анализе, отличается тем, что нагрузки прикладываются постепенно, таким образом решатель решает множество задач итерационным методом, то есть приложение нагрузок происходит постепенно. Исходными данными для каждого шага в нелинейном анализе, является предыдущее состояние модели на предыдущем шаге. Необходимо учитывать, что энергетические параметры, отражающие внешние и внутренние силы должны быть уравновешены с допустимой погрешностью (рисунок 1), называемой критерием сходимости. Как правило критерий сходимости задаётся в процентном отношении от прилагаемых нагрузок.

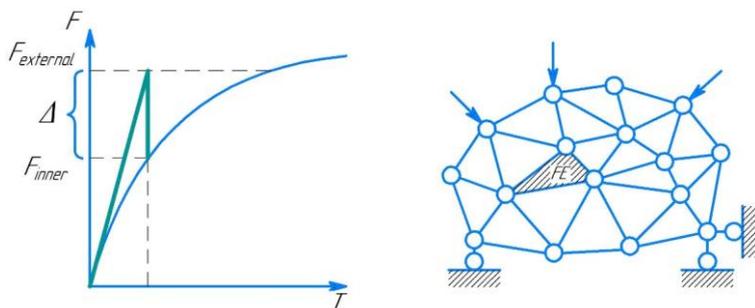


Рис. 1 Погрешность Δ уравнивающая внешние и внутренние силы модели

Необходимость многоитерационного решения связана с тем, что при нагружении упруго-пластичной конструкции при которой напряжение будет больше предела текучести материала, решатель не определяет самостоятельно при какой нагрузке это напряжение в отдельных узлах модели будет превышено. Некоторые программные продукты позволяют использовать инструмент «Nonlinear History» в решателе. Этот инструмент позволяет видеть в режиме реального времени график решения, следить за количеством произведённых повторных решений и уровень достигнутой нагрузки. Эта графика и позволяет анализировать скорость сходимости результатов решения.

Следует отметить, что решатель NX Nastran используемый чаще всего в SolidEdge ST10 использует критерий пластичности Мизеса, для пластичного материала.

Окно настройки анализа в SolidEdge ST10 выглядит так как показано на (рисунке 2).

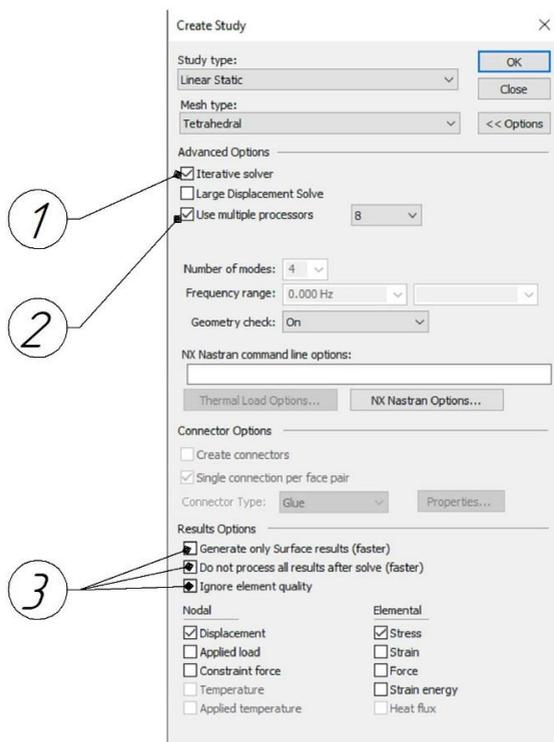


Рис. 2 Меню настройки решения методом конечных элементов в SolidEdge ST10

В отличие от более ранних версий программного обеспечения, в SolidEdge ST10 нелинейность решения задаётся за счёт указания контактов двух материалов, из которых состоит композитное изделие. Итеративность решения и его точность, настраиваются соответствующими вкладками обозначенными позициями 1,2 и 3 на (рисунке 2).

Решение задач конечно-элементного анализа в SolidEdge ST10 отличается дружелюбным интерфейсом, позволяющим скрыть многие настройки от пользователя и выполнять настройку в автоматическом режиме. Например, что касается сетки конечных элементов, то пользователю на верхних уровнях предлагается варьировать размер сетки от 1 уровня (грубый), до 10 уровня (высококачественный). На первый взгляд кажется, что все параметры в SolidEdge ST10

настраиваются просто и проверка сходимости результатов решения, также выполняется в автоматическом режиме. Если результаты не сходятся, то решатель просто выдаёт ошибку решения и прерывает расчёт. Однако есть ещё одно условие, которое не может быть учтено в автоматическом режиме, это размер сетки конечных элементов.

В случае расчёта простой модели, использованием вычислительных ресурсов модели можно будет пренебречь. Оптимизация размера сетки не значительно повлияет на результат исчисления и затраченное время. Однако если расчётная модель обладает большими габаритами, включает сборку различных материалов, контактирующих между собой, разные свойства материалов, сложную геометрию, то в таком случае создание самой сетки конечных элементов, а также расчёты, могут занять довольно много времени и при этом не сойтись. Это приведёт к ошибке вычислений и прерыванию расчётов. Поэтому очень важно выбрать тот размер сетки конечных элементов, который позволит произвести корректные расчёты модели при затрате наименьших ресурсов вычислительной техники.

Использование оптимальной по размеру сетки конечных элементов в последующем позволит, изменяя параметры материалов модели, производить быстрый и точный расчёт модели композитной детали в различных вариациях материалов с целью проведения инженерных изысканий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Y. R. Jeng, D. S. Liu, H. T. Yau. *Fast numerical algorithm for optimization mold shape of direct injection molding process*. (USA: Materials and manufacturing processes. **6**. 689-694, 2013).

2. N. S. Lubimyi, M. S. Chepchurov, E. I. Evtushenko, V. P. Voronenko. Calculation of fixing element of metal-polymeric mold-forming surface of mold in metal cage // *Actual Issues of Mechanical Engineering*. 2017. N. 133. C. 433-438.

3. N. S. Lubimyi, A. A. Polshin, M. D. Gerasimov, A. A. Tikhonov, S. I. Antsiferov, B. S. Chetverikov, V. G. Ryazantsev, J. Brazhnik, I. Ridvanov. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // *Polymers*. 2022. N. 14. C. 340-352. <https://doi.org/10.3390/polym14020352>

4. S. Khan, E. Gunpinar, M. Moriguchi, H. Suzuki. Evolving a psycho-physical distance metric for generative design exploration of diverse shapes.

(J. Mech. Des. Trans. ASME 141, 111101, 2019).
<https://doi.org/10.1115/1.4043678>.

5. M. M. Nisar, S. Zia, M. Fenoon, O. Alquabeh. Generative Design of a Mechanical Pedal. (Int. J. Eng. Manag. Sci. 6, 48–58, 2021).
<https://doi.org/10.21791/ijems.2021.1.5>.

6. P. R. Shrestha, D. Timalisina, S. Bista, B. P. Shrestha, T. M. Shakya. Generative design approach for product development. (In Proceedings of the AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk Russia, 2397, 2021).

7. M. Leary. Generative design. (In Design for Additive Manufacturing; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 203–222, 2020).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816721-2.00007-5>.

8. Di Filippo, M. Lombardi, F. Marongiu, A. Lorusso, D. Santaniello. Generative design for project optimization. (In Proceedings of the Proceedings—DMSVIVA 2021: 27th International DMS Conference on Visualization and Visual Languages, KSIR Virtual Conference Center, USA, June 29–30, 2021).

9. Патент РФ № 188720. Металл-металлополимерная пресс-форма. / Н.С. Любимый - 2018144087, заяв. 12.12.2018. опубл. 22.04.2019. Бюл. №12.

10. J. Liang, H. Narahara, H. Koresawa, H. Suzuki. Verification and evaluation of automatically designed cooling channels for block-laminated molds. (UK: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 75, 1751-1761, 2014).

11. A. Romanovich, A. Ebrahim, M. A. Romanovich. Improving the efficiency of the material grinding process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т.945. С. 012060.

УДК 621.74

*Голубева Н.Д., Польшин А.А., Тихонов А.А., Мелентьев Н.А.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОД ВЫБОРА СЕТКИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СДМ

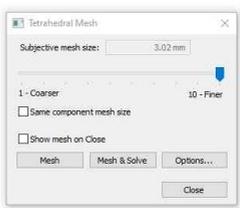
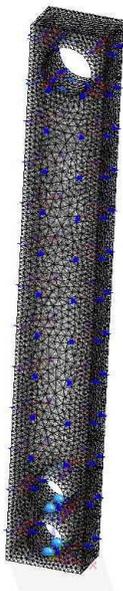
В случае расчёта простой модели, использованием вычислительных ресурсов модели можно будет пренебречь [1,2,3,4,5].

Оптимизация размера сетки не значительно повлияет на результат исчисления и затраченное время. Однако если расчётная модель обладает большими габаритами, включает сборку различных материалов, контактирующих между собой, разные свойства материалов, сложную геометрию, то в таком случае создание самой сетки конечных элементов, а также расчёты, могут занять довольно много времени и при этом не сойтись. Это приведёт к ошибке вычислений и прерыванию расчётов. Поэтому очень важно выбрать тот размер сетки конечных элементов, который позволит произвести корректные расчёты модели при затрате наименьших ресурсов вычислительной техники [6,7,8].

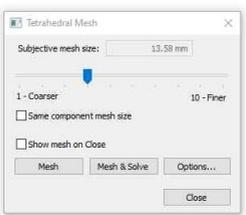
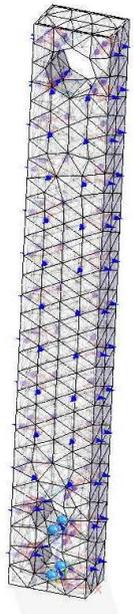
Использование оптимальной по размеру сетки конечных элементов в последующем позволит, изменяя параметры материалов модели, производить быстрый и точный расчёт модели композитной детали в различных вариациях материалов с целью проведения инженерных изысканий.

Методика сравнения результатов вычислений на различных параметрах сеток конечных элементов показана на (рисунке 1). В качестве модели образца на котором производились расчёты, была выбрана модель рычага [9,10,11].

Расчётные данные для удобства анализа результатов сходимости результатов, данные были сведены в (таблицу 1). На (рисунке 2) показаны графики сходимости по параметрам напряжения, деформаций и запаса прочности. Графики отражают расчётные параметры для каждой вариации качества сетки конечных элементов в диапазоне от 1 до 10.



а



б

Рис. 1 Варьирование сетки конечных элементов модели рычага: уровень 10 (а); уровень 4 (б).

Таблица 1 – Расчётные параметры композитного образца

stress max, MegaPa	margin of safety min	margin of safety max
0.532	1360	0.048
0.546	1170	0.0558
0.567	1200	0.0544
0.528	1410	0.0443
0.528	1480	0.0464
0.491	1190	0.0551
0.507	1170	0.0561
0.486	1640	0.0398
0.465	1530	0.0429
0.429	2380	0.0275

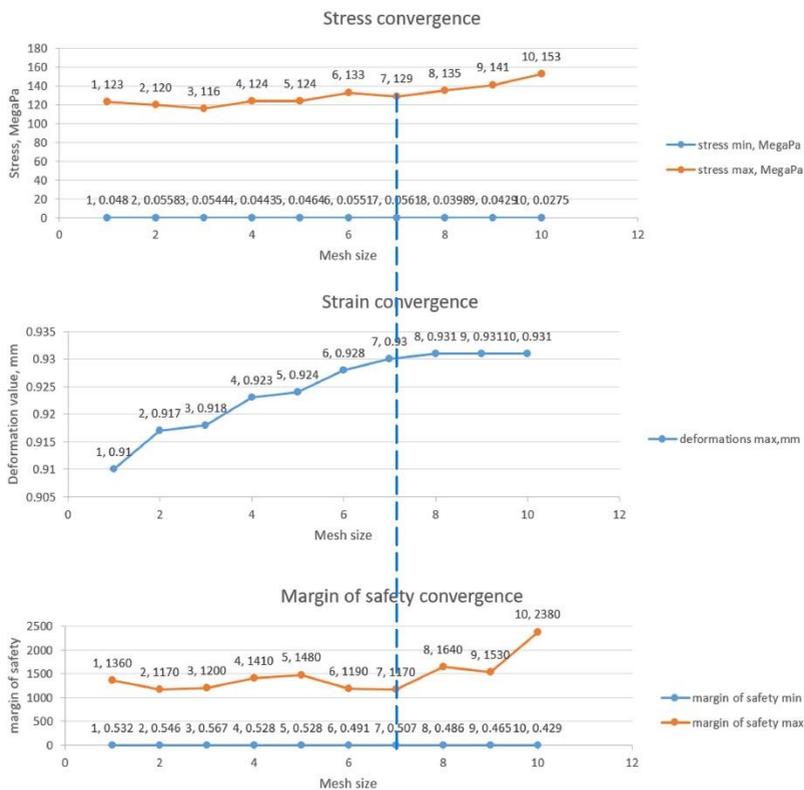


Рис. 2 Графики сходимости результатов вычислений

Несмотря на то, что при любом размере сетки конечных элементов решение выполнялось без ошибок, наиболее оптимальным размером сетки является номер 7. Размер сетки номер 7 имеет наименьший запас прочности, что является предпочтительным. Деформации на номере 7 выходят на плато. Максимальные напряжения в целом отличаются незначительно на всём диапазоне изменения размеров сетки. По совокупности параметров, размер сетки номер 7 наиболее предпочтителен. Проекционная связь графиков на размере сетки номер 7 показана штриховой линией.

Описанная в статье методика оценки сходимости результатов исследования на основе варьирования размера сетки конечных элементов при нелинейном анализе, позволяет инженеру-исследователю оценить влияние крупности сетки на адекватность результатов расчётов. Наиболее наглядно это показывает график сходимости деформаций (рисунок 2). Повышение качества сетки конечных элементов, то есть уменьшение размеров сетки после 7 уровня, уже не приводит к значительному изменению результатов вычислений. Следовательно, уменьшение размера сетки конечных элементов приводит к увеличению затрат вычислительных ресурсов, увеличению времени вычисления, но при этом не даёт никаких значимых результатов повышения точности вычисления.

Применение анализа сходимости результатов вычислений при варьировании качества построения сетки конечных элементов, может оказать существенное влияние на скорость проведения расчётов, что является ключевым фактором при проектировании композитной модели изделия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Y. R. Jeng, D. S. Liu, H. T. Yau. Fast numerical algorithm for optimization mold shape of direct injection molding process // USA: Materials and manufacturing processes. 2013. Т. 6. С. 689-694.

2. N. S. Lubimyi, M. S. Chepchurov, E. I. Evtushenko, V. P. Voronenko. Calculation of fixing element of metal-polymeric mold-forming surface of mold in metal cage // Actual Issues of Mechanical Engineering. 2017. Т. 133. С. 433-438.

3. N. S. Lubimyi, A. A. Polshin, M. D. Gerasimov, A. A. Tikhonov, S. I. Antsiferov, B. S. Chetverikov, V. G. Ryazantsev, J. Brazhnik, I. Ridvanov. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // Polymers. 2022. Т. 14. С. 340-352. <https://doi.org/10.3390/polym14020352>

4. S. Khan, E. Gunpinar, M. Moriguchi, H. Suzuki. Evolving a psycho-physical distance metric for generative design exploration of diverse shapes. (J. Mech. Des. Trans. ASME 141, 111101, 2019). <https://doi.org/10.1115/1.4043678>.

5. M. M. Nisar, S. Zia, M. Fenoon, O. Alquabeh. Generative Design of a Mechanical Pedal. (Int. J. Eng. Manag. Sci. 6, 48–58, 2021). <https://doi.org/10.21791/ijems.2021.1.5>.

6. P. R. Shrestha, D. Timalisina, S. Bista, B. P. Shrestha, T. M. Shakya. Generative design approach for product development. (In Proceedings of the AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk Russia, 2397, 2021).

7. M. Leary. Generative design. (In Design for Additive Manufacturing; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 203–222, 2020). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816721-2.00007-5>.

8. Di Filippo, M. Lombardi, F. Marongiu, A. Lorusso, D. Santaniello. Generative design for project optimization. (In Proceedings of the Proceedings—DMSVIVA 2021: 27th International DMS Conference on Visualization and Visual Languages, KSIR Virtual Conference Center, USA, June 29–30, 2021).

9. V. Semenuk, RF Patent No. 2046714. Method for manufacturing mold forming elements. publ. 10/27/1995.

10. J. Liang, H. Narahara, H. Koresawa, H. Suzuki. Verification and evaluation of automatically designed cooling channels for block-laminated molds. (UK: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 75, 1751-1761, 2014).

11. A. Romanovich, A. Ebrahim, M. A. Romanovich. Improving the efficiency of the material grinding process. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. T. 945. C. 012060.

УДК 629.017

Градусов М.Д.

Научный руководитель: Солодовников Д.Н., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова. г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ УЧАСТКА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ

В мире очень широко развито восстановление деталей автомобильной техники. Согласно статистическим данным более 50% изношенных деталей можно в последующем восстановить. Стоимость

восстановленных деталей может быть меньше стоимости новых деталей до 50% и более. Иногда покупатель может получить скидку на новую деталь при сдаче продавцу детали бывший в употреблении. В Европе и США более тысячи предприятий заняты восстановлением изношенных деталей. Это могут быть как малые предприятия, так и крупные предприятия, поставляющие детали в том числе и на заводские конвейеры. В России тоже есть подобные предприятия, однако последнее время их количество сократилось. Связано это с некоторым недоверием отечественного потребителя к восстановленным деталям. Связано это в том числе и тем, что существует большое количество предложений от китайских производителей неоригинальных деталей низкой цветовой категории, но при этом приемлемого качества [1].

Процесс восстановления деталей целесообразен, если в этом есть экономическая выгода. Объемы восстановительного производства с каждым годом возрастают и за последние 10 лет в мире количество восстановленных деталей в денежном выражении выросло на 25%.

Восстановление деталей можно организовать в условиях существующего предприятия, которое обладает достаточным парком станков и необходимым технологическим оборудованием. Структурная схема подобного предприятия представлена на (рисунке 1).

Авторемонтное предприятие как правило имеет различные подразделения, которые занимаются своим видом деятельности. Рассмотрим подробнее отдел по восстановлению деталей, который разделён на несколько производственных участков [2].

В условиях материально-технического участка осуществляется оценка детали, которую предусматривается восстановить или отремонтировать [3].

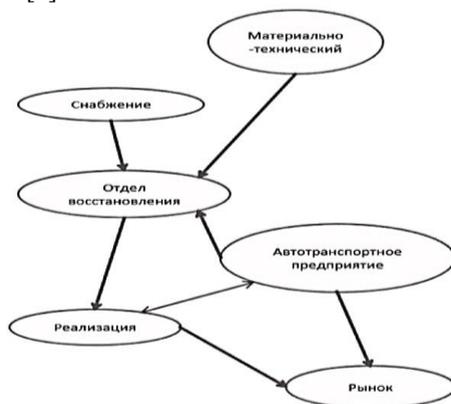


Рис. 1 Структурная схема участка восстановления деталей

Производится экономический расчет целесообразности рассматриваемого мероприятия. В случае положительного решения деталь поступает в участок восстановления. Отбор деталей под восстановление производится по алгоритму, представленному на (рисунке 2). Предусматривается в том числе и испытание деталей после восстановления.

Отдел снабжения принимает заявки от участка восстановления. Закупка производится как как целиком новых деталей, так и отдельных компонентов, необходимых для восстановления деталей, поступающих на ремонт.

Восстановленные детали поступают на склад в отдел реализации, где они маркируются и хранятся вместе с новыми деталями. Восстановленные детали далее могут поступать на собственные нужды при ремонтных работах или выводиться на рынок запасных частей [4].

Требования к качеству восстановленных деталей на предприятии такие же, как и к обычному типовому производству. Оно должно быть эффективным и соответствовать всем существующим нормам и правилам. Восстановленные детали не могут заменять полностью новые, они должны отработать свой заложенный ресурс и в итоге утилизироваться.

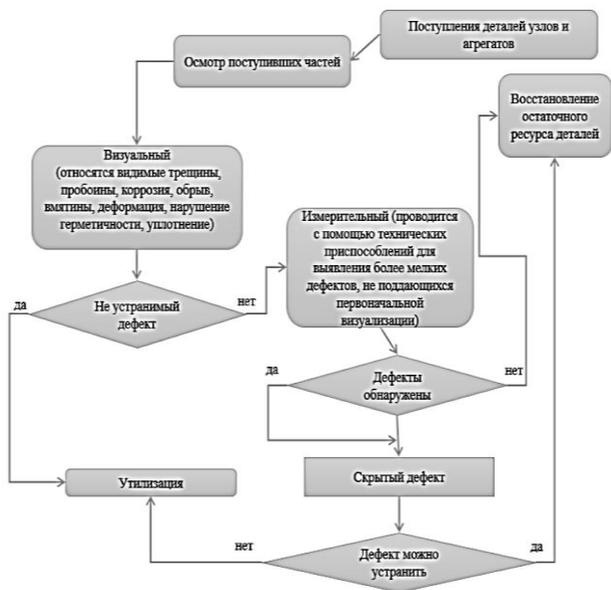


Рис. 2 Алгоритм отбора деталей, подлежащих восстановлению

Существует проблема восстановления отдельных категорий запасных частей, так как на мировом рынке не хватает количества необходимых элементов для ремонта, либо нет ремонтного комплекта и технических регламентов на восстановление агрегата [5].

Стоимость отремонтированной детали не всегда может быть меньше стоимости новой, в зависимости от используемых материалов и технологий.

Однако стоимость не является ключевым параметром, который следует учитывать при принятии решения об использовании восстановленной детали.

Намного важнее ресурс самого изделия, его качество, но главное – это правила самого производителя, если он в принципе разрешает использовать отреставрированное изделие в своей технике, и если да, то на каких условиях [6].

Если допускать такую возможность, то здесь важен ресурс и качество восстановленной детали, и если они на уровне, то такую деталь или комплект необходимо покупать, особенно если сложно купить новую деталь и необходимо восстановить работоспособность машины или оборудование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цапкова М.С., Солодовников Д.Н. Актуальность проблемы технической эксплуатации // В сборнике: Современные научные исследования: тенденции и перспективы Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 54-58.

2. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей.Т. 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: Учебное пособие / И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ Инфра-М, 2013. - 432 с.

3. Белозерских А.И. Снижение транспортных затрат в условиях промышленных предприятий // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс сборник докладов X международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Губкинский филиал. 2017. С. 188-189.

4. Цапкова М.С., Дубино Н.В. Роль инновационного маркетинга в деятельности автосервисных предприятий // В сборнике: Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях. Сборник материалов

ХII Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Под редакцией С.А. Михайличенко, Ю.Ю. Буряка. Белгород, 2020. С. 149-155.

5. Романович Ж.А. Диагностирование, ремонт и техническое обслуживание систем управления бытовых машин и приборов: Учебник / Ж.А. Романович, В.А. Скрыбин, В.П. Фадеев. - М.: Дашков и К, 2016. - 316 с.

6. Однокозов П.С., Дуганова Е.В. Совершенствование логистической системы склада при станции технического обслуживания // В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. сборник научных трудов 14-ой Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 152-155.

УДК 351.811.122.5

Грищенко М.С.

Научный руководитель: Ванькова Т.Е., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Как известно, первый автомобиль появился на улицах Парижа. Там же произошло и первое дорожно-транспортное происшествие.

С того момента прошло немало времени, изменились и автомобили, и дороги, по которым они перемещаются. Неизменным остается стремление человека к непрерывному совершенствованию как транспортных средств, так и транспортной инфраструктуры. При этом, наблюдается прямая причинно-следственная связь между качеством транспортной инфраструктуры и ростом ДТП. Ровное покрытие магистралей располагает к движению с большой скоростью и пренебрежению правилами дорожного движения.

В связи с чем, «нога в ногу» следует прогресс в сфере технологий, в строительстве транспортной инфраструктуры и автомобилестроения, и развитие отрасли технических средств организации дорожного движения и обеспечения контроля за соблюдением участниками дорожного движения установленных правил такого движения.

Технические средства организации дорожного движения – сооружения и устройства, являющиеся элементами обустройства дорог

и предназначенные для обеспечения организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, светофоры, дорожные ограждения, направляющие устройства и иные сооружения и устройства) [1]

Средства организации дорожного движения унифицированы и, с небольшими нюансами, схожи по форме и области применения во всех странах земного шара.

Правила устройства и применения технических средств организации дорожного движения на территории РФ регламентируются соответствующими актами нормативно-технического регулирования (Регламенты таможенного союза, ГОСТы, Методические рекомендации).

Так, например, установленные на сегодняшний день требования к нерегулируемым пешеходным переходам: такой переход должен быть оснащен дорожными знаками, установленными в месте начала и окончания перехода, а также дублирующими дорожными знаками на высоких консолях, возвышающихся над проезжей частью (для информирования водителей, если обзор первого знака перегорожен большегрузным или крупногабаритным транспортным средством). Разметка должна быть жёлто-белой и быть различима в любое время года и суток. Пешеходный переход должен быть подсвечен. Все вышеуказанные требования взяты из документов нормативно-технического регулирования и обязательны к исполнению.

Или, например, что при высоте насыпи автомобильной дороги более 3 метров, обязательно устройство барьерного ограждения.

Конструкции технических средств организации дорожного движения проходят глубокий конструкторский и инженерный анализ перед внедрением в массовое применение. Их задача - привлечь внимание к тем или иным особенностям дорожной обстановки, к установленным правилам движения, а при необходимости минимизировать вред для жизни и здоровья (удерживающий эффект барьерных ограждений).

Однако, для обеспечения безопасности дорожного движения недостаточно качественного состояния транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения соответствующими техническими средствами. Главным фактором, влияющим на безопасность дорожного движения, был, остается и, вероятно, будет и в дальнейшем, - человеческий фактор. Иными словами, участник дорожного движения.

Поэтому одной из главных проблем развития транспортной инфраструктуры является проблема принуждения участников дорожного движения к соблюдению установленных правил движения и пользования. Решение этой задачи возможно исключительно путем

обеспечения неотвратимости наказания для таких нарушителей. Выполнить задачу только за счет дорожного патрулирования с учетом масштабов страны невозможно.

Поэтому на помощь в решении указанной проблемы приходят современные цифровые технологии. За последние 20 лет технологии в области автоматической фиксации нарушений установленных правил движения прошли настоящую эволюцию от радаров скорости в руках инспектора ДПС до современных программного-аппаратных комплексов, позволяющих фиксировать несколько нарушений.

Современные комплексы фиксации нарушений могут фиксировать нарушение скоростного режима, несоблюдение рядности при движении, выезд на встречную полосу дорожного движения, движение под знак «Движение запрещено», непредоставление приоритета пешеходу, нарушение правил остановки и стоянки, и даже нарушение установленных правил проезда тяжеловесным крупногабаритным транспортом.

Статистика отмечает снижение нарушений ПДД в зоне контроля комплексов фотовидеофиксации, и, как следствие из этого, снижение числа ДТП на том или ином участке. Это явно свидетельствует о том, что именно фотовидеофиксация нарушений ПДД по состоянию на текущий момент является наиболее эффективной мерой обеспечения безопасности дорожного движения на том или ином участке.

Говоря о современных технологиях в сфере строительства транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения, нельзя не остановиться на особенностях такого движения и его регулирования в городах.

Так, в городах с численностью населения свыше 250-300 тысяч человек в последние десятилетия существенно увеличилось число личных транспортных средств у населения. В результате чего заторы и «пробки» на дорогах стали обыденностью не только для столицы.

Над решением проблемы возросшего числа населения, автомобилей и с «пробками» бьются все урбанисты в мире. Существуют разные подходы и разные мнения, где-то это реализовывается успешно, а где-то приводит к еще большему коллапсу.

Остановимся на нашей стране. Начнем, конечно же, с Москвы.

За последние 5-7 лет в Москве существенно выросла доступность общественного транспорта. Построена новая Московская кольцевая линия, несколько десятков станций метро, в том числе в «ближайшем пригороде», на станциях метро обустроены «перехватывающие парковки», внедрена система «Каршеринга», для общественного

транспорта, транспорта служб специального реагирования и лицензионных такси действует режим «выделенных полос».

Данные мероприятия сделали передвижение на общественном транспорте более привлекательным с точки зрения экономии денежных средств и времени.

Кроме того, общественный транспорт оснащен системой спутниковой навигации, позволяющей отследить его местоположение. Данные о перемещении транспорта передаются в том числе в мобильные приложения, где на цифровой карте Москвы, с учетом скорости передвижения и сведений о пробках, можно рассчитать предполагаемое время в пути с минимальной погрешностью.

Кроме того, автомобильные дороги Москвы оснащены видеодетекторами, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать оперативную обстановку на дорогах, вести подсчет трафика транспортного потока, выявлять и передавать данные о возникших ЧС и внештатных ситуациях для быстрого реагирования. Светофоры оснащены контролерами, позволяющим удаленно, в том числе в автоматическом режиме настраивать режим горения светофора.

Данные о передвижениях общественного транспорта с вышеуказанных детекторов поступают в Центр обработки данных города Москвы. Центр оснащен современными диспетчерскими пунктами, куда стекаются данные, обрабатываются, анализируются, в том числе при помощи искусственного интеллекта, и применяются те или иные решения, направленные на улучшение организации дорожного движения.

Так, например, при образовании затора, в связи с увеличившимся потоком транспортных средств удаленно можно регулировать время горения светофора (адаптивное регулирование). Или при внештатной ситуации (ДТП) отреагировать, передать сведения о ДТП в ГИБДД или службу аварийных комиссаров, а также в дорожную службу, в случае необходимости вызова эвакуатора и уборки покрытия.

Кроме того, дороги Москвы оснащены системами метеонаблюдения, что позволяет, например, при гололедице оперативно отреагировать и направить специализированную технику для уборки той или иной территории.

Указанный положительный опыт Москвы было решено транслировать на регионы. Так, в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» (сокращенно БКД) была выделена федеральная программа «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства». В рамках реализации указанной программы предусмотрено мероприятие «Внедрение интеллектуальных транспортных систем,

предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек».

В рамках указанных мероприятий в агломерациях, участвующих в их реализации, планируется помимо приведения в нормативное состояние объектов транспортной инфраструктуры, создание устойчивой сети общественного транспорта, оснащение магистральных городских улиц и дорог системами детектирования транспортных и пешеходных потоков, оснащение всех светофоров возможностью автоматического управления, и создание регионального центра обработки данных для обработки получаемых данных и их управления.

Белгородская агломерация также принимает участие в реализации вышеуказанного федерального проекта. Его реализацию планируется завершить к 2024 году.

Пока мы можем наблюдать только частичную реализацию тех или иных этапов: внедрение выделенных полос для общественного транспорта, приобретение новых автобусов, попытки адаптивного светофорного регулирования. Но, будем надеяться, что к концу 2024 года можно будет в полной мере оценить положительные изменения в дорожной обстановке на дорогах Белгорода после внедрения всего комплекса запланированных мероприятий.

Таким образом, современные условия диктуют необходимость не только поиска и внедрения новых конструктивных решений и технологий при создании объектов транспортной инфраструктуры, но и новых технологичных решений и цифровых подходов к управлению и организации дорожного движения, а также обслуживания на таких объектах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон №443-ФЗ: принят Государственной думой 29 декабря 2017 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2017 года // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2018. - № 1. – ст. 27.

2. Безопасные качественные дороги: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://bkdrf.ru> (дата обращения: 02.04.2022).

3. ГИБДД Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://гибдд.рф> (дата обращения: 03.04.2022).

4. МВД Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://мвд.рф> (дата обращения: 03.04.2022).

5. Перькова, М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных противоречий развития на региональном уровне / Перькова М.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 4. С.62-71

УДК 625.144.5:625.143.482

Демянцев С.Ю.

Научный руководитель: Бондаренко С.Н., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРЯДКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛЕТЯХ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

Железные дороги являются невероятно важной частью транспортной системы, на долю которых приходится довольно большая часть перевозки грузов и пассажиров.

В силу увеличения грузонапряжённости и объёма пассажироперевозок, бесстыковой путь проявляет себя более актуальным нежели звеньевой. Это обусловлено отсутствием в рельсовых плетях стыков, что позволяет улучшить плавность движения поездов и продлить сроки службы элементов верхнего строения пути. Однако, в длинных плетях, при перепадах температур, возникают сильные продольные напряжения (при повышении температуры возникают продольные сжимающие усилия, при её понижении – растягивающие). Это может привести к ухудшению устойчивости, снижению прочности и выбросу пути. Для этого делают разрядку температурных напряжений [1].

Разрядку температурных напряжений необходимо производить в следующих случаях:

1) если необходимо перезакрепить плети на постоянный режим эксплуатации после проведения их закрепления во время укладки при температуре, отклоняющейся от оптимальной;

2) если возникла неотложная необходимость ремонтных работ на пути при температуре выше допустимой, в том числе и при устранении образовавшегося резкого угла в плане пути;

3) если было проведено окончательное восстановление целостности рельсовой плети при сваривании её за пределами температурного интервала [2].

Для устранения напряжений применяют различные методы, некоторые из них будут приведены ниже.

Авторское свидетельство СССР № 365416, «Способ снятия местных избыточных напряжений от продольных сил в рельсовых плетях бесстыкового пути». Согласно этой методике раскрепляют только участок рельсовой плети, включающий избыточные напряжения, длину которого определяют исходя из расчёта.

Авторское свидетельство СССР № 1414910, «Устройство для разрядки температурных напряжений». Разрядка температурных напряжений осуществляется с помощью устройства, которое позволяет принудительно перемещать рельс в любом направлении.

Самым распространённым на сегодняшний день способом разрядки температурных напряжений основан на применении гидравлических натяжных устройств и вывешиванием рельсов на роликовые опоры, которые устанавливают на каждой пятнадцатой шпале (вместо роликовых опор также могут использоваться скользящие пары пластин).

Данные методы являются довольно практичными, однако они имеют серьёзный недостаток – требуется выполнение большого объёма операций:

- 1) раскрепление плетей;
- 2) подъем плети для вывешивания ее на роликовые опоры или на скользящие пары пластин;
- 3) встряхивание плети ударными приборами;
- 4) применение силовых натяжных устройств для изменения длины плети;
- 5) подъем плети для уборки роликовых опор или скользящих пар пластин;
- 6) окончательное закрепление плетей на месте.

В научной статье [3] был рассмотрен новый способ, который основывается на патенте РФ № 2399714 «Способ разрядки температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути» [4]. Схема показана на рис. 1.

Суть предложенного способа заключается в исполнении следующих технических операций:

- 1) раскрепляются рельсовые плети от промежуточных креплений;
- 2) каждая плеть подхватывается под головку рельса роликовыми противокантовочными захватами и производится подъём каждой плети на расчетную высоту, которая определяется исходя из разницы между температурой во время укладки и оптимальной температурой плети;
- 3) перемещение крана с захватами вдоль плети до ее конца;
- 4) удлинение плети и последующее её закрепление.

Данный способ позволяет снизить эксплуатационные расходы на содержание пути, за счёт сокращения количества последовательно выполняемых операций и исключения применения оттягивающих устройств с дополнительными ударными механизмами.

Но у него есть и недостатки. Плеть нужно постоянно оттягивать, так как удлинение происходит впереди укладочного крана. А это невероятно трудно, особенно если работы проводятся в кривых участках пути.



Рис. 1 Схема удлинения плетей бесстыкового пути

Подводя итоги всему вышесказанному, стоит отметить, что бесстыковой путь имеет крайне высокие эксплуатационные характеристики, однако невероятно важно следить за своевременной разрядкой температурных напряжений, возникающих в рельсовых плетях. Для этого есть различные способы, у каждого из которых свои преимущества и недостатки. При использовании крана, уменьшается количество выполняемых операций, но возникают трудности с ведением работ в кривых. Применяя стандартные методы, этих трудностей нет, однако приходится выполнять намного больший объём технических операций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голиусов, А. С. Перспективы развития сети железных дорог в Российской Федерации / А. С. Голиусов, А. М. Гридчин, А. А.

Логвиненко // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, Белгород, 08–10 октября 2013 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2013. – С. 91-95. – EDN SIQBER.

2. Новакович, В. И. О качестве разрядки, регулировки или перезакрепления рельсовых плетей / В. И. Новакович, Н. И. Залавский, Г. В. Карпачевский // Путь и путевое хозяйство. – 2016. – № 6. – С. 2-4.

3. Шадрин, С. В. Ресурсосберегающие технологии для удлинения рельсовых плетей бесстыкового пути при разрядке температурных напряжений / С. В. Шадрин // Вестник института тяги и подвижного состава. – 2013. – № 9. – С. 51-55.

4. Патент № 2399714 С1 Российская Федерация, МПК E01B 31/18, E01B 29/17. Способ разрядки температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути: № 2009119041/11: заявл. 19.05.2009: опубл. 20.09.2010 / А. И. Марголин, А. С. Клементов, В. Е. Васильев [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество Научно-внедренческий центр «Путевые машины».

УДК 625.143.5

Добровольский Б.В., Василенко В.В.

Научный руководитель: Бондаренко С.Н., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

Для надежной фиксации рельса к шпале, а в следствии существенно определяющей параметры геометрии рельсовой колеи, пространственной жесткости рельсошпальной решетки и сохранения шаблонного расстояния между рельсами, используют промежуточные скрепления.

К основным требованиям, предъявляемым к промежуточным скреплениям можно отнести:

- Обеспечить стабильность ширины колеи и подуклонков рельсов;
- Не допускать перемещений рельсовых нитей по опорам;
- Быть прочным и упругим для смягчения динамических вертикальных и горизонтальных, продольных и поперечных нагрузок.

- Иметь наименьшее количество деталей.
- Быть минимально трудоемкой для содержания скрепления в исправном состоянии.
- Включать в себя элементы, изолирующие рельсовые нити. т.е. исключающие перемещения тока по шпале между рельсовыми нитями [1].

Промежуточные скрепления можно разделить на два типа по применяемой в нем клемме - скрепление с жесткой клеммой и упругой клеммой. Жесткие скрепления характерны высокой жесткостью скрепления и стабильностью ширины колеи. Упругие же скрепления характерны малодетальностью и достаточной упругостью.

В России же наиболее распространены следующие типы промежуточных скреплений: отечественные КБ-65, АРС-4 и зарубежные Pandrol-350, Vossloh, которые будут рассмотрены в этой статье.

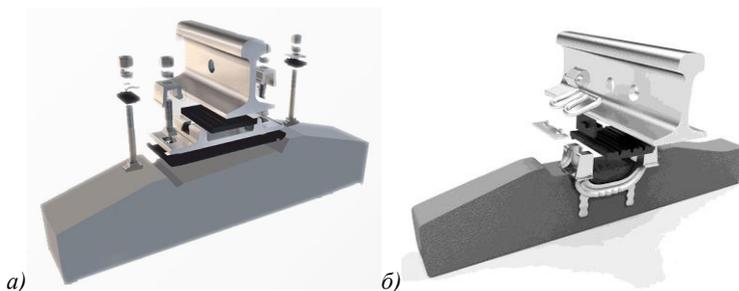


Рис. 1 Промежуточное рельсовое скрепление: *а* -КБ-65; *б* - АРС-4

Скрепление КБ-65 относится к классу жестких скреплений, оно имеет 4 болтовых соединения. Скрепление обеспечивает достаточно прочную связь рельсовых плетей со шпалами. Однако в процессе эксплуатации она ослабевает из-за несвоевременной смазки резьбы и подтяжки гаек клемных и закладных болтов. Скрепление имеет два основных недостатка: первый- многодетальность, второй - высокая жесткость скрепления. При ручной затяжке зачастую не развивается нужная прижимная сила, также это трудозатратно. В эксплуатации приводит к интенсивному падению прижатия рельса к подкладке. В процессе эксплуатации происходит износ подрельсовых прокладок, трущихся элементов скреплений. В эксплуатации это приводит к быстрому снижению усилия монтажной затяжки болтов [1].

Скрепление APC является упругим, в качестве прижимных деталей используются клеммы, крепится к шпале анкером. Достоинством скрепления APC является высокая стабильность положения рельсовой колеи по шаблону в прямых и кривых радиусом 1000 метров и более равномерное и стабильное усилие прижатие рельса узлом скрепления. Недостатком же является то, что в кривых участках пути (радиусом 650 метров и менее) наблюдается интенсивное уширение рельсовой колеи, связанное в первую очередь с деформацией (изломом) изолирующих уголков и разуклонкой рельсов (за счет неравномерного смятия подрельсовой прокладки снаружи внутри колеи). Укладка шпал с малым радиусом <350 является рискованной из-за недостаточной прочности пружинных клемм [1].

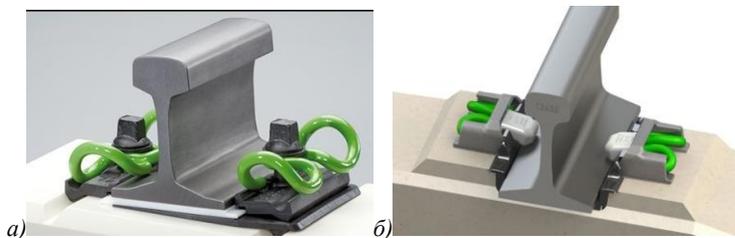


Рис. 2 Промежуточное рельсовые скрепление: *a* –Vossloh, *б* - Pandrol

Скрепления Vossloh и Pandrol. Vossloh благодаря средней петле упругой клеммы, выступающей над подошвой рельса, упругая клемма имеет вторую жесткость (вертикальный отрезок прямой пружинного хода). Здесь предотвращается избыточная нагрузка пружинных рукавов и пластичное деформирование. Также средняя петля служит защитой от опрокидывания рельса. Скрепление имеет 100% изоляцию, благодаря большому количеству деталей из пластмассы. К недостаткам можно отнести, свойственную всем упругим скреплениям, проблематичность содержания пути, неравномерное смятие подрельсовой прокладки и сохранения шаблонного расстояния между рельсовыми нитями в радиусах, меньше 650 м. Также возможность попадания воды в отверстие под болт в шпале, а вследствие замерзания - ее является недостатком. Также требуется большое усилие в затяжке, в 3 раза превышающее усилие затяжки гаек в КБ-65. На практике развить такое усилие без спец. Инструмента невозможно [2].

Скрепление Pandrol является анкерным, в отличие от Vossloh. Имеет в 2 раза большее усилие на растяжение в отличие от других упругих соединений. Требуется для фиксации только специальный ключ. Благодаря высокой прижимной силе, скрепление отлично держит

шаблон в кривых большого радиуса и на прямых участках пути. К существенным недостаткам скрепления можно отнести свойственное все упругим скреплениям проблематичность содержания пути, неравномерное смятие подрельсовой прокладки и сохранения шаблонного расстояния между рельсовыми нитями в радиусах, менее 650м. Дополняется этот недостаток тем, что скрепление имеет достаточно малую регулировку ширины колеи относительно конкурентов [3].

Основные показатели рассматриваемых скреплений сведены в (таблицу 1).

Таблица 1 – Основных показателей скреплений

Параметр	Тип скрепления			
	КБ-65	AP C	Vossloh	Pandro 1
Количество резьбовых соединений, шт.	4	-	2	-
Общее количество деталей в узле, шт.	21	10	9	9
количество металлических деталей в узле, шт.	17	5	4	2
Масса узла скрепления, кг.	12	8,4	3,4	2,345
Масса металлических деталёк в узле, кг.	11	7,4	3	2,04
Регулировка по высоте, мм.	12	20	15	6

Для выявления недостатков и достоинств рассматриваемых промежуточных скреплений были проанализированы статьи [4,5] Результат представлен в (таблице 2).

Таблица 2 – Достоинств и недостатков промежуточных скреплений

Наименование скрепления	Тип скрепления	Достоинства	Недостатки
КБ-65	Жесткое	Ремонтопригодность	Многодетальность, материалоемкость, чрезмерная жесткость
APC	Упругое	Отечественная разработка, отличное удержание шаблона в прямых	Обслуживание дорож аналогов
Vossloh	Упругое	Лучшая электроизоляция, система двойной жёсткости клемм,	Большой момент затяжки болтов, сложность выставления

		дешевизна обслуживания	шаблона в кривых < 650
Pandrol	Упругое	Наибольшее прижимное усилие	Наименьшая возможность регулировки ширины колеи

В подведении итогов можно сказать, что большинство промежуточных скреплений, применяемых в Российской Федерации относятся к промежуточным скреплениям с упругой клеммой. Главными их преимуществами по сравнению с клеммно-болтовыми скреплениями является меньшая металлоемкость самого скрепления, а также более равномерное прижатие рельса к шпале, меньшая трудоемкость при монтаже. Также, отметим, что средняя стоимости текущего содержания пути с упругой клеммой ниже по сравнению со скреплением с жесткой клеммой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Третьяков Ю.Н., Третьякова Е.Н. Исследование особенностей различных видов промежуточных рельсовых скреплений с корректировкой нормативов их технического обслуживания: научно-исследовательская работа. аспиранты. ПГУПС, 2007, 79с.

2. Садырин Е. А. Использование метода прогнозирования для сравнительного анализа технического состояния рельсовых скреплений //Молодая наука Сибири. – 2020. – №. 2 (8). – С. 88.

3. Косенко С. А., Акимов С. С. Оценка влияния промежуточных скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых //Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика. – 2018. – С. 32-40.

4. Величко Д. В., Савостьянов А. А., Рошка В. В. Оценка эксплуатационных показателей работы железнодорожного пути в зависимости от конструкции промежуточных рельсовых скреплений //Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – №. 3 (50). – С. 23-30.

5. Золотых, С. Н. Оценка применения упругих скреплений в бесстыковом пути / С. Н. Золотых, А. М. Гридчин // Научно-технологические инновации: Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, XXI научные чтения, Белгород, 09–10 октября 2014 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.

Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014. – С. 29-33. – EDN TCLJQH.

УДК 629.3.083.4

Ильин И.П.

Научный руководитель: Власова Е.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Многие владельцы автомобилей порой задумываются об улучшении своего автомобиля, например, об установке хороших динамиков или замены штатной автомобильной магнитолы на более качественную, об установке круиз-контроля, камеры заднего вида, парктроников, видеорегистратора или сигнализации. Это не удивительно, так как стоимость данного оборудования, установленного на официальном дилере, при покупке порой бывает не по карману владельцу. Поэтому владельцы чаще всего устанавливают дополнительное оборудование после покупки авто в сторонних сервисах [1].

Дополнительное оборудование позволяет водителю чувствовать себя комфортно при управлении автомобилем, это стало возможным, благодаря новым материалам, позволяющим добиться от установки дополнительного оборудования максимальных характеристик, например, при шумоизоляции. Новые автомобильные сигнализации позволяют пользоваться автозапуском с мобильного телефона, а также задавать время прогрева и контролировать работу двигателя. Датчики давления в шинах, парктроники сильно влияют на безопасность при вождении автомобиля. Установка обогрева сидений, зеркал, противоугонных систем, также повышают комфорт и безопасность. Как видим, без дополнительного оборудования эксплуатировать авто не так комфортно и безопасно. Поэтому услуги по установке доп. оборудования пользуются достаточно большим спросом. Теперь нужно разобраться в видах дополнительного оборудования и как оно влияет на эксплуатацию автомобиля.

Установка автосигнализаций является, пожалуй, одной из самых востребованных среди всех услуг по установке доп. оборудования. Сигнализация препятствует угону авто, а более продвинутые модели автосигнализаций могут отследить местоположение авто, в случае его

угона, запустить двигатель со смартфона, задать время прогрева, контролировать работу автомобиля. Сигнализация стала больше как удобство, чем средство защиты, это не удивительно, так как сигнализация является базовым средством от угона автомобиля, так как из-за того, что даже продвинутую сигнализацию с шифрованием кода можно отключить, с помощью новых средств, которые используют угонщики, поэтому кроме сигнализации рекомендуется устанавливать дополнительные средства по обеспечению безопасности авто, такие как: блокировки КПП, капота, педалей, установка радиометок. Стоит помнить, что чем более нестандартна защита, тем шанс угона автомобиля меньше, так как автоугонщику проще всего устранять типовые блокировки, чем искать решение по устранению нестандартных блокировок, например, радиометки. Метка для автомобиля против угона (или чип) – это простейшая защитная мера, призванная блокировать работу отдельных агрегатов при попытке кражи ТС. Она состоит из приемника и передатчика закодированного сигнала (плюс комплектующие для подключения) [2].

Стоит помнить, что перед установкой сигнализации с автозапуском стоит провести диагностику автомобиля, так как автозапуск может нормально работать только на полностью исправном автомобиле.

Для того чтобы убедиться в правильной работе электрооборудования автомобиля, применяют компьютерные сканеры, мультиметры, осциллографы, нагрузочные вилки и многое другое. Мультиметр служит для проверки целостности электрической цепи проверки сопротивления, измерения силы и напряжения тока, измерении емкости конденсаторов и проверки диодов и во многом другом.

Контрольные лампочки служат только для проверки целостности электрической цепи и определения плюса и минуса.

Нагрузочная вилка позволяет измерить заряд аккумуляторной батареи и убедиться в её работе при нагрузке.

Осциллографы измеряют импульс с датчиков, там, где бессилён мультиметр, осциллограф очень помогает, например, при проверке датчика коленчатого вала, это позволяет убедиться в его работоспособности.

Компьютерная диагностика очень обширная тема, которая наиболее всего изменчива под влиянием времени. Она применяется на всех современных автомобилях, управляемых электронными блоками управления. Диагностика происходит путем подключения к разъему OBD II [3]. Это позволяет узнать о проблеме в автомобиле и найти её

причину. Через компьютерное подключение мы узнаем, что двигатель работает неправильно, например, увеличено потребление топлива, что сказывается на работе двигателя, бюджете владельца и выбросах в атмосферу большого количества вредных веществ стоит упомянуть о компрессометре, топливном манометре и мотор-тестере.

Компрессометр - это скорее инструмент моториста, но он также применяется и автоэлектриками для определения степени износа цилиндропоршневой группы, нормальная компрессия от 10 до 13 атмосфер на инжекторных бензиновых двигателях и от 20 до 26 на дизельных. Топливный манометр позволяет оценить работу топливного насоса, а именно давление в топливной рампе расскажет о состоянии топливной системы. И укажет на возможную неисправность, которая проявляется в неисправности обратного клапана, регулятора давления, негерметичности топливных форсунок, либо в неисправности самого топливного насоса.

Мотор тестер оценивает работу мотора, его датчиков и имеет много общего со сканером, который подключается к ЭБУ, но в отличие от него он подключается к самому двигателю, к его датчикам и оценивает работу двигателя по показаниям датчиков.

Только после полной диагностики автомобиля можно установить сигнализацию, оснащенную автозапуском.

Ездовой комфорт автомобиля складывается из массы факторов: плавности хода, динамики, эргономики, обзорности. Но не последнюю роль играет и количество проникающего в салон шума. Чтобы ограничить данный раздражающий фактор, влияющий в конечном счете на утомляемость водителя, необходимо произвести шумоизоляцию кузова автомобиля. Во многих «бюджетных» моделях акустический фон (не только на трассовых скоростях, но и в городе при скорости всего в 60–70 км/ч) способен доставлять дискомфорт.

Чтобы понять принцип установки шумоизоляции, для начала, стоит разобраться в природе звука: итак, звук – это упругие волны, распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания. Среда может быть твердой, жидкой, газообразной. Можно сказать, что звук – это вибрация. Причина звука – вибрация тел, хотя эти колебания не заметны для нашего глаза. При шумоизоляции используется несколько разных материалов, наложенных друг на друга, это сделано чтобы снизить шумы во всех диапазонах (высоком, среднем и низком).

Для того чтобы снизить данную вибрацию используются вибродемпферы или виброизоляторы, данный материал используется в

шумоизоляции автомобилей и не только, сделан он на основе битума или бутилкаучука.

Следующий слой шумоизоляции занимают шумоизоляторы - вспененный пенополиэтилен или каучук. Этот класс материалов нивелирует воздействие средних и высоких звуковых частот.

Затем идут шумопоглотители – поролон, он же – вспененный пенополиуретан. Поглощают шум за счет открытой ячеистой структуры. Эффект поглощения призвана увеличить специальная пропитка. Шумопоглотители пластичны и сжимаемы, поэтому используются как прокладочный материал. Чаще всего применяют три варианта разной толщины: 2, 4 или 8 мм [4].

Аудио в автомобиль. Шумоизоляцию стоит производить не только для снижения шума салона, но и для того, чтобы установить качественную акустическую систему в свой автомобиль. Шумоизоляция уберет посторонний звук и тем самым улучшит качество звука с колонок. Чтобы добиться хорошего автозвука необходимо сначала сделать виброизоляцию, потом поменять штатные динамики на более качественные, затем можно добавить сабвуфер. Нужно соблюдать последовательность работ при установке музыки иначе звук может стать только хуже. Чтобы добиться улучшения качества и громкости звука и при этом обеспечить безопасную работу всей системы, требуется минимальный набор комплектующих. В него входят хорошие динамики, усилитель и три вида проводки – силовая, акустическая и межблочные кабели. Конечно, лучше будет еще и поменять головное устройство или штатную магнитола – передаваемый сигнал станет чище, а более продвинутое устройство поможет точнее настроить систему под себя. Следует смотреть на потребляемую мощность всех компонентов для того, чтобы не пришлось менять генератор и аккумулятор.

Установка парктроников и камер заднего вида. Парктроник – это система, устанавливаемая на автомобили и предназначенная для предупреждения водителя о возможных препятствиях, которые находятся сзади или сбоку. Основной функцией парктроника для авто является обеспечение безопасности и комфорта во время выполнения движения назад или парковки. Камера тоже выполняет эти функции, только по другому методу. Она работает, передавая видеобразное сзади автомобиля водителю, а парктроник работает по принципу радара или эхолота. Услуга по установке данных приспособлений также очень востребована. Однозначного ответа на то, что лучше камера заднего вида или парктроник нет, парктроники имеют свои минусы такие как невозможность работы с фаркопом, выход из строя со временем, не

полный контроль ситуации позади авто. Камера лучше показывает ситуацию, но из-за пыли грязи, плохой погоды камеру приходится протирать, чтобы увидеть четкое изображение. Идеальным решением будет установка двух систем помощи в парковке и камеры и парктроников.

Услуги по установке дополнительного оборудования пользуются спросом, так как каждый владелец автомобиля хочет его улучшить или доработать. Вышеизложенные услуги по установке дополнительного оборудования для автомобиля являются наиболее востребованными среди других услуг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Седов А.С., Кенякин Б.В., Конев А.А. Факторы, влияющие на выбор автосервисного предприятия // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020). Сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта. Курск, 2020. – 311-315 с.

2. Установка автосигнализаций // avtodigitals.ru URL: <https://avtodigitals.ru/metka-dlya-avtomobilya-protiv-ugona/> (дата обращения: 05.17.2022).

3. Соснин, Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы / Д.А Соснин, В.Ф Яковлев. - Москва: Солон-Пресс, 2005. – 240 с.

4. Шумоизоляция в автомобиль // drom.ru // URL: <https://www.drom.ru/info/misc/57519.html> / (дата обращения: 05.17.2022).

УДК 656.065.7

Калинин Е.Н., Смирнов К.Л.

Научный руководитель: Дуганова Е.В, канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОНЦЕПЦИЯ МААС ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Мы все зависим от эффективности работы правительства, покупаем товары и услуги в интернете и онлайн, общаемся и используем информацию. Цифровизация делает все эти процессы более простыми. Цифровые технологии применяются в быту, на производстве, на работе, в государственных структурах, в бизнесе [1].

Государство внедряет цифровизацию во все свои вертикали. Система анализа данных давно уже эффективно используется в исполнительной власти. Одно из направлений цифровизации государства – это снижение количества бумажного документооборота. Справки и паспорта можно заказывать через приложение «Госуслуги», которое позволяет хранить и обновлять все данные

Один из самых значимых показателей успешной глобальной цифровизации – это открытая информация. В реализации цифровой трансформации заинтересованы все страны мира. Последние годы технологии цифровизации успешно внедряются и в Российской Федерации. Но в России процесс внедрения цифровых технологий встречает определенные препятствия. В этом плане РФ пока еще не вышла на уровень других развитых стран. Открытость и доступность системы, если таковая присутствует в государстве, способна менять социальные, политические и производственные процессы, что в итоге приводит к улучшению качества жизни.

Будущее транспортной сферы многовариантно. Но если учитывать те прорывные технологии, которые в настоящее время имеют высокую вероятность пройти весь путь цикла зрелости и войти в производство и в нашу жизнь полноценно, можно представить следующую картину. Все дорожное движение и вся транспортная инфраструктура в городах объединены в цифровую сеть. Умные данные, получаемые в режиме реального времени от систем управления дорожным движением, оперативно используются для повышения качества перевозок. Они удовлетворяют постоянно меняющиеся потребности пассажиров и позволяют достигать экологических целей, а также предоставляют новые возможности и бизнес-модели [2].

Весь общественный транспорт должен быть оборудован датчиками ГЛОНАСС: нахождение и техническое состояние каждого пассажирского ТС должно быть известно в любой момент времени. Также установка камер непосредственно в автомобиль и анализ данных систем оплаты должны давать возможность оценить загрузку. Аналогичные системы должны существовать на остановках общественного транспорта. Получаемые данные позволят оценить эффективность функционирования сети общественного транспорта.

Беспилотный общественный и «коллективный» транспорт имеет большие перспективы к внедрению в ближайшем будущем. Запуск беспилотного движения такси, каршеринга, автобусов возможен после доработки технологии после 2025 года [3].

Беспилотные аэротакси – крайне отдаленная перспектива (после 2030 года) внедрения. Предварительно технология будет

использоваться в дронах для доставки грузов и сервисах доставки товаров.

Интернет вещей позволит собирать огромное количество информации не только о каждом агрегате и узле автомобиля, но и о привычках, эмоциях водителя, маршрутах поездок и т.д. Анализ этого огромнейшего объема информации позволит человеку повысить качество транспортных услуг, увеличит комфортность поездки и адаптирует городскую среду под реальные запросы граждан. Цифровая городская среда будет управлять светофорами, понимать, когда необходимо дополнительно выводить на линии электробусы, например, в час пик, оптимизировать транспортные маршруты объезда в случае ДТП и заторов [4].

Оплата проезда на основе биометрических данных – не такая отдаленная перспектива, но нуждается в базе биометрических данных жителей, а также в специализированном оборудовании и софте. Перспектива применения технологии – после 2025 года.

Анализируя тенденции развития и вызовы времени в части цифровизации транспортной системы их можно условно разделить на три категории в соответствии с типами инфраструктуры:

1. Перспективы внедрения цифровой транспортной инфраструктуры на объектах улично-дорожной сети (УДС) и рельсового транспорта. Интеллектуальные транспортные системы будут автоматически отслеживать загрузку улиц и менять режим работы светофоров. Помогут многочисленные камеры и датчики, которые уже внедряются в транспорте. Позднее в эту систему данные будут обязаны передавать и автомобили: сначала такси и каршеринга, а затем и частные машины.

2. В будущем личный транспорт, каким мы его знаем сейчас, начнет уходить в прошлое. Его заменят автономный каршеринг, такси и обновленный общественный электротранспорт. Перспективы внедрения цифровых технологий в сегменте личного транспорта приведут к тому, что владельцу автомобиля подключение к интернету вещей поможет не беспокоиться о состоянии автомобиля, транспортное средство самостоятельно будет записываться на ТО и Р, а встроенный компьютер будет проводить диагностирование всех комплектующих машины [5].

3. До введения в эксплуатацию БТС необходимо построить новые автоматизированные паркинги и АЗС для беспилотных ТС, создать 3D-карты навигации, внедрить дополнительные датчики и камеры на объектах. Перспективы внедрения данной технологии уже имеются, но

необходимо соответствующее развитие технологий высокоскоростного интернета и высокоточных навигационных сервисов.

В части перспектив внедрения цифровых технологий в сегменте общественного и «коллективного» транспорта перспективными для внедрения можно назвать технологии умного транспорта и МaaS. [55] «Мобильность как услуга» (англ. Mobility-as-a-Service, МaaS) – это облачная платформа, в которой будут объединены все городские, а также ряд частных транспортных сервисов. МaaS будет осуществлять подключение автотранспорта к системам обработки больших данных и интернета вещей, интеграцию транспорта в цифровую экосистему городов. Суть концепции МaaS заключается в том, что она интегрирует всевозможные способы передвижения разными видами транспорта в единую услугу, которая доступна по запросу. Таким образом, планируется реализовать концепцию мультимодальности, в которой разные виды транспорта объединены в едином цифровом пространстве, а маршруты и тарифы персонализированы под пользователя [6].

МaaS подразумевает, что пассажир сможет ввести точки старта и финиша своей поездки, и приложение подберет маршрут, комбинируя разные виды транспорта. Постепенно уровень интеграции позволит планировать такие поездки бесшовно, а также оплачивать билеты и аренду разных видов транспорта прямо со своего счета. Система сама формирует оптимальную конфигурацию по цене, выбросам и другим параметрам. Оплата идет автоматически, даже если это такси или другие внешние сервисы.

В будущем часть маршрутов будет задаваться более рекомендательно. Например, если автобус или станция переполнены, пассажиру настоятельно дадут другой маршрут, менее нагруженный, даже если он дороже или дольше.

На сегодняшний день организован процесс проведения испытаний систем помощи водителю. Данные системы позволят существенно повысить уровень безопасности пассажиров, пешеходов и участников дорожного движения. Системы также призваны обеспечить сбор и обобщения высокоточных геоинформационных данных, а также информации о нарушениях правил дорожного движения. Прорабатывается возможность применения систем помощи водителю на территории медицинских учреждений, а также на наземном городском и железнодорожном пассажирском транспорте.

Эксперты уверены, что ближайшие 5-10 лет мы будем наблюдать массовый переход на электротранспорт вместе с развитием соответствующей инфраструктуры.

Рост использования электромобилей в коммерческих целях неизбежно приведет и к развитию инфраструктуры для них — в частности, станций зарядки и дозаправки. Наличие большого количества зарядных станций позволит создавать электромобили различного назначения, так что в будущем можно будет увидеть в городах не только электробусы, но также электрогрузовики, семейные электромобили, а также электромотоциклы и мини-электромобили на 1-2 человек, на которых удобнее всего будет парковаться в густонаселенных районах. Интернет вещей позволяет расширить сферу их применения, пока транспорт стоит на парковке. Технологии «SmartGrid» позволяют использовать подключенные к зарядным станциям электромобили в качестве дополнительной электрической емкости для балансировки нагрузки на электросети, как большие аккумуляторы.

Беспилотные автомобили заменят привычные нам автомобили с водителем-человеком. Тестирование беспилотных автомобилей идет полным ходом, причем лидерами в этой сфере являются Китай, Израиль и США. После первых поездок с «водителем безопасности» лидеры отрасли готовятся к тестированию полностью автономных транспортных средств. При этом большая популярность ждет скорее не легковые беспилотные транспортные средства, а именно грузовые автопилотируемые автомобили самых различных форматов и размеров. Они будут удобны для осуществления междугородних перевозок и доставки товаров внутри городов [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цифровизация в транспортном секторе [Электронный ресурс] URL: <https://www.mobility.siemens.com/ru/ru/trendy/cifrovizaciya-v-transportnom-sektore.htm> / (дата обращения: 14.09.2021).

2. Цифровизация транспорта и анализ автопарка [Электронный ресурс] URL: <https://montrans.ru/expert-analytics/cifrovoi-avtopark> (дата обращения: 14.09.2021).

3. Дуганова Е.В., Однокозов П.С., Маркетинг инноваций в автомобильном сервисе // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3-4. С. 75-78.

4. Дуганова Е.В., Глаголев С.Н., Новиков И.А., Новиков А.Н. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса: практикум. Белгород, 2018.

5. Дуганова Е.В., Однокозов П.С., Обзор программного обеспечения для управления автосервисом // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2018. № 27. С. 63-66.

6. Дуганова Е.В., Глаголев С.Н., Новиков И.А., Новиков А.Н. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса: практикум: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ; Орел, 2018. 123 с.

7. Дуганова Е.В., Глаголев С.Н., Новиков И.А., Новиков А.Н. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса: практикум: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ; Орел, 2018. 123 с.

УДК 656.015

Камбур А.С., Кущенко С.В., Воля А.П.

Научный руководитель: Кущенко Л.Е., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЫЯВЛЕНИЕ ВИДОВ НАРУШЕНИЯ ПДД С ПОМОЩЬЮ ИТС

Актуальность применения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) с каждым годом увеличивается ввиду обширных возможностей.

С видеодетекторов непрерывно поступает актуальная информация о параметрах транспортного потока по каждому направлению и полосе [1]. Она передается в дорожный контроллер, обрабатывается и в зависимости от выбранного алгоритма, оптимально распределяется длительность фазы по одному или другому направлению [2, 3].

Запись видеопотока со всех сторон перекрестка ведется непрерывно, минимальное время хранения видеозаписи на серверах составляет 30 дней. В любой момент оператор может запросить по государственному регистрационному номеру транспортного средства (ТС) данные о его маршруте движения и времени проезда перекрестков.

Система видеонаблюдения охватывает все направления на перекрестке [4], а также фиксирует и сохраняет такие данные как: регистрационный номер ТС; тип, марку и модель ТС; фотографию автомобиля в момент движения по перекрестку; видеофрагмент проезда ТС по перекрестку (рисунок 1).

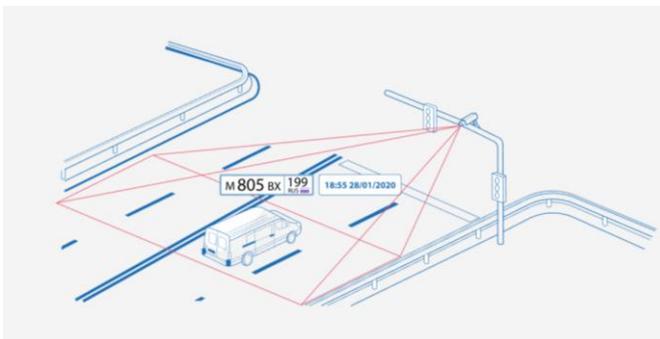


Рис. 1 Фиксация регистрационного номера ТС посредством ИТС

Комплекс ИТС работает в режиме «реального» времени, тем самым получает достоверные данные, что очень важно при определении алгоритма, методики и схемы организации дорожного движения (ОДД) (рисунок 2) [5-7].

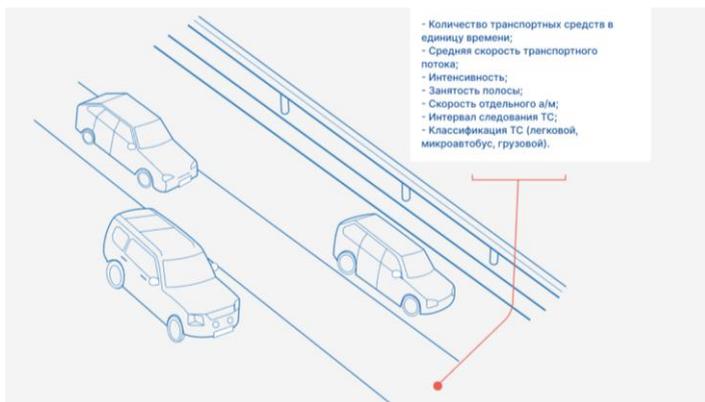


Рис. 2 Получение данных комплекса ИТС

Возможность фиксации регистрационного номера ТС позволяет выявлять вид нарушения ПДД, что, в свою очередь, позволит проанализировать самые частые нарушения и в дальнейшем принять меры для устранения и улучшения ОДД (рис. 3) [7].

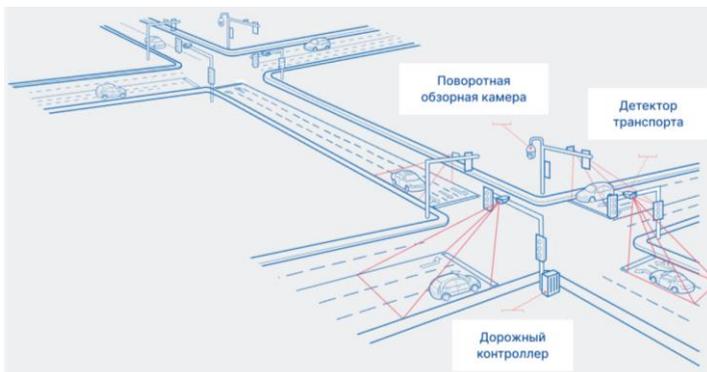


Рис. 3 Установка элементов ИТС на пересечении дорог для сбора данных

Так как комплекс ИТС позволяет получать различные данные, то в условия городской агломерации было проведено исследование на выявление видов нарушений ПДД на участке улично-дорожной сети ул. Ботаническая – ул. Белгородской сирени. Результаты представлены в (таблице).

Таблица – Результаты исследования выявления видов нарушения ПДД с помощью ИТС

Вид нарушения ПДД	Январь 2022	Февраль 2022	Март 2022	Апрель 2022
Превышение скоростного режима	217	284	308	324
Проезд на запрещающий сигнал	28	36	41	58
Нарушение знака «СТОП»	86	112	119	123
Нарушение проезда дорожной разметки	117	130	143	149
Нарушение проезда полосы проезжей части	87	65	108	154
Нарушение проезда пешеходного перехода	118	145	183	202

Одной из мер устранения нарушений является увеличение суммы штрафных санкций, что отразится на положительной динамике экономики дорожного движения Белгородской агломерации, и тем самым сократит количество водителей, которые совершают нарушения.

При этом количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) также сократится, ввиду соблюдения ПДД, дорожных знаков, дорожной

разметки и скоростного режима, что является фактором возникновения аварийности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов В.М. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе / В.М. Власов, В.М. Приходько, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов. М.: МАДИ. – М.: ООО «МЭЙЛЕР», 2011. – 487 с.

2. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С. 166-168.

3. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 14 с.

4. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. (2011). Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. СПб. – № 1, 2011. – с. 28-33

5. Кущенко Л.Е., Организация дорожного движения /А.Н. Новиков, И.А. Новиков, С.В. Кущенко // Учебное пособие, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. – 196 С.

6. Kambur A. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems/ A. Kambur, L. Kushchenko, I. Novikov // МАТЕС Web Conference. 2021. Т. 341.

7. Кущенко Л.Е., Камбур А.С., Пехов А.А. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. - 2021. - № 3 (74). - С. 80-86.

УДК 666.94:621.926

Капральский Я.Р.

Научный руководитель: Погромский А.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАМЕРЗАНИЮ–ОТТАИВАНИЮ

Устойчивые городские дренажные системы (УГДС) способствуют охране окружающей среды и устойчивости к изменению климата.

Внедрение УгДС в холодном климате сталкивается с проблемами нарушения гидрологической функции из-за мороза, снижающего инфильтрацию. Цель исследования состояла в том, чтобы оценить сезонные колебания инфильтрации и то, как различные поверхностные покрытия, распространенные в прибрежных городах и вблизи них, реагируют на частые циклы дождя на снег и замерзания-оттаивания. В общей сложности 28 измерений постоянной инфильтрации были проведены в течение 28 месяцев в Урридахольте в Гардабаере, Исландия ($64^{\circ} 4'18.46''$ N, $21^{\circ} 54'37.11''$ W) в травянистых болотах, люпине и бесплодных ландшафтах. На всех испытательных площадках зимой наблюдался мороз, препятствующий проникновению, тяжесть которого усиливалась при частых циклах снегопада и замерзания-оттаивания [1...4]. Травянистое болото сопротивлялось структурным деформациям в результате мороза, что было связано с высокой поверхностной пористостью в переплетенном корневом слое и высокой дренажной способностью подстилающей почвы. Редко растительный люпин и бесплодная область испытали сильное морозное вздымание и растрескивание, а также структурный коллапс почвы, который привел к обходному потоку при оттаивании. Не вегетативный участок имел от 30 до 50 раз более низкую инфильтрацию зимой (19 мм h^{-1}) по сравнению с полем травы и люпина (630 и 890 мм h^{-1} соответственно) и в двадцать раз ниже летом и осенью (45 мм h^{-1} против $\sim 1000 \text{ мм h}^{-1}$) [5...7].

Зимой 2018/2019 года при длительном снежном покрове инфильтрация в участках травяного болота не была затруднена или незначительно увеличена, однако незначительно ($p > 0,05$; рисунок 1а), по сравнению с летом. Это резко контрастирует с менее плотным растительным покровом люпина (рисунок 1с) и голой землей (рисунок 1е), где зимняя инфильтрация снизилась до половины от предшествующего лета. В течение следующей зимы, характеризующейся прерывистым снегом и частым замерзанием-оттаиванием, мороз сформировался на всех участках. Участки, покрытые густым травяным дерном, оставались инфильтративными в период замерзания. В районах с редкой растительностью наблюдалось как сокращение, так и последующее увеличение инфильтрации в середине зимы на поле люпина (рис. 1с) и в конце зимы на бесплодной почве (рис. 1е). Высокие показатели инфильтрации совпали со структурными деформациями, наблюдаемыми на поверхности [8...11].

Интересно отметить, что после структурных деформаций во второй половине зимы темпы инфильтрации не вернулись к тем же значениям, что и летом. Таким образом, можно предположить, что

структура почвы была перестроена в результате интенсивных циклов заморзания–оттаивания.

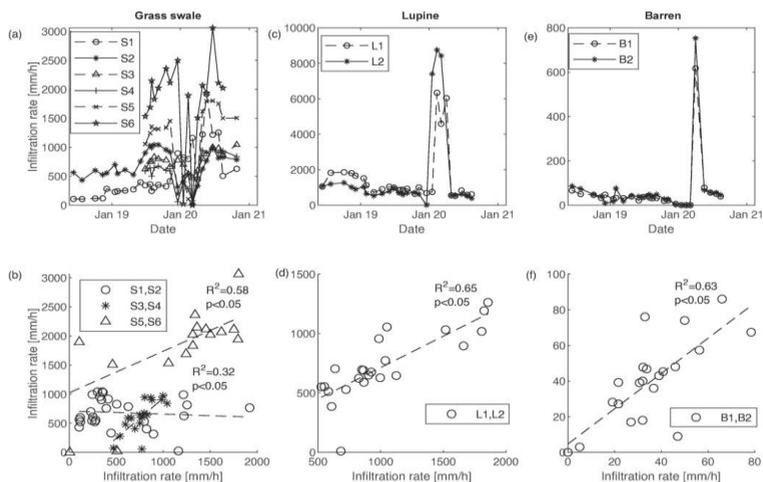


Рис. 1 Показатели инфильтрации для каждого точечного измерения в а) swale (S1, S2, S3, S4, S5 и S6), б) линейная регрессия между S1 и S2, S3 и S4 и S5 и S6, в) люпин (L1 и L2), д) линейная регрессия между L1 и L2, е) бесплодный (B1 и B2) и ф) линейная регрессия между B1 и B2.

Линейная регрессия между тестируемыми местоположениями (рисунок 2; нижние панели) указывает на то, что, несмотря на различия в абсолютных значениях, каждая местность демонстрировала одинаковую реакцию на сезонные и событийные изменения. За исключением тестового местоположения S1, которое вело себя по-разному в течение периода тестирования, пары измерений инфильтрации были хорошо коррелированы в каждом месте ($R^2 = 0,32–0,65$) и статистически значимы на уровне 95% ($p < 0.05$). Менее растительные участки, которые были восприимчивы к структурным изменениям, т. е. люпиновые и бесплодные поля, также показали устойчивые закономерности инфильтрации во время заморозков, заморзания и оттаивания, а также деформации почвы, а также при возвращении в нормальные условия весной. Это высокое сходство между испытательными площадками в пределах одной и той же местности поддерживает использование небольшого количества инфильтрометров для оценки потенциального образования ингибирующего инфильтрацию мороза во время частых циклов заморзания–оттаивания [12...16].

В исследовании делается вывод, что частое потепление и охлаждение делают почвы особенно уязвимыми для мороза. Растительность играет важную роль в поддержании гидрологических функций УГДС зимой. Таким образом, озеленение городских центров является важным шагом на пути к устойчивости к климату. Выбор растений и критерии проектирования УГДС должны учитывать гидрологические характеристики холодного климата. В этой связи растения, которые ограничивают солнечный свет и полностью сбрасывают свою растительность зимой, такие как инвазивный люпин, потенциально могут способствовать образованию мороза и увеличению образования стока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Z.M. Al-Houri, M.E. Barber, D.R. Yonge, J.L. Ullman, M.W. Beutel. Impacts of frozen soils on the performance of infiltration treatment facilities. *Cold Regions Sci. Technol.*, 59 (2009), pp. 51-57.

2. TarekZaqout, Hrund ÓlöfAndradóttir, ÓlafurArnalds. Infiltration capacity in urban areas undergoing frequent snow and freeze–thaw cycles: Implications on sustainable urban drainage systems. Agricultural University of Iceland., (2022).

3. O.B. Andersland, B. Ladanyi. An Introduction to Frozen Ground Engineering Springer US (1994) 10.1007/978-1-4757-2290-1.

4. .Ó. Andradóttir, G.E. Vollertsen. Temporal variability of heavy metals in suburban road runoff in rainy cold climate. *J. Environ. Eng. ASCE*, 141 (3) (2015), p. 04014068.

5. H.Ó. Andradóttir, A.R. Arnardóttir, T. Zaqout. Rain on snow induced urban floods in cold Maritime Climate: risk, indicators and trends. *Hydrol. Processes*, 35 (9) (2021), Article e14298.

6. O. Arnalds. *The Soils of Iceland*. Springer, Netherlands (2015) 10.1007/978-94-017-9621-7.

7. Arnardóttir, A.R., 2020. Winter Floods in Reykjavík: Coaction of Meteorological and Soil Conditions (Master's Thesis).

8. ASTM. D6913, Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis. ASTM International, West Conshohocken, PA (2017).

9. M. Bäckström. Sediment transport in grassed swales during simulated runoff events. *Water Sci. Technol.*, 45 (7) (2002), pp. 41-49.

10. Baratta, V.M., 2013. The Effects of Freeze-Thaw Cycles on the Infiltration Rates of Three Bioretention Cell Soil Mixtures [Master of Science, University of Iowa].

11. L.A.P. Barbosa, L.J. Munkholm, P.B. Obour, T. Keller. Impact of compaction and post-compaction vegetation management on aggregate properties, Weibull modulus, and interactions with intra-aggregate pore structure. *Geoderma*, 374 (2020), p. 114430.

12. M.E. Barrett. Comparison of BMP performance using the international BMP database. *J. Irrigation Drainage Eng.*, 134 (5) (2008), pp. 556-561.

13. L. Bengtsson. Characteristics of Snowmelt Induced Peak Flows in a Small Northern Basin. *Hydrol. Res.*, 16 (1985), pp. 137-156.

14. L. Bengtsson, G. Westerström. Urban snowmelt and runoff in northern Sweden. *Hydrol. Sci. J.*, 37 (3) (1992), pp. 263-275.

15. G.R. Benoit. Effect of freeze-thaw cycles on aggregate stability and hydraulic conductivity of three soil aggregate sizes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 37 (1) (1973), pp. 3-5.

16. K. Beven, P. Germann. Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.*, 18 (1982), pp. 1311-1325.

17. А.с. SU 389205 А1. Дренажная система [Текст] / Маслов Б.С. – 17191179/29-14; заявлено 29.11.1971; опубл. 05.07.1973. – С. 2.

УДК 656.9

Карабашиева Ю.А.

Научный руководитель: Губарев А.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ОБЛЕДЕНЕНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СТРАНАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Обледенение автомобильных дорог – это явление образования гололеда, которое возникает в результате десублимации влаги, находящейся в атмосфере, при отрицательных температурах воздуха. Степень обледенения зависит от климата и свойств дорожного покрытия.

Существует несколько основных методов борьбы с обледенением на автомобильных дорогах.

– Фрикционный.

Этот способ борьбы с обледенением подразумевает россыпь на поверхность дороги мелких (от 2 до 6 мм) минеральных материалов – песка, измельченного гравия, щебня, различного шлака. Данный метод не устраняет ледяной наст, но за счет высоких абразивных свойств

повышается коэффициент сцепления колес и подошв обуви с обледенелым дорожным покрытием.

– Тепловой.

Данный способ подразумевает обогрев дорожного покрытия специальными приспособлениями. Нагревательные системы работают по принципу теплого пола и используют в качестве источника тепла – электричество, горячую воду, пар. Способ достаточно эффективен, но его применение на автомобильных дорогах нецелесообразно из-за низкой экономичности [1]. Возможно использование на небольших участках, возле входных групп зданий.

– Механический.

Данный способ подразумевает удаление осадков в зимнее время с помощью ручного труда или специальной снегоуборочной техники. Метод больше подходит для уборки снега, но не особо эффективен для удаления наледи. Добиться хороших результатов возможно, используя механизированную уборку в сочетании с химическими веществами.

– Химический.

Наиболее популярный и эффективный способ устранения наледи – применение противогололедных химических средств. Реагенты способны очищать дорожное полотно до состояния «черного асфальта». Противогололедные реагенты производятся в жидком, твердом и гранулированном виде. Они различаются по составу, бывают одно- и многокомпонентными, по-разному взаимодействуют с наледью, выполняя при этом одну задачу – расплавляют лед до состояния кашеобразной массы [2]. Чаще всего используют противогололедные реагенты, в состав которых входят соли различных оснований — хлористый натрий, хлористый магний и хлористый кальций. Пропорции данных веществ подобраны таким образом, что применение реагентов эффективно справляется с наледью, не оказывая негативного воздействия на окружающую среду, безопасно для животных, людей. А входящие в состав антикоррозийные компоненты делают их безопасными для автомобилей, дорожных конструкций и сооружений.

Но каждая страна устанавливает свои нормы по уборке дорог в зависимости от категории трассы и интенсивности движения на ней.

При выборе противогололедных реагентов необходимо учитывать:

- какое влияние они оказывают на окружающую среду,
- насколько они безопасны в применении,
- как быстро вступают в реакцию,
- какова норма расхода,
- при каких температурах работают максимально эффективно.

Основной упор борьбы с обледенением автомобильных дорог в Западной Европе делается на механический метод (рисунок 1). Несмотря на то, что климат в этой части Европы считается более суровым, дороги ото льда и снега освобождаются там довольно быстро. Все дело в том, что, в Западной Европе к вопросу комфортности на автомобильных дорогах подходят очень ответственно и действуют на опережение, с пониманием того, что в дальнейшем очистка дорог от грязного снега и гололеда будут стоить очень дорого.



Рис. 1 Механический метод

Менее популярным методом борьбы с обледенением является химический. В основном используется кальциево-магниевый ацетат наряду с применением каменной крошки. Этот реагент вреден для природы не более чем талые воды, но его использование ограничено температурой до -7°C . В то же время, в некоторых странах, например, в Германии применяют хлористый кальций. При применении этого метода надо строго следить за дозировками концентрата. Ведь реагенты способны проникать в почву и грунтовые воды, что несет значительный вред экологии. Поэтому сейчас в странах Западной Европы стараются как можно реже применять реагенты. При сильных снегопадах трудные участки дорог посыпают солью. Делают это только работники специализированных служб. За использование соли в качестве посыпки в неподходящем месте или без разрешения коммунальных служб грозит штраф.

В Швейцарии и Австрии дороги обрабатывают фрикционными материалами – смесью песка и мелкого щебня. В Германии снег на дорогах сначала убирает снегоуборочная техника, а потом дороги присыпают сильно измельченными остатками вулканической лавы. После того, как весь снег растает, каменную крошку сметают с дороги и собирают в пластиковые контейнеры до следующей зимы. Несомненным плюсом метода является экологичность и возможность

многократного использования, что в конечном итоге неплохо экономит городской бюджет [3].

Необычный метод борьбы с обледенением, который хотят применить в Германии это рассол из-под маринованных огурцов. Как утверждает министр транспорта Баварии Ханс Райххарт, этот рассол может применяться в качестве солевого раствора. Дорожники действительно поливали дороги растворами, представляющими собой соль, разведенную водой. Но недавняя серия лабораторных исследований показала: те же манипуляции можно производить с рассолом. Планируется использовать для этого часть рассола предприятий пищевой промышленности, не попадающую в тару с готовой продукцией и подлежащую утилизации. При этом рассол предварительно будет подвергнут очистке и фильтрации. Таким образом, предполагается уменьшить количество соли, попадающей в окружающую среду. Несомненно, такой метод обойдется в разы дешевле по сравнению с закупкой соли для реагентов [4].

На данный момент в Западной части Европы по большей мере применяют механический и фрикционный методы борьбы с обледенением на автомобильных дорогах. Каждый из методов имеет свои недостатки и преимущества. Страны Западной Европы стараются не только, как можно быстрее устранить проблему обледенения, но при этом еще и сохранить экологию почвы, что является немаловажным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нагорных, А.В. Перспективы развития геотермальной энергетики / А.В. Нагорных, А.В. Губарев // Сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2018 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – С. 4418–4421.

2. Способы борьбы с наледью на дорогах. Date Views 01.05.2022 [netlyda. rf/ways-to-combat-icing-on-the-roads/](http://netlyda.rf/ways-to-combat-icing-on-the-roads/).

3. Как бороться с гололедом. Опыт Европы. Date Views 01.05.2022 [/news.rambler.ru/europe/35387865-kak-borotsya-s-gololedom-opyt-evropy-ameriki-i-rossii/](http://news.rambler.ru/europe/35387865-kak-borotsya-s-gololedom-opyt-evropy-ameriki-i-rossii/).

4. Рассол против гололеда. Date Views 01.05.2022 aussiedlerbote.de/2019/12/v-bavarii-sobralis-polivat-ulicy-rassolom-ot-gololeda/.

*Киндеев О.Н., Лашин М.В., Курлыкина А.В.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «VISCOGEL» НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ БИТУМА

Битум – это сложная коллоидная система, слагаемая из парафиновых и нафтеновых углеводородов, циклических систем и ароматических углеводородов, связанных алифатическими цепочками. В этом коллоиде мальтеновая среда выступает как диспергатор для асфальтенов, которые содержатся в битуме в качестве дисперсной фазы в форме мицелл [1]. Уникальность структуры битума определяет ряд его особенностей, в том числе нарушение равновесия коллоидной устойчивости системы под воздействием внешних факторов. Самыми агрессивными из них являются высокие температуры и давление, инициирующие процесс агрегации асфальтеновых комплексов и способствующие изменению свойств битумного вяжущего и его старению на протяжении технологического цикла существования, вяжущего и всего жизненного цикла композита с его использованием.

Запущенный процесс старения битумного вяжущего, с точки зрения коллоидной химии, проявляется неравномерно, посредством изменения его дисперсной структуры, реологических, а в последствии и физических характеристик.

В рассматриваемых коллоидах, асфальтены являясь наиболее конденсированными полярными центрами, аккумулируют вокруг ядер мальтеновую часть, состоящую из масел и смол, основное отличие которых заключается в соотношении водорода и углерода. Таки образом, мальтеновая часть битума является своеобразным буфером, ограждающим полярные асфальто-смолистые компоненты (АСК) от преждевременной агрегации.

Наиболее пагубное воздействие на дисперсную систему битума оказывает процесс старения, протекающий как во время приготовления смеси, так и в процессе эксплуатации дорожного покрытия [2]. При этом, в процессе приготовления смеси на АБЗ битум распределяется на поверхности каменного материала в тонкой пленке, что увеличивает негативное воздействие температуры и давления, и ведет к необратимым изменениям дисперсной структуры битума, посредством

обеднения мальтеновой части битума. В итоге, вяжущее в смеси выходит с непрогнозируемыми свойствами [3].

Наиболее рациональным способом регулирования показателей битума является введение добавок для регулирования таких показателей как: температура размягчения, хрупкость, пластичность битума, а также улучшения показателей асфальтобетонной смеси [4,5].

В настоящее время применение в разных областях техники находят добавки на основе органоглины [6-8]. Так, добавки из органоглины используются с целью повышения стойкости красок, доказано повышение прочности бетона, в состав которого вводились органоглины. Однако, воздействие органоглин на битум практически не изучено, что делает реологические добавки перспективным объектом исследования. Таким образом, целью исследования является изучение влияния реологической добавки «Viscogel» на краевой угол смачивания.

Краевой угол смачивания является важной характеристикой адгезионных и технологических свойств битума, что обусловлено назначением битума, состоящим в склеивании каркаса смеси.

Реологическая добавка «Viscogel» представляет собой мелкодисперсный порошок белого цвета. Общий химический анализ порошка показал значительное присутствие двух элементов: углерода и кислорода, а также меньшее количество различных примесей, (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав добавки

Химические элементы	C	O	Al	Mg	Si	Fe
Масса, %	33.3	34.52	7.59	1.36	20.13	1.50

Так же, в составе содержится незначительное количество таких элементов как: Na, P, S, Cl, K, Ca.

Исследование структуры порошка на растровом электронном микроскопе показало, что добавка состоит из мелкодисперсных частиц средним размером 20-40 мкм, (рисунок 1).

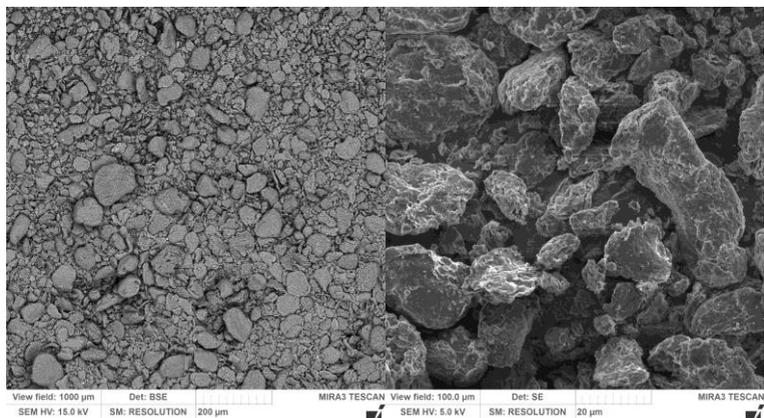


Рис. 1 Микрофотографии добавки «Viscogel»

В качестве объекта исследования использовался битум дорожный марки БНД 50/70, Московского НПЗ, (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели битума

Глубина проникания иглы, мм		Температура, °С	
		размягчения	хрупкости
0 °С	25 °С	53	-21
25	55		

Для выполнения исследования в подготовленные пробы битума вводилась добавка в количестве 1-5%, затем материал перемешивался на лабораторном смесителе «Silverson L5T» в течение 30 минут. Часть из полученных проб подвергалась процессу старения в сушильном шкафу в течении: 24 и 48 часов при температуре 165 °С, с обеспечением контакта битума с воздушной средой. После чего выполнялось осаждение капли битумной пробы на подготовленное предметное стекло при температуре битума 120 °С, так как при данной температуре наблюдаются наибольшие расхождения в вязкости образцов и, как следствие, более явно выражены реологические свойства. подготовленные образцы помещались в холодильную камеру, для сохранения естественной формы капли. После охлаждения, капли переносились в специальной термозащитной камере, для оценки краевого угла смачивания на приборе DSA30.

Результаты определения краевого угла смачивания образцов битума, с добавкой «Viscogel» представлены в (таблица 3).

Таблица 3 – Краевой угол смачивания модифицированных образцов битума

Время старения, ч	Концентрация модификатора, %			
	0	0,5	1.0	2,5
0	95,52	101,89	94,00	96,52
24	103,37	102,25	94,24	101,23
48	115,77	108,78	96,61	110,31

В соответствии с представленными данным видно, что в образце с содержанием 1% модификатора, изменение краевого угла смачивания через 24 часа испытания практически не произошло, а по прошествии 48 часов увеличение показателя значительно меньше, чем в остальных случаях.

Можно предположить, что, оценивая краевой угол смачивания в динамике под воздействием высоких температур, возможно проследить тенденцию изменения адгезионных и когезионных свойств вяжущего, в зависимости от концентрации добавки. Таким образом, если под действием температуры и окисления кислородом, капля битумного вяжущего изменяет свои параметры незначительно, это свидетельствует об устойчивости данной системы процессам старения и сохранения свойств образца. В соответствии с исследованиями [9], краевой угол смачивания может свидетельствовать о качестве битумного вяжущего, применяемого в асфальтобетонной смеси, (рисунок 2).

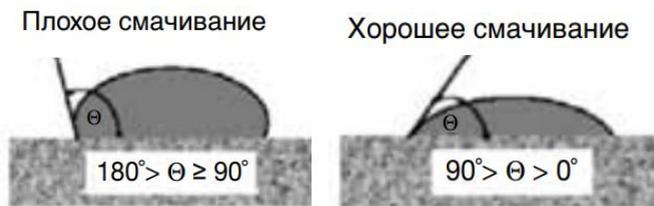


Рис. 2 Угол смачивания капли битума [9]

Смачивание описывает поведение жидкости, в нашем случае битумного коллоида при контакте с поверхностью твердого вещества, когда поведение системы определяется ее поверхностным натяжением. Очевидно, в случае введения в битум реологической добавки в количестве 1% формируются устойчивые когезионные связи,

позволяющие сохранить каплю устойчивой под действием высоких температур в течение времени.

Согласно теории адсорбции и смачивания, сохранение угла смачивания вяжущего, в процессе термостатирования, модифицированного 1% добавки сохраняет термодинамическое равновесие в течение всего процесса. В случае, если пограничный слой битумного коллоида термодинамически не стабилен капля изменяется.

Учитывая коллоидное строение битума и природу взаимодействия слагающих его компонентов, можно предположить, что частицы добавки в количестве 1%, вступая во взаимодействие с мальтеновой средой набухают и притягиваясь к наиболее полярным частицам битума - асфальтенам, создают устойчивый ореол, препятствующий дальнейшим взаимодействиям.

В случае превышения концентрации добавки в составе битума наблюдается наполнение капли битума и формирование более жесткой сферы, изменяющей более значимо свои геометрические параметры в процессе старения.

Таким образом, доказана эффективность добавки «Viscogel», как инструмента, позволяющего сохранять стабильность коллоидной системы в процессе термостатирования. Применение данного модификатора позволяет защитить битум от пагубного воздействия процессов старения, сохраняя стабильные свойства системы асфальтены-мальтены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поконова Ю. В., Гайле А. А., Спиркин В. Г. Химия нефти / под ред. З. И. Сюняева. Л.: Химия: Ленингр. отд-ние, 1984. 360 с.

2. Ядыкина В. В., Гридчин А. М., Холопов В. С., Траутвайн А. И. Влияние температуропонижающей добавки на старение битума и асфальтобетона // Региональная научно-техническая конференция по итогам ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области: сборник докладов, Белгород, 25–26 февраля 2016 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. С. 334-342.

3. Кемалов А. Ф., Кемалов Р. А. Современные инновационные технологии в производстве битумов и битумных материалов // Нефть. Газ. Новации. 2011. № 10(153). С. 68-79.

4. Наволокина С. Н., Ядыкина В. В., Гридчин А. М. Повышение качества асфальтобетона за счет комплексного модифицирования, вяжущего // Ежегодная научная сессия Ассоциации исследователей асфальтобетона: сборник докладов, Москва, 28 января 2020 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Техполиграфцентр", 2020. С. 53-59.

5. Шеховцова С. Ю., Высоцкая М. А. Влияние углеродных нанотрубок на свойства ПБВ и асфальтобетона // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 110-119.

6. Патент № 2690462 С2 Российская Федерация, МПК С09С 3/00, С09С 1/42, С09D 5/04. Композиции на основе органоглины, содержащие ион четвертичного аммония, имеющий один или более разветвленных алкидных заместителей: № 2017103912: заявл. 30.06.2015: опубл. 03.06.2019 / В. Идждо, Д. Дино, Я. Чэнь [и др.]; заявитель ЭЛЕМЕНТИЗ СПЕШИЭЛТИЗ, ИНК.

7. Zhuang G., Zhang Z., Jaber M. Organoclays used as colloidal and rheological additives in oil-based drilling fluids: An overview // Applied Clay Science. 2019. Vol. 177. Pp. 63-81.

8. Rodríguez F. J., Galotto M. J., Guarda A., Bruna J.E. Modification of cellulose acetate films using nanofillers based on organoclays // Journal of Food Engineering. 2012. Vol. 110. №. 2. Pp. 262-268.

9. Золотарев В. А., Кудрявцева С. В., Ефремов С. В. Влияние совместного введения полимеров и адгезионных добавок на свойства битумов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2008. № 40. С. 68-75.

УДК 656.13

Кобченко Д.А.

*Научный руководитель: Новописный Е.А., канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СПОРТИВНЫХ ГРУЗОВИКОВ МАРКИ КАМАЗ

В мире существует много гоночных команд, которые прошли тяжелый путь к становлению как победителями, так и просто командой. В этой работе я постараюсь осветить развитие и становление отечественной команды КамАЗ-Мастер. В 1988 году была создана

гоночная команда КамАЗ-мастер, которая стала одной из первых в России и СССР.

Первой моделью команды стала модификация серийного грузовика КамАЗ С4310. Первоначально на модификацию был установлен турбированный 290 сильный двигатель от серийной модели, но после первого в истории команды ралли-рейда «Объектив Зюд», двигатель был форсирован до 400 лошадиных сил. Но этих усилий для "Дакара" было недостаточно - на камазах начали отказывать двигатели. Для следующих соревнований, которые проводились в следующем году, на автомобили установлены дополнительные модификации. Одной из таких модификаций стал новый двигатель, он был специально разработан и собран для ралли-рейдов. Вместе с мотором были почти полностью переработаны трансмиссия и гидроусилитель руля, были внесены существенные изменения в подвеску. Новая модификация оказалась гораздо более надежной, вследствие чего пришла на финиш Дакар-1991 и заняла 2-е место.

2-й моделью команды стал КамАЗ 49250. Решение о создании нового гоночного грузовика было принято связи с осознанием команды необходимости сделать качественный шаг вперёд. Благодаря сотрудничеству с заводскими инженерами был разработан новый спортивный грузовик КамАЗ 49250. Это была новая конструкция, которая состояла из двух осей, двигатель был смещён с серийного места в середину, это повышало устойчивость в условиях заезда при ралли рейде. У прошлой модификации был существенный недостаток: рессоры не могли выдержать таких перегрузок, вследствие чего они были заменены на амортизаторы, которые применяли для тяжёлого бронированного военного транспорта. На этом проблемы команды не закончились. Все три машины сошли с дистанции. У всех трёх машин отказал двигатель [1].

После нескольких неудачных попыток модернизации было принято решение разрабатывать практически новую модель гоночного грузовика. Этой моделью стал КамАЗ 49252. Новая модификация позволяет разогнаться с 0 до 100 километров в час менее чем за 16 секунд. На твёрдой поверхности имел колоссальную предельную скорость в 180 километров в час. Проходимость машины была повышена в несколько раз за счёт установки жёсткой подвески, которая позволяла пилотам на высокой скорости проходить места, где оппонентам было необходимо снижать скорость из-за риска перевернуться.

Финальный этап Дакара, проходивший в 1996 году, завершился напряжённой борьбой между экипажем Карла Лопрайса и командой

КамАЗ-мастер в числе которой Виктор Московских, Анатолий Кузьмин и Наиль Багаветдинов. Борьба завершилась победой российского экипажа. Что примечательно, это был первый экипаж, который выиграл Дакар под российским флагом.

Эксперименты над техникой требовали весьма смелые решения. Например, новая модификация Камаз 49 255 имела новый двенадцатицилиндровый двигатель который имел 1050 лошадей. Новый чрезвычайно мощный мотор оказался не подходящим под трансмиссию. На Дакаре 1998 года двигатель поломал трансмиссию. Очень часто на разработку и создание автомобиля было очень мало времени. Например, в 2002 году FIA наложила вето на участие в дакаре грузовиков со средимоторной компоновкой. Предыдущие модели команды Камаз-мастер были именно среднемоторный. Самая большая трудность заключалась в том, что об изменениях в правилах известно стало всего лишь за полгода до старта. В самые сжатые строки был создан новый гоночный грузовик Камаз 49256, он имел новый двигатель мощностью 830 лошадиных сил. Доработка проходила на полигоне методом проб и ошибок. В итоге за несколько часов до отправки команды на Дакар неисправность была найдена и устранена автомобиль прошёл пред гоночную проверку и принёс команде Камаз-мастер новое дакаровское золото [2].

В 1999 году команда нашла новый испытательный полигон для технических нововведений. Этим полигоном стало ралли Desert Challenge. Условия этого ралли практически не отличались от Дакаровских. Коллектив смог ввести постоянные работы по техническому совершенствованию новой техники.

В 2007 году организаторы изменили технические требования. Теперь они были несколько смягченны. Благодаря этим изменениям стало возможно сместить двигатель немного назад, чем команда и воспользовалась. Это благополучно сказалось на маневренности, а также плавности хода. Также были предъявлены новые требования к серийности. Теперь для прохождения омологации было необходимо выпустить 50 машин в течении 2 лет, раньше было необходимо выпустить 15. Теперь за основу новой модели был взят военный автомобиль. К концу 2007 года появился новый КамАЗ 4326 VK. Новый грузовик оказался одним из самых качественны за все предыдущие модели.

Свидетельством о качестве является то, что грузовик прошёл омологацию первым в своём классе. Он воплотил себе все лучшие наработки команды и доказал свой потенциал сразу сразу же как только начались соревнования в России, а затем и на Дакаре 2009.

В 2016 команда «КАМАЗ-мастер» презентовала спортивный грузовик капотной компоновки. Решение о создании новой машины было принято исходя из растущей тенденции по использованию автомобилей капотной компоновки во внедорожной спортивной дисциплине.

В мае 2018-го был создан автомобиль с индексом КАМАЗ-43509. За 2019 год машина претерпела серьезную модернизацию: оптимизированы рабочие процессы двигателя, что позволило снизить дымность отработавших газов без ухудшения динамических свойств, усовершенствованы магистрали и элементы впускной и выпускной систем, уменьшено усилие на рулевое колесо, произошла переконфигурация внутреннего оснащения кузова и оптимизирован центр тяжести автомобиля [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Команда КамАЗ-Мастер URL: <https://kamazmaster.ru/team> (дата обращения: 14.05.2022)
2. Как создавалась команда КамАЗ-Мастер URL: <https://www.championat.com/auto/article-4559353-kak-sozdavalas-komanda-kamaz-master-kak-ona-perezhila-razval-sssr-i-pozhar-na-zavode-i-vyigrala-dakar.html> (дата обращения: 14.05.2022)
3. Новиков, И.А., Шутов, А.И., Воля, П.А. Развитие и современное состояние мировой автомобилизации. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 140 с.

УДК 625.12

Копейкина Н.Е.¹, Фотиади А.А.², Иванченко В.В.¹

Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.

*¹Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

*²Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ), г. Москва, Россия*

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ УСТРОЙСТВА ОБЛЕГЧЕННОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ НАСЫПИ НА ДОРОГАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

Сейчас распространены грунтовые насыпи, но не во всех условиях строить традиционную насыпь является целесообразным. Грунт

подвержен усадке, осадке, пучению и другим процессам, которые могут вызвать деформацию основания и нанести вред всей дороге. Так как строительство новых дорог требуется и на мягких или рыхлых грунтах, и в болотистой местности, или там, где присутствуют существующие инженерные коммуникации, применяют новые технологии, которые включают в себя использование в теле насыпи пенополистирольные блоки. Они могут использоваться для замены сжимаемых грунтов или вместо тяжелых заполняющих материалов, чтобы предотвратить неприемлемую нагрузку на нижележащие грунты и прилегающие сооружения. Сейчас это больше распространено в странах Японии, США, Китая и при эксплуатации проявляет хорошие показатели [1-3].

Традиционная насыпь при некачественном уплотнении может давать осадку в течение года, но даже после уплотнения до проектных показателей засыпка сядет примерно на 10% от мощности (толщины) слоя. При строительстве с применением ППС-блоков осадка может быть до 2 см/год, что значительно ниже.

Пенополистирол прост в применении во время строительства, укладывается часто без необходимости в специальном оборудовании и на него не влияют погодные условия. Кроме того, пенополистирол можно легко разрезать и придать ему форму прямо на строительной площадке, также он доставляется точно в срок, чтобы свести к минимуму необходимость хранения материала на месте, что еще больше снижает проблемы на стройплощадке и экономит время. Пенополистирол производится в виде блоков, которые могут быть разрезаны на различные формы и размеры в соответствии с конкретными потребностями проекта.

Плотность пенополистирола EPS, составляющая всего около 1% от плотности почвы и горных пород, контролируется в процессе производства, что делает его превосходным, сверхлегким заполняющим материалом, который значительно снижает нагрузку на нижележащее земляное полотно. Меньшая нагрузка может уменьшить осадки и повысить устойчивость к сползанию склонов на слабых грунтах.

Пенополистирол используется в дорожных и аэродромных покрытиях и системах железнодорожных путей, под холодильными складами, спортивными аренами и резервуарами для хранения для предотвращения промерзания и вздутия грунта, а также в подземных сегментах зданий для снижения сезонных потребностей в отоплении и охлаждении.

Описание типичной дорожной конструкции из ППС снизу доверху выглядит следующим образом [4,5]:

1) уплотнение слоя песка в основании дорожного полотна выемка грунта для обеспечения ровной и свободной дренажной строительной поверхности,

2) расположение пенополистирола на нужную высотную отметку, располагая вертикальные швы в шахматном порядке в каждом направлении, чтобы не создавать непрерывных вертикальных швов. Пример показан на (рисунок 1).

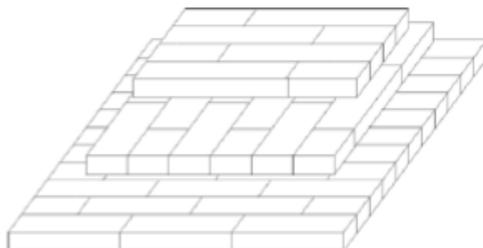


Рис. 1 Изометрическое представление типичного расположения ППС-блоков

3) при необходимости между верхней частью пенополистирола из пенополистирола и вышележащей системой дорожного покрытия может быть размещен разделительный слой.

Разделительный слой может выполнять две функции: повышать общую производительность и срок службы системы дорожного покрытия за счет обеспечения усиления, разделения и/или фильтрации, а также повышать долговечность пенополистирола как вовремя, так и после строительства. Варианты разделительного слоя включают геотекстиль, устойчивую к углеводородам геомембрану, георешетку, георешетку с грунтовым заполнением, грунтовый цемент, материалы, стабилизированные пуццоланом, или железобетонную плиту. Например, если требуется защита от разливов топлива, на самый верхний слой блока из пенополистирола можно поместить геомембранное покрытие, устойчивое к углеводородам, для защиты от возможного воздействия углеводородов. В качестве альтернативы, для защиты пенополистирола от воздействия углеводородов и от потенциальных перенапряжения, возникающее в результате интенсивных транспортных нагрузок. Другие конструктивные элементы (например, наклонные панельные стены, ударные барьеры, столбы освещения и электропередач и т.д.) Могут быть закреплены на плите распределения нагрузки. Конструкция представлена на (рисунок 2).

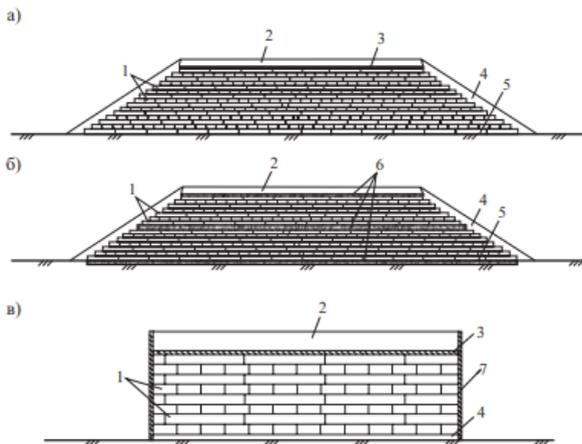


Рис. 2 Конструктивная схема НППБ: а – НППБ трапецидальной формы; б – то же, с прослойками из пенобетона; в – то же, с вертикальными откосами; 1 – ППБ; 2- дорожная одежда; 3- РП; 4- грунтовое покрытие откосов; 5 – выравнивающий слой песка; 6 – пенобетон; 7 – облицовка

В традиционном строительстве грунтовые насыпи возводятся слоями, каждый из которых должен быть уплотнен перед установкой следующего слоя. Схема устройства традиционной насыпи представлена на (рисунок 3). Укладывая ППС блоки не нужно уплотнение слоев, поэтому эта операция экономит время строительства [6,7].

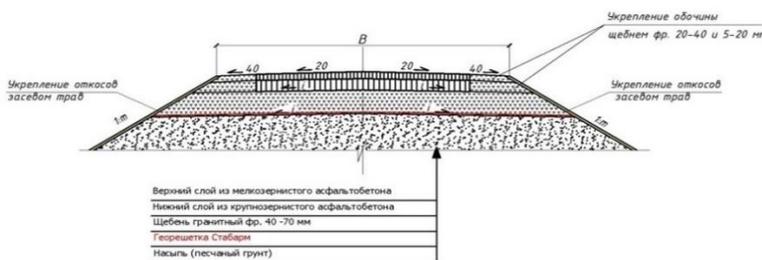


Рис. 3 Схема устройства дорожного покрытия с применением грунта

С помощью пенополистирола устраняется необходимость в испытаниях на уплотнение, снижается время строительства за счет экономии времени на выгрузке сыпучих материалов и распределения.

Сводит к минимуму воздействие на существующую проезжую часть и прилегающие сооружения и /или заглубленные инженерные коммуникации. Кроме того, возможно строить дорожное покрытие с вертикальными откосами, что удобно при строительстве в стесненных условиях и при предпочтении использования места для проезда.

Инженерные планы часто требуют размещения новой насыпи поверх существующих подземных сооружений, которые не были рассчитаны на выдерживание повышенных нагрузок. Вместо того, чтобы демонтировать или укреплять существующие подземные сооружения, новую полную нагрузку можно снизить до приемлемого уровня, используя пенополистирол вместо более тяжелых традиционных заполнителей.

Хотя стоимость строительства с использованием пенополистирольных блоков все еще может быть выше, чем при обычных грунтовых заполнителях, значительное сокращение времени строительства делает применение ППС блоков достойной рассмотрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sergey Kudriavtcev, Semen Bugunov, Zhanna Kotenko and Evgeniya Pogulyaeva. Investigation of light embankment on weak soils // MATEC Web of Conferences 193. 03044 (2018). 2018. С. 1-2.

2. Смирнов, А. В. Применение облегченных материалов в насыпях земляного полотна автомобильных дорог / А. В. Смирнов // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура : Материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 21–23 мая 2003 года / Министерство образования Российской Федерации; Министерство транспорта Российской Федерации; Российская академия архитектуры и строительных наук; Администрация Омской области; Администрация г. Омска; Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ); Der Fakultat Verkehrswissenschaften der Technischen Universitat Dresden (Bundesrepublik Deutschland). – Омск: Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), 2003. С. 65.

3. Ликвидация осадок пути устройством облегченных насыпей из пенополистирольных блоков / В. В. Ганчиц, А. В. Ганчиц, Н. М. Панченко, Д. В. Серебряков // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 10. С. 5-7.

4. Marradi A., Pinori U., Betti G. The use of lightweight materials in road embankment construction // SIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures. 2012. С. 3-6.

5. Marradi A., Pinori U., Betti G. The use of lightweight materials in road embankment construction // SIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures. 2012. С. 3-6.

6. A. Fotiadi, S. A. Gnezdilova, I. S. Strekha Remote Method for Predicting Damage to Cement Concrete Pavements. Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 95. P. 333–339.

7. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

УДК 621.878.23

Косминский Д.А., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.
Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАСЧЕТ ПОДШИПНИКА ГИДРОМОТОРА ЭКСКАВАТОРА

Гидромоторы являются важной частью гидравлической системы техники. Область применения узла обширна. Гидравлический мотор подходит для установки в оборудование, а также для спецтехники самых разных областей: начиная с опрыскивателей, и заканчивая эксплуатацией в буровых установках. Это механизмы, которые устанавливаются в гидравлической системе техники. Они выполняют функции двигателя. За счет своей работы, узел приводит в движение все рабочие части техники. Несмотря на простоту, узел обеспечивает надежную работу и имеет длительный срок использования при правильной эксплуатации.

Работа гидромотора заключается в преобразовании гидравлической энергии потока рабочей жидкости в механическую. Механизм оснащен двумя отверстиями с разных сторон: напорной и сливной линиями. В напорной линии происходит подача рабочей жидкости под давлением. Поступая в рабочие камеры узла, она вытесняется оттуда. Далее, рабочая жидкость выходит через сливную линию, теряя при этом давление. На выходе гидравлическая энергия

переходит в механическую, снимая с вала крутящий момент, что приводит в движение другие механизмы. Работа гидромотора зависит от его качества и правильной эксплуатации. Следует следить за качеством рабочей жидкости, чистотой узла, а также за износом расходных комплектующих. Своевременное обслуживание гарантирует продолжительную эксплуатацию узла.

Мною был проведен патентный поиск, далее был выбран патент РФ № 68538 МПК E02F9/22, для того чтобы убедиться в работоспособности подшипника гидромотора при возможных дополнительных нагрузках, за основу был взят экскаватор Komatsu PC-200. Исходные геометрические данные подшипника можно увидеть в (таблице 1).

Таблица 1 – Исходные геометрические данные

Внешний диаметр	124.000	мм
Внутренний диаметр	60.000	мм
Диаметр тела качения	46.000	мм
Число тел качения	3.000	
Угол контакта	22.000	град
Точность		
Радиальные биения внешн. кольца	0.060	мм
Радиальные биения внутр. кольца	0.060	мм
Условия работы		
Осевая сила	0.000	Н
Радиальная сила на нагр.опоре	0.000	Н
Радиальная сила на ненагр. опоре	4700.000	Н
Осевая сила преднатяга	5800.000	мм
Скорость вращения	1800.000	об/мин
Коэффициент динамичности	1.000	
Средняя долговечность	10993.752	час
Максимальное контактное напряжение	1698.246	Н/кв.мм
Выделение тепла	137233.035	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	96312.414	Н
Осевые биения	0.000	мкм
Радиальные биения	125.437	мкм
Боковые биения	1.584	мкм
Момент трения	0.202	Н х м
Потери мощности	38.120	Вт

Таблица 2 – Момент трения, (Н х м)

Математическое ожидание	0.202
Дисперсия	0.000

Момент трения – это сопротивление качению, иногда называемое трением качения или сопротивлением качению, представляет собой силу, противодействующую движению, когда тело катится по поверхности. Это в основном вызвано неэластичными эффектами; то есть не вся энергия, необходимая для деформации (или движения) колеса, дорожного полотна и т. д., восстанавливается при снятии давления. Результаты расчета на момент трения, представлены на (рисунке 1. и рисунке 2).

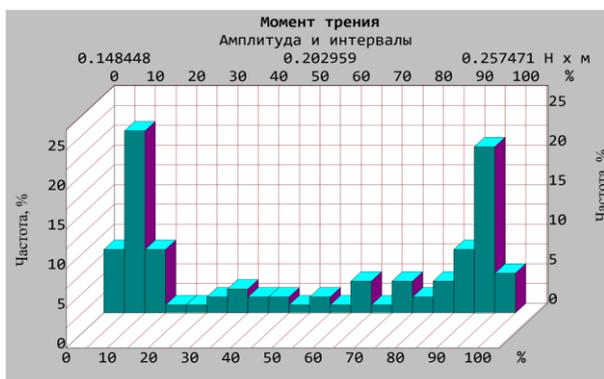


Рис. 1 Гистограмма. Момент трения

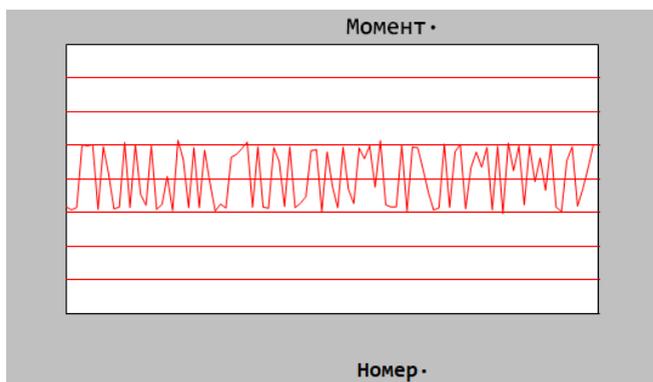


Рис. 2 График момент трения

Потерями мощности называется мощность, потребляемая элементами при передаче энергии, данные о потерях мощности представлены ниже в (таблице 3) и (рисунке3 и рисунке4).

Таблица 3 – Потеря мощности (Вт)

Математическое ожидание	38.120
Дисперсия	13.183
Стандартное отклонение	3.613

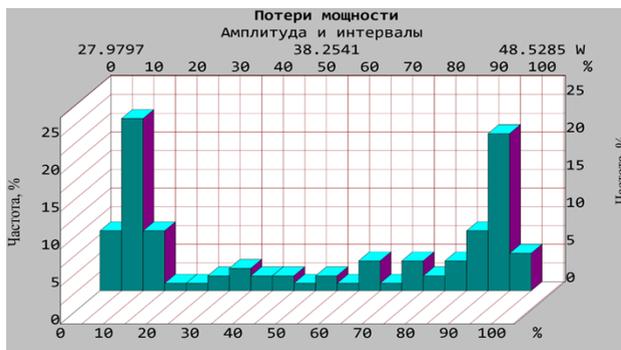


Рис. 3 График потери мощности



Рис.4 График потери мощности

Долговечность – это длительность работы механизма, измеряемая в часах, зная, как долго может проработать механизм, мы можем четко осознавать сроки его ремонта и замены, а также грамотно подобрать режим работы. Долговечность подшипника составляет 227348 ч.

Исходя из полученных результатов, можно смело утверждать о том, что подшипник гидромотора соответствует условиям работы и

имеет большой запас долговечности, поэтому эффективен в использовании и способен переносить дополнительные нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А. А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Романович А.А., Романович Л.Г. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 164 с.

2. Романович А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных и коммунальных машин / Романович А.А., Харламов Е.В. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 123с.

3. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Изд-во центр «Академия», 2010. 488 с.

4. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высш. шк., 2010. - 355 с.

5. Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 131-137.

6. Любимый Н.С. Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

7. Романович А.А., Воронов В.П., Мещеряков С.А., Апухтина И.В., Агрегат для измельчения давлением и дезагрегации спрессованных материалов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 144-149.

УДК 621.878.23

*Косминский Д.А., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.
Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРА К КОВШУ

На сегодняшний день, экскаваторы являются одним из наиболее распространенных видов техники, являющийся основой землеройных

работ. Данные агрегаты используются абсолютно в различных сферах – в монтаже, строительстве, разработке грунтов и многих других отраслях. Но как правило, экскаваторы предназначаются для выполнения в основном одной операции – отделения грунта от массива. Поскольку эти машины особенно актуальны, они выпускаются в огромном ассортименте и имеют широкий ряд рабочего оборудования в зависимости от спектра выполняемых операций.

Параметры экскаваторов характеризуют их конструктивные и эксплуатационные показатели, величина которых определяет производительность и возможность выполнения различных видов работ. Поэтому при проектировании и создании таких машин большое внимание необходимо уделять их надежности и долговечности, так как эти два фактора напрямую определяют срок службы. Помимо этого, более качественные и надежные конструкции реже подвергнутся ремонту, благодаря чему значительно сокращается время простоя.

Мною был проведен патентный поиск, далее был выбран патент РФ № 68538 Рабочее оборудование МПК E02F9/22 Анатолий Иванович Демиденко, Николай Александрович Гончаров на основе которого был спроектирован узел крепления гидроцилиндра к ковшу, его можно увидеть на (рисунке 1). [1-5].

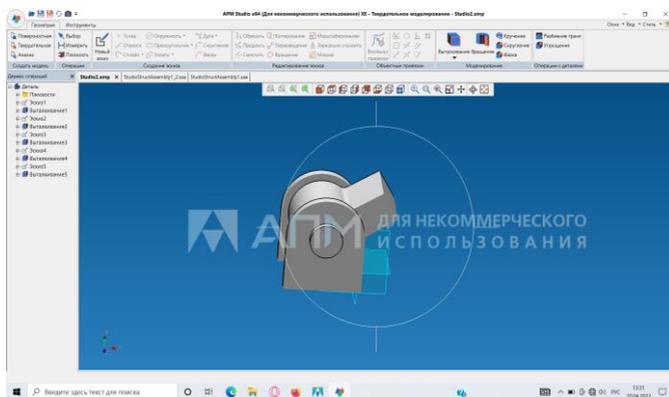


Рис. 1 Модель узла крепления

Далее, были заданы нагрузки на деталь и проставлены точки крепления, как показано на (рисунке 2).

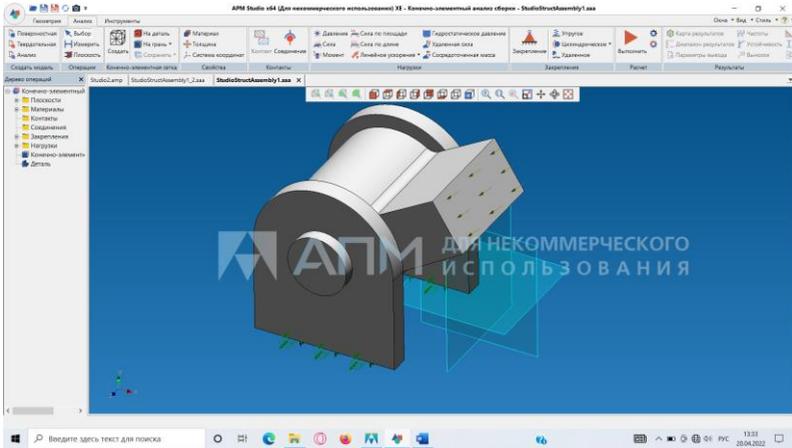


Рис. 2 Указанные нагрузки на узел

Был проведен расчет напряжений, для того чтобы вычислить минимальные и максимальные напряжения на узел. (рисунок 3)

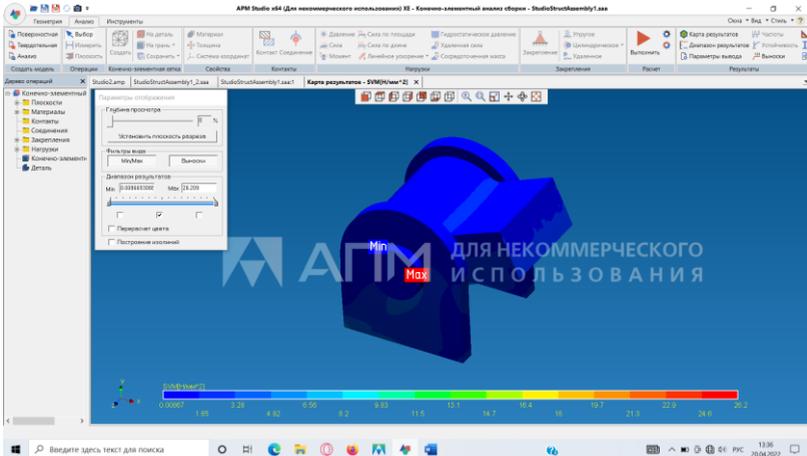


Рис. 3 Напряжения

Расчеты по нагрузке узла, также имеют большой запас прочности, в 5 раз превышающих оптимальные показатели. (рисунок4)

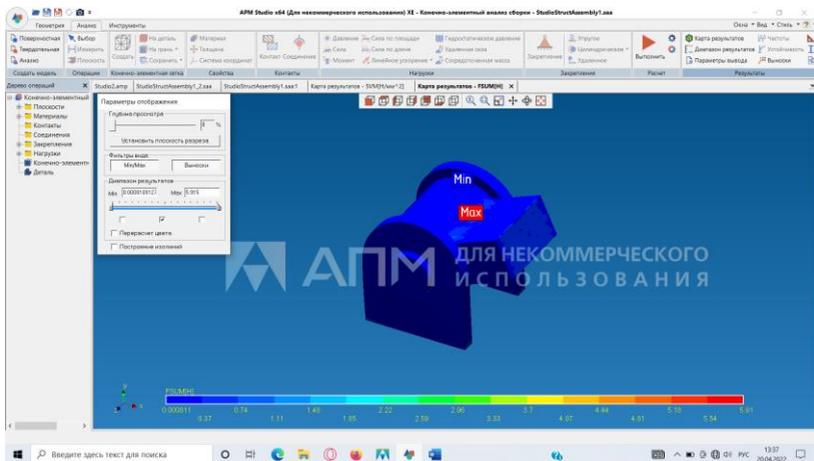


Рис. 4 Запас прочности

Расчет на перемещение представлен на (рисунке 5).

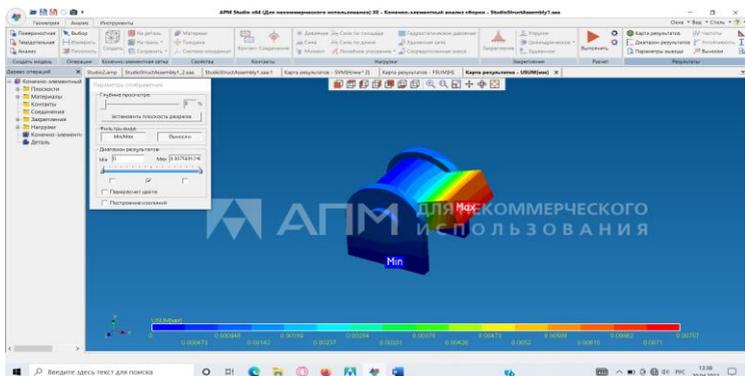


Рис. 5 Перемещение

Одним из наиболее значимых расчетов является вычисление коэффициента запаса прочности, поскольку именно эта величина показывает способность конструкции выдерживать прилагаемые нагрузки выше расчетных. Наличие запаса прочности обеспечивает дополнительную надёжность конструкции, чтобы избежать повреждений и разрушения в случае возможных ошибок проектирования, изготовления или эксплуатации. В данном случае коэффициент запаса прочности должен составлять не менее 1,5. Но

поскольку данная деталь является шарнирным соединением и может подвергаться критическим нагрузкам, спроектированный мною узел имеет коэффициент равен 8,58, что значительно повышает показатели надежности и долговечности.

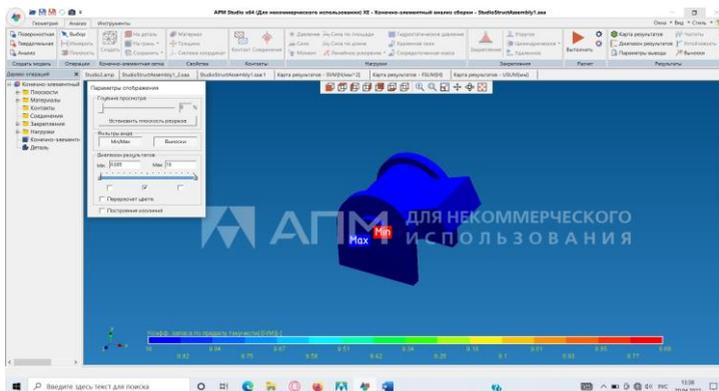


Рис. 6 Коэффициент запаса прочности

С помощью проведенных мною расчетов можно наглядно увидеть, что узел имеет высокие показатели усталостной прочности, что свидетельствует о том, что деталь имеет повышенную износостойкость и очень хорошо противостоит пластической деформации и иным дефектам [6-7].

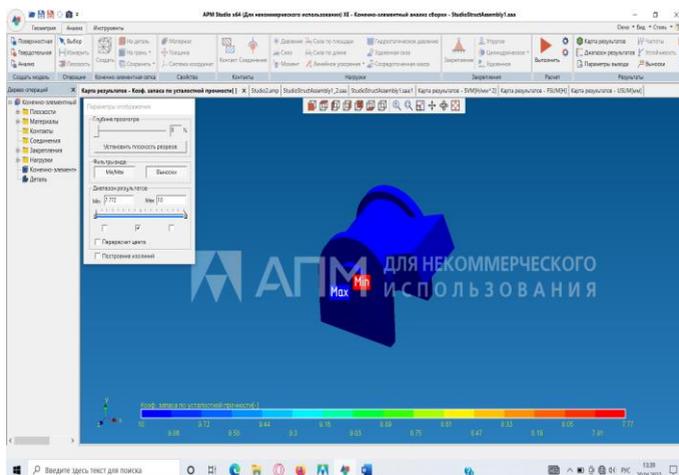


Рис. 7 Усталостная прочность

Исходя из вышеперечисленных расчетов, можно сделать вывод, что данный узел имеет высокий запас прочности, а также высокую усталостную прочность, при этом воспринимаемые нагрузки являются абсолютно не значительными. Из этого следует, что данный узел полностью удовлетворяет всем критериям и может быть эффективен при работе

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А. А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Романович А.А., Романович Л.Г. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 164 с.

2. Романович А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных и коммунальных машин / Романович А.А., Харламов Е.В. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 123с.

3. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Изд-во центр «Академия», 2010. 488 с.

4. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высш. шк., 2010. - 355 с.

5. Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 131-137.

6. Любимый Н.С. Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

7. Романович А.А., Воронов В.П., Мещеряков С.А., Апухтина И.В., Агрегат для измельчения давлением и дезагрегации спрессованных материалов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 144-149.

8. Пат. 68538 Российская Федерация, E02F9/22. Рабочее оборудование/ И.А. Демиденко, Н.А. Гончаров; заявитель и патентообладатель: Сибаци - №. 2007122960/22U, заявл. 18.06.2007; опубл. 27.11.2007, Бюл. № 7.

Крутиков А.Н., Лукьянов А.С., Титко О.М.
Научный руководитель: Четвериков Б.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ КОВША ПОГРУЗЧИКА

Погрузочно-разгрузочные машины используют для работ по погрузке массивных объектов и рассыпных материалов на автосамосвалы, а также для выгрузки их с автосамосвалов. Также данный вид машин предназначен для транспортировки массивных объектов и рассыпных материалов в хранилищах и складских помещениях [1]. Погрузочно-разгрузочные машины перемещают материал по сложной траектории, и работа их состоит из трех операций: захват материала, транспортирование и выгрузка. Погрузочные машины в строительстве используют для погрузки инертных и вяжущих материалов в карьерах и на складах. В одноковшовых погрузчиках рабочее оборудование – ковш – прикрепляют к стреле, шарнирно соединенной с рамой трактора или тягача. Поворот стрел относительно рамы и ковша относительно стрелы производится штоками гидроцилиндров, жидкость к которым подается от насоса с приводом от двигателя машины [2].

В качестве объекта исследования используется колесный погрузчик *Volvo L180H*, который оснащен датчиками для регистрации давления в гидроцилиндрах подъема и наклона. Машина модифицирована для чтения и записи сигналов на *Canbus*, подключенной к ЭБУ (электронным блоком управления) машины. Это дает возможность записывать внутренние сигналы, такие как обороты двигателя, а также положение и скорость подъема и наклона шарниров. Скорость машины можно оценить по датчику на ведущей оси, который измеряет угловую скорость. Однако мы напрямую используем угловую скорость ведущей оси в качестве одного из входных признаков для нейросетевой модели.

Навеска ковша колесного погрузчика *Volvo L180H* изображена на (рисунке 1), где показано расположение датчиков угла подъема и наклона. Из (рисунка 1) следует, что угол подъема определяется как угол между горизонталью машины и звеном *OE* (стрелой). Угол наклона

— это угол между звеном OE и звеном GDF (рычаг наклона). Датчики угла представляют собой абсолютные энкодеры с разрешением $0,12^\circ$.

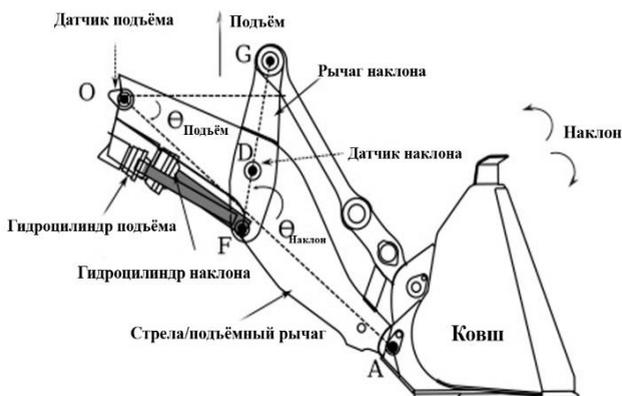


Рис. 1 Навеска ковша для колесного погрузчика Volvo L180H

Колесный погрузчик также оснащен системой взвешивания груза, которая показывает вес в ковше с погрешностью $\pm 1\%$. Система взвешивания груза использует датчики давления подъема и данные трех IMU , установленных по одному на стреле, передней и задней раме, для оценки веса в ковше. Окончательный вес получается при подъеме ковша после окончания наполнения ковша [3].

Данные с машины, такие как угловая скорость вращения ведущей оси, обороты двигателя, передача, рулевое управление, дроссель, углы подъема/наклона цилиндров, угловые скорости и сигналы джойстика, подаваемые оператором, регистрируются. Джойстик выдает напряжение в диапазоне 0-5 вольт (2,5 В в нейтральном положении). Диапазон, используемый для срабатывания поршней, составляет 0,7-2,3 В (выдвижение) и 2,7-4,3 В (втягивание), а 2,3-2,7 В считается мертвой зоной, чтобы предотвратить непреднамеренное использование [4]. Поскольку заполнение ковша колесного погрузчика на гравии средней крупности включает только выдвижение поршней, диапазон 0,7-2,3 В является единственной полезной частью сигнала джойстика. При использовании сигнала джойстика для обучения нейросети мы нормировали его диапазон от 2,3-0,7 В до 0-1, где единица представляет собой требование максимальной скорости.

Данные с датчиков давления в цилиндрах подъема/наклона используются для расчета чистого усилия, прилагаемого гидравликой к поршням подъема/наклона (1):

$$F_{\text{piston}} = A_C P_C - A_R P_R, \quad (1)$$

где A_C , A_R и P_C , P_R - площади и измеренные давления на цилиндре и штоке со стороны поршня соответственно.

Данные регистрируются с частотой 50 Гц, а сигналы от цилиндров подъема/наклона и скорости ведущей оси фильтруются с помощью фильтра, скользящего среднего за 60 мс (три временных шага).

Материал, используемый в эксперименте, представляет собой гравий средней крупности с мелкими частицами диаметром до 64 мм. Этот материал не так сложен для зачерпывания, как взорванная порода, но более сложен, чем мелкий гравий и песок.

Всего записывается 96 примеров заполнения ковша оператором-экспертом, который является одним из лучших на испытательном полигоне *Volvo*, как выяснилось в [5]. Сбор данных осуществляется под контролем, т.е. оператор получает инструкцию поддерживать скорость двигателя на уровне 1300 об/мин (~50% дроссельной заслонки), чтобы получить максимальную мощность двигателя.

Во время сбора данных оператор выполняет операцию заполнения ковша, а затем поднимает ковш для измерения веса. Материал выгружается в том же месте, где он был загружен. Эта процедура приводит к изменению формы и наклона материала в куче.

Поэтому для выявления общих закономерностей зачерпывания, применимых к различным формам кучи, требуется много заполнений ковша. Однако при каждом зачерпывании наклон насыпи поддерживается на уровне примерно 30-35°, что обеспечивает определенный контроль над условиями эксперимента.

Анализ хронометражей рабочих процессов колесных погрузчиков показал, что процесс заполнения ковша разделяется на четыре отдельные фазы. Перед началом первой фазы дно ковша должно быть выровнено с горизонтальной плоскостью, определяемой контактами между колесами и землей. Затем алгоритм наполнения ковша реализует четыре фазы и переходы между ними. Наиболее интересной является третья фаза, в которой работает нейронная сеть. Остальные фазы предварительно определяются после анализа данных ручного управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А. Исследование влияния скорости вращения валков на выходные показатели процесса измельчения и разработка

рекомендаций по повышению износостойкости их рабочих поверхностей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 71-73.

2. Романович А.А. Повышение долговечности рабочих органов прессвалковых измельчителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 83-87.

3. Любимый Н.С., Четвериков Б.С., Чепчуров М.С., Одобеско И.А. Методика определения средней плоскости заготовок отводов триангуляционным методом с применением антропоморфного робота. Вестник СибАДИ. 2019. № 16. С. 96-109.

4. Dobson A., Marshall J., Larsson J. Admittance control for robotic loading: design and experiments with a 1-Tonne loader and a 14-Tonne load-haul-dump machine // J. Field Robot. 2017. Vol. 34. Pp. 123–150.

5. Shi X., Lever P., Fei-Yue W. Experimental robotic excavation with fuzzy logic and neural network // Robotics and Automation. 1996. Vol. 39. Pp. 957–962.

6. Четвериков Б.С., Чепчуров М.С. Автоматизация процесса оценки точности канавки катания при изготовлении лапы бурового долота // Информационные системы и технологии. 2015. № 4 (90). С. 82-89.

7. Dadhich S., Bodin U., Andersson U., Key challenges in automation of earth-moving machines // Automation Construction. 2016. Vol. 68. Pp. 212–222.

УДК 621.878.447

Крутиков А.Н., Лукьянов А.С., Цыбульников А.С.

Научный руководитель: Четвериков Б.С., канд. техн. наук, доц.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ КОВША ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Фронтальный погрузчик — универсальная самоходная спецтехника, разновидность ковшового погрузчика, предназначенная для захвата, погрузки и транспортировки различных материалов, а также для выполнения карьерных и землеройных работ. Особенности конструкции позволяют ему набирать в ковш с любой горизонтальной поверхности. Фронтальный погрузчик способен транспортировать грузы, буксировать различное оборудование на небольшие расстояния.

Основным рабочим оборудованием погрузчика является ковш, закреплённый на конце подъёмной стрелы. Также для ряда моделей предусмотрено сменное оборудование (крановые крюки, гуськи, вилы, ковши различной вместимости, вилки для одиночных грузов, захваты для брёвен, снегоочистители, двухчелюстные ковши и прочее). Поворот рабочего органа относительно стрелы осуществляется с помощью гидроцилиндров поворота, тяг и коромысел.

Огромная роль в процессе работы погрузчика отводится именно заполнению ковша. Из-за отсутствия основных моделей земли (грунт, гравий или горная порода) для управления в режиме реального времени, автоматическое наполнение ковша было открытой проблемой в течение трех десятилетий [1].

Телеуправление землеройными машинами доступно для горнодобывающей промышленности [2] и исследуется возможность для применения в строительстве [3,4]. Дистанционное управление рассматривается как шаг к полностью автоматизированным машинам, но это приводит к снижению производительности и эффективности использования топлива. Включение функций помощника водителя, таких как автоматическое наполнение ковша, может повысить полезность дистанционного управления, позволяя одному удаленному оператору управлять несколькими машинами. Функции помощника водителя потенциально могут повысить производительность при дистанционном управлении машинами, особенно при операции заполнения ковша, которую трудно выполнить при ограниченном восприятии удаленного оператора.

На (рисунке 1) показан экспериментальный колесный погрузчик *Volvo L180H* с оператором, выполняющим загрузку ковша гравием средней крупности. Операторы используют зрение, звук и вестибулярный аппарат для выполнения операции наполнения ковша с высокой производительностью и топливной экономичностью. Чтобы избежать остановки как при перемещении, так и при подъеме, опытные операторы периодически используют действие наклона при движении машины вперед и подъеме ковша вверх. Опытные операторы также предотвращают проскальзывание колес во время заполнения ковша, комбинируя действия подъема и наклона или уменьшая прилагаемый крутящий момент путем опускания дроссельной заслонки.



Рис.1 Колесный погрузчик Volvo L180H с оператором, заполняющим ковш гравием средней крупности

Исследования, направленные на автоматизацию землеройных машин, имеют долгую историю, но коммерческая система с автономными землеройными машинами не была продемонстрирована. Однако недавно было представлено решение для автономной погрузки раздробленной породы для машин типа "погрузка-вывоз-выгрузка" (*LHD*), используя контроллер допуска, приводящий в действие только поршень наклона, т.е. заполнение ковша осуществляется только за счет движения ковша. Машины *LHD* имеют более длинные ковши и более высокое сопротивление усилию отрыва (максимальное усилие, создаваемое машиной при разгибании ковша) по сравнению с колесными погрузчиками и специально созданы таким образом для подземных горных работ. Dobson и др. сообщают о сокращении времени заполнения ковша на 61% и увеличении веса ковша на 39% по сравнению с ручным управлением одним оператором. Однако схема управления, представленная в [7], не может быть использована для колесных погрузчиков, поскольку они имеют меньшее сопротивление усилию отрыва, что требует одновременного срабатывания поршней подъема и наклона для завершения операции наполнения ковша.

Автоматическое заполнение ковша с помощью управления, на основе модели, представляет собой сложную задачу, поскольку оказалось трудно разработать адекватную модель сил взаимодействия между ковшом и насыпью.

Автоматическая система управления копанием (*ADCS*) для колесного погрузчика, основанная на конечных автоматах и нечеткой логике, была продемонстрирована Левером [5] на ряде задач по погрузке горных пород. Ву [6] смоделировал управление траекторией движения в насыпях скальных пород с помощью нечеткой логики и использовал нейронные сети для моделирования компонентов колесного погрузчика. Большинство предыдущих работ требуют

точных моделей машины и поэтому подвержены сбоям при наличии ошибок моделирования, износа и изменения условий.

Дистанционное управление без автоматического заполнения ковша приводит к увеличению продолжительности рабочего цикла на 70 % и снижению производительности на 42 % по сравнению с ручным управлением.

Поскольку неопытный человек может с некоторой практикой освоить задачу по взаимодействию с органами управления для заполнения ковша, особенно при работе с однородными материалами, мы рассматриваем возможность разработки сквозного подхода к решению этой задачи на основе машинного обучения. Первоначально целью было предсказать управляющие действия (сигналы джойстика) оператора колесного погрузчика при движении ковша через насыпь. Прогнозирование управляющих воздействий — это проблема регрессии временных рядов, которая также возникает во многих других отраслях, таких как прогнозирование осадков и энергопотребления зданий.

Анализ хронометражей рабочих процессов колесных погрузчиков показал, что процесс заполнения ковша разделяется на четыре отдельные фазы. Перед началом первой фазы дно ковша должно быть выровнено с горизонтальной плоскостью, определяемой контактами между колесами и землей. Затем алгоритм наполнения ковша реализует четыре фазы и переходы между ними, как показано на (рисунке 2) и описано ниже. Наиболее интересной является третья фаза, в которой работает нейронная сеть. Остальные фазы предварительно определяются после анализа данных ручного управления.

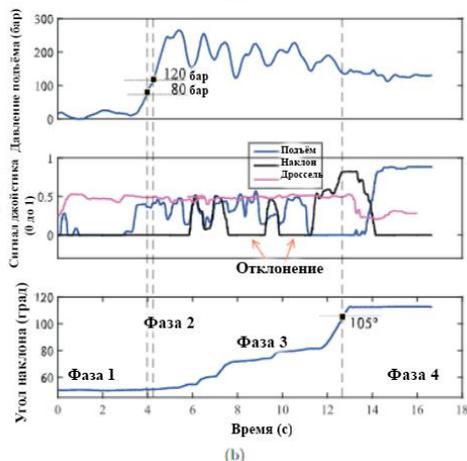
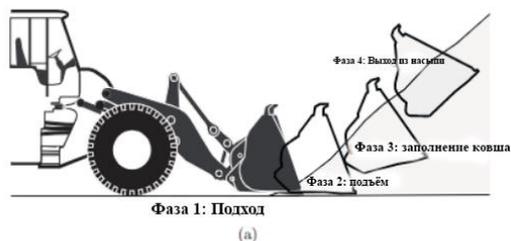


Рис. 2 Фазы заполнения ковша фронтального погрузчика

Существует четыре фазы алгоритма заполнения ковша.

1. Приближение: дроссель в первой фазе составляет 45%, что достаточно для поддержания скорости около 3 км/ч при приближении к насыпи. Следующая фаза начинается, когда давление в подъемном цилиндре поднимается выше 80 бар, что происходит из-за того, что внутренний контур управления пытается компенсировать силы от сопротивления грунта насыпи, чтобы удержать ковш в том же исходном положении.

2. Подъем: алгоритм начинает поднимать ковш с 40% подъема для достижения достаточного давления на шины передних колес, чтобы избежать прокручивания колес. Эта стратегия используется всеми операторами. Следующая фаза начинается, когда давление в цилиндре подъема превышает 120 бар.

3. Наполнение ковша: управление действиями подъема и наклона определяется с помощью искусственной нейронной сети. Во время этой

фазы используется постоянное значение дросселя. Следующая фаза начинается, когда угол наклона превышает 105° .

4. Выход из насыпи: последняя фаза необходима для выхода из насыпи и завершения процесса заполнения ковша. Команда подъема с 40% срабатывания посылается до тех пор, пока угол подъема не станет равным нулю, т.е. когда стрела подъемника будет параллельна горизонтальной плоскости.

Исследование показывает, что, когда алгоритм заполнения ковша заканчивается, водитель возобновляет управление для взвешивания ковша, разгрузки и возобновления заполнения ковша.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А. Исследование влияния скорости вращения валков на выходные показатели процесса измельчения и разработка рекомендаций по повышению износостойкости их рабочих поверхностей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 71-73.

2. Романович А.А. Повышение долговечности рабочих органов прессвалковых измельчителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 83-87.

3. Любимый Н.С., Четвериков Б.С., Чепчуров М.С., Одобеско И.А. Методика определения средней плоскости заготовок отводов триангуляционным методом с применением антропоморфного робота. Вестник СибАДИ. 2019. № 16. С. 96-109.

4. Бутиков П. С., Шуринов А. А., Медведков Д. А., Гедгафов К. Т. Исследование конструкции ковша фронтального погрузчика // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля 2021 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1923-1927.

5. Dobson A., Marshall J., Larsson J. Admittance control for robotic loading: design and experiments with a 1-Tonne loader and a 14-Tonne load-haul-dump machine // J. Field Robot. 2017. Vol. 34. Pp. 123–150.

6. Shi X., Lever P., Fei-Yue W. Experimental robotic excavation with fuzzy logic and neural network // Robotics and Automation. 1996. Vol. 39. Pp. 957–962.

7. Четвериков Б.С., Чепчуров М.С. Автоматизация процесса оценки точности канавки катания при изготовлении лапы бурового долота // Информационные системы и технологии. 2015. № 4 (90). С. 82-89.

Кулькипума И.Д.

*Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИНЫ НА ЭКВАДОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

Республика Эквадор, расположенная в экваториальных широтах северо-западной части Южной Америки.

Эквадор можно достаточно четко разделить на 4 природно-климатические зоны – побережье или Коста, горная часть страны с нагорьями или Сьерра, район влажных лесов Амазонии или Ориенте, а также Галапагосские острова. Коста представляет собой относительно ровную прибрежную равнину, занимающую около 27% территории страны. Плодородные равнины Косты, кое-где переходящие в холмистую местность, покрыты толстым слоем осдочных пород, нанесенных сюда с гор множеством рек. Некогда покрытая густыми лесами, в наши дни она занята огромными плантациями бананов, пальм и какао. Лишь несколько резерватов, вроде биологического заповедника Макипукуна, сохранили реликтовые вечнозеленые и широколиственные леса этой зоны.

Цель данной работы состояла в том, чтобы охарактеризовать грунт побережья Эквадора для строительства плотин путем изучения физико-механических свойств возможного грунта, который будет использоваться при строительстве. Знание механических свойств грунта позволяет узнать, какой тип уплотнения должна иметь плотина в данных условиях на заданном участке [1].

Адекватное уплотнение имеет целью избежать серьезных проблем или наиболее частых катастроф, которые могут произойти из-за неправильных технологий, либо из-за незнания свойств грунта и использованных материалов.

Анализируемые параметры для этого типа почвы – оптимальная влажность и достаточная энергия, прилагаемая для уплотнения грунта. Кроме того, была проведена характеристика почвы по ее свойствам физико-механические свойства уплотняемого материала с точки зрения гибкости, сопротивления и проницаемости [2].

Для этого были проведены необходимые исследования грунта, который будет основным материалом строительства плотины. Кроме

того, проанализировав поведение грунта, можно будет установить критерии уплотнения и дать общие рекомендации. В районах, где распределение водных ресурсов неравномерно, потребуются провести инженерные работы, облегчающие хранение и распределение воды. Эти искусственные системы – водохранилища. Они обычно размещаются в руслах рек и состоят из избыточного водосброса и водозаборного сооружения. Эти системы должны быть максимально безопасны и эффективны в зависимости от геологических, геотехнических, экологических, социальных и, прежде всего, экономических условий. Разработка методов и приемов уплотнения грунтовых плотин – это основа, гарантирующая стабильность и долговечность проекта. При строительстве любого объекта будут возникать различные проблемы, в зависимости от типа почвы. Процесс уплотнения будет заключаться в улучшении свойств грунта, на котором предполагается строить, необходимо установить четкие параметры: энергию уплотнения, оптимальную влажность, устойчивость грунта, водонепроницаемость и др. Необходимо оценить прочность на сдвиг, которую будет иметь уплотненный материал, через испытания образцов осушенного консолидированного грунта, методом прямого разреза, для того, чтобы получить параметры эффективное сцепление и эффективный угол трения исследуемого грунта [3-5].

Территория проекта находится в центре провинции Лос-Риос, в среднем бассейне реки Гуаяс, ограниченной рекой Калаби, так же, как и к югу от кантона Вентанас, носит название Катарама, Кеведо и Макул и представлена на (рисунок 1).

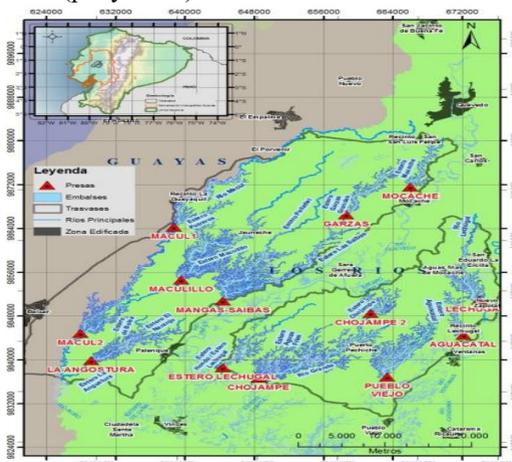


Рис. 1 Общий вид местности

Пробы материалов взяты в этой области. Необходимо учитывать, что на проектной территории нет гранулированных материалов, поэтому это было необходимо найти один или несколько карьеров для взятия, как для гидравлических, так и для дорожных работ, а также для избавления от ненужного материала.

Геоморфология района проекта характеризуется наличием суббассейнов с большими площадями, длина основных русел пропорциональна их бассейнам, которые достигают до 80 км в длину; высотная вариация этих бассейнов очень низкая, потому что все они находятся на уровне моря, имея очень низкие склоны, поэтому они считаются плоскими бассейнами. Учитывая их достаточно вытянутую форму, склонность к залежанию достаточного стока воды из-за его уклонов менее 1%. Бассейны характеризуются достаточно сильным течением из-за их большого количества водотоков и ручьев, которые их питают.

Общая характеристика района подчеркивается наличием поверхностных отложений, состоящих из лагунных и речных отложений у подножия р. гора, состоящая из конгломератного материала, песка и галечного гравия. Эти отложения достигают в некоторых секторах до 20 метров. В геологическом и морфологическом отношении эта равнина представляет собой «бассейн-осаждение».

Стратиграфия региона позволила определить области осадочного заполнения. Из четвертичного периода, в довольно обширном районе ареала. Другие известные образования в этом районе – это формация Пичилингу и формация Бальзар. По разломам и разрывам прибрежная область ограничена структурно предполагаемым скрытым разломом Гуаякиль-Бабаойо. В секторе западной частью разлома является так называемая платформа Дауле, где сосредоточены положительные гравитационные аномалии, которые ограничены Юг у горного хребта Чонгон-Колонче.

К западу от платформы Дауле находится осадочный бассейн р. Манаби, характеризующийся сильно коллимированным рельефом и сложной системой разломов, затрагивающих третичные геологические формации, и ограниченных на востоке холмами низкого рельефа формации Бальзар. Между осадочным бассейном Манаби и горного хребта Анд, представляет собой гидрографическую систему Реки Гуаяс, состоящей из основных рек: Дауле, Кеведо и Бабахойо.

Таким образом, по итогам анализа можно охарактеризовать грунт как алевритово-глинистый, который соответствуют проекту и подходит для строительства плотин.

Пробы грунта для оценки методом уплотнения показали следующее.

Материал классифицирован как высокопластичный алевритово-глинистый, тип МГ, с однородными характеристиками и с прохождением более 97% через сито № 200, хотя тактильно-визуальная классификация этого материала позволяет назвать его глиной. По своим характеристикам это почва, чувствительная к изменениям влажности; с пределом пластичности, близким к оптимальной влажности.

Оптимальная влажность уплотнения находится около 45-48%, и максимальная плотность в сухом состоянии – 1198-1262 кг/м³. Очень хорошие условия с точки зрения гибкости, сопротивления и проницаемости на уплотненных образцах с более чем 90% уплотнением.

Сопротивление материала при установленных условиях находится в около 25-26° угла трения и сцепления в насыщенных условиях 0,12-0,19 кг/см².

Расчетное время для первичной консолидации на 100% составляет около 80 минут, что гарантирует нам, что тесты сопротивления были проведены в консолидированных условиях испытания на медленный прямой сдвиг. Результаты испытания на медленный прямой сдвиг на образцах уплотняются и насыщаются в условиях, аналогичных ожидаемым, и находятся в пределах 25-26° эффективного угла внутреннего трения, наблюдается 0,12-0,19 кг/см² эффективная сплоченность.

Результаты испытания на полумедленный прямой сдвиг на образцах уплотняется и насыщается в условиях, аналогичных ожидаемым: в полевых условиях составляет 21° угла внутреннего трения и 0,26 кг/см² сплоченности.

Проницаемость глинистого ила, учитывая его однородность, зависит от его степени уплотнения, которая на 90% находится в пределах 3,08E-06 – 3,44E06 см/с, что свидетельствует о том, что водопроницаемость в насыпи будет низкой.

Для достижения целей, ради которых уплотняются земляные дамбы, а именно большей гибкости и меньшей проницаемости, используется низкая энергия уплотнения и грунт с показателями пластичности более 15%.

Согласно условиям, достигнутым в этой работе, если достигается уплотнение 90% при влажности менее 42%, согласно кривой уплотнения Стандарта Проктора, не будут достигнуты благоприятные условия с точки зрения проницаемости, сопротивления и гибкости. ., так как отказы могут быть вызваны растрескиванием и последующим

механическим сифонированием. В этих грунтах увеличение энергии уплотнения увеличивает жесткость насыпи, подвергая опасности разрушение из-за растрескивания при наличии дифференциальной осадки, поскольку более высокая энергия уплотнения может привести к более высокой плотности в сухом состоянии, что приводит к более высокой плотности. к растрескиванию.

Алевритово-глинистые грунты рекомендуется уплотнять кулачковыми катками, они вызывают уплотнение снизу-вверх и разминающий эффект в уплотняемом слое, что способствует факту равнопроницаемости в горизонтальном направлении. Что касается сопротивления, рекомендуется достичь максимальной степени уплотнения, чтобы уменьшить сжимаемость, которую может иметь этот тип грунта, что уменьшит вертикальные деформации, которые будет иметь насыпь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

2. ARMAS NOVOA, Rolando y Evelio HORTA. Presas de tierra. La Habana, Cuba: Félix Varela, 2010. 453 págs.

3. ARMAS NOVOA, Rolando. «Criterios para el diseño de Presas de Tierra: Prioridad y secuencia.» Habana, Cuba, 2002. 12 págs. Dpto. Ingeniería Civil. ISPJAE.

4. Armas R., «Критерии проектирования земляных плотин: приоритет и последовательность». Гавана, Куба, 2002. 12 страниц. Департамент гражданского строительства. ISPJAE.

5. PROMAS. «Estudio De Impacto Ambiental Preliminar Y Socialización Del Proyecto. Línea Base Ambiental E Identificación De Impactos Ambientales.» Cuenca, Ecuador, 2014. Pág. 8 Tomo 9.

Кулькинума И.Д.

*Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЕИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НDM-4 ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ ЭКВАДОР

Дороги сегодня являются одним из важнейших аспектов социально-экономического развития страны. Постоянный демографический рост страны порождает проблемы, требующие решения в отношении состояния и охвата федеральной сети автомобильных дорог, для чего необходимо улучшить ее сохранение и способствовать ее расширению. По этим причинам необходимость надлежащего планирования консервации, строительства и благоустройства сухопутных путей соответствующими органами более чем очевидна. Оценка этого типа проектов исходит из роста населения, что увеличивает объемы автомобильного движения, что влияет на пользователей этих дорог, увеличивая время в пути [1,2].

В то же время из-за нагрузок, передаваемых большегрузными автомобилями, образуются повреждения дорожного покрытия, увеличивающие эксплуатационные расходы транспортных средств, что становится проблемой, так как существующая дорога не соответствует потребностям пользователей.

Для выполнения этих задач появились инструменты, которые помогли проектировщикам четко спланировать работы по поддержанию дорожной сети в оптимальном состоянии.

Таким образом, в данной работе мы объясним использование инструментов планирования, таких как система НDM-4 (Управление развитием автомобильных дорог), и сравним ее результаты с результатами, полученными при использовании российских нормативных документов [3-5].

Модель НDM содержит зависимости для прогнозирования износа дорог и результатов работ в зависимости от характеристик дорожного покрытия, трафика и окружающей среды. Аналитическая структура НDM-4 основана на концепции анализа жизненного цикла дорожного покрытия. Это применяется для прогнозирования, следующего на протяжении всего цикла, который обычно длится от 15 до 40 лет:

– Ухудшение состояния дороги.

- Последствия консервационных работ.
- Эффекты для участников дорожного движения.
- Социально-экономические и экологические последствия.

Программа HDM-4 состоит из трех основных компонентов: менеджеры данных или администраторы, инструменты анализа и модели.

Менеджеры данных — это разделы программного обеспечения, которые позволяют пользователю вводить в систему информацию об участках дорог, транспортных средствах и природоохранных мероприятиях. Инструменты или приложения анализа реализуют введенные функции управления. Что касается моделей, это внутренние взаимосвязи, используемые HDM-4 для выполнения основных аналитических задач, таких как прогноз износа секций или расчет эксплуатационных расходов транспортного средства. Наконец, система предоставляет дополнительные инструменты для обмена информацией с другими системами.

Прежде чем начать вводить данные для анализа проекта, необходимо определить некоторые параметры калибровки, которые перечислены ниже, где указана подкатегория информации, в которой эти данные определяются в рамках HDM-4.

- График движения в течение года (транзитные модели).
- Вместимость секций для размещения автомобильного потока (тип скорости/вместимость)
- Аварийность (типы аварий)
- Климатические зоны, через которые проходит дорога (климатические зоны)

Входные данные HDM-4 можно разделить на следующие категории:

1. Дорожная сеть – наборы однородных сегментов, которые могут представлять или не представлять реальную сеть дорог и которые, особенно в случае анализа проектов и программ, часто соответствуют одному или нескольким участкам дорог.

2. Автопарк – В этом разделе указываются характеристики набора транспортных средств, которые будут перемещаться по интересующим участкам.

3. Тип скорости/емкости – в этом случае использовались данные по умолчанию, которые HDM-4 предоставляет для двухполосной дороги, сгруппированные по типу скорости/пропускной способности, называемому (Двухполосная дорога).

4. Климатические зоны – Для этого примера мы использовали предзагруженный в HDM-4 тип климата «тропический – теплый» и добавили некоторые специфические данные, полученные для этого проекта.

Чтобы определить программный анализ, необходимо определить такую дополнительно информацию, как описание исследования, тип, период анализа, и валюта, в которой указаны удельные затраты на автопарк, работы и сеть.

Данные, используемые в двух основных категориях информации, требуемой HDM-4, то есть о парке транспортных средств и дорожной сети, описаны ниже:

– Определение: В этом пункте указываются идентификационные данные каждой секции, а также другие характеристики, связанные с данными конфигурации HDM-4.

– Геометрия: Относится к характеристикам, соответствующим текущей геометрической конструкции сегмента и факторам снижения скорости.

– Тип дорожного покрытия: здесь определяются тип покрытия, толщина и несущая способность конструкции, а также год ранее проведенных работ по консервации.

– Состояние: этот раздел содержит параметры, определяющие текущее состояние дороги с точки зрения таких показателей, как международный индекс регулярности (IRI), процент трещин, количество выбоин на километр, глубина колеи и сопротивление скольжению.

– Прочее: В асфальтовых покрытиях можно выбрать тип дренажной конструкции, относительное уплотнение, состояние предыдущего слоя и эффективное количество полос (ELANES).

– Моторизованное движение: В этом разделе показаны начальные значения интенсивности движения в 2014 году интенсивность движения; здесь мы можем найти классификацию автомобиля, а также год грузоподъемности. 379 автомобилей /день

– Автопарк – В этом разделе указываются характеристики набора транспортных средств, которые будут перемещаться по интересующим участкам.

Это исследование было сосредоточено на оценке величины колеи в реальном проекте на побережье Эквадора.

Section Details:			
ID: L1	Road Class: Tertiary or local	Length: 1,80km	Rise + Fall: 0,00m/km
Description: LECHUGAL	Width: 6,00m	Curvature: 50,00deg/km	
Alternative: <New Alternative>			

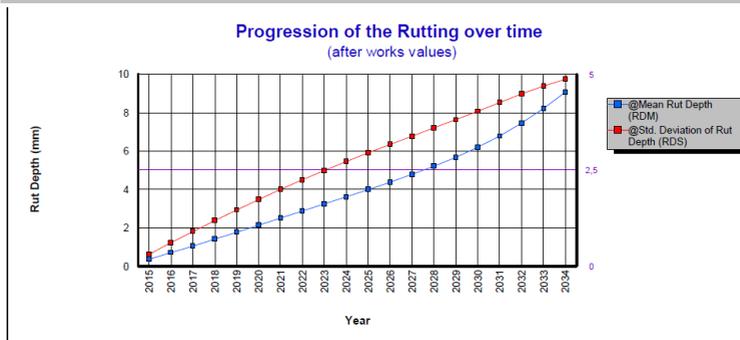


Рис. 1 Увеличение колеи в расчетный период

Результаты с имеющейся информацией показали деформацию колеи почти на 9 мм за 20 лет оценки проекта, что существенно отличается от результатов, полученных по российскому стандарту.

Учитывая, что калибровочные коэффициенты более адаптированы к условиям Латинской Америки, можно сделать вывод, что российские нормативы не столь эффективны или не обусловлены при оценке дорог в условиях экстремальной жары и сухой погоды, например, на побережье Эквадора.

Кроме того, в Латинской Америке широко использовалось использование HDM-4 в качестве модели управления дорожной инфраструктурой, что дало очень хорошие результаты, так что в результате полученных результатов она имела рост и консолидацию во время запуска дороги контракты на техническое обслуживание, что является важным требованием при их выполнении

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fotiadi A, Gnezdilova S, Strekha I 2020 Remote Method for Predicting Damage to Cement Concrete Pavements Lect. Not. in Civil Eng. 95 333–9.
2. Morosiuk G 2001 HDM-4. Modelling road deterioration and works effects. Designer's Guide. (Birmingham: Transport Research Laboratory) p 306.

3. Muench S2003 <http://www.ce.washington.edu/people/faculty/faculty.php?id=32>
4. Caltrans M 2014 Highway Design Manuel 07. p 765
5. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

УДК 691.16

Курлыкина А.В., Власова Е.А., Ткачева А.И.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БИТУМА

Проблема качества битумных вяжущих продолжает оставаться крайне актуальной для дорожного строительства. Значительная часть дорожных битумов, получаемых путем окисления остатков прямой перегонки нефти, характеризуется недостаточными качественными показателями. Аналитический обзор по тематике исследования, нацеленной на повышение качества битума, позволяет сделать вывод, что особый интерес у исследователей-битумщиков вызывает изучение способов модификации битумов различными добавками, позволяющими расширить их температурные интервалы работоспособности и улучшить деформационную стабильность и долговечность композитов на их основе [1-8].

Представленное исследование направлено на изучение влияния линейки модификаторов на свойства дорожного нефтяного битума марки БНД 50/70, свойства которого представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Свойства исходного битума

Наименование показателей	Требования ГОСТ БНД 50/70	Фактические результаты
Глубина проникания иглы 0,1 мм при 25 ⁰ С,	51-70	58
при 0 ⁰ С	не менее 18	39

Растяжимость, см при 25 ⁰ С при 0 ⁰ С	60 3,5	78 4,3
Температура размягчения, ⁰ С	51	52
ИП	От -1,0 до +1,0	-0,32

Необходимо отметить, что разрабатываемое вяжущее будет использовано для приготовления литых асфальтобетонных смесей. Направление использования, вяжущего выдвигает необходимость его соответствия ряду важных технологических характеристик, в частности таких как: высокая вязкость, устойчивость к пластическим деформациям и старению, что обусловлено значительным содержанием битумного вяжущего в составе литых асфальтобетонных смесей, повышенной технологической температурой и увеличенных сроках их приготовления, а также способность сохранять целостность при изгибающих воздействиях в условиях низких температур.

В роли модификаторов выступали следующие добавки: резиновый модификатор (PM), EVATHERM и SBS, (рисунок 1). Процентное содержание вводимых добавок варьировалось от 1 до 5 % с шагом наполнения системы 1%.

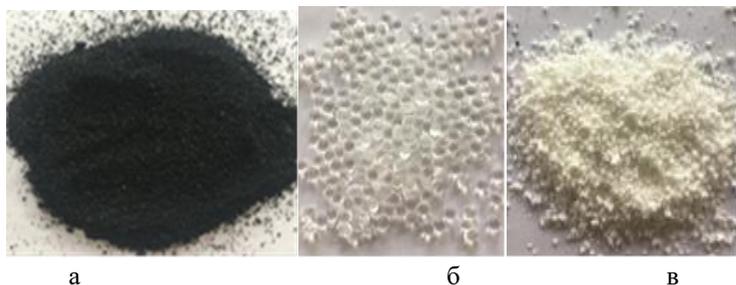


Рис. 1 Используемые в работе модифицирующие добавки в битум
(а – PM; б – EVATHERM, в – SBS)

Модифицированные битумные вяжущие приготавливались в лабораторной лопастной мешалке L5T компании Silverson, (рисунок 2).



Рис. 2 Лабораторный смеситель Silvercion L5M-A Lab Mixer

Технология приготовления осуществлялась в два этапа: на первом этапе в течение 1 часа 30 минут компоненты системы перемешивались при температуре 170 °С, после чего в течение 1 часа реализовывалось дозревание приготовленного модифицированного вяжущего в сушильном шкафу, с целью окончательного формирования структуры. Оценка характеристик, вяжущих проводили по базовым показателям: пенетрации, температуре размягчения и растяжимости. Результаты испытаний представлены в (таблице 2).

Таблица 2 – Показатели свойств, исследуемых вяжущих

Наименование показателя		Глубина проникания иглы, 0,1 мм при		Температура размягчения, °С	Растяжимость при, см	
		25 °С	0 °С		25 °С	0 °С
Битум + РМ	2 %	40	27	56	50	1,3
	3%	39	25	56	47,3	1,0
	4%	37	23	59	38,5	0,4
	5%	36	17	61	28,8	0,3
Битум + EVATHERM	1%	40	21	60	56	3,9
	2 %	37	20	63	35	3,9
	3%	37	19	63	27,9	2,2
	4%	28	24	65	16,9	2,2
	5%	24	22	70	15	2,0
Битум + SBS	1%	18	19	75	70,2	3,8
	2 %	27	25	64	65,3	3,8
	3%	20	19	70	42,8	3,8
	4%	20	17	74	34	4,1

	5%	19	19	75	11,0	4,3
ГОСТ Р 52056 ПБВ 40		40 ≤	25 ≤	56	15 ≤	8 ≤

Результаты испытаний показывают, что пенетрация битума после введения исследуемых модифицирующих добавок понижается с переходом в более вязкую марку. В общем виде, у всех образцов заметен рост температуры размягчения. Однако, у вяжущего модифицированного РМ изменение этого показателя незначительно.

Максимальный прирост температуры размягчения демонстрирует состав, модифицированный полимерами SBS. Что позволяет сделать вывод, что такие вяжущие возможны и целесообразны к использованию в асфальтобетонах, характеризующихся высокой рабочей температурой смешения компонентов, таких как литые асфальтобетоны.

Анализ результатов экспериментов на растяжимость показал, что введение модифицирующих добавок в состав битума приводят к снижению способности вяжущего вытягиваться в тонкую нить. Однако, у всех вяжущих, за исключением битума, модифицированного 5 % SBS, растяжимость при температуре испытания 25 °С не выходит за рамки требований ГОСТ.

Неудовлетворительные результаты дуктильности при 0 °С показали, что применение модификаторов снижает пластичность битума и вяжущие теряют свои свойства при низких температурах, поэтому для изучения низкотемпературных характеристик наполненных модификаторами систем было выполнено исследование, нацеленное на изучение способности материала изгибаться на брус определенного радиуса без разрушения при низких температурах. В ходе испытания было выявлено, что битумные вяжущие, модифицированные полимерами SBS и модификатором РМ показали устойчивость к изгибающим нагрузкам при отрицательной температуре -10 °С на брус радиусом 15 мм. Образцы, модифицированные добавкой EVATHERM, при этих же условиях тестирования подверглись разрушению. Дальнейшее понижение температуры (-20 °С, -40 °С) продемонстрировало, что ни один образец не сохранил целостность и в процессе тестирования покрывался сеткой трещин на испытуемой стороне.

Исследования, направленные на изучение битумных вяжущих и полученные результаты, способствуют накоплению знаний о механизмах взаимодействия между модифицирующими добавками и битумом, что позволит прогнозировать работу вяжущих в структуре литого асфальтобетона в диапазоне различных температур.

В процессе исследования было установлено, что наибольший армирующий эффект достигнут у битума, модифицированного полимерами SBS в количестве 3-5 %. Что очевидно связано с тем, что после смешения с битумом полимеры распределяются в дисперсной среде и создают полимерный каркас, обеспечивающий прочность битумной композиции, способствующий расширению границ работоспособности органических вяжущих и асфальтобетонов на их основе. Добавка EVATHERM показала удовлетворительные результаты в испытаниях при положительных температурах, особенно хорошо проявили себя образцы с содержанием добавки 4 и 5 %, однако их низкотемпературные свойства требуют доработки. Битумные вяжущие с резиновым модификатором незначительно изменили свойства исходного битума. Предположительно это связано с недостаточной растворимостью модификатора или недостаточной концентрацией вещества. Вероятно, повысить эффективность влияния добавки РМ на битумное вяжущее возможно за счет уменьшения размера частиц, увеличения объёма наполнения системы и/или введением пластификатора.

Так как физико-механические свойства литых асфальтобетонов напрямую зависят от вязкости применяемого битумного вяжущего, на наш взгляд, применение битумных вяжущих модифицированных полимером типа SBS, является технологически оправданным. Литые асфальтобетоны на их основе будут обладать высокими характеристиками и повышенной устойчивостью к образованию пластических деформаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вольфсон С.И., Хакимуллин Ю.Н., Закирова Л.Ю., Хусаинов А.Д., Вольфсон И.С., Макаров Д.Б., Хозин В.Г. Модификация битумов, как способ повышения их эксплуатационных свойств // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №17.

2. Ядыкина В.В., Наволокина С.Н., Гридчин А.М. Повышение устойчивости щебеночно-мастичного асфальтобетона к колееобразованию за счет использования полимерных модификаторов // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 6. С. 27-34.

3. Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Обухов А.Г., Есипова Ю.Ю. Устойчивость модифицированных вяжущих на основе окисленных и остаточных битумов к термодеструкции // Вестник СибАДИ. 2017. №6 (58).

4. Vysotskaya M.A. Shekhovtsova S.Yu., Obukhov J.Y., Esipova G.

Stability of modified binders on basis of oxidized and residual bitumens to thermodestructions A // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2017. 6(58). Pp. 140–147.

5. Галдина В.Д. Влияние полимерных добавок на свойства битума и асфальтобетона // Вестник СибАДИ. 2009. №12.

6. Жданюк В. К., Макарьев О. А., Шрестха Р. Б., Костин Д.Ю., Воловик А.А. Исследование влияния модифицирующих добавок в битум на физико-механические свойства и колееустойчивость мелкозернистого асфальтобетона // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2012. № 58. С. 130-133.

7. Обухов А.Г., Высоцкая М.А. Эффективные битумные вяжущие для асфальтобетонных покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 32-40.

8. Gordeeva I. V., Naumova Y. A., Nikol'skii V. G., Krasotkina I.A., Dudareva T.V. Analysis of Flow Curves of Modified Bitumen Composites // Polymer Science. Series D. 2020. Vol. 13. No 2. P. 151-156.

УДК 630.624

Кутькина В.Д.

**Научный руководитель: Ширина Н.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия**

КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА

Земельные ресурсы являются одним из главных достояний каждого государства. Их рациональное применение одна из основных задач государства, экономическая основа его существования.

Российская Федерация занимает ведущее место в мире по количеству лесонасаждений, площадью более 1100 млн. га. Лесной фонд представляет собой объект управления и использования лесов.

К лесному фонду можно отнести: лесные и нелесные земли, а также сами леса. Для установления границ данных территорий существует земельный и лесной кодексы. Государственное управление делится на управление общим лесопользованием (им занимается непосредственно Правительство РФ или уполномоченные органы исполнительной власти субъектов РФ) и специальным (Министерство

природных ресурсов РФ и Федеральная служба в сфере природопользования).

Основные функции госуправления:

1. государственный контроль;
2. государственная инвентаризация;
3. перераспределение между лесопользователями участков;
4. кадастровый учет и госрегистрация прав на лесоучастки и сделки с ними;
5. составление планов по разумной эксплуатации, обеспечению сохранности и защите;
6. государственная инвентаризация;
7. лесоразведение, воспроизведение и устройство.

На территории Российской Федерации кадастровая стоимость земель определяет все виды земельных платежей. Кадастровая оценка земель лесного фонда проводится на основе большого количества нормативно-правовой документации.

Государственная кадастровая оценка земель – это комплекс правовых, административных и технических мероприятий, направленных на установление кадастровой стоимости земельных участков. Данная оценка земель проводится для определения кадастровой стоимости земельных участков различного целевого назначения.

Целью кадастровой оценки лесных земель в Российской Федерации, является определение кадастровой стоимости лесных земель для целей налогообложения. Методика кадастровой оценки лесных земель является единой для всей территории РФ. Однако, применяются методы для оценки земель лесного фонда, используемые для кадастровой оценки земель других категорий. Методика позволяет определить кадастровую стоимость земель лесного фонда на основе расчетного рентного дохода, получаемого в результате их хозяйственного использования.

Объектом кадастровой оценки являются лесные земли оценочных зон, лесхозов, участков земель лесного фонда и субъектов Российской Федерации. Первый этап кадастровой оценки начинается с оценочного зонирования лесных земель. Под оценочной зоной понимаются лесные земли нескольких субъектов Российской Федерации или административных районов. Границы оценочных зон совпадают с границами субъектов Российской Федерации или административных районов, входящих в Субъект. При определении кадастровой стоимости в расчет принимается лишь один вид лесопользования — заготовка

древесины. В Российской Федерации применяются три основных метода оценки лесных ресурсов, представленных на (рисунке 1).



Рис. 1 Методы кадастровой оценки лесных земель

Вид разрешенного использования — устанавливается актами органов государственной власти, местного самоуправления - площадь земельного участка и местоположение земельного участка.

Участки лесных земель подразделяются на три вида в целях кадастровой оценки:

1. лесные земли, не покрытые лесной растительностью, но предназначенные для ее восстановления (вырубки, гари, погибшие древостои, редины, пустыри и т.д.)

2. лесные земли, занятые насаждениями, которые не входят в категорию спелых и перестойных лесов.

3. лесные земли, занятые спелыми и перестойными насаждениями, пригодными для проведения рубок главного пользования при соответствующих экономических условиях.

Исходя из вышенаписанного, можно сделать вывод, что земли лесного фонда действительно занимают невероятно большую площадь от всей территории Российской Федерации. На землях лесного фонда могут осуществляться различные виды лесопользования: заготовка древесины, коры, бересты, новогодних елок, живицы; сенокошение и так далее. Для бесперебойной работы всего государства, а также регистрации и рационального использования земель лесного фонда был основан государственный лесной кадастр. Данные государственного лесного кадастра используются при государственном управлении

лесным хозяйством, организации его ведения, переводе лесных земель в нелесные земли в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом, и при переводе земель лесного фонда в земли иных категорий, определении размеров платежей за пользование лесным фондом, оценке хозяйственной деятельности лесопользователей и лиц, осуществляющих ведение лесного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклад о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2015 год. –[электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://to31.gosreestr.ru>.

2. Кадастровая регистрация и оценка земель и земельных участков / под ред. Н.Н. Ильяшева –М.: Бюро печати, 2007. –208с

3. Методика государственной кадастровой оценки земель лесного фонда РФ. Андрианов Ю. В. Оценка автотранспортных средств. - 2-е изд., испр. - М.: Дело, 2003 г. - 488 с.

4. Слезко В.В., Слезко Е.В., Слезко Л.В. Государственные кадастры и кадастровая оценка земель. М.: ООО «Научноиздательский центр ИНФРА-М», 2021. 297 с.

5. Ширина Н.В., Кононов А.А., Севрюков И.С. Мониторинг рынка недвижимости при проведении кадастровой оценки объектов недвижимости // Вектор ГеоНаук. 2021. Т.4 №4. С 11-18.

УДК 625.122

Кухар Н.А.

*Научный руководитель: Логвиненко А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛЕГЧЕННЫХ НАСЫПЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

В 21 веке, одной из основных задач эксплуатации железнодорожных путей, является снижение затрат на содержание инфраструктуры. И в первую очередь, это касается затрат на текущее содержание пути. Исходя из статистики за последние 20 лет, протяженность участков земляного полотна, подвергнутых деформации составляет 5,9-7,9% от общей эксплуатационной длины сети. Из них 21-

23% - это осадки насыпей, которые совместно с пучинистыми отрезками пути являются третью от общей протяженности всех деформирующихся участков. Участки, наиболее подвергнутые данной проблеме, располагаются на Северной, Октябрьской, Свердловской и Дальневосточной дорогах. Обусловлено это, сложными инженерно-геологическими и погодно-климатическими условиями.

Большой проблемой являются неравномерные осадки земляного полотна на слабых основаниях и многолетних мерзлых грунтах [1], особенно на подходах к искусственным сооружениям (ИССО): малым мостам и водопропускным трубам [2]. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что разработка конструктивно-технологических решение проблемы неравномерных осадок насыпей носит актуальный характер.

Рассмотрим один из вариантов решения данной проблемы: так называемые облегченные насыпи. Что же они из себя представляют? Облегченная насыпь – это насыпь, в которой часть грунта заменена блоками из высокопрочного пенополистирола. Таким образом, мы уменьшаем массу земляного полотна, что в свою очередь, ведет к снижению нагрузки на основание [3].

Данные насыпи уже нашли свое применение на российских автодорогах [4], однако, в следствии специфики железных дорог, требуется разработка конструктивно-технологического решения по реконструкции или новому строительству участков насыпей на подходах к ИССО

Основание земляного полотна в таких местах, как правило, является слабым, обусловлено это наличием водного препятствия. Кроме того, осадки основания от веса насыпи всегда выше, чем осадки самого искусственного сооружения, независимо от типов его фундамента [5].

Но особенно эффективно данная насыпь показывает себя при реконструкции уже существующего пути [6]. Ниже, на примере типового поперечного профиля однопутной линии, наглядно представлена облегченная насыпь (рисунок 1).

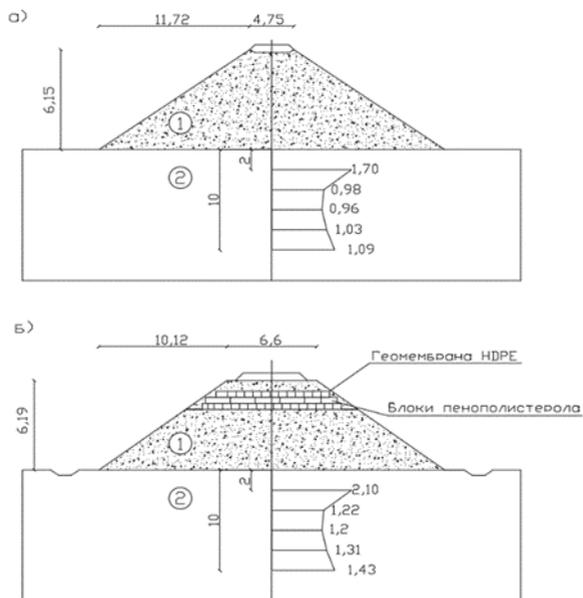


Рис. 1 Типовой поперечный профиль длительно эксплуатируемой однопутной линии, а – до реконструкции; б – после реконструкции; 1 – насыпь; 2 – основание земляного полотна

В основной период происходит разборка верхнего строения пути. Далее удаляют верхнюю часть насыпи, после чего начинают подготовку подстилающей поверхности. Происходит выравнивание под профильные отметки при помощи бульдозера. Дальше происходит уплотнение катком.

Для предотвращения вредного воздействия на блоки, предусмотрено возведение защитного слоя из геомембраны.

После вышперечисленных работ бригада из восьми человек приступает к ручному монтажу блоков. Первый слой укладывается вдоль оси дороги, начиная от моста в направлении увеличения пикетажа и от центра насыпи к краю. Блоки фиксируют анкерами.

Последующие слои укладывают по верх предыдущих с их закреплением арматурными анкерами. Боковые участки отсыпают дренирующим грунтом.

Далее следует уплотнение песка тяжелой виброплитой, которая осуществляет уплотнение в пределах 10 см от края блоков.

Верхнюю часть насыпи уплотняют с головы, надвижкой грунта бульдозером, без вибрации.

По окончании монтажных работ, в соответствии с проектными требованиями [7] устраивают защитный слой основной площадки, после чего путь восстанавливают до рабочего состояния.

Закключение. Данное конструктивное решение по реконструкции земляного полотна на подходах к ИССО с [8] позволит остановить неравномерные осадки пути.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петряев А.В., Пупатенко В.В., Ганчиц В.В. Земляное полотно на вечноммерзлых грунтах // Путь и путевое хозяйство. 2012. № 1. С. 35-37.

2. Серебряков Д.В., Конон А.А., Ганчиц В.В. Исследование колебательных процессов в земляном полотне на участках сопряжения с мостами // Путь и путевое хозяйство. 2017. № 9. С. 9-11.

3. Логвиненко А.А. Материалы для тяжелого движения // Наукоемкие технологии и инновации (XII научные чтения): сб. докладов Международной научно-практической конференции – Белгород, 2016. – Ч.5. С.117-119.

4. Петряев А.В., Ганчиц В.В. Применение облегченных насыпей при строительстве и реконструкции земляного полотна на слабых основаниях // Проблемы инфраструктуры транспортного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. СПб.: ПГУПС, 2015. С. 70-73.

5. Петряев А.В., Ганчиц В.В. Применение геосинтетических материалов в конструкции железобетонных труб на слабом основании // Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов: материалы III Международной научно-технической конференции. СПб.: ПГУПС, 2013. С. 145-146.

6. Ганчиц В.В. Исследование плавности движения транспортных средств в зонах сопряжения подходной насыпи и искусственного сооружения // Проблемы инфраструктуры транспортного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. СПб.: ПГУПС, 2015. С. 91-95.

7. Петряев А.В., Ганчиц В.В. Армирование подбалластного слоя георешетками как альтернатива защитным слоям из смеси подобранного грансостава // Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры: Сборник научных трудов. СПб.: ПГУПС, 2018. С. 255-256.

8. Analysis of residual deformation accumulation intensity factors of the railway track located in the polar zone / E. Chernyaev, V. Chernyaeva, L. Blazhko, V. Ganchits // Transportation Soil Engineering in Cold Regions: 2020. P. 381-388. (Lecture Notes in Civil Engineering; Vol. 49)

УДК 621.01

Кушнарев Д.С., Гудов А.В.

*Научный руководитель: Конев А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Двигатели с различными типами топливных систем используются человеком в сферах промышленности, авто-, авиа- и кораблестроении. Бензиновые и дизельные ДВС благополучно эксплуатируются и модернизируются человечеством по мере развития технологий. В данной статье предлагается рассмотреть перспективы развития и возможные усовершенствования в деталях и узлах топливных систем двигателей.

Перспективной ветвью развития топливных систем является переход бензиновых ДВС на технологию непосредственного впрыска. Данная система предполагает монтаж топливных форсунок непосредственно в головке блока цилиндров, а не во впускном коллекторе, как при распределенной технологии впрыска топлива. Технология непосредственного впрыска способствует повышению мощности, крутящего момента ДВС, а также снижению расхода топлива. Помимо данных преимуществ, стоит отметить экологичность двигателей внутреннего сгорания, оборудованных системой непосредственного впрыска, в сравнении с двигателями с распределенным впрыском, либо же вовсе, с карбюраторными двигателями, которые постепенно покидают дороги общего пользования и все реже используются в отраслях народного хозяйства, предприятиях и организациях. [1]

Еще одним нововведением в конструкции топливной системы бензинового ДВС является внедрение электрической силовой установки. При использовании электродвигателя, совместно с двигателем внутреннего сгорания (гибридной установки) можно сократить рабочий объем, количество цилиндров, тем самым

уменьшить массу агрегата и расход топлива. Электродвигатель способствует увеличению дальности хода, повышению мощности и крутящего момента автомобиля, а также снижению негативного влияния на окружающую среду, путем уменьшения выбросов углекислого газа.

Так же, еще одним преимуществом гибрида, безусловно, является система рекуперации. При движении на низкой скорости и разгоне электродвигатель отдает полезный крутящий момент, а при торможении служит генератором: путем преобразования кинетической энергии вырабатывается электрический ток, который, в свою очередь, накапливается в аккумуляторных батареях. Преобразованное и накопленное при торможении электричество используется для дальнейшего потребления, тем самым, сокращается расход топлива и время на подзарядку автомобиля от внешней сети. [2]

Электрический ток входит в перечень альтернативных видов топлива. Помимо электричества альтернативным видом топлива является газ. Выделяют два основных агрегатных состояния газа: жидкий (сжиженный) и газообразный (сжатый). К сжиженному газу относится техническая смесь пропана (C_3H_8) и бутана (C_4H_{10}), а также малого количества непредельных углеводородов. Сжатым газом является природный газ – метан (CH_4). Его так же называют компримированным природным газом, так как для его сжатия используется компрессорная установка, сжимающая метан до 200-250 бар. Существует технология сжижения природного газа, но, для его получения и хранения требуется сложное технологическое оборудование, охлаждающее газ до $-160\text{ }^{\circ}C$, поэтому в автомобильной промышленности распространены сжиженный пропан-бутан и сжатый метан. Оборудование для подачи газа к двигателю похоже на бензиновую систему подачи, но имеет некоторые особенности и отличия, ввиду физических особенностей топлива. С течением времени конструкция ГБО совершенствуется и усложняется. На сегодняшний день вершиной технического прогресса в сфере газобаллонного оборудования является ГБО шестого поколения. Эта система интересна тем, что газовое топливо в жидком состоянии подается из баллона насосом к двигателю, и через универсальную газово-бензиновую форсунку происходит впрыск в камеру сгорания двигателя. Бензиновый блок управления работает совместно с газовым блоком, автоматизировано происходит выбор и дозирование того или иного топлива. Работа данного оборудования основана на принципе дозированного впрыска топлива в жидком состоянии без преобразования его в другое состояние, в отличие от ГБО четвертого

поколения, где для изменения агрегатного состояния газа использовались редукторы высокого, низкого давления, а также испаритель. [3]

Все выше сказанное относится к совершенствованиям узлов и агрегатов бензинового двигателя. Что касается дизелей, можно так же с уверенностью сказать, что с момента изобретения дизельного двигателя прошло уже достаточное количество лет, за которые конструкция дизельного ДВС глубоко усовершенствовалась. Инженерами была разработана система Common Rail, то есть аккумуляторная система.

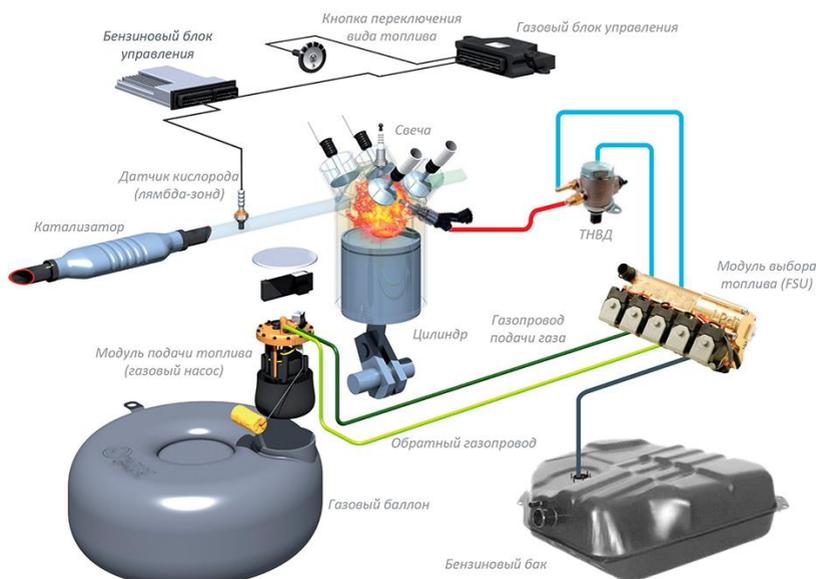


Рис. 1 Схема газобаллонного оборудования шестого поколения

В данной системе топливный насос высокого давления нагнетает дизельное топливо в топливную рампу и создает давление порядка 2500 бар. Специалисты именитых брендов улучшают конструкцию и детали топливной системы, повышая давление в топливной рампе, совершенствуют электронные блоки управления, проектируют распылители увеличенного диаметра с большей величиной расхода топлива. Топливные насосы так же претерпевают модернизации, в первую очередь, связанные с системой смазки, так как производительный насос нуждается в должной смазке деталей и механизмов, что благополучно скажется на ресурсе его работы. Как

пример можно привести двухцилиндровый рядный топливный насос компании Liebherr. Производительность данного насоса, со смазываемым маслом кривошипом, составляет 300 л/ч при рабочем давлении 2200 бар. Форсунки в данной топливной системе при максимальной нагрузке способны пропускать 300 мг дизельного топлива в процессе многоточечного впрыска. Распылители форсунок имеют широкий пропускной диапазон, в зависимости от нагрузки, количества оборотов коленчатого вала и потребностей двигателя в целом. Всеми процессами, протекающими в двигателе, управляет электронный блок. ЭБУ модернизируется и контролирует больший спектр функций, в том числе и процессы нейтрализации выхлопных газов в выхлопной системе двигателя. В процессе работы температура корпуса ЭБУ повышается. Если температура будет приближаться к критической, то отвод тепла будет осуществлен проходящим через корпус топливом. [4]

Подводя итог всего выше сказанного, можно сделать вывод, что общество не может обойтись без применения двигателей внутреннего сгорания, так как транспорт и техника обеспечивают жизнедеятельность предприятий и всего человечества в целом. Бензиновые и дизельные двигатели будут применяться еще не один десяток лет, а их узлы и агрегаты будут совершенствоваться инженерами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология непосредственного бензинового впрыска Bosch. — Текст: электронный // kuzov-media.ru: [сайт]. — URL: https://kuzov-media.ru/articles/avtokomponenty/tekhnologiya_neposredstvennogo_benzin_ovogo_vpryska_bosch/ (дата обращения: 02.05.2022).

2. Ремонт системы рекуперативного торможения. — Текст: электронный //: [сайт]. — URL: <http://fresh-servis.ru/articles/sistema-rekuperaczii-v-gibridnyx-avtomobilyax-obslužhivanie-i-remont.html#> (дата обращения: 02.05.2022).

3. ГБО 6-го поколения. — Текст: электронный // gbo-gas-service.r : [сайт]. — URL: <https://gbo-gas-service.ru/tseny/super-sovremennoe-gbo-6-pokoleniya> (дата обращения: 02.05.2022).

4. Новое поколение систем впрыска топлива Common Rail от Liebherr. — Текст: электронный // os1.ru: [сайт]. — URL: <https://os1.ru/event/9695-novoe-pokolenie-sistem-vpryska-topliva-common-rail-ot-liebherr> (дата обращения: 03.05.2022).

5. Голуцкий А.Г., Конев А.А., Селиванов А.Ю. Анализ

диагностического оборудования, необходимого для проведения процедуры технического контроля автопарка предприятия // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, В 2-х томах. Тюмень, 2020. С. 303-306.

6. Конев А.А., Шакалов И.П. Оптимизация процессов технического диагностирования транспортных средств // Научные технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 96-98.

7. Шишлов А. Н., Лебедев С. В., Быховский М.Л., Прокофьев В.В. Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта: учебно-практическое пособие для автомобильных колледжей. М.: ГБПОУ КАТ №9, 2017. – 352 с.

УДК 624.138

Лагутин Р.В., Rogozina Ю.В., Денисов Д.А.

Научный руководитель: Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

В настоящее время актуальны проблемы повышения эффективности формирования структуры грунтов. Формирование кристаллизационной структуры грунтов, укрепленных портландцементом или другим вяжущим из отходов нефтепроизводства, при соблюдении оптимальных дозировок, максимального уплотнения и организации необходимых условий твердения определяет показатели высокой прочности, водо- и морозостойкости грунта. Однако пространственные кристаллизационные структуры этих материалов являются жесткими и имеют плохие свойства сопротивления деформации и трещиностойкости.

Использование различных добавок позволяет формировать сложную структуру разных типов грунтов - кристаллизационно-коагуляционную, характеризующуюся не только высокой прочностью, водо- и морозостойкостью, но и пластичностью и трещиностойкостью. Эти характеристики материала важны при использовании в дорожном строительстве [1].

Грунты, укрепленные сырой нефтью и жидким битумом, имеют ряд отличительных характеристик: недостаточная адгезия, чрезмерная пластичность или деформируемость, недостаточная водо- и теплостойкость. В то же время применение некоторых полимерных материалов для армирования грунтов в дорожном строительстве приводит к формированию грунтовых смесей с адгезионными и когезионными связями, а также прочностными свойствами. Применение полимерных покрытий для армирования грунтов обусловлено их относительной дефицитностью и дороговизной, а также высокой хрупкостью и жесткостью грунтовых смесей, растрескиванием и истираемостью после уплотнения.

При использовании нефтяных вяжущих для устройства конструктивных слоев дорожных одежд или грунта важнейшей задачей является обеспечение этим материалам повышенной механической прочности и термостойкости, снижение пластичности в летний период. Для качественного улучшения структурно-механических свойств нефтеносных грунтов наиболее надежным способом является модификация сырой нефти полимерными добавками, что приведет к направленному изменению процессов формирования структуры различных видов материалов – олеополимеров [2].

Многие отходы целлюлозно-бумажного производства - брага сульфатных дрожжей типа КБЖ в сочетании с высокосмолистой нефтью - должны обладать хорошими связывающими (прилипающими) способностями, а также гидрофобностью. Первое из этих положений вытекает из природы ЦБЖ, так как ЦБЖ содержит активные группы - компоненты ОН, СО, СН, ОН и др. Благодаря взаимодействию ЦБЖ и масла с минеральными частями грунтов и отвердителями (окислителями) происходят процессы окисления, конденсации и полимеризации, частицы также должны легко выделяться маслом и водой, что определяет их адгезию и вяжущие свойства, характеристики. Вторая гипотеза о предполагаемой гидрофобности реагентов объясняет наличие в нефти взрывоопасных соединений - смол, кислот и ангидридов асфальтенов. Комплексы связующее-масло + ЦБЖ образуют механическую смесь, которая не вступает в полимеризацию между собой и при введении в них отвердителей [3].

Длительное хранение вяжущих показывает, что происходит расслоение компонентов в Б-вом комплексном взаимодействии сложных компонентов вяжущих, веществ и минералов грунтов. Этот процесс представляет собой сложный физико-физико-химический и химический процесс, протекающий со временем внесения реагентов в почвы и во времени. Имеющиеся результаты позволяют предположить,

что структурирование битума в первом случае, в начальный период, большая часть действия укрепления грунта связана. За счет введения в грунт отвердителей происходит полимеризация смолы. При армировании глинистых грунтов происходит физико-химическое взаимодействие по фазовому разделению с комплексным вяжущим, чаще всего за счет электростатического дисбаланса грунтовой системы. Важную роль в этом процессе играет взаимодействие содержащихся в нефти асфальтогеновых и нефтяных кислот с карбонатами кальция почвы с образованием водонерастворимых солей, что, в свою очередь, приводит к водостойкости укрепленного грунта [4].

Помимо вяжущих, получаемых из отходов нефтяного производства применяют укрепление портландцементом. Выделяют три типа пространственных структур дисперсных систем (материалов): кристаллизационные конденсационные и коагуляционные. Кристаллизационные структуры являются наиболее прочными и формируются при укреплении грунтов портландцементом. Они происходили в результате коалесценции кристаллов новой твердой фазы, переходя от пересыщенного раствора к гидратационному сплаву твердого связующего. Конденсационные структуры характеризуются тем, что они возникают при малых силах сцепления. Структуры коагуляции характеризуются тем, что частицы ФА дисперсны, структуры коагуляции отличаются от структуры других типов предельной тиксотропией; ярко выраженная пластичность и большей эластичностью [5].

Формирование кристаллической структуры грунтов, армированных портландцементом, при определенных оптимальных дозировках интенсивного вяжущего, максимальном уплотнении и организации необходимых условий твердости устанавливает показатели высокой прочности, водо- и морозостойкости цементных полов. Однако структуры поверхности кристаллизации этих материалов являются жесткими, обладают низкими деформационными свойствами и низкой трещиностойкостью. Данные о характеристиках материала важны при строительстве дорожного покрытия. В рамках производственной регламентации процессов, определяющих структуру и свойства вяжущих грунтов, проведены исследования по повреждению грунтов портландцементом с водорастворимой стабилизирующей добавкой на основе гидропропилена. Использование стабилизирующей добавки при укреплении грунтов портландцементом позволяет формировать сложную структуру - кристаллизационно-коагуляционную, характеризующуюся не только высокой прочностью, водо- и морозостойкостью, но и пластичностью и трещиностойкостью.

Как показали результаты исследований, проведенных по зависимости водонасыщенности и прочности на сжатие водонасыщенных образцов супеси, армированной портландцементом со стабилизирующей добавкой, в зависимости от количества компонентов вяжущего плотность накопления увеличивается по мере накопления прочности и малой водонасыщенности [6].

Введение стабилизирующей добавки без портландцемента позволяет формировать коагуляционную структуру грунта, обладающую упруговязкопластическими свойствами, низкой прочностью и водонасыщением. Закрепление грунта портландцементом и стабилизирующей добавкой позволяет развить сложную кристаллизационно-коагуляционную структуру материала, обладающего высокой прочностью и малой водонасыщенностью, и особенностью его структурных связей - пластичностью и трещиностойкостью.

Анализ возможной эффективности перенасыщения дисперсных песчаников, супесей, илов и глинистых грунтов их водой, в том числе цементом, силикатным раствором и полимерными суспензиями, показал, что наиболее эффективна мелкодисперсная обработка этих грунтов химическими реагентами. Изменения, которые могут усиливать обезвоживание с изменением физико-химических свойств, в наибольшей степени обеспечивает молотая негашеная и магнезиальная негашеная известь. Для практического использования негашеную комковую известь дробят и получают молотую негашеную известь. Молотая негашеная известь требует быстрого схватывания и твердения, а также не имеет отходов, так как перегоревшие вещества растираются в порошок и смешиваются с водой в твердый раствор. При изготовлении известковых растворов с большим количеством негашеной извести, воды берут 100-150% массы извести-кипелки. Каустический магнезит (обожженная магнезия), будь то молотая негашеная известь или магнезия, вносимая в переувлажненный грунт, активно взаимодействует с влагой, находящейся в переувлажненном грунте и мелкодисперсной части грунта. Из-за этого они появляются и как осушающие добавки (сушители), и как химические реагенты, изменяющие свойства грунта. Кроме того, они встречаются и как вяжущие, т.е. способные образовывать связь при взаимодействии компонентов, прочно переносящие нагрузки. Таким образом, эти материалы при укреплении переувлажненных грунтов могут быть использованы в качестве химических реагентов для изменения свойств переувлажненных глинистых и песчаных грунтов, а также в качестве реагентов для повышения удобоукладываемости при последующем

значении их величин со вяжущими, например цементация, силицирование и полимеризация [7].

Используя эти материалы как сушители переувлажненных грунтов и реагенты, изменяющие их свойства, необходимо знать зависимость влажности смеси от влажности грунта, дозировок и состава добавок, а также причины и закономерности изменения свойств грунтов после внесения извести или магнезии. Внесенная молотая известь в состав переувлажненных глинистых и песчаных грунтов взаимодействует с тонкодисперсной частью грунта и уменьшает его дисперсность, липкость, набухание и усадку, пределы пластичности, а также повышает размокание. Применяя эти материалы, изменяющие свойства, необходимо знать зависимость смеси от характеристик грунта, дозы и состава смеси, а также причины и требования изменения свойства грунта после изготовления наполнителей или магнезии. Молотая известь, вводимая в состав перенасыщенных глинистых и песчаных грунтов, взаимодействует с тонкодисперсной частью грунта и изменяет ее дисперсность, адгезию, набухание и усадку, предел пластичности, а также достигает намокания [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скрыпников А.В. Исследование отходов промышленности для укрепления грунтов / А. В. Скрыпников, В. Г. Козлов, Д. В. Ломакин, В. С. Логойда // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 12-1. – С. 102-106. – EDN XEUUMB.

2. Чудинов, С. А. Повышение эффективности укрепления грунтов портландцементом со стабилизирующей добавкой / С. А. Чудинов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 5. – С. 163. – EDN SZVKCD.

3. Чудинов С.А. Повышение эффективности укрепления глинистых грунтов портландцементом с добавкой полиэлектролита // *Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. тр.* – 2013. – № 4(63) – С. 121-129.

4. Ткачев, Д. Н. О возможности укрепления грунтов минеральными вяжущими / Д. Н. Ткачев, Т. А. Полякова, А. М. Сергеева // *Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года*. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 3002-3006. – EDN LESVFP.

5. Бедрин, Е. А. Развитие технологии укрепления грунтов / Е. А. Бедрин, Е. А. Киселева // *Развитие дорожно-транспортного комплекса и*

строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования – Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2012. – С. 13-18. – EDN TNMREJ.

6. Григорян, А. З. Особенности технологии работ при укреплении грунтов земляного полотна / А. З. Григорян, А. А. Кнышов, С. В. Турдаков // Научно-технический потенциал как основа социально-экономического развития – Москва: ООО "ИМПУЛЬС", 2018. – С. 415-418. – EDN YUXIVV.

7. Егоров, Г. В. Укрепление местных грунтов стабилизатором при строительстве автомобильных дорог в условиях Севера / Г. В. Егоров, А. В. Андреева, О. Н. Буренина // Дороги и мосты. – 2013. – № 1(29). – С. 021-028. – EDN QZEIKV.

8. Ленков, Д. Д. Укрепление грунтов минеральными вяжущими материалами / Д. Д. Ленков // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: – "Уральский государственный лесотехнический университет", 2021. – С. 114-116. – EDN KYTJNW.

УДК 656.212.5

Ларских Е.Л., Борисова Е.А.

Научный руководитель: Павлова О.С., канд. искусств., доц.

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия

АНАЛИЗ СИСТЕМ ГОРОЧНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Сортировочные горки предназначены для функционирования стабильного транспортного процесса. На сегодняшний день комплекс горочных механизмов служит для централизации и эффективного протекания процессов формирования и расформирования составов. В данной статье рассматривается анализ существующих горочных централизаций.

Наиболее эффективным сооружением, предназначенным для снижения затрат времени на расформирование и автоматизации процессов, связанных с перерабатываемыми возможностями станции, построенные на роспуске составов, на данный момент являются сортировочные горки, представляющие собой основной элемент сортировочных станций.

Сортировочные горки являются наиболее оснащенными в техническом плане элементами станции. Это объясняется большим количеством выполняемых технологических процессов в данной зоне, спецификой управления процессами движения и распределения отцепов при их скатывании с горки, совокупностью непрерывности и цикличности процессов в определенных временных рамках и влияния множества других факторов.

При расцеплении состава, маневренный локомотив надвигает его на горку, где при достижении ее верхней точки, состав расцепляется на отдельные скопления вагонов (отцепы), под своей тяжестью, вагоны начинают движение вниз по склону и через пункт управления распределяются на разные пути, в зависимости от конечного пункта их назначения [1].

А.М. Брылевым и Н.М. Фонаревым впервые была разработана система горочной автоматической централизации, в 1948г. На станции Брянск была установлена первая ГАЦ, и уже в течении четырех лет, такие системы начали устанавливать повсеместно. Стоит отметить тот факт, что благодаря этим нововведениям, удалось уменьшить количество постов и операторов до одного на две линии путей в сортировочной зоне. В последствии ГАЦ была доработана и получила аббревиатуру БГАЦ, за счет установки блоков, при помощи которых управление всеми путями заключалось в нажатии кнопки с нужным номером пути.

На смену БГАЦ, с развитием транспортных железнодорожных путей, пришла ГАЦ КР – система горочной автоматической централизации с контролем роспуска. Данная система, как и другие применяемые ранее, предназначалась для автоматической работы системы роспуска составов с горки и достоверного контроля ее работы с выводением всех параметров на экраны пульта управления. На ее алгоритмах созданы микропроцессорные системы ГАЦ. Главным преимуществом данной системы является обеспечение комплексного контроля головной зоны горки, включая сюда и функцию контроля свободности нормированного участка и прохождения длиннобазных вагонов. Хранение информации о номере отцепа в компьютере, количестве вагонов в данном отцепе, его маршруте следования позволяют легко производить контроль за всем процессом сразу.

У данной системы есть несколько режимов работы:

– ручной – используется оператором для корректировки маршрута;

– маршрутный – для каждого отцепа задается свой маршрут при помощи нажатия кнопок нужного пучка и пути;

– программный – в соответствии с информацией, заложенной в программе, сверка с сортировочным листом позволяет создать маршруты для каждого оцепя;

– автоматический – программа осуществляет управление самостоятельно, создание маршрутов ведется автоматически по поступающей на пункт управления информации.

В современном мире задачи ГАЦ значительно усложнились, основываясь на функциональных и автоматизированных решениях. Сейчас почти все станции отказались от релейных систем и устанавливают на их замену микропроцессорные. Так в 2000г. Появилась система горочной автоматической микропроцессорной централизации [2].

Система ГАН МН имеет возможности необходимые для работы современных станций:

– контроль перемещения составов на спускной части горки по счетчикам осей;

– контролирует исполнение роспуска и автоматизировано передает информацию о вагонах;

В системе предусмотрена защита:

– автовозврат стрелочных переводов;

– исключение вреза стрелочных переводов;

– исключение ударов из-за негабаритности.

Особенностью ГАЦ МН является то, что управляющий вычислительный комплекс выполняет функции программно – задающих устройств контроля, которые использовались в релейных системах ранее. Функции этих устройств были расширены и распределены между УВК и контроллером вершины горки.

Ученые института «Гипротрансигалсвязь» в 2019 году создали систему ГАЦ ГТСС, в которой применяются датчики счета осей. Благодаря данным датчикам система может в автоматическом режиме контролировать работу роспуска и самостоятельно корректировать маневры, для предупреждения критических ошибок.

В работу системы ГАЦ ГТСС входят следующие функции:

– управление маршрутами движения составов в соответствии с сортировочным листом;

– осуществление корректировки программы роспуска;

– быстрый и безопасный роспуск и маневры.

ГАЦ ГТСС была создана в виде модульной системы, что позволяет использовать ее уже с доступным оборудованием, а при необходимости

заменять его. У данной системы имеется два варианта работы: программный и маршрутный.

Сейчас усовершенствованные ГАЦ по всей стране позволяют значительно сократить простои вагонов, происходит меньше ошибок при сортировках, сохранность доставляемого груза вышла на новый уровень. Снижаются эксплуатационные расходы и объем маневренной работы в сортировочном парке. В совокупности, все эти факторы позволяют значительно повысить безопасность и ритмичность работы сортировочных станций, что в итоге приводит к увеличению их пропускной и перерабатывающей способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савицкий А.Г. Микропроцессорная система горочной автоматической централизации ГАЦ-МН / А.Г. Савицкий, В.Н. Соколов // Автоматика, связь, информатика. – 2004. - №10. – С. 4-8.

2. Блескин, М.А. Механизация сортировочной горки с внедрением ГАЦ ГТСС / М.А. Блескин, И.Н. Жмуданов // Автоматика, связь, информатика. – 2021. - №9. – С. 12-14.

УДК 691.16

*Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Курлыккина А.В.
Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ДВУХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ «ПОЛИМЕР – ПЛАСТИФИКАТОР» НА ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ ПБВ 90

Применению битумных вяжущих, модифицированных полимером, или полимерно-битумных вяжущих (ПБВ), в обязательном порядке, предшествует технико-экономическое обоснование разработки в связи с удорожанием стоимости ПБВ относительно базового битума [1-3]. Степень как технической, так и экономической эффективности таких вяжущих обусловлена их рецептурным составом, отвечающим за дисперсность, взаимную растворимость и термодинамическую совместимость компонентов.

При производстве ПБВ выделяют два основных этапа: диспергирование полимера в горячем битуме путем прохода системы через коллоидную мельницу и последующее набуханием

раздробленных частичек полимера в мальтеновой среде. В виду технологических особенностей производства битума, выпускаемое сырье, зачастую, обеднено мальтеновой частью, что требует искусственной корректировки посредством введения в систему различных пластификаторов. В таком случае, очевидно, что если полимер легко растворяется в используемом пластификаторе, то и при комплексном модифицировании битума полимером с использованием пластификатора будет наблюдаться совмещение полимерной модифицирующей и пластифицирующей добавок [4,5].

Также следует отметить, что технология приготовления ПБВ рассматривает вариативность его приготовления. Как отмечалось выше, это одностадийный технологический подход с использованием коллоидной мельницы и двухстадийная технология, предусматривающая приготовление двухфазных систем – концентратов, состоящих из используемых пластификаторов и полимера на первом этапе и объединение с горячим битумом в мешалке на втором. В работе для исследования влияния двухфазной системы «полимер – пластификатор» на показатели свойств ПБВ использовалась двухстадийная технология с предварительным приготовлением концентратов на основе исследуемых пластификаторов.

Для приготовления концентратов использовалась лабораторная высокоскоростная мешалка ИКА. Объединялись пластификатор и полимер при температуре 165 °С, время перемешивания, коррелировалось в зависимости от эффективности растворения полимера типа СБС Л 30-01А. В качестве пластифицирующего компонента для приготовления ПБВ использовалась линейка пластификаторов, представленная в (таблице 1).

Таблица 1 – Показатели свойств пластификаторов

№ п/п	Образец	Анилиновая точка, °С	Условная вязкость при 80° С, мм ² /с	Изменение массы пластификатора после 5 часов прогрева при 165°С, %
1.	Мазут	57,7	2,7	3,4
2.	Масло И-50	> 100,0	4,8	7,8
3.	Унипласт	< 30,0	26,0	5,1

4	ЭСО	40,6	13,5	2,3
5.	Кэтгол	< 30,0	4,5	94,3

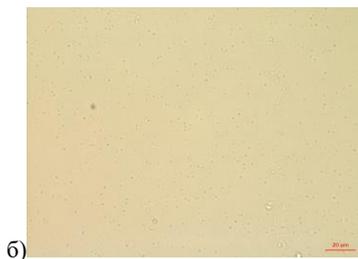
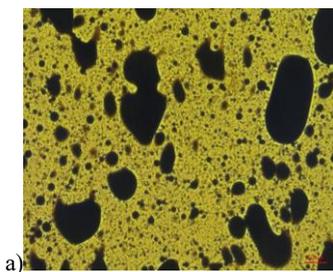
В качестве битума для приготовления ПБВ 90 использовался битум Московского НПЗ БНД 70/100.

В процессе приготовления двухфазных систем фиксировались любые изменения их физического состояния.

Оценка однородности и гомогенности структуры приготовленных концентратов была изучена методом флуоресцентной микроскопии, рисунок 1.

Представленные результаты свидетельствуют, что структура концентрата полученного с использованием пластификатора ЭСО полностью гомогенна. При рассмотрении системы, выполненной с использованием мазута, на рисунке отчетливо видны темные пятна, которые предположительно являются асфальтенами, вступившими в конкуренцию с полимером за мальтеновую среду. На фотографиях концентратов, в которых применялись пластификаторы «Кэтгол», масло И-50, «Унипласт», встречается распределенный, но не растворенный полимер в виде вкраплений и светящихся точек.

Результаты, полученные методом флуоресцентной микроскопии подтверждают данные, полученные ранее [6], и демонстрируют, что пластификаторы, способные максимально быстро растворить полимер, характеризуются и однородной структурой. В соответствии с полученными изображениями растворяющей способности пластификаторов, было предположено, что наиболее перспективными для приготовления в дальнейшем ПБВ, могут быть пластификаторы ЭСО и мазут, так как структура образующихся двухфазных систем более однородна.



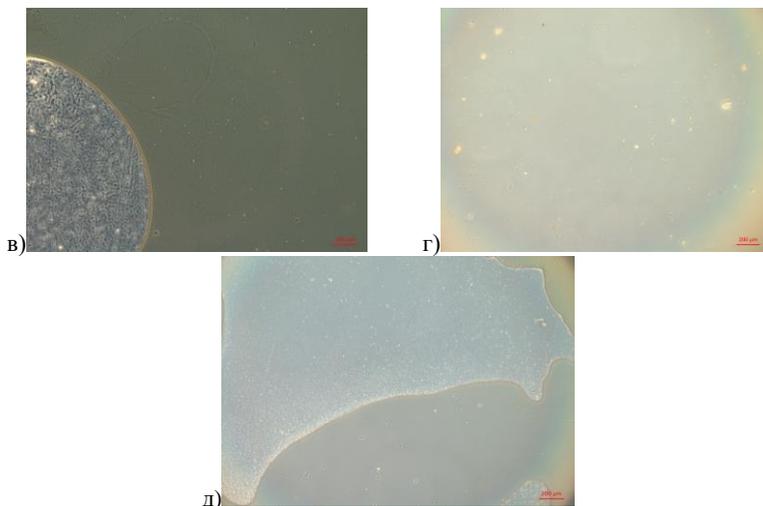


Рис. 1 Микрофотографии двухфазных систем «полимер - пластификатор» с использованием пластификаторов: а) мазута; б) ЭСО; в) Кэтгол; г) масло И-50; д) Унипласт

Реализация и подтверждение выявленных закономерностей была осуществлена на втором этапе исследовательской работы при приготовлении составов модифицированного битумного вяжущего ПБВ 90 с использованием полученных ранее концентратов. Концентрация системы «полимер - пластификатор» составляла 10,5 %, дополнительно для мазута 15 %.

При приготовлении ПБВ было использовано: один технологический режим и постоянный рецептурный состав. Полученные серии ПБВ испытаны по ГОСТ 52056, результаты представлены в (таблице 2).

Таблица 2 – Влияние двухфазной системы «полимер – пластификатор» на физико-механические показатели ПБВ 90

Наименование показателя	Требование ГОСТ	Наименование пластификатора						
		-	Мазут		масло И-50	Унипласт	ЭСО	Кэтгол
			10,5 %	15,0 %				
Глубина проникания иглы 0,1 мм:	91-130	67	70	93	99	107	104	110

25 °С 0 °С	не менее 40	23	31	44	49	41	43	52	
Растяжимость, см: 25°С, 0°С	не менее 30	≥1 50	63,7	65,7	60, 3	68,8	73, 4	61,8	
	не менее 15	-	23,4	45,1	17, 8	43,7	44, 3	40,1	
Температура, °С: Размягчения (Тр) хрупкости по Фраасу	не менее 51	54	65,3	66,5	69, 4	61,1	65, 0	60,4	
	не выше - 25	-18	-21	-25	-27	-21	-26	-25	
Эластичность, %: 25°С 0°С	не менее 85	-	92	98	92	95	96	95	
	не менее 75	-	68	77	70	79	78	78	
Изменение массы после прогрева, %	не более 1	0,3 4	0,54	0,61	1,9 8	0,67	0,4 5	4,66	
Температура вспышки, °С	220 не ниже	26 8	288	290	274	276	27 9	258	
Стабиль ность вяжущег о	Тр, °С вер х туб ы	-	-	-	66	91	85	67	69
	Тр, °С ни з туб ы	-	-	-	65	65	59	65	52
	ΔТ р	5-12	-	-	1	26	26	2	17

Также была исследована стабильность ПБВ при хранении, для этого тубу термостатировали в течение 72 часов при температуре 185 °С и определяли температуру размягчения верха и низа тубы.

Как видно, табл. 2, состав ПБВ, выполненный без пластификатора, не достиг проектной марки ПБВ 90. В то время как благодаря введению пластификатора в битум происходит изменение показателей свойств ПБВ относительно исходного битума [7,8] и наблюдается возможность регулирования свойств в требуемом направлении. Однако, не все пластификаторы обеспечивают модифицирование вяжущего в направлении проектируемых свойств, при использовании двухфазной системы, выполненной на мазуте, достижение свойств ПБВ 90 оказалось не возможным. Полученные данные демонстрируют, что для получения ПБВ проектной марки необходимо: наличие пластификатора или увеличение его содержания.

Оптимальные показатели свойств ПБВ были получены при использовании двухфазных систем, выполненных с использованием мазута и ЭСО, что также подтверждается данными по изучению деструктивных процессов в ПБВ. Заключение о протекающих процессах в вяжущих выполнялись на основании изучения изменений массы образцов ПБВ после прогрева и их стабильности, табл. 2.

Как видно, максимальное изменение массы образцов ПБВ после термостатирования характерно (в порядке убывания) для пластификаторов: Кэтгол и Масло И-50.

Очевидно, что в случае неустойчивости структуры, системы стремятся к разделению фаз, что наглядно демонстрирует стабильность [9] системы после прогрева в тубе. Результаты по расслоению систем, выполненных с использованием двухфазных концентратов на основе мазута и ЭСО, выстраиваются в логическую цепочку полученных закономерностей по влиянию совместимости полимера и пластификатора на физико-механические показатели ПБВ.

В качестве вывода по работе стоит отметить существующую проблему несовершенства методологического подхода к выбору пластификаторов для модифицирования битумных вяжущих и оценке их совместимости с битумом и полимером. Также, в работе установлено, что на этапе оценки пластификаторов и их совместимости с полимером при изучении двухфазных систем, можно спрогнозировать работу такого ПБВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства. Обзорная информация. М.: Информавтордор, 2002. 112 с.

2. Киндеев О.Н., Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю. Влияние вида пластификатора на свойства битума и полимерно-битумных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 26-30.

3. Santagata E., Baglieri O., Dalmazzo D., Tsantilis L. Experimental investigation on the combined effects of physical hardening and chemical ageing on low temperature properties of bituminous binders // RILEM Bookseries. 2016. Vol. 11. P. 631-641. DOI: 10.1007/978-94-017-7342-3_51.

4. González O., Peña J. J., Muñoz M. E. Rheological Techniques as a Tool to Analyze Polymer-Bitumen Interactions: Bitumen Modified with Polyethylene and Polyethylene-Based Blends // Energy and Fuels. 2002. Vol. 16. № 5. P. 1256-1263.

5. Фролов В.А., Беляев П.С., Макеев П.В., Беляев В.П., Шашков И.В. Взаимодействие компонентов модифицирующей добавки в процессе получения полимерно-битумного вяжущего // Вестник ТГТУ. 2020. Т. 26. № 2. С. 284-292.

6. Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Королев Е.В., Высоцкая М.А. Влияние совместности полимера и пластификатора на показатели качества битумного вяжущего // Известия КГАСУ. 2021. № 2 (56). С. 22-36

7. Upadhyay S., Mallikarjunan V., Subbaraj V.K., Varughese S. Swelling and diffusion characteristics of polar and nonpolar polymers in asphalt // Journal of Applied Polymer Science. 2008. Т. 109. № 1. P. 135-143.

8. Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Беляев Д.В. Наномодифицированный полимерасфальтобетон с улучшенными прочностными и деформативными показателями // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 535-538.

9. Zani L., Giustozzi F., Harvey J. Effect of storage stability on chemical and rheological properties of polymer-modified asphalt binders for road pavement construction. // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 145. P. 326-335.

Локтионова А.Г.

*Научный руководитель: Шевцова А.Г. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АВТОНОМНЫЕ АВТОМОБИЛИ — ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ БДД

Автоматизация и модернизация являются ведущими процессами всех сфер жизни во всем мире. Модернизация транспортной инфраструктуры входит в число ведущих стратегических направлений развития Российской Федерации и требует тщательного всестороннего изучения и обсуждения. В последние годы в РФ наблюдается тенденция переосмысливания понятия процессов управления транспортным средством и транспортного процесса в целом. Что в последствии приводит к необходимости разработки качественного нового подхода к решению задач создания и последующего развития интеллектуальных транспортных систем [1]. Таким подходом является переход от развития систем помощи водителям по управлению автотранспортным средством к сложным системам и технологиям, позволяющим исключить водителя из процесса управления автомобилем, а именно разработать автономную (беспилотную) систему управления транспортными средствами на дорогах общего пользования.

Правительством РФ 29 июля 2021г. утвержден проект Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030г. [2] одной из целей которого является цифровая трансформация развития транспортной отрасли. Задачами которой являются: стимулирование внедрения и использования продвинутых систем помощи водителю; внедрение беспилотных автомобилей (легковые и грузовые автомобили, такси, автобусы). Под продвинутыми системами помощи водителю понимают такие системы как: круиз-контроль, автоматическое торможение тс, удержание тс в полосе, автоматическая парковка и т. д. Предполагается что до 2035г. 70% транспортных средств общего парка РФ будут оснащены такими системами, и позволят снизить аварийность на дорогах, повысить безопасность пассажирских и грузовых перевозок, а также сократить стоимость таких перевозок.

Что касается внедрения автономных (беспилотных) автомобилей на дорогах общего пользования, в рамках реализации проекта Транспортной стратегии РФ, будут сформированы требования и

стандарты к использованию автономных автомобилей, создана необходимая инфраструктура для производства и использования таких автомобилей, а также определены зоны для их тестирования. Внедрение и повсеместное использование автономных автомобилей повысит эффективность и безопасность движения пассажирских и грузовых перевозок, снизит себестоимость перевозок на 15%, приведет к повышению пропускной способности на дорогах до 10%. К 2030 г. число автономных автомобилей будет составлять порядка 20% общего числа транспортного потока, а к 2035г. - 30%.

Внедрение и использование автономных автомобилей является перспективным направлением развития в сфере безопасности дорожного движения и в течении нескольких десятилетий число таких автомобилей достигнет максимального показателя. Однако, не стоит забывать, что основы организации и безопасности дорожного движения основаны на системе ВАДС (рисунок 1) и рассматриваются как динамическая информация с обратной связью.



Рис. 1 Система «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС)

В данной системе главным элементом является водитель, который принимает и оценивает дорожную ситуацию, воспринимает информацию и принимает определенные решения, воздействуя на органы управления автомобилем и оптимизируя дорожное движение в соответствии с дорожной обстановкой. При использовании автономного автомобиля данная система автоматически прекращает свою работу, так как автономный автомобиль — это транспортное средство, снабженное системой автоматического управления, исключающее участие водителя. Основным принципом управления таких ТС является искусственный интеллект, который получает информацию от сенсоров, установленных в данном автомобиле.

При проектировании, строительстве проезжей части, примыканий, пересечений и последующей организации дорожного движения на данных участках учитывается каждый элемент системы ВАДС. И такие, например, параметры системы как: конструкция автомобиля, опыт водителя (время реакции) оказывают влияние на дорожную сеть и организацию движения на ней [3].

Учитывая многие дорожные факторы при организации дорожного движения для расчетов, используют расчетный автомобиль, управляемый водителем с постоянными значениями технических и геометрических параметров. Для дальнейшего повсеместного использования автономных автомобилей необходимо провести ряд дополнительных исследований по вопросам организации дорожного движения для таких транспортных средств [4].

Целью дальнейшего исследования является определение зависимости и учет колебания параметров транспортного средства с участием водителя или без него.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жанказиев, С. В. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, Д. Ю. Морозов // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 5(66). – 26-28 с.

2. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. и введ. в действие Правительством РФ от 27.11.2021г. № 3363-р.

3. Новиков А. Н. Нормативные требования к конструкции и безопасности колесных транспортных средств, осуществляющих деятельность в транспортно - логистическом комплексе страны: учебное пособие / Новиков А.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г.,

Загородний Н.А., Кравченко А.А., Локтионова А.Г. - 2021. – 145 с.

4. Локтионова А.Г. Разработка подхода к определению параметров калиброванного автомобиля / Локтионова А.Г., Шевцова А.Г. // Сборник материалов VI Международной научной конференции. - 2021. - 210-214 с.

УДК 666.94: 621.731

Лукьяненко Н.О.

Научный руководитель: Погромский А.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОНИЖАЮЩЕГО И ПОГЛОЩАЮЩЕГО ДРЕНАЖА

Долгосрочная производительность и общая безопасность железнодорожной инфраструктуры зависят от дренажной способности путевой системы. Её модернизация является ключевым фактором повышения безопасности и пропускной способности железнодорожной сети, а также повышения устойчивости железнодорожной инфраструктуры [6].

Одной из основных причин нестабильности железнодорожных путей является избыток воды в земляном полотне, особенно когда она находится на границе раздела балласта и земляного полотна или выше неё. Обычные дренажные системы подвержены засорению и износу. Поэтому устойчивые дренажные системы должны обладать достаточной пропускной способностью, чтобы вода могла быстро отводиться, но они также должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать длительную эксплуатацию при минимальном или легко выполняемом техническом обслуживании [11].

Накопление воды внутри основания пути снижает прочность и жесткость слоя земляного полотна и может вызвать чрезмерную осадку под нагрузкой поезда, что в конечном итоге приводит к ограничению скорости движения поездов и дискомфорту для пассажиров. Вода накапливается в путевой системе в результате осадков и стоков, а также просачивания грунтовых вод. Накопление воды приводит к ускоренному износу железнодорожного полотна и более частым требованиям технического обслуживания, включая операции по очистке балласта и подрезке.

В настоящее время существует ограниченное количество практических решений, принятых для улучшения дренажа железнодорожных путей, таких как песчаные покрытия или геокомпозитный слой между земляным полотном и балластом [10].

Однако все эти решения в той или иной степени страдают от долгосрочных проблем с производительностью, таких как подверженность засорению и трудности с обслуживанием.

Существуют различные механизмы отказа работы водоотвода, связанные с дренажной системой пути, такие как внутренний отказ (т.е. загрязнение балластом), внешний отказ (т.е. засорение дренажных труб), а также механизмы, связанные с земляным полотном [6]. Иллюстрация пути и дренажной системы, а также факторов, связанных с отказами железнодорожного пути, приведена на (рисунке 1). На практике выход из строя дренажных систем в основном наблюдался в районах, где слой земляного полотна имеет относительно низкую проницаемость. В этом состоянии требуется больше времени, чтобы вода достигла боковых дренажных труб [8].

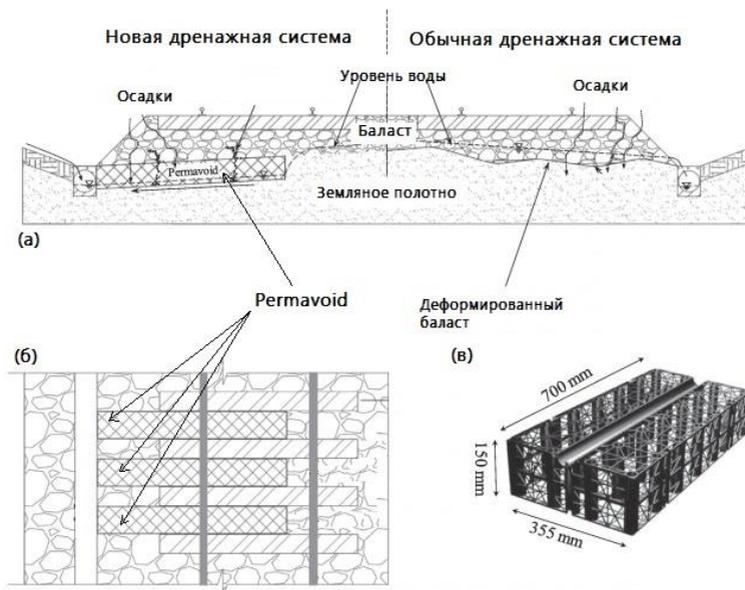


Рис. 1 Обзор железнодорожной дренажной системы: (а) вид в поперечном сечении железнодорожного пути и сравнение новых и традиционных дренажных систем, (б) вид в плане, показывающий расстояние между шпалами и Permavoid, и (в) компонент геоэлементной системы "Permavoid".

Относительная производительность дренажной системы оценивалась с использованием комбинации подходов физического и численного моделирования.

Физическая модель была разработана для представления полномасштабной элементарной ячейки подструктуры пути от шпалы к шпале Рис. 2. Модель способна вмещать слои земляного полотна и балласта, компоненты дренажа под путями и на обочинах, а также имитировать осадки с помощью набора распылительных форсунок. Изменения уровня грунтовых вод и миграция мелких частиц фиксируются визуально через прозрачные акриловые окна вдоль одной стороны модельного контейнера, в то время как давление воды внутри земляного полотна измеряется с помощью датчиков порового давления и стоячков. Физическая модель использовалась только для изучения гидравлической реакции путевой системы; механическая нагрузка не учитывалась.

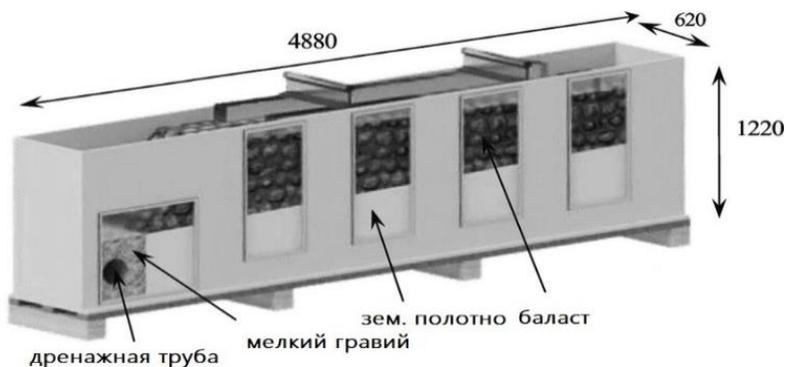


Рис. 2 Физическая модель

Геосотовая система «Пермавоид» имеет размеры отдельных компонентов $700 \times 355 \times 150$ мм, как показано на рис. 1. Эти блоки широко используются в гражданском строительстве: парковки, дома и поля для гольфа. Механические характеристики этих дренажных элементов при нагрузке на железнодорожные пути и, в частности, при циклической нагрузке также являются важным фактором, однако они выходят за рамки данной статьи.

Результаты эксперимента показали, что боковые дренажные устройства эффективны при снижении установившегося уровня воды, особенно в случаях с загрязненным балластом, и увеличивают время, необходимое для достижения установившегося состояния. Открытая конструкция дренажных узлов позволяла мелким частицам

перемещаться вниз из балласта, при этом некоторые из них вымывались в боковой дренаж. Кроме того, дренажные устройства поддерживали уровень грунтовых вод ниже границы раздела земляного полотна и балласта при испытаниях на загрязненный балласт [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логунов Д.А. Применение композитных лотков водоотвода в дорожном строительстве. 2017 г. С. 26-27
2. Микульского В.Г. Строительные материалы // АСВ, 2000г.
3. Пат. 2669597 Российская Федерация, МПК E01C11/22. Водоотводный лоток из композитных материалов / Шальнев Александр Анатольевич, Новиков Юрий Анатольевич, Туров Роман Александрович; патентообладатель: Шальнев Александр Анатольевич, Новиков Юрий Анатольевич, Туров Роман Александрович. Заявл. 23.05.2017; опубл. 12.10.2018, Бюл. № 29. 1 с.
4. Пат. RU 157316 U1 Российская Федерация, МКП E01D 19/00. Линейный водоотводный канал / Дутко Олег Романович, Франко Олег Михайлович. Заявл. 09.04.2015; опубл. 27.11.2011, бил № 33 2-5 с.
5. Лагунов Д.А. Практика применения подрядными организациями композитных водоотводов. 2018г. С 78-79 № 1.
6. Логанива В.И., Милькина А.С. Контроль качества строительных материалов и изделий с учётом неопределённости изменения и стабильности технологического процесса производства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018 №10. С.7-8.
7. Стороженко А.Н. Автodoroжный водоотводный лоток. 2018 г. С 32-34
8. Корочкин А.В. Дорожные одежды из композитных материалов. 2020г. С 14-18 №2
9. Логунов Д.А. Применение композитных лотков водоотвода в дорожном строительстве ЛОГУНОВ Д.А.// «Комплексные Энергетические Решения» - 2017 г. С 3-14.
10. Сайт «vse-lekicii.ru» Водосборные, водоотводные и дренажные устройства.
11. Строительный портал «LinkStroy.ru» Водоотведение на железных дорогах

*Лукьянов А.С., Крутиков А.Н., Бабкин А.С.
Научный руководитель: Четвериков Б.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ РАМЫ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИЦЕПНОГО ГРЕЙДЕРА

В современном строительстве одно из наиболее значимых мест принадлежит земляным работам – работам по возведению земляных сооружений и добыче ископаемых материалов. Большая трудоемкость производства земляных работ вызывает необходимость их максимальной механизации, массовость и разнообразие – многочисленность парка машин.

Грейдер – производительная спецтехника, способная эффективно и быстро выполнять широкий спектр земляных, строительных и транспортировочных задач. Такие машины активно применяются при строительстве и обслуживании автомобильных дорог и аэродромов. С помощью грейдеров проводят планировку и профилирование площадей и откосов, послойное выравнивание грунта и прочих оснований. Также они незаменимы при создании обочин, выемок и насыпей, очистке территорий от снега и строительных материалов. Грейдер является отличным помощником в процессе строительства железнодорожных, гидротехнических, ирригационных, мелиоративных и иных сооружений. Прицепные грейдеры предназначены для различных применений, включая земляные работы для удаления растительности, сортировку, строительство и техническое обслуживание дорог, работы по рытью канав и откосов, скарификацию и уборку снега.

Эти типы машин характеризуются хорошей управляемостью активно работающим органом (ножом), который перемещается горизонтально, вертикально и вбок. Маневренность отвала и создание необходимого усилия для проникновения отвала в почву являются основными требованиями, предъявляемыми к буксируемому грейдеру для обеспечения его эксплуатационных характеристик.

Большинство исследований по оценке надежности структурных компонентов грейдера были сосредоточены на методе конечных элементов (МКЭ)

МКЭ является наиболее мощным методом для расчетов прочности конструкций, работающих при некоторых известных нагрузках и граничных условиях [2]. Осуществление программы МКЭ позволяет

идентифицировать недостатки в конструкции навесного оборудования буксиреваемого грейдера, поскольку выполняется анализ прочности.

Тематическое исследование по анализу и моделированию ударопрочности отвала грейдера было проведено в [2]. Авторы определили, что трещина на отвале грейдера часто возникает во время удара. Чтобы избежать этой поломки, была проанализирована ударопрочность отвала, а также получена характеристическая кривая ударопрочности отвала на основе различных типов ускорения при ударе. Они также изучили модель FEA, удары различных типов препятствий были преобразованы в ударные силы, а ударные характеристики отвала были быстро получены на основе динамического явного метода конечных элементов.

Основные технические характеристики анализируемого буксиреваемого грейдера следующие (рис. 1а), основные размеры: длина: 2000-2200 мм, ширина: 2200-2500 мм, высота: 900-1000 мм, вес: 550-600 кг, угол наклона лезвий: 0° - 30° , высота лезвия: 540-560 мм. Лезвие имеет усиливающие ребра (ластовицы) сзади, расположенные на равном расстоянии друг от друга, чтобы придать лезвию жесткость. В нижней части отвала имеется скребковый нож, изготовленный из марганцевого аустенитного материала с относительно низкой твердостью (250 НВ) с высокой износостойкостью.

Из-за сильного износа, которому они подвергаются, скребковые лезвия являются запасными частями [3].

В верхней части отвала, отцентрированной от оси симметрии отвала, к штоку гидроцилиндра приварена соединительная трубка, которая управляет вращением отвала. Кроме того, вверху имеется металлическая коробка с винтом специальной конструкции, который фиксирует подшипниковые втулки к шасси. Винт специальной конструкции, установленный в лезвии, крепится к корпусу гайкой, а для предотвращения ослабления гайки вставляется шплинт.

Переднее лезвие имеет длину 2000 мм, что позволяет распределять и выравнивать материал за один проход, который завершается вторым лезвием (задним лезвием), расположенным асимметрично по отношению к переднему отвалу. Это технологическое решение было принято для улучшения распределения нагрузки на две лопасти. Кроме того, асимметрия крепления отвала к раме приводит к рабочей ширине около 2700 мм в случае, когда отвалы расположены перпендикулярно продольной оси шасси.

Задний отвал имеет идентичную конструкцию с передней лопастью, имея такой же вид продольного скребкового ножа (аналогичного ножа на передней лопасти) в нижней части рабочей

область. Перемещение относительно продольной оси осуществляется отдельно первым отвалом посредством второго гидроцилиндра. Возможно, что грейдер работает с одним из лезвий, наклоненных под углом, а второе лезвие перпендикулярно направлению движения грейдера.

В случае, когда лесная дорога ремонтируется с использованием гравия, необходимо будет обеспечить параллельность между рамой оборудования и дорожным покрытием, которое необходимо отремонтировать.

3D-модель буксируемого грейдера (рисунок 1а) была выполнена с использованием программного обеспечения *Pro-Engineering*. При 3D-моделировании учитывались только компоненты, которые играют конструктивную роль в работе, и наиболее неблагоприятное положение двух отвалов, т.е. когда они поворачиваются на 30 градусов относительно поперечной оси машины. Гидравлические цилиндры, которые наклоняют отвал, не моделировались, а моделировались непосредственно в *Ansys Workbench*.

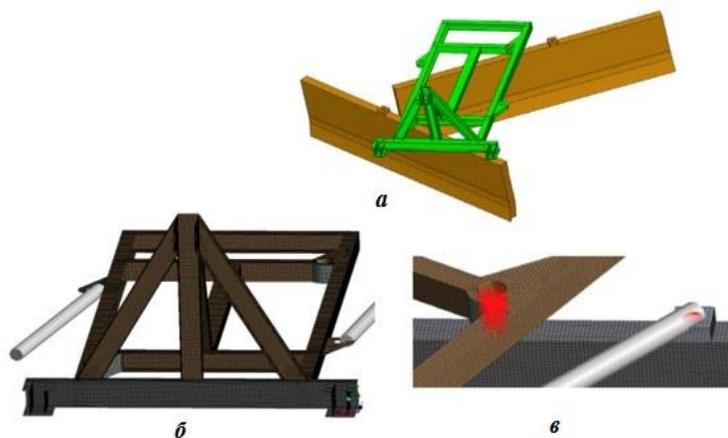


Рис. 1 Конечно-элементное моделирование буксируемого грейдера: а - 3D-модель, б - 2D-рама буксируемого грейдера, в - связь между отвалом и рамой и между отвалом и гидроцилиндром

Конечно-элементный анализ был выполнен с использованием программного обеспечения *Ansys Workbench*. 2D конечным элементам, которые имитируют профили и листы, как они заданы в модели, были присвоены свойства материала, включая толщину каждого компонента.

Конструкция буксируемого грейдера изготовлена из квадратных профилей, С-образных профилей и пластин. На передней раме имеются два монтажных кронштейна и узел монтажного кронштейна верхнего звена. Эта конструкция сварная, несъемная и имитируется элементами типа оболочки (рис. 1б). Связи между сварными компонентами достигаются за счет использования общих соединений, расположенных между конечными элементами зоны сварки. 2D-конечные элементы типа оболочки были использованы для имитируете лезвие. Сваренные листы отвалов были соединены общими узлами между конечными элементами зоны сварного шва. Штифт, вокруг которого вращается передний отвал к раме грейдера, был смоделирован с помощью жесткого элемента, связанного с двумя компонентами, отвалом и рамой, который свободно вращается вокруг оси штифта (рис. 1в). Гидравлический цилиндр был смоделирован с использованием деформируемого элемента типа балки 1D, который сохранил свойства сечения цилиндра. Соединения с отвалом, т.е. с рамой грейдера, были выполнены с использованием жестких элементов, закрепленных со всеми степенями свободы (рис. 1б и 1в).

При конечно-элементном моделировании буксируемого грейдера учитывалось следующее: численное моделирование должно быть максимально приближено к фактическим условиям эксплуатации, качество изделий и количество узлов и элементов приводят к созданию сетки конечных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Motka C., Momin R. Development of backhoe machine by 3-D modelling using CAD software and verify the structural design by using finite element method // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. 2016. Vol. 8. Pp. 49-52.

2. Patel B., Prajapati J. A review on FEA and optimization of backhoe attachment in hydraulic excavator // International Journal of Engineering and Technology. 2011. Vol. 3. Pp. 505-511.

3. Романович А.А. Исследование влияния скорости вращения валков на выходные показатели процесса измельчения и разработка рекомендаций по повышению износостойкости их рабочих поверхностей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 71-73.

4. Романович А.А. Исследование процесса помола материалов предварительно измельченных в прессвалковом измельчителе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 150-155.

5. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С. Позиционирование изделия в процессе автоматизированного бесконтактного контроля формы его поверхности качения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 99-103.

6. Четвериков Б.С., Мартынов С.В., Олянина И.В. Основное рабочее оборудование бульдозера // News of Science and Education. 2019. Т. 2. № 4. С. 63-65.

7. Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Четвериков Б.С. Патент РФ № 155384. Датчик для точных измерений линейных размеров. опубл.10.10.2015, Бюл. № 28.

УДК 621.878.25

Лукьянов А.С., Крутиков А.Н.

*Научный руководитель: Четвериков Б.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОТВАЛ ПРИЦЕПНОГО ГРЕЙДЕРА

Амбициозные и быстрорастущие темпы развития отрасли землеройной техники достигаются благодаря высокопроизводительной строительной технике со сложными механизмами и автоматизации строительных работ. Бульдозеры, скреперы, грейдеры, экскаваторы и другие машины широко используются для самых сложных земляных работ в строительной технике. Таким образом, проектировщикам действительно необходимо обеспечить не только оборудование максимальной надежности, но и минимального веса и стоимости, сохраняя конструкцию безопасной при любых условиях нагрузки путем проведения тщательного анализа напряжений машин В данной работе нами будет рассмотрено определение нагрузок, которые действуют на отвала прицепного грейдера.

Результаты, полученные в результате расчетов методом конечных элементов, выполненных для прототипа планировочного отвала, сосредоточены на уровнях деформации и напряжений. Поскольку отвал представляет собой конструкцию, изготовленную из сварных стальных пластин, допущения для аналитического расчета были упрощены. Расчет методом конечных элементов был смоделирован на основе существующего планировочного отвала. Для проверки правильности расчета геометрических параметров отвала были использованы

современные методы расчета, широко используемые в машиностроении. Из-за кривизны отвала силы, действующие на него, были разбиты в каждом направлении.

Расчетное максимальное смещение планировочного отвала составляет 0,4 мм и расположено в нижней части отвала, как показано на (рисунке 1а).

Также представлены положения отвалов (неискаженные или деформированные) с указанием градиента деформации (коэффициент масштабирования 100). Максимальное значение эквивалентного напряжения (88,7 МПа) получено на задней стороне ножа, вблизи зоны сварки клина с пластиной.

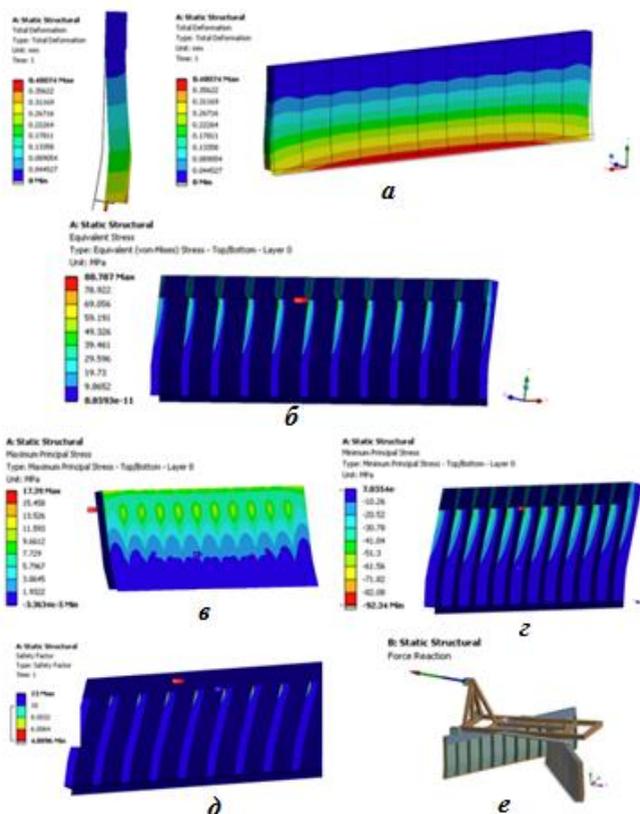


Рис. 1 Распределение коэффициента запаса прочности и общей силы реакции

Отмечается, что величина напряжения не превышает предела текучести (365 МПа) материала (рисунок 1б). Из (рисунка 1в и 1г) видно, что основным напряжением, действующим на нож, является напряжение сжатия. Это вызвано давлением, приложенным к поверхности ножа, которое сжимает режущий клин, расположенные за ножом. Для расчета планировочного отвала требуется коэффициент запаса прочности больше 2, который рассчитывается методом конечных элементов с использованием *ANSYS Workbench*. Как видно на (рисунке 1д), минимальное значение коэффициента запаса прочности равно 4. Значение коэффициента запаса прочности получено в области, прилегающей к зоне сварки задней пластины клина. Силы, действующие на два ножа буксируемого грейдера, создающие силы реакции в каждом направлении, представлены на (рисунке 1е).

Из-за того, что два ножа расположены под углом в противоположных направлениях, результирующая сила в направлении X отменяется. Сила реакции, полученная в направлении Y, определяется массой транспортного средства и составляющей силы, которая вызывает нагрузку на эти два отвала, имеющие одинаковое направление. Более высокая сила действует вокруг оси Z, в направлении движения трактора. Общее результирующее усилие близко к максимальному значению буксировочного усилия. Разница в расчетной суммарной силе в диапазоне от 31 342 Н до 36 000 Н может возникнуть из-за нелинейностей, появившихся в модели, ошибок численного расчета, характерных для метода расчета, а также из-за способа соединения между компонентами модели конечных элементов.

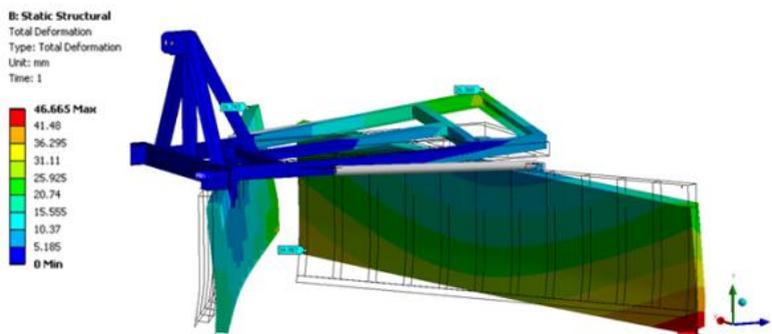


Рис. 2 Общая нагрузка прицепного грейдера

Максимальное полное смещение, рассчитанное для буксируемого грейдера, составляет 46,6 мм и расположено в нижней части отвала, в

точке, наиболее удаленной от крепления ножа грейдера к раме (рисунок 2). (Рисунок 2) показывает деформацию грейдера в виде сбоку, где видна реальная деформация грейдера, а неискаженное положение показано в виде каркаса в увеличенном масштабе 5:1. Кроме того, величина смещения рамы составляет 26,3 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А. Исследование влияния скорости вращения валков на выходные показатели процесса измельчения и разработка рекомендаций по повышению износостойкости их рабочих поверхностей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 71-73.
2. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С. Позиционирование изделия в процессе автоматизированного бесконтактного контроля формы его поверхности качения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 99-103.
3. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Кустарев Г.В. Автогрейдеры. Устройство, основы расчета. М.: МАДИ. 2014. 144 с.
4. Bing L., Meilin Z., Kai X. A practical engineering method for fuzzy reliability analysis of mechanical structures. // Reliability Engineering and System Safety. 2000. Vol. 67. Pp. 311-315.
5. Yeo K., Choong W., Hau W. Prediction of propeller blade stress distribution through FEA // Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 14. Pp. 3046-3054.

УДК 65.656:656.021.2

Малышев А.А.

*Научный руководитель: Кущенко Л.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПО ПРИМЕРУ ДОБАВЛЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ПОЛОС ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Общественному транспорту для прохождения маршрута с оптимальной скоростью и по расписанию, было принято решение об

организации выделенных полос по главному транспортному коридору Белгородской агломерации.

По автомагистрали улица Щорса – проспект Богдана Хмельницкого проходит примерно 80 % общественного транспорта, который есть в Белгородской агломерации. В связи с этим пассажиропоток в общественном транспорте в этом коридоре в 5 раз превышает пассажиропоток индивидуального транспорта. Имелись существенные затруднения в его работе, в связи с чем 19 февраля 2018 года на заседании по итогам и планам транспортной реформы выделили несколько главных проблем города, связанных с транспортной сетью. Одна из них — отсутствие полос для общественного транспорта.

Выделенные полосы в Белгороде появились осенью 2020 года. Протяженность выделенных полос по ул. Щорса и пр. Б. Хмельницкого, пр. Славы и ул. Преображенской составило 30 км.



Рис.1 Выделенные полосы для движения общественного транспорта

По улице Щорса и проспекту Богдана Хмельницкого проходит около 80 % общественного транспорта Белгородской агломерации, а его пассажиропоток в пять раз превышает пассажиропоток частного. В час пик скорость движения падала до 8–9 км/ч. Это не соответствовало критериям общественного транспорта. Поэтому к осени 2020 года решили организовать выделенные полосы.

В городе уже есть такие полосы, но они прерывистые — от 10 до 80 м. Это, по данным Единой транспортной компании, неэффективно.

Сплошные «выделенки» в Белгороде имеют три вида: стандартные — с прохождением в правой полосе, редко используемые — с прохождением в левой полосе и полосе посередине. Последним

вариантом оборудована ул. Щорса. В таком случае автобусу не придется конкурировать с личными автомобилями.

Полоса слева эффективна при любом потоке, а справа — при загрузке выше среднего. Слева работа эффективна при любой частоте примыкания. Стало возможно сохранить как общие карманы, так и места для остановки, посадки, высадки. Решится конфликт с индивидуальным транспортом.



Рис.2 Выделенные полосы движения общественного транспорта

Единственным минусом таких полос - это расходы на строительство основных посадочных площадок, которые на переходах выполняют роль островков безопасности. Кроме того, это помогает обеспечить безопасность пассажиров.

Благодаря таким полосам скорость движения общественного транспорта может увеличиться в 2–2,5 раза.

Кроме того, в процессе реновации ул. Щорса было принято решение о сужении полос. Это повысило безопасность на дороге за счёт снижения скорости и позволило остаться в существующих границах дороги и избежать дополнительных расходов, а также сохранило пространство для пешеходов.

В итоге выделены как преимущества, так и недостатки реконструкции улицы Щорса:

1. Преимущества

– Снижение времени нахождения пассажиров общественного транспорта в пути

– Повышение провозной способности общественного транспорта

- Применение адаптивного светофорного регулирования позволяет увеличить пропускную способность пересечений в разное время суток

- Снижение аварийности с участием пешеходов

- Перераспределение транспортных потоков с улицы Щорса по другим направлениям позволяет снять нагрузку с улицы Щорса на другие направления, причем не всегда создается нагрузка на данные направления

- Ограничение скорости движения транспортных средств по улице Щорса до 40 км/ч минимизирует вероятность возникновения ДТП и снижает тяжесть последствий от ДТП

- Создание комфортных и безопасных условий для движения пешеходов и велосипедистов

2. Недостатки

- Снижение скорости движения личного транспорта

- Увеличение времени нахождения пассажиров личного транспорта в пути

- Увеличение выбросов вредных веществ

- На некоторых пересечениях и перегонах УДС неверно настроены циклы светофорного регулирования

- При ДТП или поломке транспортного средства приходится выезжать на выделенную полосу для общественного транспорта и неясен механизм работы камер фото-видео фиксации нарушений выезда на выделенную полосу

- Водители маршрутных транспортных средств съезжают с выделенной полосы с целью опережения других маршрутных транспортных средств

- Появилась необходимость создания перехватывающих парковок для пересадки водителей личных транспортных средств на общественный транспорт

Однако не все водители восприняли нововведения с энтузиазмом. У многих возникло непонимание того, как теперь поворачивать, например, на улицу 5 Августа, а также Мокроусова – там отсутствуют знаки, разрешающие левый поворот. Также встал вопрос выезда на улицу Щорса с 5 Августа.

Многих интересовало, почему для снижения заторов не рассматривается противоположный вариант — увеличение количества полос. На этот вопрос специалисты ответили коротко и ясно: расширение полос влечёт за собой увеличение количества машин и, соответственно, всё те же заторы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заторовые явления. Возможности предупреждения / Л.Е. Гай, А.И. Шутов, П.А. Воля, С.В. Кущенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - №3. – С. 166-169.
2. Обоснование введения выделенных полос для маршрутного пассажирского транспорта (Жирнова А.А., Басов К.А., Ивлев В.Ю.)
3. Выделенные полосы для общественного транспорта (<https://pddmaster.ru/pdd/vydelennaya.html>)
4. Дорожные условия и безопасность движения (Бабков Ф.В.)
5. Безопасность движения автобусов на маршруте (https://studbooks.net/2463138/tehnika/bezopasnost_dvizheniya_avtobusov_marshrute)

УДК 65.656:656.1/5

Мальшев А.А.

*Научный руководитель: Кущенко С.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Стремительное повышение уровня автомобилизации и транспортной активности населения напрямую влияет на состояние российских дорог – дорожный трафик в нашей стране увеличился в разы по сравнению с тем, что было три-четыре десятилетия назад.

Этот факт требует непрерывного изучения и внедрения новых технологий дорожного строительства, год от года развивающихся все более быстрыми темпами. Дорога сегодняшнего дня – это уже не просто выровненный участок земли с уложенным на него асфальтом.

Сегодня большое внимание уделяется реализации приоритетного проекта «Безопасные и качественные дороги», в рамках которого, наряду с основными транспортными артериями страны преобразуются главные проспекты и улицы российских городов. Ориентируясь на конкретный результат, дорожные службы применяют самые современные технологии строительства, в результате чего население

получает возможность пользоваться автомобильными дорогами идеального качества.

Безусловно, освоение и внедрение новых технологий в сфере дорожного строительства заметно облегчает труд рабочих и повышает качество дорожного покрытия. И уже сегодня можно смело говорить о том, что и в нашей стране активно внедряются инновационные технические решения, влияющие на качество и срок службы автомобильных дорог:

- Повышается уровень выполнения строительных работ.
- Совершенствуется техническое оснащение.
- Своевременно выполняются мелкие ремонтные работы.
- Соблюдается регламент эксплуатации дорог.
- Применяются современные материалы и оборудование (битумные смеси, ручные заливщики швов, гудронаторы и прочее).

Согласно данным Министерства транспорта РФ, за 2017 год отремонтировано и построено более 5000 км дорог, как федерального, так и регионального значения. Каждая новая или отремонтированная трасса – это новые возможности и перспективы.

Технологии укладки асфальта различаются в зависимости от территории, асфальтируемой площади и целей асфальтирования. То есть укладка асфальта на придомовой территории технологически отличается от асфальтирования федеральной трассы.

Но в целом можно выделить несколько основных этапов укладки асфальтового покрытия:

- Создание условий для оптимально качественного проведения работ.
- Подбор материалов, подходящих по стоимости, качеству, техническим свойствам.
- Подготовка основания полотна.
- Укладка асфальтобетона.



Рис. 1 Технология укладки асфальта по ГОСТ

Асфальтирование – сложный, многоступенчатый, технологический процесс, требующий точного соблюдения всех этапов, условий, технических требований и норм. Нарушение даже одного этапа приведет к непригодности покрытия в ближайшее время. Прочность дорожного полотна также пострадает, если укладка асфальта будет происходить в дождь или морозную погоду.

Огромную роль играет качество битумной составляющей, являющейся основным компонентом асфальтной смеси. К сожалению, сегодня не является редкостью недобросовестность современных производителей битумных мастик, ненадлежащее качество которых провоцирует развитие разного рода неблагоприятных процессов, разрушающих дорожное покрытие в очень короткие сроки.

Принципиально новые для российской отрасли дорожного строительства зарубежные технологии перестают восприниматься, как нечто диковинное. Традиционные способы строительства автомобильных дорог постепенно вытесняются популярными на Западе методиками, что ведёт к значительному увеличению темпов строительства магистралей и повышению эксплуатационных свойств полотна.

К примеру, уже почти четыре года назад, Росавтодор начал активно использовать технологию холодной регенерации и стабилизации асфальтобетонных покрытий – холодный ресайклинг. Эта процедура представляет собой эффективный способ восстановления дорожного покрытия, при котором в результате смешивания материала старой дорожной одежды со смесью вяжущих компонентов, образуется новое, однородное, прочное, монолитное дорожное основание.

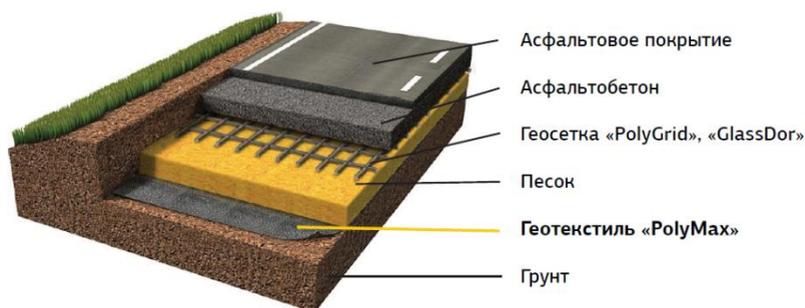


Рис. 2 Дорожная одежда

Также можно заострить внимание в России на внедрении системы SUPERPAVE, помогающей с 1992 американским дорожникам решать

проблему выбора оптимального материала для строительства дорог. Система предполагает комплексное проектирование асфальтобетонных смесей, удовлетворяющих конкретным условиям эксплуатации, с учетом влияния различных факторов: климатические особенности, геологическая составляющая, грузовой трафик и прочее.

Внедрение и других инновационных технологий в дорожном строительстве – не за горами. Поэтому будем надеяться, что в ближайшем будущем будут разрушены и забыты стереотипы о плохом качестве российских дорог.

Российская дорожная отрасль активно развивается и модернизируется, что, безусловно, ведет к повышению качества строительства и реконструкции дорог.

Начальным этапом внедрения и развития современных технологий можно назвать утверждение нового ГОСТа (2003 г.) на щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси и щебеночно-мастичный асфальтобетон. Темпы развития современной техники привели к необходимости создания производственных площадей, способных на производство смесей высокого качества.

Используя высококачественные материалы, оборудование и технику для строительства и реконструкции дорог, активно осваивая и применяя современные технологии дорожного строительства, мы сможем прийти к вожделенному качеству дорожных покрытий, и уже в ближайшие годы изменить представление о России, как о стране хронического бездорожья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заторовые явления. Возможности предупреждения / Л.Е. Гай, А.И. Шутов, П.А. Воля, С.В. Куценко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. - №3. – С. 166-169.

2. Национальный стандарт российской федерации. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. ГОСТ Р 54401-2011

3. Технические рекомендации по устройству и ремонту дорожных конструкций с применением асфальтобетона. ТР 103-07

4. Автомобильные дороги. (1983 В. Ф. Бабков)

5. Автомобильные дороги. Специальные сооружения. (1986 К. Х. Толмачёв)

Манина Е.Д., Локтионова А.Г.

*Научный руководитель: Шевцова А.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Ежегодно автомобильный парк как мировой, так и отечественный развиваются стремительным темпом. Транспортные средства становятся значительно различными друг от друга, обладая своими индивидуальными техническими и геометрическими характеристиками. Данные характеристики оказывают влияние не только на функциональность и внешний вид автотранспортного средства, но и на безопасность самого дорожного движения.

В частности, например, при производстве изыскательских работ как: строительство дорог, пересечений и примыканий одним из показателей является учет геометрических параметров (длина, ширина, высота, радиус поворота тс) расчетного автомобиля, который принимают на основе анализа состава транспортного потока [1]. При организации дорожного движения и оптимизации регулируемых пересечений улично-дорожной сети так же используют технические параметры (скорость, мощность тс) и геометрические параметры (габаритная длина тс) расчетного автомобиля [2].

Так как транспортные средства постоянно модернизируются со временем наблюдается разница показаний геометрических характеристик. Данные изменения необходимо периодически контролировать и проводить исследования с целью актуализации параметров расчетного автомобиля, который в свою очередь был определен в 80-х годах прошлого века на основании геометрических характеристик таких популярных в транспортном потоке отечественных автомобилей как: Москвич 407, Микролитражный М-21 «Волга», М-20«Победа», ЗИЛ-11 [3].

В рамках исследования рассмотрим, как же развивался автомобильный парк и как менялись геометрические параметры зарубежных и отечественных транспортных средств, наиболее часто продаваемых в РФ и встречающихся в транспортном потоке. При проведении анализа статистики продаж транспортных средств с 2006г. по февраль 2022г. (рис.1) были получены следующие данные: лидером продаж на протяжении всех лет являются отечественные автомобили

Lada и ГАЗ, за ними идут зарубежные автомобили такие как: Ford, Chevrolet, Hyundai, Toyota, Nissan, Mitsubishi, Daewoo, KIA и др.

К примеру, в 2006г. продажи транспортных средств Lada составили порядка 629 830 автомобилей, вторую позицию занимают автомобили ГАЗ (183 615 автомобилей), далее марка Ford (115 985 автомобилей), Chevrolet (111 458 автомобилей), Hyundai (100 685 автомобилей) (рисунок 1).

Всего на рынке России в 2006 г. было реализовано 1 881 420 автомобилей. В 2021г. - 1 666 778 автотранспортных средств, лидерами продаж являлись такие автомобили как: Lada, KIA, Hyundai, Renault и Toyota.

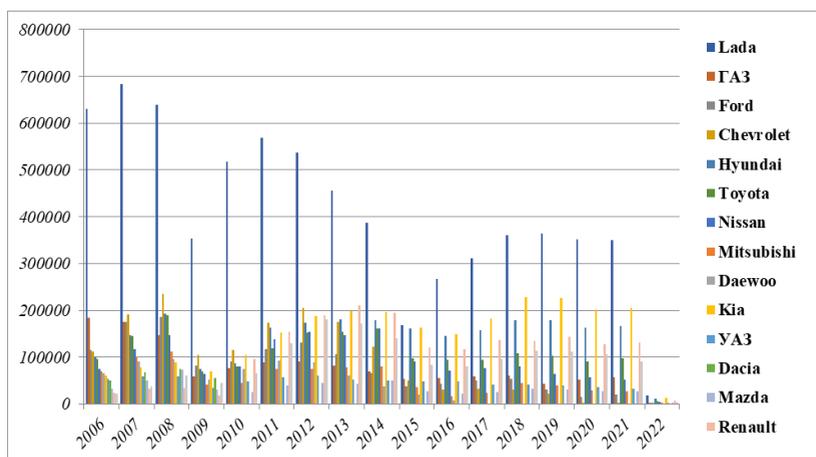


Рис. 1 Анализ продаж зарубежных и отечественных автомобилей в РФ в период с 2006 г. по 2021 гг.

Рассмотрим самые популярные модели продаваемых марок автомобилей в транспортном потоке г. Белгорода (таблица 1). В зависимости от определенной модели автомобиля, рассматриваемые ТС имеют различные типы кузова. В зависимости от компоновки типы кузовов имеют отличную друг от друга конструкцию: трехобъемную, двухобъемную и однообъемную.

Трехобъемная конструкция предполагает разделение корпуса на моторный отсек, салон автомобиля или пассажирский отсек и багажное отделение. К такой компоновке относятся: седан, купе, кабриолет, родстер, пикап, лимузин. Двухобъемная конструкция предполагают наличие только моторного отсека и пассажирского. Салон автомобиля совмещен с багажным отделением. Это дает преимущество в перевозке

грузов. Классическим представителем такой компоновки является универсал, хэтчбек, лифтбек, внедорожник, кроссовер, фургон. Однообъемная конструкция характерна для минивэнов, микроавтобусов и других пассажирских автомобилей. Большую часть занимает салон, который практически сливается с багажным отделением и плавным скатом моторного отсека. Представителем является такой тип кузова как: минивэн, компактвэн, микровэн [4].

Таблица 1 – Модели ТС в транспортном потоке и типы их кузова

Lada		
Vesta	Granta	Largus
		
седан	седан	универсал
ГАЗ		
3302 «ГАЗель»	2310 «Соболь»	
		
пикап	фургон	
Ford		
Focus	Fiesta	Fuga
		
седан	хэтчбэк	седан
Chevrolet		
Aveo	Cruze	Tahoe
		
седан	седан	внедорожник
Hyundai		
Solaris	I40	Getz
		
седан	седан	хэтчбэк
Toyota		
Camry	Corolla	Land Cruiser
		
седан	седан	внедорожник

На основании анализа статистики продаж и преобладания разных видов моделей ТС пришли к следующему: на дорогах г. Белгорода и области преобладают автомобили с типом кузова седан, хэтчбек, внедорожник. В Российской Федерации преобладают автомобили с

таким видом кузова как: седан, хетчбек, универсал, кроссовер, паркетный внедорожник.

Каждый легковой автомобиль имеет определенные размеры, которые называют габаритными. Это высота, длина и ширина транспортного средства. Они прописаны в любой инструкции к автомобилю. Эти показатели помогают понять водителю, сколько места занимает его автомобиль, а также сравнить его с другими машинами. Габаритные размеры автомобилей позволяют оценить возможность маневра в определенном пространстве. Длина определяется между выступающими элементами впереди и сзади машины. Чаще всего это бамперы. Любая дополнительная деталь меняет габаритную длину. Ширину измеряют между выступающими по бокам зеркалами. Соответственно, высота будет определяться до самой высокой точки на крыше, которой может стать антенна или спойлер.

Все типы кузовов различаются по своим габаритным параметрам, расположением силового агрегата, колесной базы и клиренса. Несмотря на то, что все типы кузовов имеют свои габаритные параметры, в зависимости от той или иной модели ТС один и тот же тип кузова имеет свои индивидуальные параметры. Например, габаритные параметры Lada Vesta с кузовом типа седан имеет параметры 4410мм x 1764мм x 1497мм, а автомобиль Toyota Corolla с тем же типом кузова – седан имеет параметры 4651мм x 1775мм x 1455мм. Данные колебания габаритных параметров необходимо обязательно учитывать при проведении изыскательских работ.

Целью дальнейшего исследования является определение нового расчетного автомобиля на основании последних современных транспортных средств, встречающихся наиболее часто в потоке, проведение расчетов по реорганизации дорожного движения на существующем участке улично-дорожной сети г. Белгорода с применением данных габаритных параметров существующего расчетного автомобиля и полученного нового, сравнение полученных данных и проверка работы теории путем транспортного моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевцова А. Г. Методы определения потока насыщения автотрассы / Боровской Е. А., Шевцова А. Г. // Мир транспорта. – 2013–Т.11 № 3 (47). – 44-51 с.
2. Бурлуцкая А. Г. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения / Шевцова А. Г, Бурлуцкая А. Г., Юнг А. А. // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. - №1. – 126-134 с.

3. М. Б. Афанасьев. Условия введения различных режимов регулирования дорожного движения (пособие). Под общ. ред. М. Б. Афанасьева. – М.: ВНИИ БДД МВД СССР, 1976. – 319 с.

4. Новиков А. Н. Нормативные требования к конструкции и безопасности колесных транспортных средств, осуществляющих деятельность в транспортно - логистическом комплексе страны: учебное пособие / Новиков А. Н., Новиков И. А., Шевцова А. Г., Загородний Н. А., Кравченко А. А., Локтионова А. Г. - 2021. – 145 с.

УДК 666.94:621.041

*Миронов Д.Д., Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.
Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАСЧЕТ ШАРИКОВОГО РАДИАЛЬНО-УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ВИБРАЦИОННОГО ВАЛЬЦА

При строительстве дорог существенную роль играет качество уплотнения дорожного покрытия, так как от этого в значительной степени зависит его прочность, надежность и срок эксплуатации. Для этих целей предназначена специальная строительная техника - дорожные катки. С помощью дорожных катков осуществляется уплотнение и укатка грунта, песка, асфальтобетонных смесей и других поверхностей. Рабочим органом дорожного катка являются стальные жесткие вальцы.

По количеству вальцов различают катки одновальцовые, двухвальцовые и трехвальцовые. Для уплотнения рыхлых грунтов используются кулачковые дорожные катки, для создания гладкой рабочей поверхности – катки гладко-вальцовые. У решетчатого катка вальцы выполнены в виде решетки, позволяющей дробить твердые частицы, тем самым повышая качество уплотнения.

Мною был проведен патентный поиск, далее был выбран патент РФ №2734533, МПК E01C 19/28, для того чтобы убедиться в работоспособности подшипника вибрационного вальца при возможных дополнительных нагрузках, за основу был взят каток Caterpillar CB32B. Исходные геометрические данные подшипника можно увидеть в (таблице 1).

Для того, чтобы убедиться в полной работоспособности дорожного катка, был произведен расчет подшипника вибрационного вальца.

Исходные данные.

Таблица 1 – Геометрия подшипника

Внешний диаметр	140.000	мм
Внутренний диаметр	80.000	мм
Диаметр тела качения	55.000	мм
Число тел качения	4.000	
Угол контакта	24.000	град
Точность		
Радиальные биения внешн. кольца	0.010	мм
Радиальные биения внутр. кольца	0.010	мм
Условия работы		
Осевая сила	0.000	Н
Радиальная сила на нагр.опоре	0.000	Н
Радиальная сила на ненагр. опоре	10000.000	Н
Осевая сила преднатяга	5000.000	мм
Скорость вращения	2400.000	об/мин
Коэффициент динамичности	1.000	
Средняя долговечность	21041.607	час
Максимальное контактное напряжение	1704.202	Н/кв.мм
Выделение тепла	279753.310	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	148291.600	Н
Осевые биения	0.000	мкм
Радиальные биения	74.633	мкм
Боковые биения	-0.010	мкм
Момент трения	0.309	Н х м
Потери мощности	77.709	Вт

Таблица 2 – Момент трения, (Н х м)

Математическое ожидание	0.309
Дисперсия	0.000
Стандартное отклонение	0.016

Момент трения – это сопротивление качению, иногда называемое трением качения или сопротивлением качению, представляет собой

силу, противодействующую движению, когда тело) катится по поверхности. Это в основном вызвано неэластичными эффектами; то есть не вся энергия, необходимая для деформации (или движения) колеса, дорожного полотна и т. д., восстанавливается при снятии давления. Результаты расчета на момент трения, представлены на (рисунке 1 и рисунке 2).

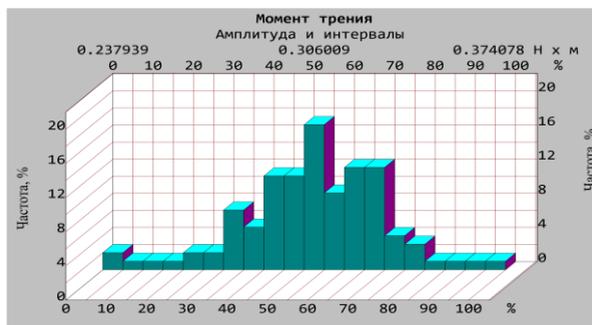


Рис.1 Гистограмма. Момент



Рис.2 График момента трения

Потерями мощности называется мощность, потребляемая элементами сети при передаче энергии или просто при нахождении сети под напряжением. Они подразделяются на потери активной и реактивной мощности, на условно-постоянные и условно-переменные потери, а также на потери в линиях, трансформаторах и других элементах сети.

Таблица 3 – Потеря мощности (Вт)

Математическое ожидание	77.709
Дисперсия	16.561
Стандартное отклонение	4.049

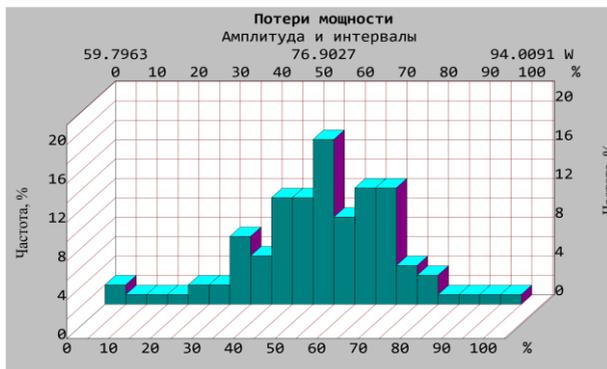


Рис.3 Гистограмма. Потери мощности

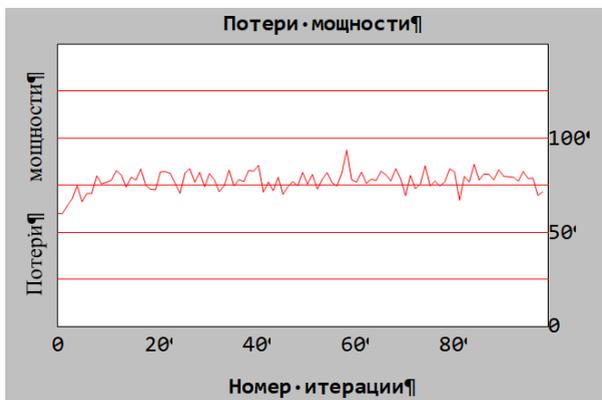


Рис.4 Потери мощности

Долговечность – это длительность работы механизма, измеряемая в часах, зная, как долго может проработать механизм, мы можем четко осознавать сроки его ремонта и замены, а также грамотно подобрать режим работы. Долговечность подшипника составляет 21041.607 ч.

Исходя из полученных результатов, можно смело утверждать о том, что подшипник вибрационного вальца соответствует условиям

работы и имеет большой запас долговечности, поэтому эффективен в использовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А. А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Романович А.А., Романович Л.Г. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 164 с.

2. Романович А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных и коммунальных машин / Романович А.А., Харламов Е.В. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 123с.

3. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Изд-во центр «Академия», 2010. 488 с.

4. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высш. шк., 2010. - 355 с.

5. Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 131-137.

6. Любимый Н.С. Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

7. Романович А.А., Воронов В.П., Мещеряков С.А., Апухтина И.В., Агрегат для измельчения давлением и дезагрегации спрессованных материалов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 144-149.

УДК 621.878.23

Михайлов К.В., Андроник Н.Н., Ратушный Н.Г.

Научный руководитель: Дмитриенко В.Г., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАКА ГУСЕНИЧНОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-18.

Карьер АО «Ковдорский ГОК» - градообразующее предприятие в городе Ковдор, Мурманской области, занимающееся добычей железной

руды с производительностью железорудного концентрата 5,7 млн. тонн в год [1]. Основным оборудованием для добычи руды являются экскаваторы ЭКГ-18, анализ эксплуатации которых позволил выявить повышенный износ траков экскаватора во время его работы, что приводит к вытяжке гусеницы, пробуксовки экскаватора во время его начала движения и перемещения. Поэтому разработка предложения для проведения модернизации траков экскаватора является актуальной задачей.

С целью разработки предложения для проведения модернизации траков экскаватора ЭКГ-18 проведены патентные исследования в сети интернет на сайтах <https://yandex.ru/patents> и <https://patents.google.com>. В результате анализа изобретений траков экскаватора были отобраны патенты: RU2646712C2, RU2574486C2, US7530650B2 [4, 5, 6], соответствующие единой цели изобретения.

Ходовая тележка карьерного экскаватора (Рис. 1) по патенту RU2574486C2 состоит из двух гусеничных цепей, содержащих траки 1 в виде литой плиты, на верхнем основании которого находится беговая дорожка 2, на боковых сторонах трака 1 выполнены сопряженные проушины 3, а термоупрочненные втулки 4 шарнирно соединяют траки и фиксируются стопорами 5, а также трак содержит ребра жесткости 6 и гребни 7.

Гусеничные цепи экскаватора приводятся в движение ведущим колесом (не показано).

При передвижении нижнее основание трака 1 и грунтозацепы прижимаются к забою. Нагрузки на траки гусениц 1 распределяются следующим образом: максимальные напряжения возникают на участках беговой дорожки 2 и в точках перегиба гребней 7 и верхнего основания трака 1. Еще большее давление на трак 1 возникает при копании.

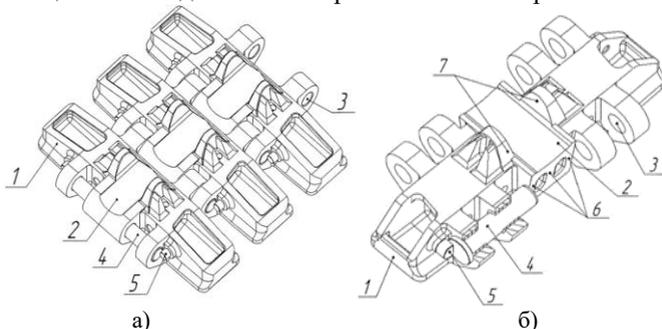


Рис. 1. а - схема гусеничной цепи; б - схема трака гусеничной цепи:
1-трак; 2-беговая дорожка; 3-сопряженные проушины; 4-термоупрочненные втулки; 5-стопор; 6-ребра жесткости; 7-гребни.

По сравнению со средним удельным давлением при передвижении, максимальное давление на трак при копании вдоль гусеницы увеличивается в 4-4.5 раза. При копании на угол максимальное давление увеличивается в 7-12 раз. Поэтому размещение ребер жесткости 6 под беговой дорожкой 2 и основаниями гребней 7 повышает устойчивость к разрушению, перераспределяет и уменьшает максимальные напряжения.

Недостатками данной модернизации являются быстрый износ беговой дорожки, сложность технологии литья и проведение ремонтных работ по замене траков.

Гусеничная цепь карьерного экскаватора по патенту US7530650B2 (Рис. 2) состоит из гусеничного трака 10, имеющего передний выступ 11, а также задний выступ 12. Выступы 11,12 предусмотрены для соединения с соседними траками. Отверстие 13 в переднем выступе 11 одного трака, совпадает сбоку с отверстием 14 для штифта в заднем выступе 12 соседнего трака. Поворотные штифты (не показаны) вставляются в выровненные отверстия для соединения траков и образуют гусеничную цепь. Дорожки 16, 17 роликов образованы плоскими или слегка изогнутыми поверхностями на траке приблизительно той же ширины, что и соответствующие ведущие или задние соединительные выступы, с которыми они совмещены.

Нижняя часть каждого гусеничного трака 10 может быть соответствующим образом снабжена шипами (не показаны) для увеличения сцепления.

Как можно лучше понять из рисунка 2, когда ролик с двойным ободом расположен примерно на полпути вдоль колодки 10 (положение W), вес ролика будет приходиться на обе дорожки 16, 17 роликов колодки 10. Когда ролик совершает переход по одной роликовой дорожке 17 от колодки 10 к соседней колодке 10' (положение X), основная масса веса теперь будет поддерживаться на другой роликовой дорожке 16 колодки 10.

После того, как в роликовой дорожке 17 будет выполнен переход, вес снова будет перенесен на обе роликовые дорожки, но на разные гусеничные колодки 10, 10' (положение Y).

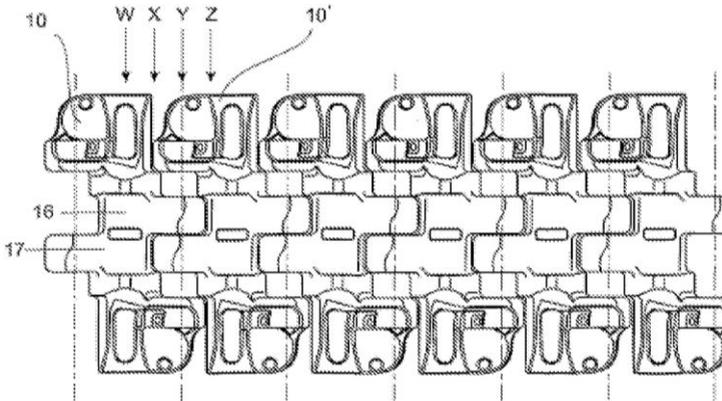


Рис.2. Схема элемента гусеницы:

10,10'-гусеничные колодки; 16-роликовая дорожка;17-роликовая дорожка.

Следующий переход произойдет на роликовой дорожке 16 (положение Z), во время которого основная часть веса будет приходиться на полную роликовую дорожку 17 на трак 10' гусеницы.

Гусеничный трак 10, также имеет пару приводных выступов 18, 19, расположенных вне соответствующих приводных путей 16, 17, как видно на рисунке 8. При использовании, приводные выступы 18, 19 входят в зацепление с соответствующими зубьями на противоположных сторонах двойной звездочки (не показано). Приводные выступы утоплены, образуя между ними V-образные углубления, позволяющие зубьям ведущей звездочки контактировать над дорожкой ролика в зонах 18a и 19a и ниже дорожки ролика в зонах 18b и 19b, как показано на рисунке3.

Недостатком изобретения являются сложность технологии литья, уменьшение прочности конструкции и большой нагрузке на проушины трака.

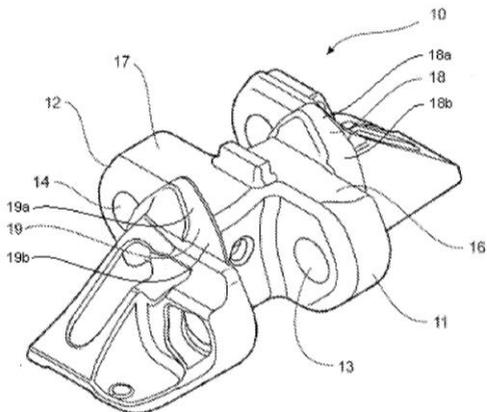


Рис. 3 10-гусеничный трак; 11-ведущийвыступ; 12-задний выступ; 13,14-отверстие; 16,17-приводной путь; 18,19- приводной выступ.

Трак гусеничной цепи карьерного экскаватора (рисунок 4) по патенту RU2646712C2 состоит из опорной плиты 1, в центре которой расположена беговая дорожка 2, ограниченная дугообразными гребнями 3, на боковых сторонах опорной плиты для последовательного соединения траков в гусеничную цепь расположены боковые проушины 4 симметрично беговой дорожке 2. Центральные проушины 5 выполнены в виде единой отливки с беговой дорожкой 2.

Беговая дорожка 2 снабжена накладкой 6 из высокопрочной стали длина, которой равна ширине опорной плиты 1 и длине проушин 5. Под беговой дорожкой размещено ребро жесткости 7 (рисунок 4).

В верхней части концов опорной плиты 1 выполнены открытые полости 8. Траки сопряжены в гусеничную цепь осями 9 с образованием шарнирного соединения.

На экскаваторе установлены две гусеничные цепи, каждая из которых состоит из траков в виде опорной плиты 1 с проушинами 4 и 5, сочлененных в гусеничную цепь осями 9, и приводится в движение ведущим колесом (не показано). При передвижении нижнее основание трака 1 прижимается к подошве забоя.

Нагрузки на траки 1 гусениц распределяются следующим образом: максимальные напряжения возникают на участках беговой дорожки 2 и в точках перегиба, а именно соединения гребней 3 с верхним основанием трака 1, вследствие чего происходит износ беговой дорожки 2. Наличие накладки из высокопрочной стали 6, которая покрывает не только опорную плиту трака 1, но и центральные проушины 5, увеличивает срок службы трака и повышает его

ремонтпригодность. Изношенную накладку 6 удаляют газопламенной резкой и наваривают новую.

Преимуществами данной разработки является увеличение прочности конструкции траков, за счет сменной накладки, изготовленной из высокопрочной, стали (500НВ), упрощение технологии литья, повышение ремонтпригодности, продление срока службы гусеничной цепи и экономия металла.

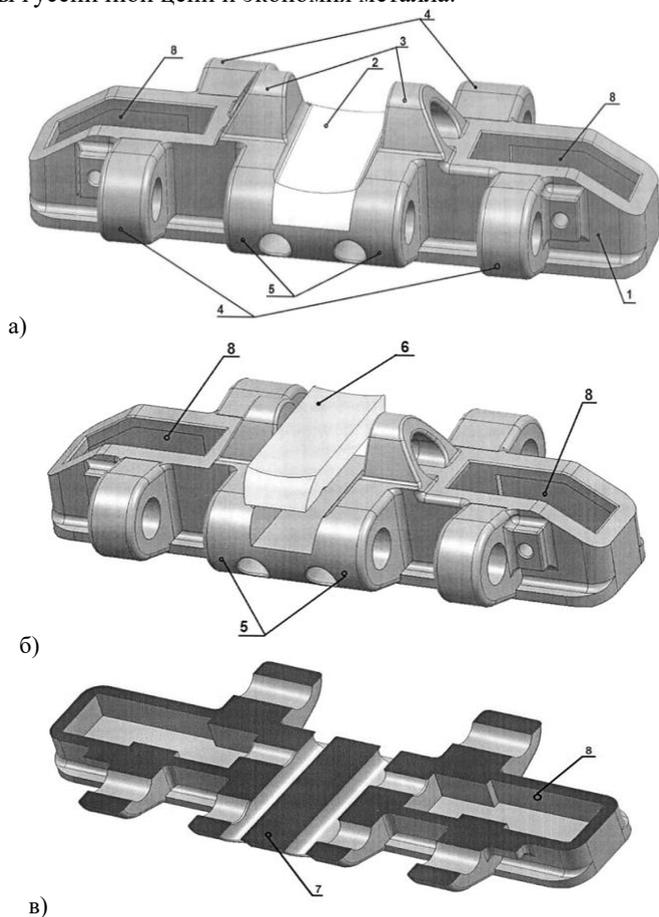


Рис. 4. Схема гусеничного трака:

1-опорная плита; 2-беговая дорожка; 3-дугобразные гребни; 4-боковые проушины; 5-центральные проушины; 6-накладка; 7-ребро жесткости; 8-открытые полости.

Анализ конструкций и принципа работы траков по патентам RU2646712C2, RU2574486C2, US7530650B2 позволил установить, что наиболее приемлемой конструкцией для проведения модернизации является конструкция по патенту RU2646712C2, которая имеет по сравнению с прототипами RU2574486C2, US7530650B2 высокую прочность конструкции трака, возможность упростить технологию литья и повысить ремонтпригодность, возможность продлить срок службы гусеничной цепи с одновременной экономией металла.

Дальнейшая работа состоит в изготовлении электронно-цифровой модели рассмотренных траков с помощью программы SolidWorks с целью проверки принятого решения по выбору трака.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковдорский горно-обогатительный комбинат. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 15.05.2022).

2. Дмитриенко В.Г., Прокопьев К.И. Модернизация экскаваторного парка карьеров ОАО «НОВОРОССЦЕМЕНТ»//Научный вестник МГГУ. -2011. -№ 2 (11). -С. 33-37.

3. Богданов В.С., Дмитриенко В.Г., Шеметов Е.Г. Использование в учебном процессе CAD/CAM/CAE системы NX в проектировании горнорудного оборудования студентами БГТУ им. В.Г. Шухова / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 7. С. 29-33.

4. Патент № 2574486 Российская Федерация, МПК В62D 55/26. Траки гусеничной цепи карьерного экскаватора: № 2014119079/11: заявл. 12.05.2014: опубл. 10.02.2016 / Муцениекс А. У.; заявитель Патентообладатели: Общество с ограниченной ответственностью "ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова" (ООО "ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова").

5. Патент № 7530650, В62D55/202. Гусеничный трак с несколькими роликовыми дорожками и несколькими приводными выступами: № US20040178676A1: заявл. 15.05.2008: опубл. 20.04.2009/ Кит Ханнан, Филип Уорралл; заявитель BradkenResourcesPtyLtd.

6. Патент № 2646712 Российская Федерация, МПК В62D 55/26. Трак гусеничной цепи карьерного экскаватора: № 2016126604: заявл. 01.07.2016: опубл. 06.03.2018 / Орлов И. А.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова" (ООО "ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова").

УДК 691.168

Михайлова О.А.

*Научный руководитель: Ядыкина В.В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В настоящее время во всем мире в индустрии дорожного строительства все большее внимание уделяется технологиям получения теплых асфальтобетонов (ТАБ), позволяющих производить, транспортировать, укладывать и уплотнять асфальтобетонные смеси при более низких температурах, чем предусмотрено для обычных горячих смесей. Снижение температур приготовления ТАБ по сравнению с традиционными горячими асфальтобетонами может составлять до 40-60°C [1].

Актуальность технологий ТАБ вызвана тем, что снижение температуры производства и укладки асфальтобетонных смесей дает целый ряд экологических, экономических и технических преимуществ.

В первую очередь, снижение технологических температур позволяет снизить количество вредных выбросов в атмосферу при производстве асфальтобетона, а также снизить расход топлива. Технологии ТАБ позволяют вводить в смесь большее количество регенерированного асфальтового покрытия. Эти преимущества имеют немаловажное значение в попытках борьбы с нарастающим экологическим кризисом, и дают основания относить теплые асфальтобетонные смеси к «зеленым технологиям». Более низкие температуры смесей при укладке и меньшее количество вредных испарений дают улучшение условий труда рабочих. К техническим преимуществам можно отнести менее интенсивное старение битумного вяжущего, повышение дальности транспортировки и возможность укладки смеси при пониженных температурах, увеличение сезона дорожных работ.

При выборе способа получения теплой асфальтобетонной смеси важно чтобы состав смеси позволял получить качественное долговечное дорожное покрытие.

Решение актуальной проблемы производства теплых асфальтобетонных смесей можно достичь разными способами: применением органических добавок, содержащих воск и (или) парафин;

использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ); технологии вспенивания битума.

Для вспенивания обычно используются два метода: вспенивание при помощи механического впрыскивания воды в горячий битум и введение минеральных добавок в качестве источника воды. Обычно в качестве таких добавок используются цеолит, кристаллический гидратированный силикат алюминия, содержащий около 20 процентов кристаллической воды, которая выделяется при температуре выше 100 °С. Вязкость вяжущего в этом случае снижается за счет временного перехода его состояния в пену.

«Вспенивающие» технологии экономически эффективны, так как в качестве добавки к битуму выступает вода, которая является доступной и недорогой. Но эти технологии связаны с очень высокими первоначальными затратами на оборудование, ограничены нижним порогом температурного режима работ, обусловленного температурой конденсации водяного пара и требуют очень серьезного технологического контроля при применении. При введении воды в битум, даже при условии её перехода в парообразное состояние, существуют риски обратного перехода пара в воду и соответственно попаданию остаточной влаги в конечный уложенный асфальтобетон, что приведет к снижению эксплуатационного срока дорожного полотна [2].

Введение химических добавок – поверхностно-активных веществ (ПАВ) – технология получения ТАБ, не требующая дополнительных затрат на модернизацию оборудования. Как правило, добавки смешиваются с битумом в резервуарах смесительной установки, или вводятся посредством уже имеющегося автоматического оборудования для ввода обычных адгезионных добавок. Простота технологии – одна из причин, по которой данный способ получения ТАБ является самым распространенным в России. Кроме снижения технологических температур, такие добавки одновременно выполняют роль адгезионных, что также является преимуществом такой технологии [3].

Между тем к использованию добавок ПАВ необходимо подходить с особым вниманием, так как вязкость вяжущего в этом случае снижается не только при технологических температурах производства и укладки, но и при температурах эксплуатации дорожного покрытия, что без необходимой корректировки состава смеси может повлиять на снижение эксплуатационных характеристик дорожного покрытия.

Принцип получения теплых асфальтобетонов с применением органических добавок (природных и синтетических восков и парафинов или амидов жирных кислот) заключается в снижении вязкости при

повышении температуры выше температуры плавления этих восков. По мере охлаждения смеси эти добавки затвердевают и образуют микроскопические мелкие и равномерно распределенные частицы, которые увеличивают жесткость вяжущего. [4]

Это позволяет не только снизить температуру производства смеси, но и улучшить ряд физико-механических свойств вяжущего и получаемого асфальтобетона. Применение восков позволяет увеличить интервал пластичности вяжущего. Так, согласно данным исследования [5], представленным в (таблице 1), интервал пластичности битумного вяжущего, модифицированного 2 и 3% Licomont BS 100 увеличивается на 26,7 и 58,5%, введение 2 и 3% Sasobit дает увеличение интервала пластичности на 22,6 и 42,3%, введение 2 и 3% Sarawax позволяет увеличить интервал пластичности на 32,1 и 50,1% соответственно. Увеличение интервала пластичности достигается за счет повышения температуры размягчения, поскольку температуры хрупкости всех битумных вяжущих находятся на уровне исходного битума.

Таблица 1 – Показатели качества битумных вяжущих

Свойства	Исходный битум БНД 90/130	Битум, модифицированный энергосберегающей добавкой					
		Licomont BS 100		Sasobit		Sarawax	
Содержание добавки, %	0	2	3	2	3	2	3
Пенетрация при 25°С. 01 мм	98	75	65	57	48	58	43
Температура размягчения (Тр), °С	46,9	61,2	83,2	62,1	74,0	66,6	78,0
Температура хрупкости, °С	-16	-18,5	-16,5	-15	-15,5	-16,5	-16,5
Дуктильность при 25°С, см	129	55	47	61	37	51	36
Интервал пластичности, °С	62,9	79,7	99,7	77,1	89,5	83,1	94,5

Улучшение свойств битумного вяжущего позволяет увеличить устойчивость к колееобразованию на асфальтобетонных покрытиях. Органические добавки в данном аспекте имеют преимущество, так как они уменьшают вязкость вяжущего при температурах приготовления и увеличивают вязкость при температурах эксплуатации дорожного полотна. В работе [6] посвященной изучению влияния

энергосберегающих добавок (Rediset WMX, Sasobit) было выявлено, что глубина образования колеи у исходного горячего асфальтобетона выше, чем у теплого асфальтобетона с применением исследуемых добавок.

Таким образом, применение восков и парафинов позволяет не только снизить технологические температуры производства и укладки асфальтобетонных смесей, но и сохранить, а зачастую и улучшить эксплуатационные характеристики дорожного покрытия по сравнению с горячими асфальтобетонными смесями. Несомненно, это делает данную технологию перспективной для использования и потому дало ей широкое распространение за рубежом.

В России применение восковых добавок при производстве асфальтобетонов пока только начинает внедряться. В первую очередь это объясняется тем, что до недавнего времени данный сегмент был представлен продуктами исключительно импортого производства: Sasobit (Германия), Viscobit. (Германия), Asphaltan (Германия), Licomont BS 100 (Швейцария), Rediset WMX (Нидерланды), Honeywell Titan 7686 (США). Sarawax (Малайзия), Palmowax (Малайзия).

В качестве недостатка восковых добавок можно отметить то, что по сравнению с ПАВ, синтетические воски не дают значительного эффекта снижения температуры при укладке. Так в работе [7] для оценки уплотняемости асфальтобетонных смесей автор использовал значения средней плотности, полученной после уплотнения при температуре 110°C на гираторе-компакторе после 100 оборотов. Исследование показало, что использование восковых добавок Sasobit и Warmmix L несколько снижало плотность асфальтобетона по сравнению с исходной смесью, что говорит о том, что эти добавки будут не эффективны при данной температуре и потребуется более высокая температура укладки.

Согласно рассмотренному опыту исследований, применение органических добавок при получении теплых асфальтобетонов имеет ряд несомненных преимуществ. Они дают улучшение прочностных характеристик асфальтобетона и увеличивают интервал пластичности вяжущего. Применение восков повышает устойчивость дорожного покрытия к колееобразованию. Но введение восков в асфальтобетонные смеси дает меньший, по сравнению с ПАВ, температуропонижающий эффект при укладке в результате увеличения вязкости при пониженных температурах. При этом в данный момент большинство используемых восков – импортного происхождения, что в условиях сложившегося в последнее время политического кризиса создает проблемы для применения таких технологий. Таким образом, очевидна

необходимость разработки более эффективных температуропонижающих добавок на основе синтетических восков отечественного производства, позволяющих снижать технологические температуры производства и укладки асфальтобетона и при этом получать дорожное покрытие с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцова, С. Ю. Особенности технологии теплого асфальтобетона / С.Ю. Шеховцова, М.А. Высоцкая, В.С. Холопов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 2. – С. 43-48.

2. Котлярский, Э. В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона: учеб. пособие / Э. В. Котлярский // - М.: МАДИ (ГТУ), 2004. – 192 с.

3. Yadykina, V. V. Influence of DAD-TA temperature-reducing additive on physical and mechanical properties of bitumen and compaction of asphalt concrete / V. V. Yadykina, A. E. Akimov, A. I. Trautvain, V. S. Kholopov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. - VII. 327. – С. 1-5.

4. Zhao, G. Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt // 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. – 2012. – № 16. – P. 1230-1236.

5. Пыриг, Я.И. Сравнительная оценка влияния энергосберегающих добавок на свойства битума / Я.И. Пыриг, А.В. Галкин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2020. – № 90. – С. 114-124.

6. Ольховий, Б. Ю. Стойкость теплых асфальтобетонов к накоплению пластичных деформаций / Б. Ю. Ольховий, С. А. Баран // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2013. – С. 283-288.

7. Колесник, Д. А. Выбор модификатора асфальтобетона для расширения строительного сезона / Д. А. Колесник // Мир дорог. – 2013. – № 71. – С 47-49.

Морозов Е.Н.

Научный руководитель: Бодяков А.Н., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ГАБИОННЫЕ СЕТЧАТЫЕ ИЗДЕЛИЯ И ИХ РОЛЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Дорожная сеть имеет стратегическое значение для государства. С уровнем развития транспортных сетей повышается конкурентоспособность отечественных производителей, укрепляется национальная безопасность и обеспечивается устойчивый экономический рост в целом [1]. Быстрая и безопасная перевозка грузов и пассажиров в отдаленные регионы страны является главной задачей строительства новых и реконструкции действующих транспортных узлов. Основные элементы этой структуры – транспортные сооружения, такие как: дороги, мосты, тоннели, кюветы.

Известны различные варианты и технологии, позволяющие решать с различной эффективностью решать такие задачи, как осушение и отвод влаги с оснований дорожных покрытий. Это уменьшает стоимость дорожных объектов и продлевает их срок эксплуатации.

Использование габионных конструкций является одним из альтернативных методов развития транспортных артерий в неблагоприятных условиях, с точки зрения грунтов.

Габионные сетчатые изделия (ГСИ) – объемные изделия различных форм из проволочной крученой сетки с шестиугольными ячейками, а также объемные конструкции различной формы из этой сетки, заполняемые камнем, как показано на рисунке 1.

Типы габионных конструкций по форме:

- коробчатые – К;
- коробчатые с армирующей панелью – КА;
- матрасно-тюфячные – МТ;
- цилиндрические – Ц.

Типы габионных конструкций по видам покрытий проволоки сетки:

- покрытые цинком – Ц;
- покрытые цинком и полимером – ЦП;
- покрытые сплавом цинка с алюминием и мишметаллом (гальфан)– Г;

– покрытые сплавом цинка с алюминием и мишметаллом и полимером – ГП [2].

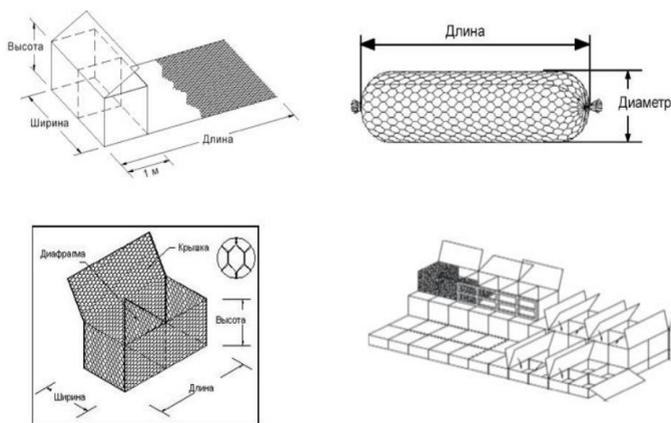


Рис. 1 Конструкция габионна

Пористая структура габионна придает сооружениям великолепные дренажные свойства. Высокая проницаемость габионных структур исключает возможность возникновения одного из основных факторов нестабильности конструкций, причиной которого является наличие постоянных гидростатических нагрузок [3,4]. Следовательно, практически не возникает процесс суффозии под подошвой таких сооружений. С течением времени, пространства между камнями заполняются пылью, илом, грязью. Аккумуляция частичек грунта в габионе при этом способствует увеличению его прочностных свойств, играя при этом роль связующего. С течением времени габионное сооружение становится максимально устойчивым. В этом случае срок жизни габионного сооружения не ограничен. Конструкции из габионов экономичнее, чем жесткие или полужесткие, традиционно применяемые в целях инженерной защиты территорий от различных типов эрозий грунтов. Экономичность достигается за счет меньшей удельной стоимости одного погонного метра сооружения и уменьшения затрат на эксплуатацию и ремонт, так как даже при случайной поломке проволоки наложением дополнительного полотна сетки можно легко исправить ситуацию.

Таким образом использование габионных сетчатых изделий в строительстве является перспективным и экономически эффективным вариантом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багин, Андрей Владимирович. Совершенствование методов оценки взаимодействия ледовых образований и сооружений из габионов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.07 / Багин Андрей Владимирович; [Место защиты: Моск. гос. ун-т природообустройства]. - Москва, 2012. - 166 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/2473.
2. Перевозников Б.Ф. Основные параметры и размеры отечественных сетчатых конструкций для изготовления габионных структур / Союздорпроект. – Вып. 4. – М., 2000. – С. 169-174.
3. Шевченко К.И. Габионы – надежная защита грунтов от эрозии // Гидротехн. стр-во. – 1996. – № 11. – С. 33-37.
4. Bodyakov A. N., Meshkova K. V., Dukhovny G. S. Stabilization of metallurgical slug from arc steel-making furnaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. – Т. 945. – №. 1. – С. 012082.

УДК 621.926.6

Мурзина И.С., Таволжанский М.Р.

*Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕХАНИКА ВЗВЕШЕННОГО СЛОЯ С ПОЛИДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

За последние годы, как у нас в стране, так и за рубежом, эффективно используются агрегаты с пневматическим принципом перемешивания порошкообразных масс: вертикального исполнения, горизонтального типа, с псевдооживлением слоя компонентов смеси и др. В этом особое место занимают пневмосмесители горизонтального типа непрерывного действия с камерой смешения переменного поперечного сечения. Для использования пневмосмесителей при производстве сухих строительных смесей различной дисперсности, в конструкции которых присутствует камера в виде параболического

корпуса, очень важно уделить внимание динамике полидисперсного потока. В виду сложности всех динамических моделей на различных этапах движения компонентов в пневмосмесителе необходимо поддерживать полидисперсный поток во взвешенном состоянии. Именно поэтому очень важно определить характер поведения частиц различного диаметра в рабочем объеме пневмосмесителя. Для этого необходимо описать механику взвешенного слоя в камере смешения с целью управления эффективными режимами эксплуатации пневмосмесителя.

Условия механики взвешенного слоя сформулируем так: если критический диаметр частицы $d_{кр}$ больше максимального d_{max} для имеющих в слое частиц, то все частицы будут взвешены. В этом случае аргумент функции распределения частиц $\tau_{кр} \gg 1$ и $D(\tau_{кр}) \approx 1$, поэтому параметр $S = 1$, т.е. полностью взвешенный слой не будет тормозить поток о криволинейную поверхность камеры. С уменьшением такого торможения возрастает значение торможения потока с частицами о торцевые днища камеры. Этот вид торможения играет более существенную роль для мелких частиц, взвешенных в газообразном объеме, в камере с параболическими коническими стенками. Для полностью взвешенного слоя будем учитывать торможение потока о торцевые поверхности. Рассматривается однородный взвешенный слой цилиндрической формы длиной L , наружным радиусом R_n и внутренним R_i . Если M - масса частиц в слое, то доля объема, занятая средой, т.е. порозность слоя ε , будет:

$$\varepsilon = \frac{V_c}{V} = 1 - \frac{V_{p\Sigma}}{V} = 1 - \frac{M}{\pi(R_n^2 - R_i^2)L\rho_p} \quad (1)$$

где V – объем слоя; V_c - объем занимаемый средой; $V_{p\Sigma}$ - объем всех частиц. Тогда среднюю плотность слоя можно записать так:

$$\rho_c = \frac{\rho V_c + \rho_p V_p}{V} = \rho_p(1 - \varepsilon) + \rho\varepsilon \quad (2)$$

Рассмотрим взаимодействие кольцевого взвешенного слоя радиусом r и шириной dr с торцевыми стенками камеры смешения. Сила воздействия двухфазного потока на единицу площади торцевой поверхности определяется скоростным напором $C_f \rho_c v_c^2$, где C_f - коэффициент трения потока о стенку. Тогда момент сил взаимодействия кольцевого слоя на две торцевые стенки камеры равен:

$$d\Omega = 2C_f \frac{\rho_c v_c^2}{2} 2\pi r \cdot r dr = 2\pi C_f \rho_c \Gamma^2 dr \quad (3)$$

где $\Gamma = v_c r$ – циркуляция потока, проходящего через слой; v_c – тангенциальная скорость среды и частиц слоя. Этот момент сил приводит к уменьшению потока момента количества движения среды $\Omega = G \cdot \Gamma$, проходящей через слой dr :

$$d\Omega = G \cdot D\Gamma \quad (4)$$

Исключая $d\Omega$ из (3) и (4), получаем уравнение:

$$Gd\Gamma = 2\pi C_f \Gamma^2 \rho_c dr \quad (4^*)$$

после интегрирования которого при граничном условии $\Gamma(R_n) = \Gamma_{ск}$, на наружном радиусе R_n слоя имеем:

$$\Gamma = \frac{\Gamma_{ск}}{1 + 2\pi C_f \rho_c (R_n - r) \Gamma_{ск} / G} \quad (5)$$

Так как наружный радиус слоя R_n может быть меньше R_k , то в области $R_k \leq r \leq R_n$ циркуляция будет постоянна. Поэтому можно записать:

$$\Gamma_{ск} = v_{ск} \cdot R_n \quad (6)$$

Отсюда:

$$\Gamma_{ск} = \frac{\sqrt{4\pi C_f \rho_c \Gamma_k L / G + 1} - 1}{2\pi C_f \rho_c L / G} \quad (7)$$

где $\Gamma_k = v_k \cdot R_k$; v_k - тангенциальная скорость на периферии ненагруженной камеры смещения. Выведенные соотношения зависят от коэффициента трения C_f . В результате сопоставления расчетов с экспериментом получено $C_f = 0,003$, а для псевдооживленного слоя по аналогии с дисперсно-кольцевым потоком в трубах предлагается $C_f = 0,005$. Такого порядка значения для коэффициента сопротивления следуют из формулы Прандтля:

$$C_f = \frac{0,077}{Re^{0,2}} \quad (8)$$

При $5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$, которая обобщает эксперименты по сопротивлению гладкой пластины. Для камеры смешения $Re = v_k R_k / \nu$.

В процессе исследований взвешенного слоя в объеме камеры смешения пневмосмесителя на основании ранее полученных результатов различных авторов была разработана методика определения оптимальных конструктивно-технологических параметров и режимов работы агрегата, которая основана на законах механики взвешенного слоя частиц в динамическом потоке воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 102533 Российская федерация, В01F 5/00. Пневмосмеситель непрерывного действия для производство сухих строительных смесей / В.А Уваров, Т.Н. Орехова, С.И.Гордиенко, А.Е Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г Шухова- №20101140830/05, заявл. 05.10.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. №7.

2. Пат. 141488 Российская Федерация, В01F 5/00. Противоточный пневмосмеситель для производства дисперсно-армированных смесей / В.А Уваров, Т.Н. Орехова, С.В. Ключев, А.Е Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г Шухова- №2013159013/05, заявл. 30.12.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. №16.

3. Пат. 115682Российская Федерация, В01F 5/00. Пневмосмеситель многокомпонентных сухих строительных смесей / В.А Уваров, Т.Н. Орехова, С.И. Гордеев, А.Е Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г Шухова- №2011151913/05, заявл. 19.12.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. №13.

4. Качаев А.Е. Описание вихревого движения двухфазного потока в пневмосмесителе непрерывного действия / А.Е Качаев, Т.Н. Орехова // Вестник БГТУ им.Шухова. -Белгород, №5, 2017. -С.121-125.

5. Качаев, А.Е. Аэродинамические особенности пневмосмесителей непрерывного действия/ А.Е Качаев, Т.Н. Орехова //Вестник БГТУ им.Шухова. -Белгород, №11,2017. -С.149-155.

6. Arratia P.E., Duong Nhat-hang, Muzzio F.J., Godbole P., Reynolds S. A study of the mixing and segregation mechanisms in the Bohle Tote blender via DEM simulations; Powder Technology, Vol. 164(2006), pp. 50-57.

7. Berthiaux H., Mizonov V. Applications of Markov Chains in Particulate Process Engineering: A Review. The Canadian Journal of Chemical Engineering/ V/85, No.6,2004, pp.1143-1168

8. Смутьский, И.И. Аэродинамика и процессы в вихревых камерах/ И.И. Смутьский. -Новосибирск: ВО "Наука". Сибирская издательская

фирма ,1992-301 с.

9. Uvarov V.A., THE COUNTERFLOW MIXER FOR RECEIVING THE DISPERSE REINFORCED COMPOSINES/ Uvarov V.A., Klyuev S.V., Orekhova T.N., Klyuev A.V., Sheremet E.O., Durachenko A.V.// Research Journal of Applied Sciencenes.2014. Т.9 №12 P.-1211-1215.

10. Воляков, Э.П., Кардаш А.П и др.Гидродинамика вихревой гиперболической камеры при наличии твёрдой фазы // Изв.СО РАН СССР. Сер. техн. наук. -1984 г. №10. вып.2. -С.90-98.

11. Anderson, L.A., Hasinger, S.H., Turman, B.N. Two-component vortex flow studiess of the colloid core nuclear rocket //J. Spacecraft and rock. -1972.-Vol.9, №5.-h.311-317

УДК 504.502.1

Ниязмамедов А.Б.

Научный руководитель: Варданян Г.Р., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПЕРЕРАБОТКА ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ТАРЫ

Ограничение использования композиционных материалов с полиэтиленом в качестве связующего элемента в настоящее время связано с высокой стоимостью производства полиэтиленовых гранул, армирующих волокнистых и поверхностно-активирующие мелкодисперсных материалов для производства железнодорожных шпал, строительных материалов, элементов дорожного покрытия и ограждений транспортных сооружений, кроме того, значительными энергозатратами, обусловленными особенностями способа производства готовых изделий методом литья под давлением.

Использование в качестве армирующего наполнителя выделенных из бытовых стоков, измельчённых уплотненных и высушенных пищевых отходов, измельчённой использованной полиэтиленовой тары (вторичного полиэтилена) – в качестве связующего, переработанных целлюлозно-бумажных отходов, освобождённых от металлопримесей - в качестве поверхностно - активирующего компонента, позволяет значительно снизить энерго- и трудозатраты при производстве, позволяет экономить первичное сырье и материалы. Например, использование одной тонны вторичного полимерного сырья экономит 0,7 т первичного полимерного сырья.

При этом, подготовка вторичного полиэтилена к производству включает в себя следующие этапы: сбор и сортировка, промывка сырья, его грубое измельчение, тонкое измельчение (при необходимости) и плавление. Ранее создано в достаточном ассортименте технологическое оборудование для выполнения всех перечисленных операций, кроме грубого и тонкого измельчения.

Для выполнения последних, предлагается фрезерно-валковый агрегат оригинальной конструкции (рисунок 1).

Эффективность разработки выражается в энергосбережении в области разрушения и диспергирования техногенных материалов анизотропной структуры и перспективе их использования в производстве тепло- и звукоизоляционных строительных материалов и изделий, а также при создании малотоннажного технологического комплекса различного функционального значения [1,2].

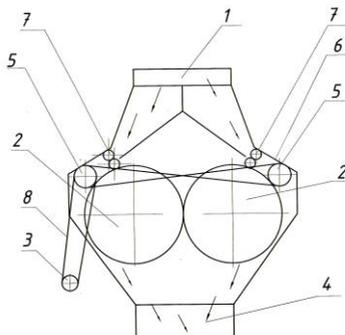


Рис.1 Фрезерно-валковый агрегат: 1- приёмный бункер; 2- барабаны; 3- электродвигатель; 4- разгрузочный бункер; 5- рабочие органы (фрезы); 6- корпус; 7- подающие валки; 8- ременная передача.

Принцип действия агрегата основан на резании предварительно смятой подающими валками использованной полиэтиленовой тары. Так как последняя является, по сути, смятыми оболочками, глубина резания совпадает с толщиной стенки тары (рисунок 2).

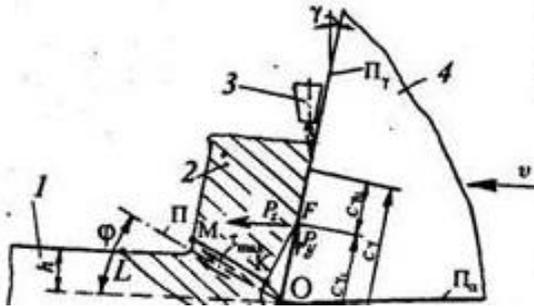


Рис.2 Условная схема процесса резания полиэтиленовой тары фрезой:
 1 – материал; 2 – стружка; 3 – режущий клин; 4 – режущая кромка; φ – угол сдвига, характеризующий положение условной плоскости сдвига (Π) относительно плоскости резания; γ – главный передний угол режущего клина; P_z – сила резания; P_y – сила нормального давления инструмента на материал; C_{yu} , C_{yl} – длины пластичного и упругого контактов; C_y , C_a – длина зон контактного взаимодействия по передней и задней поверхностям инструмента; ЛОМ – область главного упругопластичного деформирования при стружкообразовании; ФКРТ – область вторичной контактной упруго-пластической деформации; h – глубина резания; H – толщина зоны пластического деформирования.

К основным параметрам режима резания относятся скорость главного движения резания, скорость подачи материала и глубина резания [3].

Скорость главного движения резания (или скорость резания) определяется максимальной линейной скоростью главного движения режущей кромки инструмента. Эта скорость выражается в м/с.

Если главное движение резания вращательное, то скорость резания будет определяться линейной скоростью главного движения наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки - максимальной линейной скоростью главного движения:

$$v = \omega D/2, \quad (1)$$

где D - расстояние, определяющее положение наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки, м; ω - угловая скорость, рад/с.

Выразив угловую скорость ω через частоту вращения фрезы, получим:

$$v = \pi n D, \quad (2)$$

где n – частота вращения фрезы, об/с

Мощность процесса резания определяется скалярным произведением:

$$N = P v_e, \quad (3)$$

где P – сила резания, действующая на режущий инструмент в процессе упругопластической деформации и разрушения срезаемой стружки, v_e – линейная скорость движения кромки режущего инструмента вдоль поверхности резания.

Силы резания приводят к вершине лезвия или к точке режущей кромки и раскладывают по координатным осям прямоугольной системы координат xyz . В этой системе координат ось z направлена по скорости главного движения и её положительное направление соответствует направлению действия обрабатываемого материала на инструмент. Ось y направлена по радиусу окружности главного движения вершины. Её положительное направление также соответствует направлению действия материала на инструмент. Направление оси x выбирается из условия образования правой системы координат. Значение усилия резания определяется несколькими факторами. Оно растёт с увеличением глубины резания h (толщины стенки тары) и скорости подачи материала s (сечения срезаемой стружки), скорости резания v , снижением переднего угла γ режущего инструмента.

Таким образом, мощность процесса резания можно выразить:

$$N = P_z v_z + P_y v_y + P_x v_x, \quad (4)$$

где v_x, v_y, v_z – соответственно проекции скорости движения точки приложения равнодействующей сил резания, м/с; P_x, P_y, P_z проекции равнодействующей силы резания на координатные оси.

Полученные зависимости позволяют выполнить кинематический и силовой расчёт привода агрегата. Полупромышленный образец последнего изготовлен и соответствует расчётным техническим характеристикам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Ханин С.И., Романович А.А., Колесников С.Л., Шаталов А.В. Энергосберегающие помольные комплексы для измельчения мелкозернистых материалов. //Сб. докл. Межд. конф. "Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и

ресурсосбережение в условиях рыночных отношений». - Белгород: Изд. БелГТАСМ. 1997.- Ч.4. - С.259-262.

2. Севостьянов В. С., Кафтаева М.В., Солопов Н.В., Варданян Г.Р. Техника и технология утилизации техногенных волокнистых материалов. // Сб. докл. III Межд. конф. "Сотрудничество для решения проблемы отходов». - Харьков, Украина: 2006. - С.107-109.

3. Материаловедение и технология металлов. Под ред. Г.П.Фетисова М.: Высшая школа, 2001.

4. Штучный Б.П. Механическая обработка пластмасс: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1997. — 152 с, ил.

5. Филиппов Г. В. Режущий инструмент. —Л.: Машиностроение. Ленинград, 1999. — 392 б., ил.

УДК 504.502.1

Ниязмамедов А.Б.

***Научный руководитель: Варданян Г.Р., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ТЕХНИКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

На сегодняшний день существует потребность в использовании при производстве строительных материалов отходов полимерных материалов и пластмасс. Фиброволокно является эффективной армирующей добавкой в строительные растворы. Фиброволокно пользуется высоким спросом при работах с устройством штукатурных работах, в производстве легких бетонов, где невозможно применять стальную арматуру. Полипропиленовая фибра может служить более дешевой альтернативой стальной армирующей сетке. Также полипропиленовая фибра служит для предотвращения трещинообразования бетонных и гипсовых изделий. В армировании мелкоштучных декоративных изделий полипропиленовая фибра играет большую роль, так как за счет добавления фиброволокна в изделие можно уменьшить количество брака изделий до 90% [2. С. 203-205].

Для решения комплексных задач по созданию наукоемких технологий и энергосберегающих агрегатов нами был разработан технологический комплекс, предназначенный для утилизации полимерных материалов с их последующим применением при

производстве строительных смесей и изделий с заданными физико-механическими характеристиками (рис.1). [3, С 152-156]

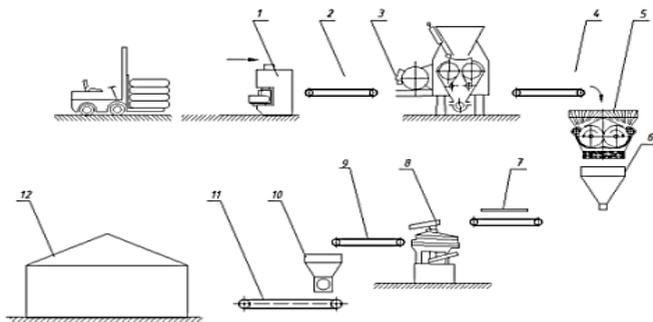


Рис. 1 Технологический комплекс для производства фибро наполнителя.
1 – приемный бункер материала; 2- элеватор; 3 – фрезерно-валковый агрегат; 4 – ленточный питатель; 5 – бункер сырья; 6 – ленточный питатель; 7 – дробилка мелкого дробления; 8 – бункер готового сырья; 9 – ленточный питатель; 10 – упаковочная машина; 11 – пластинчатый конвейер; 12 – склад.

Основополагающим агрегатом в разработанной технологической линии является фрезерно-валковый агрегат (ФВА), (рисунок 2).

Агрегат работает следующим образом. Материал поступает из бункеров в направляющие резиновые валки 5, привод которых обеспечивается от основного двигателя мощностью $N=1,5$ кВт, через ременную, зубчатую и цепную передачи. Направляющие валки предназначены для равномерной подачи техногенного материала в зону измельчения. Далее материал поступает непосредственно к фрезерному режущему блоку, который состоит из вала, фрез ($D=50$ мм) и втулок. Измельчение происходит между валком 2, имеющим прорезанные пазы, и фрезерным режущим блоком 3, который своими фрезами входит в пазы. Затем измельченный материал посредством ленточного питателя отправляется на дальнейшую переработку. [2, С. 203-205]

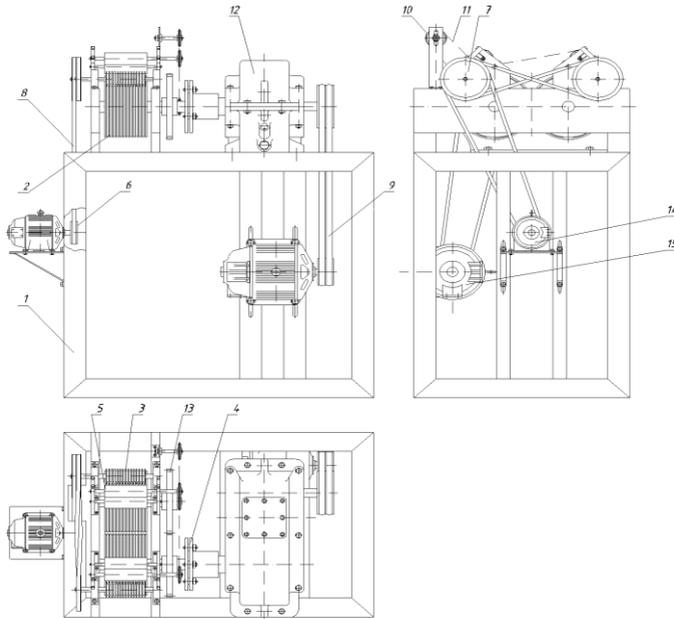


Рис. 2 Опытно-экспериментальный фрезерно-валковый агрегат.

1 – рама; 2 – валки; 3 – устройство фрезерное режущее; 4 – муфта упругая втулочно-пальцевая; 5 – валки направляющие резиновые; 6 – шкив ведущий; 7 – шкив ведомый; 8, 9 – ремни (типов А и Б); 10 – звездочки; 11 – цепь; 12 – редуктор (МР-250); 13 – колеса зубчатые; 14, 15 – электродвигатели (мощностью $N_1=1,1$ кВт, $N_2=1,5$ кВт)

ФВА предназначен для предварительного измельчения полимерных техногенных материалов. Размеры измельченного материала зависят от частоты вращения: рабочих органов фрезерного режущего блока; направляющих валков и валков с нарезанными пазами. [2, С. 203-205]

Проанализировав экономическую эффективность производства фибронаполнителей, мы пришли к выводу, что экономически целесообразно использовать данную продукцию в качестве наполнителя, т.к. в результате снижается себестоимость до 12,8 руб/кг, улучшается качество готового изделия. [3, С 152-156]

Главная задача данного технологического комплекса – утилизация полимеросодержащих волокнистых техногенных материалов. [4, С 152-156]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Дубинин Н.Н., Севостьянов И.В. Пресс-валковые агрегаты в промышленности строительных материалов: Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. 216 с.
2. Романович А.А., Ильина Т.Н., Солопов Н.В., Варданян Г.Р. Технологический комплекс для утилизации техногенных волокнистых материалов// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. №11. С. 203-205.
3. Севостьянов В.С., Носов О.А., Варданян Г.Р., Бережной О.Л. Переработка использованной полиэтиленовой тары / Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: сб. докл. V Международ. науч.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 152-156.
4. Севостьянов В.С., Носов О.А., Бережной О.Л., Варданян Г.Р. Программа «Белый город – экогород» / Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: сб. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 156-161.

УДК 691.16

Обухов А.Г., Высоцкая М.А., Курлыкина А.В.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЩМА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ НЕОКИСЛЕННОГО СЫРЬЯ

Обеспечение качества битума и увеличение объемов его производства – первостепенная отраслевая задача, требующая комплексного подхода к материалам, технологиям и стандартам, начиная с этапа получения битума и заканчивая его использованием в дорожном хозяйстве.

С учетом современных трендов, верхние слои дорожной одежды выполняются с использованием щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА) в отношении которых также справедлива прямая зависимость между качеством битумных вяжущих и эксплуатационными характеристиками композитов, приготовленных на их основе [1-2].

Это определяет необходимость выработки комплексного решения, нацеленного на сохранение и расширение сырьевой базы битумного

производства и качества готовых асфальтобетонных смесей. Компромиссным решением в данном случае является производство нефтепереработчиками и использование дорожниками компаундированных неокисленных битумных вяжущих, тем более, что положительный опыт получения ПБВ с использованием неокисленных сырьевых составляющих и устройства экспериментальных участков с асфальтобетонным покрытием на его основе существует [3-8].

Анализ публикаций демонстрирует, что использование в технологии приготовления дорожных битумов полностью неокисленного нефтяного сырья, может являться эффективным технологическим приемом, позволяющим получать вяжущие с уникальными характеристиками.

Затронутые в работе проблемы по разработке и использованию неокисленных битумных вяжущих в составе ЩМА и оценка влияния подобных вяжущих на эксплуатационные характеристики композита — это недалекое будущее отраслей, определяющее векторы их развития.

Таким образом, целью работы явилось изучение физико-механических и эксплуатационных показателей ЩМА на модифицированном битумном вяжущем, полученном компаундированием неокисленного нефтяного сырья.

В исследовании использовались две серии полимерно битумного вяжущего (ПБВ): экспериментальный образец (ПБВн-60) и классический ПБВ-60, приготовленный по стандартной методике на основе окисленного битума. Показатели их свойств представлены в (таблице 1).

Для приготовления ЩМА смесей использовался инертный минеральный материал: щебень, отсев дробления из габбро диабаз карьер ЗАО «Габро» и минеральный порошок. Используемые в работе материалы оценивались на соответствие качества по стандартным методикам. В качестве стабилизирующей добавки применялся VIATOR 66.

Таблица 1 – Свойства полимерно-битумных вяжущих марки 60

Наименование показателей	Требования ГОСТ	Вид вяжущего	
		ПБВн	ПБВ
Основные показатели			
Однородность	однородно	одн.	одн.
Глубина проникания иглы 0,1 мм при 25 °С	не менее 60	80	76
	0°С	32	32
ра, °С: размягчения КиШ	>58	83	70

хрупкости по Фраасу	< -20	-26	-23
Растяжимость при 25 °С, см	> 25	79	65
Эластичность при 25 °С, %	> 80	96	92
Растяжимость при 0 °С, см	> 11	28	19
Эластичность при 0 °С, %	> 70	75	72
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	< 5	1	4
Температура вспышки, °С	< 230	275	262
Сцепление с песком	обр. №2	№2	№2

Подбор минерального состава смесей выполнялся с использованием программного продукта Granlab. На основе лабораторного подбора, были установлены эффективные содержания битумного вяжущего и стабилизирующей добавки: 4,8% и 0,4% соответственно. Из приготовленных ЦМА смесей были изготовлены образцы. Результаты испытания двух серий щебеночно-мастичного асфальтобетона представлены в (таблице 2).

Таблица 2 – Показатели свойств ЦМА-20

Наименования показателя	Требования ГОСТ	Фактические значения	
		ПБВ-60	ПБВн-60
Пористость минеральной части, %	от 15 до 19	15,4	15,3
Остаточная пористость, %	от 2,0 до 4,5	2,3	2,2
Стекание битумного вяжущего, %	не более 0,20	0,14	0,12
Водонасыщение, %	от 1,5 до 4,0	2,10	1,80
Предел прочности при сжатии, МПа: – при 20 °С – при 50 °С	не менее 2,5 0,70	3,80 1,25	4,00 1,40
Сдвигоустойчивость: – коэффициент внутреннего трения – сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	не менее 0,94 0,20	0,95 0,45	0,97 0,46
Трещиностойкость при 0 °С, МПа:	3,0 – 6,5	5,4	4,7
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,75	0,80	0,89

Как видно, для образцов ЦМА с применением ПБВн-60 характерны более высокие показатели прочности на сжатие при 20, 50 °С и водостойкости. Стоит отметить показатель трещиностойкости при

0 °С, который меньше чем для контрольного состава и позволяет прогнозировать меньшую чувствительность к низким температурам.

Оценка влияния вида, используемого битумного вяжущего (экспериментального состава ПБВн-60 и классического ПБВ-60) на эксплуатационные показатели ЦМА выполнялась на основе теста на колееобразование и усталостную долговечность. Склонность композита к колееобразованию исследовалась на лабораторном оборудовании InfraTest посредством прокатки приготовленных плит из ЦМА размером 320x260x00 мм при температуре испытания 60°С и после 20000 проходов колеса. При тестировании фиксировались: угол наклона кривой колееобразования и глубина колеи от прохода прокатывающего колеса. Данные представлены в (таблице 3).

Оценка усталостной долговечности проводилась на универсальной серво-пневматической системе с модулем для оценки усталостной долговечности. Испытание проводилось при температуре 20°С и частоте приложения нагрузки 10 Гц. Об усталостной долговечности судили по начальному модулю жесткости композита при 20 °С и количеству циклов приложения нагрузки к образцу до снижения его модуля жесткости до 50%.

Таблица 3 – Эксплуатационные показатели свойств ЦМА-20

Вид вяжущего	Показатель			
	колееобразование		многократное нагружение (усталостная долговечность)	
	угол наклона кривой колееобразования WTS, мм/1000 циклов	глубина колеи RD, мм	начальный модуль жесткости, МПа	количество циклов до 50% снижения модуля жесткости, 10 ³ циклов
ПБВн-60	0,02	0,98	1560	652
ПБВ-60	0,12	2,10	1385	425

Важным параметром работы материала в конструктиве, является его поведение при низких зимних температурах, которым соответствуют низкотемпературное растрескивание слоя. Данное исследование *выполнялось на установке TRAVIS. Для этого образец композита в виде балки 160x40x40 мм, помещался в разрушающее устройство, установленное в климатическую камеру установки. В процессе тестирования происходило планомерное охлаждение образцов с фиксацией низкотемпературного напряжения и температуры разрушения образца. Данные представлены в (таблице 4).*

Таблица 4 – Результаты низкотемпературного испытания по TRAVIS

Показатели	Наименование вяжущего	
	ПБВн-60	ПБВ-60
Температура трещинообразования, °С	-25,8	-26,4

Анализ полученных данных демонстрирует, что ЩМА-20 с применением ПБВн-60, в основе приготовления которого лежит последовательное компаундирование продуктов нефтепереработки, характеризуется более высокими показателями прочности на сжатие при 20°C и 50°C относительно композита на базовом ПБВ и составляет 5% и 12% соответственно. Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при температуре 0°C серии ЩМА, выполненной на контрольном составе ПБВ-60, превышает почти на 15% аналогичный показатель композита, полученного на ПБВн-60, что свидетельствует о повышении жесткости образца в условиях низких температур.

Оценивая физико-механические показатели образцов ЩМА, стоит отметить, что экспериментальная серия по своим характеристикам превосходит контрольный состав, что очевидно обусловлено регулированием группового химического состава, разработанного ПБВн. Подобная совокупность прочностных характеристик композита должна повлечь за собой и прирост показателей, отвечающих за его долговечность и эксплуатационную надежность.

Анализ усталостной долговечности, характеризующей способность материала к релаксации напряжений при заданных температурах, показал, что начальный модуль жесткости экспериментальной серии ЩМА (на ПБВн), превысил аналогичный показатель контрольного состава ЩМА на ПБВ60 на 12%, что говорит о большей жесткости композита при 20 °С. Однако, для снижения модуль жесткости до 50% анализируемому составу потребовалось 652 тыс. циклов, что на 35% или 227 тыс. циклов больше, чем у контрольного состава ЩМА-20.

Так же ЩМА-20, выполненный на основе вяжущего марки ПБВн-60, отличается повышенной сдвигоустойчивостью композита. Данные по сопротивлению необратимому пластическому деформированию при многократном приложении колесной нагрузки показали, что глубина колесной колеи на образце-плите при температуре испытания 60°C и 20000 циклов прохода колеса составила менее 1 мм, а интенсивность развития пластической деформации характеризуется пологим трендом линии.

Как видно, ЩМА на основе разработанного битумного вяжущего отличается повышенной долговечностью: количество циклов

нагрузки до 50% уменьшения начального модуля жесткости при температуре 20 °С составило 652 тыс. циклов, что почти на 35% больше у образцов контрольной серии, при этом устойчивость к необратимому пластическому деформированию, при многократном приложении колесной нагрузки при температуре испытания 60 °С (глубина колеи) составила менее 1 мм.

Таким образом, полученные данные демонстрируют, что ЦМА приготовленные на ПБВ с использованием приемов компаундирования неокисленного нефтяного сырья (ПБВн-60) не уступают по показателям композитам, выполненным на традиционном ПБВ-60. Более того, эффективность разработки обусловлена возможностью использования некондиционного сырья нефтепереработки и исключением процессов окисления вяжущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ядыкина В.В., Наволокина С.Н., Гридчин А.М. Повышение устойчивости щебеночно-мастичного асфальтобетона к колесобразованию за счет использования полимерных модификаторов // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 6. С. 27-34.

2. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Ю. Чистяков Ю. П. Влияние энергосберегающих добавок на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона на примере Evotherm, азол 1007 и Адгезол 3-ТД // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 149-153.

3. Хуснутдинов И. Ш. Копылов А. Ю., Гончарова И. Н., Гаврилов В. И., Ахметзянов А. М., Романов Г. В., Петрова Л. М., Грязнов П. И. Изучение свойств асфальтобетонов неокисленных остаточных битумов, полученных деасфальтизацией природного битума // Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. Вып. 4. С. 88-91.

4. Галиуллин Э. А., Хайрутдинов В. Ф., Фахрутдинов Р. З., Кириченко С. М., Фарахов М. И. Экспериментальное исследование получения неокисленных битумов из высоковязких нефтей методом термопарового воздействия // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №6. С. 252-253.

5. Vysotskaya M.A. Shekhovtsova S.Yu., Obukhov J.Y., Esipova G. Stability of modified binders on basis of oxidized and residual bitumens to thermodestructions A // The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2017. 6(58). Pp. 140–147.

6. Mukhamatdinov I., Gafurov, M., Kemalov, A., Rodionov, A., Mamin, G., & Fakhretdinov, P. Study of the oxidized and non-oxidized

bitumen modified with additive «Adgezolin» by using electron paramagnetic resonance // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. T. 155. №. 1. Pp. 012004.

7. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Теляшев Э.Г., Кутьин Ю.А. Неокисленные дорожные битумы и асфальтобетоны на их основе // Строительные материалы. 2003. № 10. С. 30-31.

8. Обухов А.Г., Высоцкая М.А. Эффективные битумные вяжущие для асфальтобетонных покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 32-40.

9. Djimasbe R., Galiullin E. A., Varfolomeev M. A., Fakhrutdinov R. Z., Al-Muntaser A. A., & Farhadian A. Experimental study of non-oxidized and oxidized bitumen obtained from heavy oil //Scientific Reports. 2021. T. 11. №. 1. С. 1-10.

УДК 666.9.035

Пахомов Е.Г., Романович М.А.

Научный руководитель: Романович А.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СМЕСИТЕЛЬ С ЭФФЕКТИВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ.

В различных технологических процессах требуется создать однородную массу, состоящую из нескольких компонентов. Процессы перемешивания применяют:

- для создания оптимальной поверхности реагирующих веществ;
- для изменения физического состояния веществ (растворения);
- для ускорения химических реакций и т.д.

Для стабилизации технологического процесса и повышения качества продукции, например, при изготовлении силикатных изделий, необходимо проводить тщательное усреднение смеси. Наиболее эффективно этот процесс происходит при перемешивании массы, находящейся во взвешенном состоянии. Взвешенное состояние смеси может быть получено механическим способом благодаря подбору соответствующих режимов и траекторий движения рабочих органов или продувкой воздуха через порошок с определенной скоростью. При достижении критической скорости частицы порошка становятся подвижными, приобретая свойства псевдожидкостей.

Смеситель состоит из следующих основных составных частей: приемного устройства 1, камеры смесительной 2, двух валов 4, двух электродвигателей 6, пневмоцилиндра 7, окна разгрузочного 9 и рамы 10.

В верхней части камеры смесительной расположено приемное устройство, над которым может устанавливаться бункер-дозатор или любое другое загрузочное устройство, обеспечивающее дозирование смешиваемых материалов объемом не более 300литров и массой не более 600кГ, а между ними любое отсекающее устройство, например, задвижка поворотная.

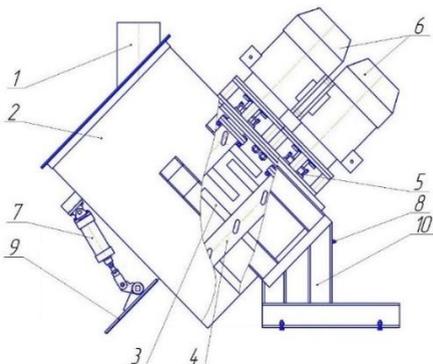


Рис. 1 Устройство двухроторного смесителя

- 1 – Приемное устройство, 2 - камера смесителя, 3 - лопасти, 4 - вал смесителя
 5 – уплотнение вала, 6 – электродвигатель, 7 – пневмозадвижка, 8 - болт заземления, 9 - окно разгрузочное, 10 - рама.

Одним из возможных путей совершенствования конструкции является разработка и совершенствование строения лопатки смесителя.

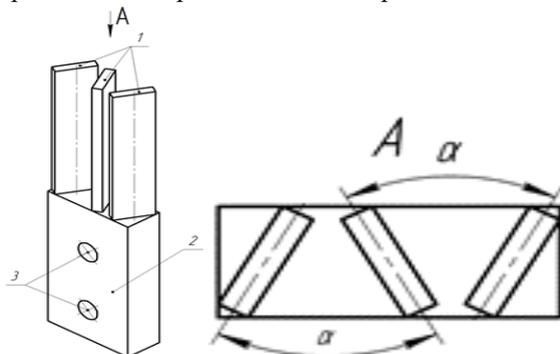


Рис. 2 Лопатка смесителя

Лопатка смесителя состоит из лопастей 1, которые крепятся к корпусу 2, выполненному в виде пластины при помощи, например, сварки. В корпусе 2 имеются (например, два) отверстия 3 для крепления его к ротору смесителя при помощи, например, болтового соединения.

За счет наличия отверстий 3 лопатка смесителя устанавливается на ротор. Ротор устанавливается и вращается в корпусе смесителя.

Компоненты для перемешивания, например, цемент, песок и пластификаторы, подаются в корпус смесителя через загрузочное отверстие. Далее производится пуск электродвигателей, что приводит к сообщению вращательного движения ротора смесителя и, следовательно, вместе с ротором вращательное движение передается на лопатку смесителя.

Так как на торце корпуса 2 лопатки жестко установлены не менее трех лопастей 1 и оси соседних лопастей относительно продольной оси поперечного сечения корпуса 2 расположены под углом 45° , в корпусе смесителя обеспечивается турбулизация компонентов смеси, за счет чего происходит интенсивное перемешивания смеси. После цикла перемешивания готовая смесь выходит через разгрузочное отверстие в осадительное устройство.

Установка лопастей под углом $\alpha = 90^\circ$, друг относительно друга, обусловлена требованиями соблюдения установки лопастей, что будет способствовать созданию турбулизации движения компонентов смеси во время ее смешивания., относительно друг друга. Иное их расположение, отличное от 90° , приведет к ухудшению процесса перемешивания или увеличению энергозатрат.

Таким образом, совокупность отличительных признаков предлагаемого решения обеспечит повышение качества готового продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Romanovich A.A., Amini E., Apukhtina I.V., Pahomov E.G. The grinding clinker pressure process study // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. № 698. С. 066038 DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066038

2. Romanovich A.A., Osalou A.Z, Mamatova V.V., Pahomov E.G. The grinding bodies movement dynamics study in a ball mill equipped with energy-exchanging devices // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. № 698. С. 066037. DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066037

3. Романович А.А., Бабаевский А.Н., Пахомов Е.Г., Калашников И.А. Анализ конструкции и принципа работы двухроторного смесителя и возможные пути совершенствования конструкции / Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород. 2020. – С. 220-223.

4. Романович А.А., Пахомов Е.Г. и др. Энергосбережение при измельчении материалов с анизотропной текстурой // Строительные и дорожные машины. 2020. №11. С. 9-16

5. Романович А.А., Пахомов Е.Г. Совершенствование конструкции двухроторного смесителя / Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». 2021. – С. 298-302.

6. Богданов В.С., Боршевский А.А., Ильин А.С. Технологические комплексы и линии для производства строительных материалов и изделий. - М.: АСВ 2000. С. 199.

7. Богданов В.С., Семикопенко И.А. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий - Белгород, 2018. С. 619.

УДК 625.08

Пирожков А.В.

***Научный руководитель: Шкарпеткин Е.А., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г.Шухова, г.Белгород, Россия***

РАЗРАБОТКА СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СМЕСЕЙ

Основной задачей зимнего содержания дорог является проведение мероприятий, обеспечивающих бесперебойное и безопасное дорожное движение на автомобильных дорогах и улицах, включая очистку дорог от снега и борьбу с зимней скользкостью. Решение этой задачи в России достигается с помощью проведения различных работ, удовлетворяющих требованиям ГОСТ Р 50597-93 «Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения». При этом основными способами борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах общего пользования являются применение фрикционных, комбинированных и химических противогололедных материалов (ПГМ) [1].

Процесс производства ПГМ, среди прочих операций, включает смешивание разнородных компонентов, от которого зависит качество получаемого продукта.

Приготовление смесей (ПГМ) происходит в смесителях различного принципа действия (гравитационных, вибрационных, принудительного действия) и различных конструкций, и др. При их выборе учитываются свойства используемых материалов и ряд других параметров. В частности, для смесителей с вертикальным исполнением корпуса и рабочим органом в виде рамной, пропеллерной или якорной мешалки важное значение имеет течение (движение) материала внутри сосуда-корпуса, которое характеризуется линиями тока. В зависимости от направлений линий тока различают три главных типа течения: тангенциальное, радиальное и аксиальное (осевое) [2].

В промышленных аппаратах с мешалками возможны различные сочетания вышеперечисленных типов течения жидкости. Таким образом, при работе мешалок возникает сложное трехмерное течение жидкости, при котором в зависимости от конструкции мешалок и частоты их вращения может превалировать один из указанных типов движения.

С точки зрения реализации «идеального» смешения целесообразно обеспечить возможность интенсификации одного из видов воздействия и выполнения движения (рисунок 1) в следующей системе: радиальное течение, при котором смесь движется преимущественно от мешалки перпендикулярно оси ее вращения по направлению к стенкам сосуда; аксиальное (осевое) течение, при котором смесь поступает и высыпается из мешалки параллельно оси ее вращения; тангенциальное.

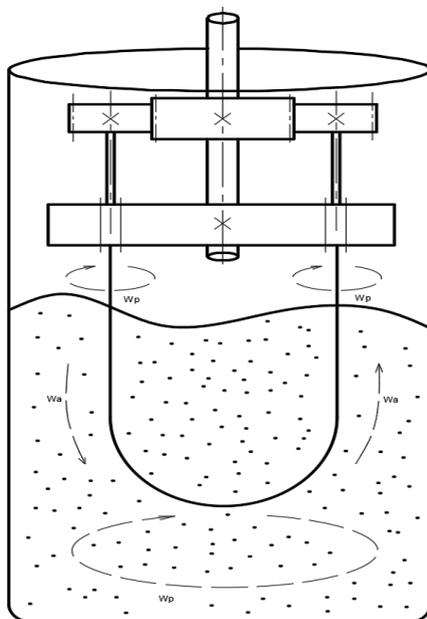


Рис. 1 Схема движения материала в смесителе: W_p – радиальная скорость; W_a – аксиальная скорость

Следует учесть, что аксиальное течение возможно лишь тогда, когда центробежная сила, зависящая от диаметра мешалки и числа ее оборотов, будет достаточной для преодоления сопротивления окружающей жидкости. Кроме того, большое влияние на интенсивность перемешивания в аппарате с мешалкой оказывает циркуляция смеси в нем, которая вызывается насосным эффектом, т.е. способностью мешалки транспортировать смесь подобно насосу. Насосный эффект характеризуется объемным расходом смеси в радиальном V_p и аксиальном V_a направлениях [3].

Для технической реализации данной модели «идеального смешивания» нами был разработан смеситель, который представляет собой планетарную зубчатую передачу, образованную неподвижным относительно ротора солнечным колесом и входящими с ним в зацепление двумя парами шестерен-сателлитов (рисунком 2).

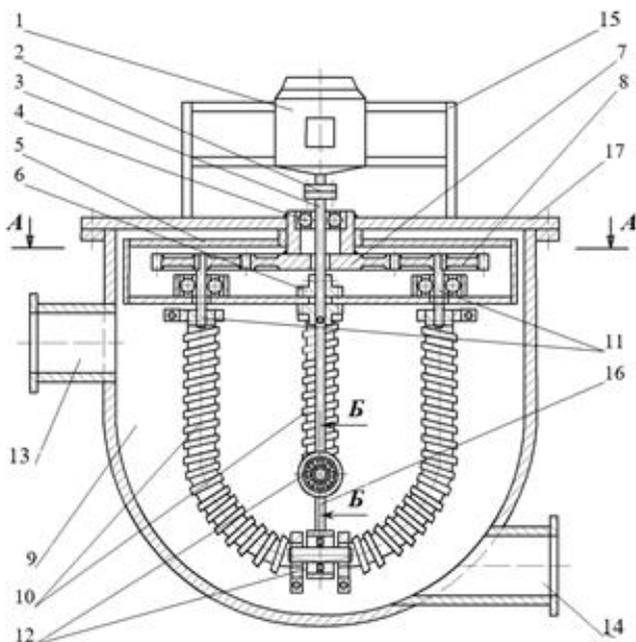


Рис. 2 Общий вид смесителя с гибким рабочим органом:

- 1 - электродвигатель; 2 - муфта; 3 - центральный вал;
 4 - подшипниковая опора; 5 - ротор; 6 - муфта; 7 - солнечное колесо; 8 -
 шестерня-сателлит; 9 - смесительная камера; 10 - гибкий рабочий орган; 11 -
 вертикальные валы; 12 - узлы крепления;
 13 - загрузочное отверстие; 14 - выгрузочное отверстие;
 15 - подрамник; 16 - перемычка; 17 - крышка

Со стороны смесительной камеры к ротору подведен гибкий рабочий орган. Данный гибкий рабочий орган выполнен в виде четырех гофрированных патрубков (или других цилиндрических винтовых поверхностей, например, стальных тросов или пружин), образующих два U-образно изогнутых контура [4].

Гибкий рабочий орган одним концом каждого из четырех гофрированных патрубков соединен хомутами с вертикальными валами шестерен-сателлитов планетарной зубчатой передачи.

Другим концом гофрированные патрубки гибкого рабочего органа попарно связаны между собой при помощи парных узлов крепления. Каждый из узлов крепления состоит из подшипника, размещенного в

корпусе, на концах которых жестко закреплены диаметрально противоположные концы гофрированных патрубков. За счет чего и образуется два U-образно изогнутых контура.

Парные узлы крепления, идентичные по конструкции, размещены в нижней части смесительной камеры. Причем первый со стороны ротора подшипник соединен через корпус с нижним концом центрального вала по центру и под прямым углом. Второй со стороны ротора подшипник соединен корпусом с первым подшипником через перемычку по центру и под прямым углом.

Смесительная камера выполнена в виде вертикальной цилиндрической емкости с округлым дном, внутри которой размещен гибкий рабочий орган. Каждый узел крепления состоит из подшипников, корпусов, с закрепленными в них осями. Смесительная камера сверху закрыта крышкой, с которой соединена болтами, а также в ее верхней части закреплено, устройство для загрузки, а в нижней для разгрузки. Также сверху на крышке закреплена подшипниковая опора центрального вала и подрамник для установки привода (электродвигателя).

Таким образом, конструкция позволяет повысить качество смеси за счет более равномерного распределения её компонентов по всему объему смесительной камеры за счет увеличения интенсивности движения материала по планетарной (циклоидальной) траектории в горизонтальной плоскости и вдоль U-образно изогнутых контуров в вертикальной плоскости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борьба с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Г.В. Бялобжеский, М.М. Дербенева, В.И. Мазепова, Л.М. Рудаков. - М.: Транспорт, 2006. С.16.

2. Беляев А.В., Загидуллин С.Х., Беляев В.М. Оборудование для физико-химической обработки материалов: учебное пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2011. С.55-60

3. Братинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М., Перемешивание в жидких средах. Физические основы и инженерные методы отчета / Изд-во Химия 1984. – 43с .

4. Патент 210441 Россия, В28С 5/00 Смеситель с гибким рабочим органом/ Шкарпеткин Е.А., Орехова Т.Н., Пирожков А.В. - Заяв. 21.12.2021.; Опубл. 15.04.2022.; Бюл №11

*Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К ВОПРОСУ АКТУАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В исследованиях [1,2,3,4,5] представлены расчёты стоимости изготовления детали «рычаг» по 3 технологическим процессам. Расчёты показывают, что изготовление детали путём механической обработки металлической заготовки по стоимости соответствует 20157.4 руб. за 1 единицу изделия. При этом стоимость изготовления существенно зависит от размера партии, а также объёма механической обработки.

Усреднив значения размера стоимости оплаты труда по различным операциям и поставив стоимость механической обработки в зависимость от штучного времени, можно рассчитать зависимость технологической себестоимости детали C_t , от штучного времени изготовления детали.

Технологическая себестоимость изделия, полностью напечатанного на 3D принтере из металла, будет зависеть от объёма печати. Кроме того, для выбора технологии аддитивного производства при изготовлении детали, немаловажным будет фактор технологического времени на процесс 3D печати. По данным [6] время изготовления детали «рычаг» на 3D принтере в зависимости от объёма печати составило бы 1440 мин., а изготовление пустотелой оболочки 296 мин.

Время изготовления и технологическая себестоимость изготовления композитной детали, с учётом постобработки, составляют 402 мин и 142186 руб.

На (рисунке 1) показаны области эффективного использования различных технологий получения детали по критерию технологической себестоимости.

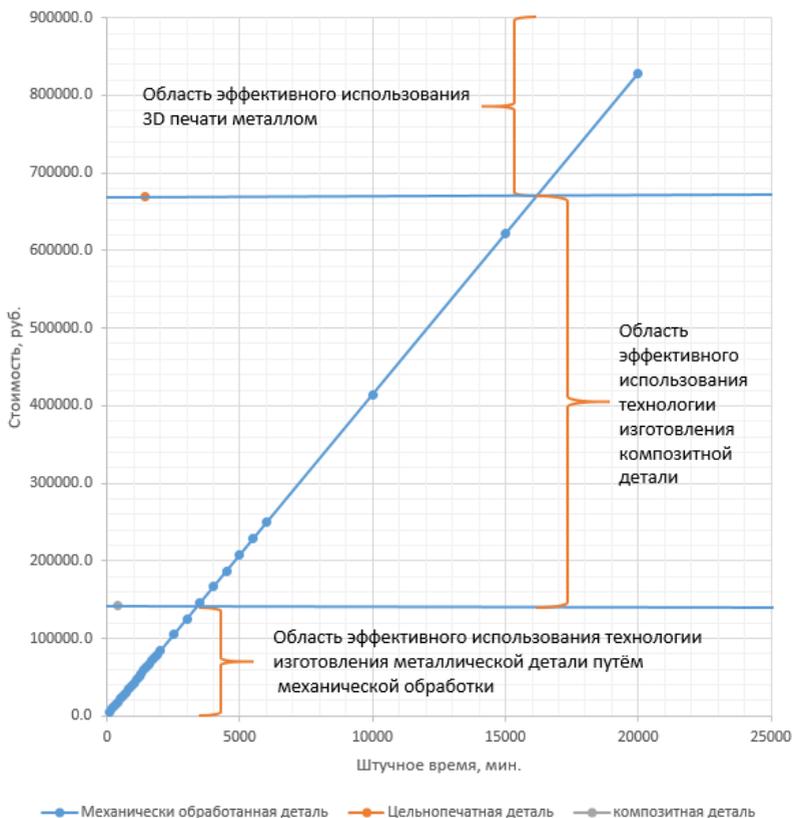


Рис. 1 Сопоставление стоимости изготовления детали по различным технологиям: технология механической обработки, печать цельной детали на 3D принтере, изготовление композитной детали

Для принятия решения об использовании той или иной технологии изготовления детали, инженеру технологу необходимо учитывать не только технологическую себестоимость (рисунок 1), но и другие параметры. К таким параметрам относятся следующие параметры:

- прочность детали, которая будет различной для каждой детали, изготовленной по той или иной технологии. В зависимости от служебного назначения, необходимо производить прочностные расчёты (например, с использованием метода конечных элементов МКЭ), для определения запаса прочности детали, изготовленной по различным технологиям;

– имеющееся технологическое обеспечение и оборудование. К такому оборудованию относится доступ к парку станочного оборудования, имеющаяся технологическая оснастка и инструмент;

– размер партии и серийность производства. Серийность производства оказывает сильное влияние на стоимость подготовки производства, стоимость технологического обеспечения, а также технологических приспособлений;

– допустимое время производства. Если говорить о производстве новых деталей, то влияние времени производства выражается в большей степени на фонде заработной платы. Но что делать, когда время производства детали влияет на работоспособность машины или комплекса машин, как в случае ремонтного производства. В случае, когда необходимо произвести деталь для ремонта технологического оборудования, иногда стоимость производства детали имеет второстепенную роль, нежели скорость производства, так как простой оборудования может нанести куда более существенный негативный экономический эффект, нежели потери от увеличения стоимости изготовления детали необходимой для ремонта этого оборудования;

– сложность геометрической формы детали. Служебное назначение детали, требования к её массе, форме, эргономике так же оказывают существенное влияние на выбор технологии производства. Например, применение аддитивных технологий, часто используют в случаях, когда форма детали имеет сложную структуру и геометрию. Наличие криволинейных полостей, внутренних каналов, тонких стенок и пр. Кроме того акцент к применению аддитивных технологий смещается, если происходит восстановление детали по цифровой модели, полученной 3D сканированием, то есть когда отсутствует чертёж детали.

Полученные данные и приведенная расчётная методика позволяет в комплексе с учётом других параметров, принять решение об эффективности использования той или иной технологии получения детали.

Приведенные расчётные данные не отражают расчёта получения композитной детали, где в качестве материала оболочки использовался бы пластик, а заполнение её производилось бы металлополимерным составом. Такая композитная деталь пластик – металлополимер, была бы очень дешёвой, так как стоимость 3D печати пластиком не высока, как и материал заполнения - металлополимер. Однако эта технология ограничена в сферах применения в первую очередь прочностными свойствами как самой детали, так и рабочих поверхностей. Кроме того, связь реологических свойств металлополимера при заполнении

тонкостенной формы и её геометрии так же накладывает ряд ограничений на изготовление такой композитной детали и требует дополнительных научно-экспериментальных изысканий в области технологического обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. М.: МАДИ. 2016. 264 С.
2. Баурова Н.И. Диагностирование и ремонт машин с применением полимерных материалов: монография. М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. 280 С.
3. Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Тетерина И.С. Обработка комбинированной металл-металлополимерной плоской поверхности детали пресс-формы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 119–123.
4. Берлин А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. 3-е испр. изд. СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. 560 С.
5. Зорин В.А., Баурова Н.И. Ремонт теплонагруженных элементов машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 4. С. 16–18.
6. Haleem A., Javid M. 3D printed medical parts with different materials using additive manufacturing. // Clin. Epidemiol. Glob. Heal. 2020. Vol. 8. P. 215–223. doi: 10.1016/j.cegh.2019.08.002.

УДК 621.74

*Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Технико-экономическое сравнение технологических процессов произведем по технологической себестоимости изготовления детали:

$$C_{\tau} = M + З + НР, \text{руб.} \quad (1)$$

где M – затраты на основные материалы без стоимости отходов с транспортно-заготовительными расходами;

$З$ – основная и дополнительная зарплата производственных рабочих с начислениями;

$НР$ – накладные расходы, состоящие из цеховых расходов, общезаводских, управленческих и внепроизводственных расходов.

Затраты на основные материалы для технологического процесса включающего механическую обработку резанием включают следующие показатели:

$$C_{MO} = \frac{C_{\Pi}}{1000} \cdot M_{\Sigma}, \text{руб.} \quad (2)$$

M_{Σ} - масса заготовки поковки для детали, представленной на рис. 4 равняется 5,873 кг, а детали 5,339 кг;

C_{Π} – стоимость 1 т металла марки 40Х13 ГОСТ 5632-72, на 15.01.2022 $C_{\Pi} = 165000$ руб.

Стоимость отходов вычисляется по выражению:

$$C_{отх} = \frac{S_{отх}}{1000} \cdot (M_{\Sigma} - M_{д}), \text{руб.} \quad (3)$$

где, $S_{отх}$ - стоимость 1 т отходов [1], $S_{отх}=3100$ руб.

Транспортно-заготовительные расходы принимаем по данным [1] в размере 2,2% от стоимости заготовки.

Размер фонда оплаты труда (зарботная плата) производственных рабочих на соответствующую технологическую операцию рассчитывается по выражению:

$$З = З_{о} + З_{доп} + З_{нач}, \text{руб.} \quad (4)$$

где, $З_{о}$ - основная заработная плата с учетом 40% премии при сдельно-премиальной системе оплаты, руб.

$$З_{о} = 1,4 \frac{C_{\tau} \cdot T_{штк}}{60}, \text{руб.} \quad (5)$$

где, $C_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка соответствующего разряда работы, руб;

$T_{\text{шк}}$ - штучно-калькуляционное время для данной операции, мин.
($T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + T_{\text{пз}}/N$);

$T_{\text{пз}}$ - подготовительно-заключительное время на партию N обрабатываемых заготовок;

$Z_{\text{доп}}$ - дополнительная зарплата основных рабочих, т.е. оплата отпусков и т.д. ($Z_0 \cdot 0.3$), руб.;

$Z_{\text{нач}} = 0,399(Z_0 + Z_{\text{доп}})$, руб - начисление на зарплату по социальному страхованию – по данным ООО «Машиностроительный завод» 39,9% от ($Z_0 + Z_{\text{доп}}$).

Накладные расходы:

$$NP = ЦР + ОР + УР + ВР, \text{ руб.} \quad (6)$$

где, ЦР – цеховые расходы, принимаемые по данным ООО «Машиностроительный завод» в размере 224% от Z_0 ;

ОР – общезаводские расходы, принимаем в размере 162% от Z_0 ;

УР – управленческие расходы, принимаем в размере 50% от Z_0 ;

ВР – внепроизводственные расходы, принимаем равными 25% от ($M + Z_0 + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{нач}} + ЦР + ОР + УР$).

Произведём расчёты полной себестоимости изготовления детали «рычаг» по трём технологическим процессам, представленным на (рисунок 1).

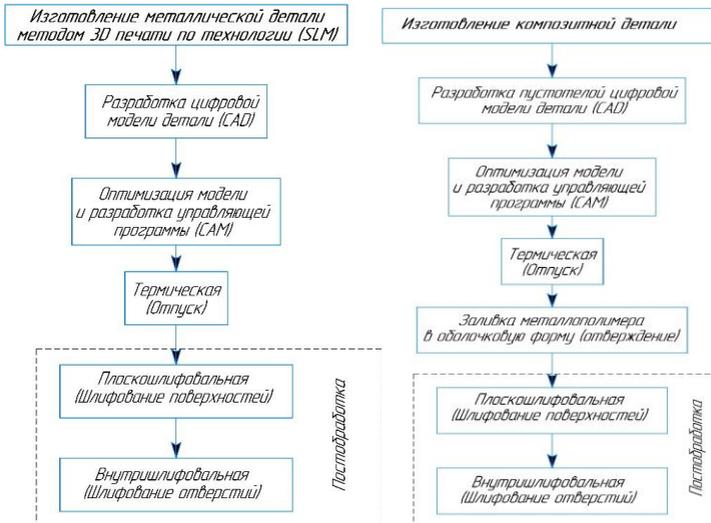


Рис. 1 Технологические процессы изготовления композитных деталей СДМ

В (таблице 1) приведены результаты расчетов заработной платы основных производственных рабочих для технологического процесса изготовления рычага из металлической заготовки путём снятия припуска (рисунок 1). Расчетные данные приводятся из условия подготовительно-заключительного времени равного 32 минутам (по данным ООО «Машиностроительный завод»), а также размера партии изделий $N = 200$ шт.

Таблица 1 – Заработная плата основных производственных рабочих

№ опер.	Наименование операции	Станок	Разряд	$C_{ч}$	$T_{ш}$	$T_{шк}$	Z_o	$Z_{доп}$	$Z_{нзч}$
005	Фрезерная предварительная	Lupus 5X 100	5	256	32	32.2	192.1	57.6	99.6
010	Фрезерная чистовая	Lupus 5X 100	5	256	27	27.2	162.2	48.7	84.2
015	Сверлильная	ГФ217 1С3	5	176	23	23.2	95.1	28.5	49.3
020	Расточная	ВО 90 CNC	5	256	41	41.2	245.9	73.8	127.5
025	Термическая	Печь ТВЧ	5	156	300	300.2	109.2.6	327.8	566.7

03 0	Плоскошлифовальная	HFS 40100 F Advance	4	25 6	47	47. 2	281. 7	84. 5	146. 1
03 5	Внутришлифовальная	RSM 500 B CNC	5	25 6	53	53. 2	317. 5	95. 3	164. 7
Итого:					523 .0	524 .1	238 7.1	716 .1	123 8.2

Вариант изготовления детали по схеме технологического процесса изготовления рычага из металла со снятием припуска (рисунок 1), предполагает получение заготовки методом литья или штамповки. Для расчета стоимости заготовки S используется выражение [1]:

$$S = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_N \right) - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}}, \text{ руб.} \quad (7)$$

где C_i – базовая стоимость одной тонны заготовок, руб./т;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг;

K_T – коэффициент, зависящий от класса точности;

K_C – коэффициент, зависящий от степени сложности;

K_B – коэффициент, зависящий от массы заготовки;

K_M – коэффициент, зависящий от марки материала;

K_N – коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок.

Базовая стоимость одной тонны заготовок C_i принимается по данным предприятия потребителя заготовок, а коэффициенты входящие в уравнение (7) по таблицам [2]. Стоимость заготовки для детали «рычаг», по данным ООО «Машиностроительный завод» составляет $S = 754$ руб.

Таким образом полная стоимость металлической детали «рычаг», изготовленной по схеме технологического процесса со снятием припуска составляет $C_T = 20157.4$ руб. Безусловно, расчётное значение отражает стоимость изготовления детали так, если бы всё предприятие, его персонал и оборудование было ориентировано на изготовление только одной детали «рычаг». На практике и основные фонды и персонал, задействованы в других производственных процессах, что снижает стоимость изделия. По данным ООО «Машиностроительный

завод», полная стоимость C изделия рычаг составляет $C = C_T \cdot 0.2 = 4031.48$ руб.

Расчёт стоимости изготовления детали «рычаг» методом 3D печати металлом. Согласно схеме технологического процесса, представленной на (рисунке 1) Начинается с конструкторской подготовки, то есть с разработки 3D модели и её оптимизации для дальнейшего создания управляющей программы. В данном исследовании, с учётом сложности модели, затратами на конструкторскую подготовку можно пренебречь.

Термическая операция для снятия напряжений детали, после её спекания на 3D принтере, входит в стоимость аддитивного изготовления. Специфика аддитивного производства [3,4], соотносит стоимость изготовления детали с её объёмом. То есть на стоимость изготовления влияет только объём печати.

На (рисунке 2) представлены массово-центровочные характеристики модели МЦХ детали «рычаг». Согласно данным (рисунк 2) объём детали равен 680 см³. Исходя из стоимости 3D печати (таблица 1) и объёма модели, не сложно посчитать, что стоимость изготовления детали «рычаг», будет составлять 668553 руб. Очевидно, что изготовление детали «рычаг», экономически не обосновано с использованием технологий аддитивной печати металлом. Для снижения стоимости 3D печати, производят оптимизацию стоимости формы изделия применяя генеративный дизайн [5]. Генеративный дизайн позволяет убрать часть материала из модели формы, который не задействуется в работе изделия и передаче нагрузок. Тем не менее даже оптимизация формы изделия путём генеративного дизайна не позволяет существенно снизить объём материала, что сказывается и на цене изготавливаемой детали. Обычно, 3D печать используется для изготовления деталей сложной формы, когда изготовление детали другими методами, не представляется возможным или существуют строгие временные ограничения. 3D печать позволяет изготовить деталь без организации сложной подготовки производства и разработки технологического обеспечения, что сокращает время изготовления.



Рис. 2 Массово-центровочные характеристики детали «рычаг»

Изготовление композитной детали в соответствии с схемой технологического процесса, представленного на (рисунке 1), предполагает аддитивное изготовление пустотелой оболочки и заполнение её металлополимером.

Металлическая оболочка изготавливается путём её печати на 3D принтере и служит не только для придания формы изделия, но и несет функциональное назначение. Так как не смотря на заполнение тела изделия металлополимером для придания ему прочностных свойств, необходимо обеспечить требуемые свойства рабочих поверхностей, например, поверхностей под посадку подшипников, плоскостей примыкания детали к другим сборочным единицам и т.д. Другими словами необходимо обеспечить требуемые размерные и качественные (шероховатость поверхности) свойства детали. Прочностные свойства рабочих поверхностей при этом будут задаваться материалом 3D печати.

Стоимость 1 см³ металлополимера наполненного нержавеющей сталью [6], по данным производителя составляет 6.61 руб.

На рис. 3 показан разрез тонкостенной модели рычага и её МЦХ. Тонкостенная модель рычага, с толщиной стенки 1 мм, имеет объём равный 140 см³, что на 540 см³ меньше чем у полнотелой детали. В стоимостном выражении аддитивного производства, это на 530911 руб. меньше аддитивное производство полнотелой детали. Стоимость аддитивного изготовления оболочки из металла равняется 137620 руб.



Рис. 3 Массово-центровочные характеристики пустотелой детали «рычаг» с толщиной стенки 1 мм

При этом как для полностью напечатанной детали на 3D принтере из металла, так и для композитной детали, требуется финишная обработка рабочих поверхностей, для придания им требуемых качественных и размерных характеристик. В целом из-за достигаемого 3D печатью качества поверхности [7,8], соответствующего допуску размерной точности 20-150 мкм и шероховатости поверхности Ra 3.8-15 мкм, требуется постобработка. При изготовлении композитной детали (рисунок 1) постобработка включает операции плоского и внутреннего шлифования.

Стоимость механической обработки для композитной детали (операции шлифования), будут включать только стоимость фонда заработной платы и накладных расходов, а также понижающего коэффициента 0.2. Стоимость шлифовальной обработки детали «рычаг» будет равняться 950 руб.

Полная стоимость изготовления композитной детали «рычаг» будет состоять из стоимости изготовления оболочки равной 137620 руб., стоимости шлифовальной обработки 950 руб., кроме того в стоимость изготовления входит стоимость операции заливки металлополимера. Стоимость операции заливки металлополимером тонкостенной оболочки включает стоимость фонда заработной платы на операцию, равного 46 руб. А также стоимость металлополимерной композиции. Для детали рычаг потребуется 540 см³ металлополимера, по стоимости 6.61 руб/см³, то есть на всю деталь 3569.4 руб.

В исследовании представлены расчёты стоимости изготовления детали «рычаг» по 3 технологическим процессам. Расчёты показывают, что изготовление детали путём механической обработки металлической заготовки по стоимости соответствует 20157.4 руб. за 1 единицу изделия. При этом стоимость изготовления существенно зависит от размера партии, а также объёма механической обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шодиев З. О., Хамроев Х.Х., Шодиев А.З., Хамроев Б.Х. Расчет стоимости получения заготовки различными методами // Молодой ученый. 2017. № 12 (146). С. 96-97.
2. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т. М.: Машиностроение, 2001. Т.1. 914 С.
3. Зорин В.А., Баурова Н.И. Повышение стойкости полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, к воздействию циклических нагрузок / В.А. Зорин, Н.И. Баурова // Механизация строительства. 2013. № 4 (826). С. 25–27.
4. Ryabikina M.A. 3D metal printing: a brief SWOT analysis. // Report. Priazovskyi State Tech. Univ. Sect. Tech. Sci. 2019. Vol. 38. P. 45-52
5. Khan S., Gunpinar E., Moriguchi M., Suzuki H. Evolving a psycho-physical distance metric for generative design exploration of diverse shapes. // Journal of Mechanical Design. 2019. Vol. 141. P 1-16. DOI:10.1115/1.4043678
6. Металлополимерные материалы «ЛЕО» [Электронный ресурс]. <http://www.leopolimer.ru/Price.htm> (дата обращения: 23.01.2022)
7. Проектирование под 3D-печать металлом, DMLM и DMLS [Электронный ресурс] <https://top3dshop.ru/blog/proektirovanie-pod-3d-pechat-metallom-dmlm-i-dmls.html>
8. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.

*Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.
 Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
 Белгородский государственный технологический университет
 им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ СДМ

В работах сотрудников Московского автомобильно-дорожного института [1,2], применение полимерно-композиционных материалов (ПКМ) ставится в зависимость от применяемого наполнителя в полимерной матрице (ПМ), сравнительные данные приведены в (таблице 1).

Таблица 1 – Сравнение ПКМ с различными типами наполнителей

Характеристики	ПКМ	
	Дисперсно-упрочненные	Армированные волокнистыми наполнителями
Роль матрицы	Несет основную нагрузку	Передает нагрузку на волокно
Роль наполнителя	Упрочняет матрицу. Степень упрочнения зависит от формы частиц наполнителя, их количества и распределения	Волокно несет основную нагрузку при растяжении
Степень наполнения, масс. ч.	1...200	65...75
Коэффициент упрочнения (представляет собой отношение предела текучести ПМ к пределу текучести полимерной матрицы)	1,1...15	2...50

Прочность ПМ	Зависит от прочности полимерной матрицы и мало зависит от количества наполнителя	Зависит от прочности волокон, схемы армирования и изменяется пропорционально объемному содержанию волокон
Свойства ПМ	Изотропные	Анизотропные
Области применения при ремонте машин	Устранение различных типов дефектов (раковин, трещин, коррозионных повреждений и пр.) в корпусных и кузовных деталях и агрегатах машин	Системы диагностирования. Устранение различных типов дефектов (раковин, трещин, коррозионных повреждений и пр.) в корпусных и кузовных деталях и агрегатах машин

Согласно [3] объёмы производства изделий из ПКМ ежегодно увеличиваются (рисунок 1).

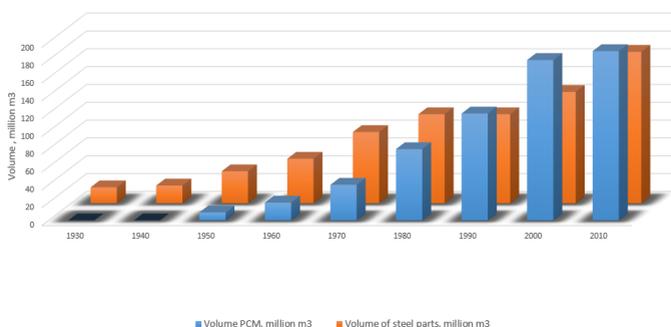


Рис. 1 Объёмы производства изделий из стали и ПКМ по годам, млн. м³

С точки зрения применения ПКМ в области машиностроения, то их чаще всего используют при изготовлении кузовных деталей, элементов отделки кабины и др. [1,2]. Использование ПКМ с дисперсным наполнителем для изготовления деталей, испытывающих значительные нагрузки, практически не представлено в литературе. Это связано с тем, что вопросы применения ПКМ с дисперсными наполнителями малоизучены, отсутствует методика оценки эффективности применения ПКМ при изготовлении функциональных деталей машин. Кроме того, отсутствует технология и технологическое обеспечение для изготовления деталей машин из реактопластов. В основном [4–6] представлены и описаны технологии литья

термореактивных полимеров. Данная технология аналогична литью термопластичных полимеров. Суть этой технологии заключается в подаче из бункера гранул полимерной композиции в цилиндр, где под действием шнека или плунжера полимер подаётся в зону нагрева, где под действием токов высокой частоты происходит расплав полимера. Далее расплав впрыскивается в металлическую пресс-форму.

Применение таких дисперсно-наполненных ПКМ как металлополимеры, в промышленности часто ограничено ремонтными работами [7–9]. Однако металлополимеры, это реактопласты, обладающие для своего класса материалов уникальными свойствами. Среди уникальных свойств металлополимеров можно отметить прочность на сжатие до 230 МПа, прочность на растяжение до 60 МПа, Прочность на изгиб до 80 МПа, Модуль Юнга 6000 МПа [10]. Указанные свойства присущи отвержденному компаунду, но до отверждения, металлополимерная смесь обладает высокими свойствами текучести, вязкость смеси достигает 25000 мПа·с. Некоторые свойства металлополимерных материалов приведены в (таблице 2).

Таблица 2 – Свойства металлополимерных материалов

Коммерческое название	Прочность на сжатие (DIN 53281-83), МПа	Прочность на растяжение (DIN 53281-83), МПа	Прочность на изгиб (DIN 53281-83), МПа	Вязкость смеси, МПа·с	Модуль Юнга, МПа
WEICON WR жидкий, наполненный сталью	110	33	80	20000	5500
Devcon Plastic Steel Liquid (B)	70	-	-	25000	-
Металлополимер LEO «Ферро-хром»	230	-	76	-	6000
Loctite Hysol 3479	90	60	-	-	6000

Хотя изначально, производители металлополимеров указывают в своих рекомендациях по применению металлополимеров в качестве назначения ремонт и восстановление различных поверхностей технологического оборудования, изобретатели часто используют металлополимеры в качестве конструкционного материала для

производства технологической оснастки [11,12] . В работах [13,14] инженеры используют металлополимер для изготовления формообразующих поверхностей пресс-форм, так как металлополимер обладает достаточной прочностью и температуростойкостью, что обеспечивает необходимую стойкость оснастки. В дальнейшем, такая композитная оснастка, состоящая из металлической обоймы и металлополимерной формообразующей части, используется для литья термопластов на термопластавтоматах или шприц-прессах.

На сегодняшний день проводятся научно-исследовательские работы [15], по изучению возможности и созданию технологии и технологического обеспечения для изготовления композитных функциональных деталей. Суть изготовления композитной детали на основе металлополимера заключается в изготовлении тонкостенной оболочки при помощи аддитивных технологий с последующим заполнением такой оболочки металлополимерным ПКМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. М.: МАДИ. 2016. 264 С.
2. Баурова Н.И. Диагностирование и ремонт машин с применением полимерных материалов: монография. М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. 280 С.
3. Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов: учеб. пособие. М.: ИПРЖР, 2001. 192 С.
4. Берлин А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. 3-е испр. изд. СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. 560 С.
5. Зорин В.А., Баурова Н.И. Ремонт теплонагруженных элементов машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 4. С. 16–18.
6. Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Тетерина И.С. Обработка комбинированной металл-металлополимерной плоской поверхности детали пресс-формы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 119–123.
7. Bytsenko O.A., Bessonova N.A., Dzhafarov E.E., Tishkov V.V., Gnevashev D.A. Production of technological plugs for engine box and oil system using additive technologies // INCAS Bull. 2021. Vol. 13. P. 21–27. doi:10.13111/2066-8201.2021.13.S.3.

8. Palka D. Use of Reverse Engineering and Additive Printing in the Reconstruction of Gears // *Multidiscip. Asp. Prod. Eng.* 2020. Vol. 3. P. 48-57. doi:10.2478/mape-2020-0024.

9. Зорин В.А., Баурова Н.И. Повышение стойкости полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, к воздействию циклических нагрузок / В.А. Зорин, Н.И. Баурова // *Механизация строительства*. 2013. № 4 (826). С. 25–27.

10. Металлополимеры «ЛЕО». М.: Изд-во «ЗАО Металлополимерные материалы «ЛЕО», 2013. 33 С.

11. Зленко М.А., Забеднов П.В. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Литье металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм // *Металлургия машиностроения*. 2013. №3. С. 12–18.

12. Каблов Е.Н., Кондрашов С.В., Юрков Г.Ю. Перспективы использования углеродсодержащих наночастиц в связующих для полимерных композиционных материалов // *Российские нанотехнологии*. 2013. № 3. С. 24–42.

13. Менгес Г., Микаэли В., Морен П. Как делать литеввые формы. СПб.: Профессия, 2007. 614 С.

14. Liang J., Narahara H., Koresawa H., Suzuki H. Verification and evaluation of automatically designed cooling channels for block-laminated molds. // *UK: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2014. Vol. 75. Pp. 1751-1761.

15. Lubimyi N., Annenko D.M., Chepchurov M.S., Kostoev Z.M. The research of the temperature effect on a metal polymer during flat grinding of a combined metal polymer part. // *Australian Journal of Mechanical Engineering*. 2020. T. 80. С. 1-13. doi:10.1080/14484846.2020.1786654

УДК 621.74

*Польшин А.А., Тихонов А.А., Лямина С.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ

На сегодняшний день проводятся научно-исследовательские работы [1,2], по изучению возможности и созданию технологии и

технологического обеспечения для изготовления композитных функциональных деталей. Суть изготовления композитной детали на основе металлополимера заключается в изготовлении тонкостенной оболочки при помощи аддитивных технологий с последующим заполнением такой оболочки металлополимерным ПКМ. На (рисунке 1) показана модель такой композитной детали, состоящей из металлополимерного заполнителя 1 и оболочки 2.

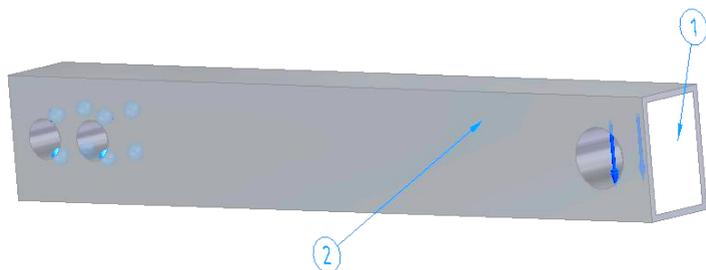


Рис. 1 Модель композитной детали: 1 – металлополимерный заполнитель; 2 – тонкостенная оболочка

В работе [1,2] приводятся исследования прочностных характеристик таких конструкций деталей. На (рисунке 2) показана диаграмма отражающая запас прочности деталей, изготовленных из чистых материалов, так если бы они были изготовлены полностью из металла или пластика на 3D принтере и композитных деталей, состоящих из металлической или пластиковой оболочки, заполненной металлополимером.

Анализ диаграммы (рисунок 2) показывает, что наиболее прочной остаётся деталь, изготовленная из металла. Композитная деталь, состоящая из металлической оболочки и металлополимерного заполнителя, так же обладает достаточной прочностью с запасом прочности в 3,75. Таким образом для заданных условий эксплуатации, как было описано в [2] (нагрузка на изгиб 2000 Н для рычага экзоскелета), использование композитной конструкции детали вполне приемлемо. При этом если говорить об аддитивных технологиях изготовления, то стоимость изготовления рычага зависела бы только от объёма материала печати. Стоимость изготовления подобной детали классическими технологиями с использованием механической обработки закладывало бы в себя стоимость материала, стоимость

фонда оплаты труда, стоимость технологического обеспечения и др. расходы.

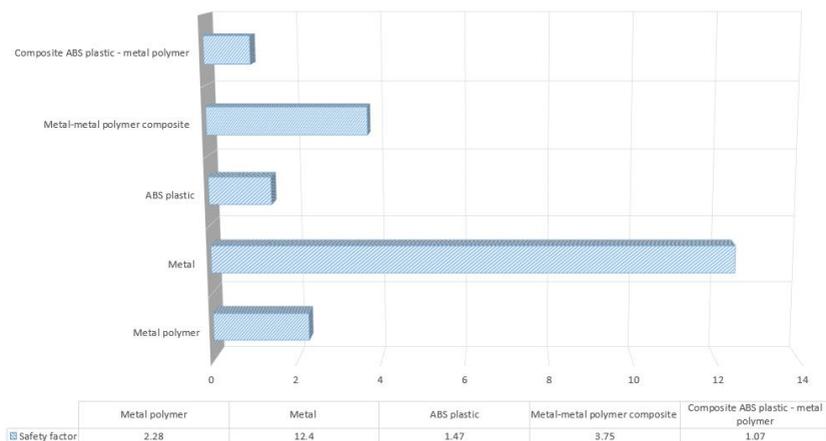


Рис. 2 Диаграмма запаса прочности композитных и цельных деталей

Далее приводится сравнение на основе анализа стоимости изготовления рычага экзоскелета (по сути это может быть любая схожая по габаритам деталь) по технологии со снятием припуска в сопоставлении с технологией изготовления композитной детали на основе металлополимера. Анализируются и приводятся факторы влияющие на себестоимость изготовления детали по различным технологиям. Приводятся критерии эффективности применения технологии изготовления композитной детали.

Согласно теории машиностроения [3,4], одним из основных параметров, влияющих на себестоимость изготовления изделия, является основное технологическое время изготовления изделия. Для понимания входящих в технологический процесс операций, приведём схемы технологических процессов для различных технологических процессов изготовления детали – рычаг (рисунок 3).



Рис. 3 Модель рычага

На (рисунке 4а) представлена схема технологического процесса изготовления рычага путем снятия припуска с металлической заготовки. На (рисунке 4б) показана схема технологического процесса получения детали рычаг с применением аддитивных технологий. В частности, с использованием технологии SLM (Selective Laser Melting) [5–7]. На (рисунке 4с) показана схема технологического процесса изготовления композитного рычага путем заполнения тонкостенной металлической оболочки изготовленной методом 3D печати металлом и заполненной металлополимером.

На (рисунке 4) представлена схема технологического процесса изготовления рычага путем снятия припуска с металлической заготовки.

В первом случае (рисунок 4а), представлен технологический процесс изготовления детали «рычаг» с применением механической обработки. Для этого используются различные операции механической обработки, такие как фрезерование, сверление, растачивание, шлифование и др. Изготовление детали по этому технологическому процессу характеризуется значительным количеством затрат времени механической обработки. Поэтапное снятие припуска с металлической заготовки требует затрат как машинного времени, так и времени, затрачиваемого станочниками. Это выражается в фонде заработной платы, а, следовательно, и в цене конечного изделия. Кроме этого, необходимость наличия большого парка различных станков для выполнения разнообразных операций механической обработки, также негативно сказывается на экономической эффективности при изготовлении небольших партий. Стоит также учитывать и

необходимость изготовления специальной технологической оснастки, необходимой для закрепления заготовки на станках. Все эти и другие факторы указывают на то, что изготовление малых партий изделий по технологии изготовления детали методом механической обработки, являются неэффективными. Далее будет приведен расчёт и сравнение только технологической себестоимости изготовления детали «рычаг» по технологии механической обработки металлической заготовки (рисунок 4 а).

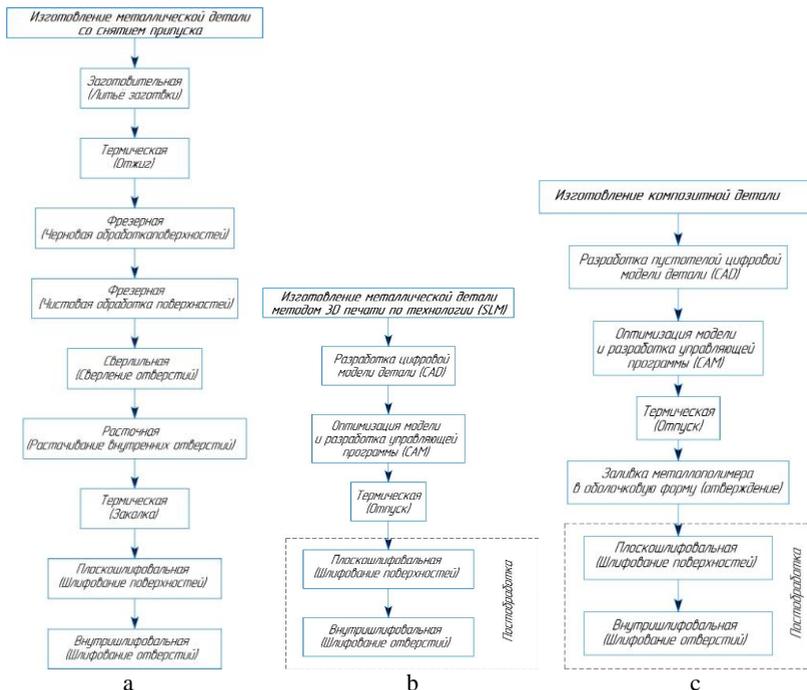


Рис. 4 Схема технологического процесса изготовления рычага из металла со снятием припуска; b - Схема технологического процесса изготовления рычага из металла методом 3D печати (SLM); c - Схема технологического процесса изготовления композитного рычага

Технологический процесс представленный на рис.4b представляет изготовление детали «рычаг» из металла методом 3D печати (SLM). Метод 3D печати (SLM) не требует наличия большого парка станков для изготовления геометрически сложных деталей, хотя требует термической обработки готового изделия и финишной обработки

рабочих поверхностей. Это позволяет придать им заданную шероховатость поверхности и размерную точность. Такой метод позволяет добиться большой экономии в фонде оплаты труда, так как процесс 3D печати является автоматическим и не требует особого внимания от оператора станка. На первый взгляд кажется, что этот метод изготовления более эффективен чем метод механической обработки, но это не так. На сегодняшний день технология 3D печати металлом остается недоступной для серийного изготовления изделий, так как само оборудование и материал для 3D печати имеют значительную стоимость. Далее будут приведены данные о стоимости 3D печати металлом из различных источников и проведено более детальное сравнение с технологией механической обработки (рисунок 4а) и технологией изготовления композитной детали (рисунок 4с).

На (рисунке 4с) показана схема технологического процесса изготовления композитного рычага. Данная технология разрабатывается в настоящее время. Технология изготовления композитных деталей, как было отмечено выше, представляет собой изготовление пустотелой металлической оболочки на 3D принтере с последующим заполнением её металлополимером. Очевидно, что изготовление только тонкостенной оболочки, а не полнотелой, позволит при 3D печати добиться значительной экономии расхода материала и времени изготовления, о чем будет указано ниже. При этом для обеспечения прочности изделия пустоты предлагается заполнить дешёвым, но прочным металлополимером. Таким образом будет получена композитная деталь, состоящая из металлической оболочки и металлополимерного наполнителя. Гипотетически эта технология позволит сохранить преимущества 3D печати металлом, но при этом достичь экономии затрат, связанных с объёмом 3D печати, за счёт замены внутреннего объёма детали металлополимером.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lubimyi, N.; Annenko, D.; Chepchurov, M.; Kostoev, Z. The research of the temperature effect on a metal polymer during flat grinding of a combined metal polymer part // Australian Journal of Mechanical Engineering, 2020, NO. C. 1-11. doi:10.1080/14484846.2020.1786654.

2. Lubimyi, N.S.; Polshin, A.A.; Gerasimov, M.D.; Tikhonov, A.A.; Antsiferov, S.I.; Chetverikov, B.S.; Ryazantsev, V.G.; Brazhnik, J.; Ridvanov, I. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // Polymers (Basel), 2022, T. 14. N 2. C. 2-18 <https://doi.org/10.3390/polym14020352>

3. Технология машиностроения: учеб. для вузов: в 2 т. Т.1: Основы технологии машиностроения / под общ. ред. А. М. Дальского. 2-е изд., стер. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э.Баумана, 2001. 562 С.

4. Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин Т. III-3 / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др. М. Машиностроение, 2000. 839 С.

5. Buchanan C., Gardner L. Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges. Eng. Struct. 2019. Vol. 180. Pp. 332–348. doi: 10.1016/j.engstruct.2018.11.045

6. Tian C., Li X., Li H., Guo G., Wang L., Rong Y. The effect of porosity on the mechanical property of metal-bonded diamond grinding wheel fabricated by selective laser melting (SLM). Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 743. Pp. 697–706. doi: 10.1016/j.msea.2018.11.138.

7. Wang H.-Y., Lo Y.-L., Tran H.-C., Raza M.M., Le T.-N. Systematic approach for reducing micro-crack formation in Inconel 713LC components fabricated by laser powder bed fusion. Rapid Prototyp. J. 2021. Vol. 27. Pp. 1548–1561. doi:10.1108/RPJ-11-2020-0282.

УДК 69.002.5

Проценко А.М., Бабуков В.А.

*Научный руководитель: Севостьянов М.В., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

ПЕРЕРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ

Проблема утилизации бетонных и железобетонных конструкций остро стоит во всем мире. По данным международных организаций в странах ЕС, США и Японии ежегодный объем только бетонного лома составляет более 360 млн. т. Начиная с 70-х г.г. во многих странах ведутся широкомасштабные исследования в области переработки бетонных и железобетонных отходов, изучения технико-экономических, социальных и экологических аспектов использования получаемых вторичных продуктов [1].

При сносе панельных домов, при производстве строительномонтажных и сопутствующих работ образуется большое количество строительных отходов, большая часть которых вывозится на полигоны и свалки, в том числе, несанкционированные, что отрицательно сказывается на экологии.

В то же время, отходы строительного производства представляют собой вторичное сырье, использование которого после переработки на вторичный щебень и песчано-гравийную смесь может снизить затраты при строительстве объектов и позволяет уменьшить нагрузку на городские полигоны, исключить образование несанкционированных свалок.

Вторичный щебень из лома сносимых построек оказывается значительно дешевле природного, так как энергозатраты на его производство в 8 раз меньше, а себестоимость бетона с ним снижается на 25 %. Таким образом, переработка строительных отходов, создание системы рециклинга становится перспективным высококорентабельным производством, решающим важнейшую экологическую и экономическую задачу [2-5].

Технология получения вторичного щебня представлена на (рисунке 1). При ее внедрении происходит рациональное использование невосполнимых природных ресурсов.

Технология необходима при работе с крупногабаритными отходами, которые образуются при демонтаже складских помещений, цехов и подобных сооружений, и зданий. Рециклингом строительных отходов можно назвать вторичную переработку бетона, кирпича и железобетона. Результатом этого процесса являются материалы: щебень, песок, металл.

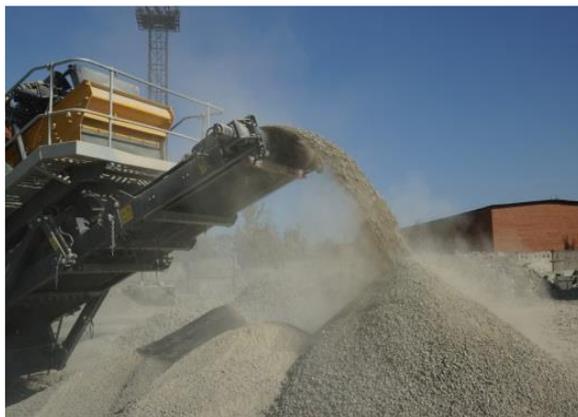


Рис.1 Переработка бетона и железобетона

Процесс дробления и сортировки представляет собой целый комплекс технологических операций. Он состоит из: приема исходного материала, предварительной подготовки для переработки,

предварительной сортировки с отбором мелкой фракции и удаление ее из технологического процесса, процесс дробления, транспортирование на участок складирования (при необходимости, на последующее грохочение с извлечением металлических включений). Дробильно-сортировочные комплексы вообще и для переработки строительных отходов в частности могут быть выполнены как в виде стационарных технологических линий, так и в виде мобильных или транспортируемых агрегатов на едином шасси. Переработка различных видов строительных отходов подразумевает внесение корректив в готовую схему технологической линии для переработки отходов [4, 5].

На схеме, изображённой на (рисунке 2), используется навесное дробильно-сортировочное оборудование. Технологический процесс рециклинга бетонных изделий заключается в поэтапном выполнении следующих действий [6]:

1) Изначально производится осмотр предназначенного для утилизации материала и распределение элементов по структуре, крупности и прочим факторам, влияющих на его дальнейшую переработку.

2) Предварительно необходимо крупные фрагменты бетона раздробить до подходящих размеров, по возможности, удалить железные включения (арматура и т.д.) Для этого используются гидрожницы 2 с усилием на дробление 126 т.

3) Далее следует замена навесного оборудования с гидрожниц 2 на дробящий ковш 3. Дробящий ковш, установленный на экскаватор 1, производит набор частично измельченного бетона, далее в камере измельчения резцы, установленные на ротор, измельчают сырьё. Регулировка зазора между ударной стойкой и стойки ротора может изменить размер выходного и форму материала. Мощность дробящего ковша 265 кВт.

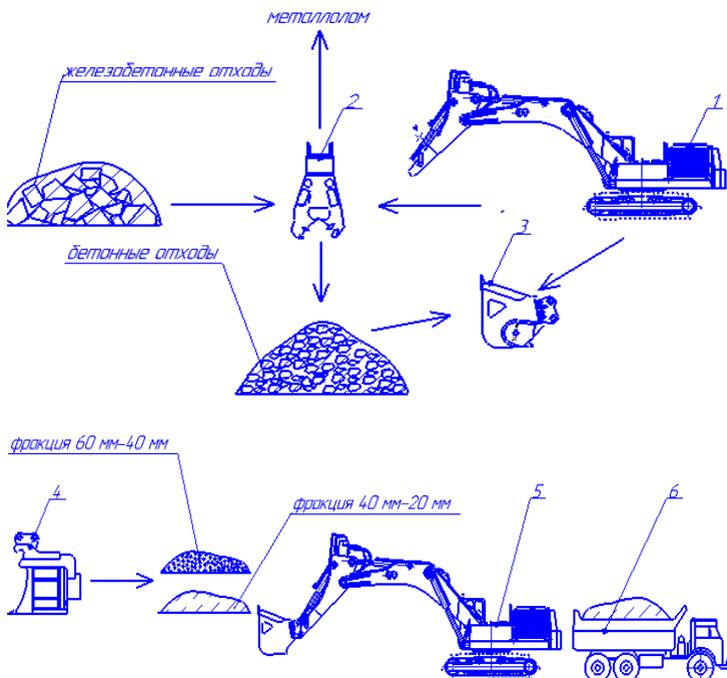


Рис. 2 Мобильная дробильно-сортировочная фабрика с использованием навесного ковшевого оборудования: 1- гидравлические ножницы; 2- эксковатор; 3- дробильный ковш; 4-ковш сортировочный; 5-экскаватор с прямой лопатой; 6-самосвал

4) Измельченный материал требует дальнейшей классификации. Для этого используется сортировочный ковш 4, который устанавливается за место дробящего ковша 3. Сортировка происходит за счет ротационного движения металлической корзины. Регулируемые лезвия могут быть заменены в зависимости от применения. Размер получаемой фракции определяется размером ячеек сетки корзины. На выходе материал разделяется на 2 фракции: щебень крупностью 60-40 мм, и 40-20 мм. Частота вращения барабана, $n = 24-32$ об/мин.

5) После разделения на фракции, материал при помощи экскаватора 5 погружается в самосвал 6, для дальнейшей транспортировки на место применения вторичного сырья [7].

Таким образом, при выборе того или иного типа оборудования необходимо учитывать ряд факторов, главными из которых являются: размеры и количество, необходимая степень измельчения и конечный

размер дробленого материала и др. Иногда отходы предварительно режут на более мелкие куски, при помощи навесного оборудования с последующим удалением железных включений, которые далее измельчают и классифицируют на стандартном оборудовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амирханова Н.А., Беляева Л.С., Невьянцева Р.Р. Проблема утилизации твердых отходов в практикуме по экологии // Наука - образование - производство в решении экологических проблем

2. Гуцин А. И., Косян Г. А., Артамонов В. А., Козин А. Ю., Кушка В. Н. «Реальность производства щебня по форме зерна». // «Строительные материалы», № 2, 2002 г., стр. 4-5.

3. Книгина Г. И., Тацки О.Н., Кучерова Э. А. Современные физико-химические методы исследования строительных материалов. - Новосибирск, 1981. - 82 с.

4. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. Справочник. - М.: ИАСВ, 2004. - 245 с

5. Вайсберг Л. А., Зарогатский Л. П. «Новое поколение щековых и конусных дробилок». // «Строительные и дорожные машины», № 7, 2000 г., стр. 16-21.

6. Баловнев В.И., Кустарев Г.В., Локшин Е.С. и др. Дорожно-строительные машины и комплексы. Москва-Омск. Изд. СиБАДИ, 2001. – 526 с.

7. Шкарпеткин Е.А., Шаталов А.В. Средства малой механизации. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017 – 124 с.

УДК 504

Проценко А.М., Пирожков А.В.

Научный руководитель: Бережной О.Л., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Одним из самых востребованных полимеров является полиэтилен (до 38% потребления). Полиэтилен применяется во многих отраслях: в строительной – 25%, автомобилестроении – 10%, электротехники – 8%.

Данный материал за короткое время использования захороняется на полигонах, что негативно влияет на окружающую среду [1-2].

В настоящее время применение строительных материалов на основе полиэтилена ограничено. Сырье для строительных материалов (гранулы ПЭТ, кремнезем или армирующие волокнистые и поверхностно-активирующие полидисперсные материалы) достаточно дорогое, а способ получения трудоемкий и энергозатратный. Данные материалы широко используются при транспортном строительстве сооружений (элементов различных ограждений, железнодорожных шпал и т.д.) [3].

Для приготовления композиционных смесей в качестве связующего использовали вторичный полиэтилен (измельченная использованная полиэтиленовая тара), в качестве армирующей добавки – измельченные уплотненные и высушенные пищевые отходы, а в качестве поверхностно-активирующего компонента – переработанные целлюлозно-бумажные отходы (рисунок 1).



Рис. 1 Вторичное сырье из бытовых отходов: а) - измельченный вторичный полиэтилен; б) - обработанные пищевые отходы; в) - измельченные и гранулированные целлюлозно-бумажные отходы.

Композиционная смесь всех компонентов гомогенизируется, нагреваясь до температуры, превышающей температуру плавления вторичного полиэтилена, и формуется методом свободного литья на воздушную прослойку [4, 5]. Данный метод формования позволяет исключить контакт обладающего высокими адгезионными свойствами полуфабриката с рабочими поверхностями технологического оборудования, а, следовательно, не применять меры борьбы с налипанием, что снижает затраты на производство и приводит к улучшению поверхностных свойств готовых изделий (рисунок 2).

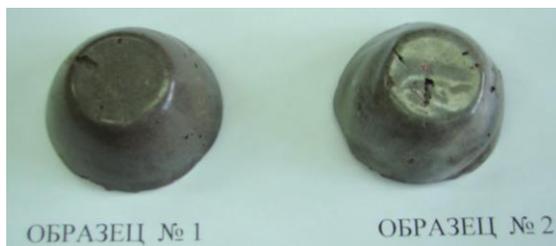


Рис. 2 Образцы композиционных материалов из переработанных бытовых отходов.

Для реализации бесконтактного способа отливки, формования и охлаждения композиционного материала была предложена принципиально новая конструкция пневмоячейки [6,7].

Пневмоячейка изображенная на (рисунке 3) представляет собой пневматическую камеру 2, образованную стенками корпуса 1 и рабочей поверхностью пневмоячейки, состоящей из двух пористых или перфорированных пластин 3 и 4, одна из которых жестко закреплена в корпусе 1, а вторая - подвижна в вертикальной плоскости, между ними засыпаны сферические зерна из упругого материала 5. Давление в камере поддерживается с помощью перепускного клапана 6, настроенного на давление при максимальном расходе воздуха в питающем в питающем тракте.

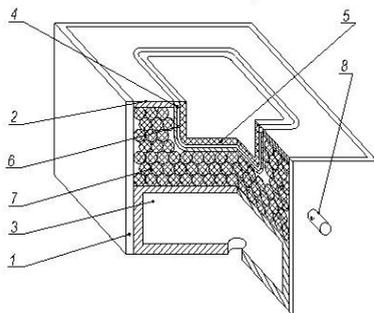


Рис. 3 Пневмоячейка для бесконтактного формования композиционного материала: 1 – корпус; 2 – пластина из сплошного материала; 3 – пневмокамера; 4 – перфорированная перегородка; 5 – пористая ячейка; 6 – зазор; 7 – зерна из упругого материала; 8 – перепускной клапан

Принцип действия пневмоячейки основан на регулировании расхода воздуха при изменении количества пор зернистого слоя за счет перемещения

одной из пластин.

Пневмокамера работает следующим образом. Сжатый воздух, поступая в пневматическую камеру 1 и проходя через рабочую поверхность, образует прослойку, на которой необходимо удержать композиционный материал, при этом устанавливается пленочное течение сплошной среды.

Расход воздуха и интенсивность теплообмена регулируется путём сжатия пластин. Воздух одновременно охлаждает материал до застывания, после чего отформованные изделия выгружаются и поступают на следующий этап технологического процесса.

Результатом представленной технологии является производство изделий из композиционных смесей с различными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами, используемые при строительстве дорожных ограждений, парапетов, для гражданского и промышленного строительства, дизайна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пантюхов П. В. Композиционные материалы на основе полиэтилена и лигноцеллюлозных наполнителей. Структура и свойства / Монахова Т. В., Попов А. А., Русанова С. Н. // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnye-materialy-na-osnove-polietilena-i-lignotsellyuloznyh-napolniteley-struktura-i-svoystva> (дата обращения: 13.05.2022).

2. Ким С. / Рынок полимеров Северной Америки // The Chemical Journal. 2010. № 8. С. 54-57.

3. Ершова О. В. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы / С. К. Ивановский, Л. В. Чупрова, А. Н. Бахаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-1. – С. 14-18. – EDN TNZJZD.

4. Константиnescу В.Н. Газовая смазка [Текст] / В. Н. Константиnescу. - М.: Машиностроение, 1968. - 720 с.

5. Носов О. А. Автоматизированный технологический комплекс для мелкосерийного производства элементов транспортных сооружений из органоминерального полимербетона / О. А. Носов О. Л. Бережной, А. В. Проскурин, Ю. В. Гиммельфарб // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докладов Междунар. науч. - практ. конф. – Белгород: Изд – во БГТУ, 2013. – Т. II. - С. 154-160.

6. Патент №2248274 Россия, В 28 В 15/00 Устройство для мелкосерийного производства строительного декора/ В. В. Шитов, Д. С.

Щербаков, Д. В. Чаплин, О. А. Носов. (Россия) – Заяв. 11.11.2003.;
Опублик. 20.03.2005., Бюл. №8.

7. Патент №2268221 Россия, В65G 51/00 /Устройство для
удержания и транспортирования легкодеформируемых тел на несущей
газовой прослойке/ Чертов Е.Д., Щербаков Д.С., Носов О.А., Климова
С.О. (Россия) – Заяв. 26.07.2004.; Опублик. 20.01.2006., Бюл. №02.

УДК 621.926.47

Проценко А.М., Пирожков А.В.

Научный руководитель: Бережной О.Л., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ МАСС ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

При приготовлении композиционных материалов зачастую необходимо перемешивать компоненты с сильно различающимися физико-механическими свойствами. Как правило, в качестве связующего используют расплавы какого-либо полимера. При этом температура воспламенения, армирующего или поверхностно активирующего компонентов может быть много меньше температуры плавления связующего. В таких случаях для перемешивания используют высокотемпературные вакуум – смесители.

В процессе получения композиционных материалов часто приходится решать целый ряд технических задач, связанных с перемешиванием компонентов обладающих повышенной плотностью. Необходимо получить максимально однородные смеси при высокой производительности машины и низких энергозатратах при обеспечении долговечности оборудования, обусловленной высокой механической прочностью основных элементов. При этом зачастую приходится получать смеси с очень высокой плотностью (свыше 1600 кг/м^3). В таких условиях резко возрастает нагрузка на рабочий орган и стенки корпуса смесителя. Как правило, в таких случаях используются литые шнеки и усиленные корпуса, но даже эти меры не гарантируют достаточных прочности и жесткости конструкции [1, 2, 3, 4, 5].

Предлагается оригинальная конструкция смешивающего устройства, выполненного в форме усеченной пирамиды с повернутыми относительно друг друга основаниями A_0, B_0, C_0, D_0 и B^1b, C^1c, D^1d, A^1a вокруг центральной оси OO (рисунок 1).

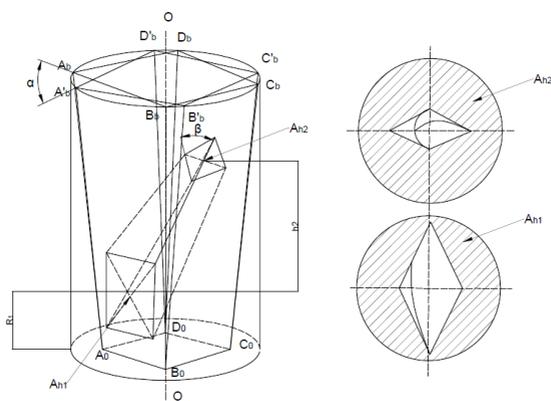


Рис. 1 Смешивающего устройства повышенной прочности

Во внутреннем объеме пирамиды выполнен закручивающийся вокруг собственной спиралеобразной центральной оси прямоугольный канал с переменной площадью сечения. Подаваемые в нижнюю часть цилиндрического корпуса компоненты смеси захватываются углами граней пирамиды, подобно перу шнека с чрезвычайно малым углом подъема винта и параллельно, с подпрессовыванием в сужающемся пристенном канале сложной формы, подаются в верхнюю часть корпуса, а далее устремляются во внутренний канал, где релаксируют и готовятся к следующему циклу перемешивания. При этом в каждом горизонтальном сечении площади зазора между внешними стенками и поперечного сечения канала равны. Сжимаемость смеси оказывает решающее значение на качество работы оборудования.

Следует отметить, что монолит такой сложной формы весьма сложен в изготовлении и на сегодняшний день единственным способом получения подобных изделий является печать на 3D принтерах с использованием оригинальных технологий объемного моделирования.

Автоматизированное проектирование в настоящее время становится неотъемлемой частью процесса создания все большего числа окружающих нас технических объектов. Постоянное совершенствование CAD систем способствует дальнейшему прогрессу в сфере проектирования и разработки. Принципиально новое оборудование теперь может быть создано значительно быстрее, чем когда-либо ранее.

Ниже представлен один из подходов к разработке подобных моделей. В программном обеспечении Autodesk Inventor была создана 3D модель смешивающего устройства (рисунок 2) [6-7].

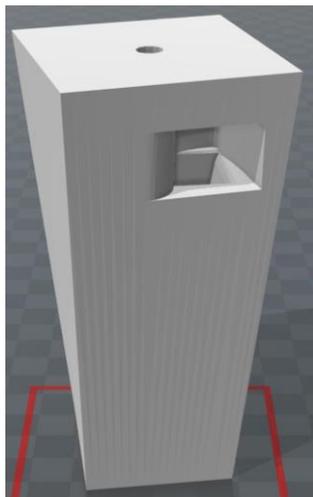


Рис. 2 Объемная модель смешивающего устройства

Благодаря этому программному обеспечению можно визуально представить модель и провести все необходимые прочностные и параметрические расчеты.

Процесс моделирования начинается с создания трехмерной модели верхнего и нижнего основания пирамиды. После создания эскизов оснований выполняется выдавливание для создания объемной модели. Следующим этапом трехмерного проектирования является создание спирального канала. Когда готовы обе детали выполняется их соединение в единую сборку. Конечная модель Смешивающего устройства представлена на рис. 2.

Такой месильный орган может быть использован для перемешивания любых строительных, пищевых и прочих материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов, О. А., Бережной О. Л., Варданын Г. Р., Ткаченко Е. С. Комплексная программа экологической безопасности / Энерго – и ресурсосберегающие экологически чистые химико – технологические

процессы защиты окружающей среды Ч. III: сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С 197-201.

2. Носов, О. А., Бережной О. Л., Варданян Г. Р. Композиционные строительные материалы на основе вторичного полиэтилена / Энерго – и ресурсосберегающие экологически чистые химико – технологические процессы защиты окружающей среды Ч. III: сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С 201 - 205.

3. Романович А.А., Ильина Т.Н., Солопов Н.В., Варданян Г.Р. Технологический комплекс для утилизации техногенных волокнистых материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. №11. - С. 203-205.

4. Севостьянов В. С., Носов, О. А., Бережной О. Л., Варданян Г. Р. Программа «Белый город - экогород» / Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: сб. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – С 156-161.

5. Севостьянов В. С., Носов, О. А., Варданян Г. Р., Бережной О. Л., Техника и технология измельчения вторичного полимерного сырья / Энерго – и ресурсосберегающие экологически чистые химико – технологические процессы защиты окружающей среды Ч. III: сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С 247 - 250.

6. Лысенко, Ю.В. САПР РЭС. Часть 2: СИСТЕМЫ MCAD: учебное пособие по лабораторным работам / Ю.В. Лысенко, П.В. Суворов, Д.М. Шарапова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 57 с.

7. Петракова Е.А., Власов А.С., Федоров Д.Ю. Параметрическое моделирование твердотельных конструкций в Autodesk Inventor // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2017. № 2. С.35-42.

УДК 626.862

Рогозина Ю.В., Симонян А.А., Лагутин Р.В.

Научный руководитель: Погромский А.С., ст. преп.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия***

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Дренаж — это система подземных каналов, называемых «дренами», посредством которых осуществляется отвод от

строительных сооружений грунтовой воды и понижение ее уровня, а также осушение земель.

Закрытый дренаж – это система водоприемных траншей, оснащенных дренажными материалами или трубопроводом, направляющая воду к местам водосброса. Он еще называется глубинный или засыпной, траншеи после обустройства засыпаются грунтом. Такой способ используется на небольших участках, где невозможно сделать открытый дренаж.

Данная система дренажа намного сложнее по конструкции, нежели открытый дренаж. Здесь необходимо задействовать дренажные трубы, которые проходят под землей. В них обязательно должны быть специальные отверстия, чтобы дренажная система функционировала правильно.

Материалы для строительства дренажа можно разделить на несколько категорий:

– Трубы.

В водоотводной системе трубы являются одним из основных элементов, они выполняют функцию сбора и транспортировки излишка воды. Для комплектации дренажного трубопровода подходят трубы из следующих материалов: керамика, асбестоцемент, металл, пластик.

– Смотровые колодцы.

Дренаж участка предусматривает обязательное включение смотровых колодцев в общую систему водоотведения. Их назначение - ревизия и контроль оборудования, доступ к элементам системы для текущего ремонта. Смотровые колодцы устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга, в местах изгибов трубопровода или в расчетных точках проекта.

Существуют готовые пластиковые конструкции, пригодные для встраивания в проекты разной сложности.

Готовые колодцы состоят из 3 элементов: вертикальная труба большого диаметра, дно с отверстиями для входа-выхода труб, пластиковая или чугунная крышка.

– Сыпучие материалы.

Дренаж участка предусматривает закладку различных обсыпок при прокладке трубопровода. Сыпучий материал должен обволакивать трубу и поглощать избыточную влагу. В зависимости от типа почвы для обсыпки рекомендуется использовать: щебень, гравий, песок.

Обсыпка может быть одно- или двухслойной. Каждый дренирующий слой должен быть не менее 15 см толщиной. Рекомендуется использовать гранитный щебень фракцией 2-4 мм, так как щебень из доломита недолговечен и со временем разрушается в

земле. Если участок расположен на песчаной почве с диаметром частиц от 0,4 мм и более, специалисты рекомендуют закладывать однослойную обсыпку из гравия или щебня. На почве с мелким песком менее 0,4 мм устраивается двухслойная обсыпка, при этом внутренний слой должен состоять из щебня, а внешний — из песка.

– Геотекстиль.

Геотекстиль сегодня стал необходимым элементом дренажных систем. В него заворачивают трубы перед укладкой, так как водопримные отверстия, сделанные в них для дополнительного поглощения воды из грунта, со временем забиваются глиной или илом. Свойства геотекстиля позволяют фильтровать поступающую воду от частиц и взвеси, вследствие чего срок эксплуатации трубопровода значительно увеличивается. Можно выделить 3 разновидности геотекстиля: нетканый иглопробивной, термоскрепленный, тканый.

– Бетонные изделия.

При строительстве линейных водоотводов поверхностной системы дренирования водоотводные желоба часто сооружаются из специальных бетонных лотков. На рынке стройматериалов представлены ж/б лотки с разнообразными параметрами. Изделия могут иметь разную форму, размеры и прочие технические характеристики. Некоторые виды лотков укомплектованы декоративной пластиковой или чугунной решеткой, препятствующей проникновению крупного мусора в водоотводные желоба [1].

Перед проектированием системы нужно определить угол уклона поверхности участка, чтобы сделать отвод лишней воды максимально естественным. Закрытый дренаж можно сделать тремя способами: с насыпным дренажом, дренажными трубами и дренажными матами.

Первый способ. Простой, но эффективный метод устройства закрытого дренажа производится поэтапно.

На территории участка нужно установить самую низкую точку, где будет установлен сливной колодец.

По направлению к колодцу в местах скопления воды выкапываются траншеи глубиной около метра.

По всей длине траншеи на дно укладывается слой геотекстиля, он послужит фильтром.

Засыпается слой щебня, битого кирпича или гравия. Сверху засыпается песок и утрамбовывается.

Сверху траншея закрывается дерном, а при желании можно создать растительную композицию.

Недостаток закрытого дренажа в том, что он часто засоряется и для очистки необходимо вскрывать траншею [2].

Второй способ более затратный, но он более долговечный и надежный. Обустройство данного типа дренажной системы требует четкой последовательности:

Сначала составляется проект, согласно которому на участке определяются самые водянистые места.

В самой низменной точке устанавливается место нахождения дренажного колодца, водоема или иное место водосброса.

По направлению естественного уклона поверхности участка намечаются линии траншей, чтобы вода уходила самотеком. Уклон должен быть 70 мм на метр.

Сначала выкапывается центральная канава, затем на расстоянии 3-4 метра делаются боковые ветви, которые соединяются с главной. Глубина канав должна составлять не менее 30 см.

Если в траншеях не застаивается вода, значит все сделано правильно, можно приступать к их обустройству.

На дно засыпается щебень и выравнивается с соблюдением уклона.

Укладываются перфорированные гофрированные трубы диаметром 60-100 мм отверстиями вниз. Имеются трубы, обернутые нетканым полотном – геотекстилем, который будет играть роль фильтра.

Трубопровод засыпается слоем мелкого щебня или песка толщиной 15-20 см.

В местах изгиба труб устанавливаются смотровые колодцы.

Все свободные пространства в траншеях засыпаются щебнем, затем грунтом [2].

Третий способ приобрел популярность не так давно. Современные технологии позволяют заменить дренажный наполнитель на более эффективный и технологичный. Синтетические дренажные маты представляют собой объемную пластиковую сетку, закрепленную на геотекстиль. С этим легким геокомпозитным материалом очень просто монтировать водоотводную систему. Сетка отлично проводит грунтовую воду, а наружный и внутренний слои нетканого полотна фильтруют ее. Главным преимуществом материала является устойчивость к заиливанию. Дренажные маты можно использовать на больших территориях.

Чтобы автомобильная дорога была надежно защищена от подтопления грунтовыми и талыми водами, склоны водоотводных канав должны быть укреплены. Перед тем, как приступить к процессу, необходимо выбрать способ укрепления, который во многом зависит от угла наклона стенок канавы. Так, например, если он менее 8 градусов,

то укрепление будет нецелесообразным, достаточно просто посева трав и высадка растений.

Если крутизна склонов колеблется от 8 до 15 градусов, то они укрепляются геоматами или сетками, выполненными из ПНД. Водоотводные каналы с углом наклона стенок более 15 градусов обязательно укрепляются теми способами, которые подразумевают внутреннее армирование — с применением габионов и георешеток [2].

Рассмотрим несколько вариантов, как может быть укреплен дренажная канава вдоль дорог.

1) Геосетка. Выпускается данный материал из полимерных материалов, которые пропитываются специальными составами для придания изделию максимальной прочности и долговечности. Корни растений, проникая сквозь ячейки, образуют дерновой слой, фиксирующий земляной покров и, укрепляя откосы.

2) Противоэрозионные геоматы. Данный продукт для укрепления стенок дренажных канав выполнен в виде структуры из трех слоев полипропиленовых решеток, внешне напоминающую мочалку. Дает возможность закреплять почву и не мешать растениям. Корни растительности со временем оплетают решетки и делают структуру более прочной.

3) Габионы. Достаточно часто автомобильная дорога, вернее склоны дренажной системы укрепляются при помощи габионов. Это каркас из металлической сетки, который заполняется камнями или галькой. Данный способ хорошо предохраняет склоны канав от осыпания, исключает гидрологические нагрузки на откосы, не допускает вынос грунта. К тому же габионы положительно влияют на экосистему, а эффективность конструкции со временем только усиливается.

4) Объемная георешетка. Представляет собой геосинтетическое покрытие в виде объемной конструкции с одинаковыми ячейками. Перед укладкой георешетки, дренажная канава, вернее ее склоны, выравниваются, им придается нужная форма, грунт уплотняется. Только потом укладывается георешетка по направлению сверху вниз. От правильности растягивания изделия и его фиксации будет зависеть продолжительность и эффективность эксплуатации конструкции [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд: Введ. с 01.01.2001.

2. Горшкова, Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог: учеб. Пособие / Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 317 с.

3. Ярмолинский, А.И. Использование геосинтетических материалов для улучшения водно-теплового режима автомобильных дорог / А.И. Ярмолинский, В.В. Лопашук, А.В. Лопашук, В.С. Светенюк // Международный сборник научных трудов под редакцией А. И. Ярмолинского. Хабаровск, - 2013. - С. 87-92.

УДК 624.21

Рогозина Ю.В., Симонян А.А.

Научный руководитель: Погромский А.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДМОСТОВЫХ РУСЕЛ ПРОТИВ РАЗМЫВА

Местный размыв – это местное понижение уровня русла реки, которое происходит вокруг конструкций. Местный размыв для мостовых опор является наиболее опасным, так как он развивается у передней грани и у передней части боков опоры, а также может привести к потере устойчивости. В большинстве случаев подмытые опоры обрушаются выше по течению, увлекая за собой пролетные конструкции. Значительный размыв может охватывать как переднюю грань опоры, так и всю площадь опоры моста.

Одним из неизбежных и наиболее опасных видов деформаций русел на мостовых переходах, который угрожает устойчивости опор мостов, является общий размыв, который развивается в результате стеснения паводкового потока непереливаемыми подходами к мосту. Расчет общего размыва представляет собой одну из самых важных частей проектов мостовых переходов по установлению глубин заложения фундаментов опор мостов [1].

Местные размывы являются результатом локального нарушения гидравлической структуры набегающего на препятствия потока, к ним относятся опоры, траверсы, струенаправляющие дамбы и т.д. Местный размыв наиболее опасен для опор мостов. Развиваясь у передних граней опор, данный размыв может привести к потере их устойчивости [2].

Именно по этой причине подмытая опора всегда падает вверх по течению. При значительных местных размывах локальными

понижениями могут охватываться не только передняя грань опоры, но и площади у всей опоры.

Повышение устойчивости подмостовых русел от местного размыва должна вестись в направлении не полной его ликвидации, что в большинстве случаев нецелесообразно и трудновыполнимо, а экономически обоснованного сокращения размыва, который исключал бы подмыв сооружения. При оценке необходимости защиты откосов от продольного течения и мощности укрепления определяющим фактором является скорость потока у моста.

Поток, набегающий с некоторой скоростью на опору, тормозится, при этом кинетическая энергия его уменьшается, а потенциальная, выражающаяся в местном поднятии уровня перед опорой, возрастает [3].

Потенциальная энергия, в свою очередь, реализуется в кинетическую энергию нисходящих струй (рис.1), которые, достигая дна, способны размывать его, вызывая появление воронкообразного углубления.

Другой причиной общего размыва является местное сжатие струй, обтекающих препятствие. Для препятствий относительно широких эта причина является основной (например, обтекание голов регуляционных сооружений).

Как показывает практика, скорость обтекания опоры потоком примерно в 2 раза превосходит скорость его набегания. В связи с этим местные размывы у сооружения развиваются даже в тех случаях, когда собственная скорость потока меньше, чем непередвигающая для частиц грунта, слагающих его дно.

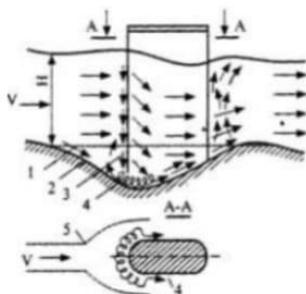


Рис.1. Схема обтекания опоры моста потоком:

- 1 - дно до размыва (пунктир); 2 - откос воронки; 3 - нисходящие струи; 4 - донные вихревые вальцы; 5 - струи, обтекающие опору.

Приблизительная глубина воронки местного размыва определяется гидравлическими параметрами потока - глубиной и скоростью набегания, а также формой, размерами препятствия и свойствами размываемого грунта. Большое влияние на размер воронки местного размыва оказывает количество наносов, поступающих в воронку. При этом местный размыв достигает особенно больших значений, когда формирующие русло наносы в воронку по каким-либо причинам не поступают [4].

Известно сравнительно простое уравнение для расчета предельного общего размыва:

$$h_{рм} = h_{рб} \left(\frac{Q_{рм}}{Q_{рб}} \right)^{8/9} \left(\frac{B_{рб}}{B_{рм}} \right)^{2/3}, \quad (1)$$

где $h_{рм}$ — глубина в русле под мостом до размыва; $Q_{рб}$, $Q_{рм}$ — русловой бытовой расход и расход в русле под мостом; $B_{рб}$, $B_{рм}$ — бытовая ширина русла и ширина русла под мостом.

Формула (1), применяемая для расчета пика паводка, дает значение предельного размыва в предположении, что времени стояния наивысшего уровня воды практически достаточно для стабилизации размыва. Однако, для того чтобы, размыв достиг своего предельного значения, в русле на весомом удалении вверх от оси моста должны быть вымыты большие объемы грунта, для чего необходимо определенное время. В реальных условиях, когда время стояния наивысшего уровня расчетного паводка весьма ограничено и составляет приблизительно от нескольких часов до нескольких дней, его оказывается недостаточно для завершения предельного размыва, а фактические размывы часто существенно меньше предельных. Тем не менее, в ряде случаев проход расчетного паводка по размытому серией уже прошедших малых и больших паводков дну, может вызвать размывы, близкие к предельным [6].

При проектировании мостовых переходов через реки заглубление фундаментов опор предусматривают с учетом возможного смещения максимальной глубины русла под любую из опор, если у опоры нет ограничения размыва по геологическим условиям. При этом учитывают дополнительное углубление подмостовых русел за счет продольного перемещения наиболее глубокой части излучины под мост Δh и углубление за счет увеличения кривизны излучины.

Русла меандрирующих рек характеризуются не только некоторыми изменениями ширины русла относительно среднего ее значения в расчетных створах, но и извилистостью русла, не

повторяющего изгибы долины. Поэтому при детальном компьютерном расчете мостовых переходов через меандрирующие реки обычно учитывают не только переменную ширину русла, но и его извилистость.

При стеснении русла скорость в отверстии моста по сравнению с бытовой возрастает ($V > V_6$),

Где V - скорость в расчетном сечении подмостового русла;

V_6 - бытовая скорость.

С другой стороны, должно быть соблюдено условие $V < V_{\text{доп}}$,

Где $V_{\text{доп}}$ - допускаемая скорость для данного грунта или типа одежды канала, определяемая по нормам.

Если при этом задаться шириной отверстия моста, меньшей ширины водотока в бытовых условиях, то скорость в подмостовом русле возрастет и будет больше допускаемой. Неизбежно произойдет размыв русла, а, следовательно, подмыв опор и устоев моста. Поэтому при $V_{\text{доп}} < V_6$ устои моста должны быть установлены по урезу воды, так как стеснение русла не допускается. Для увеличения допускаемой скорости подмостовое русло укрепляют, и ведут расчет на эту скорость. Тип одежды подмостового русла подбирают так, что бы соблюдалось условие $V_{\text{доп}} > V_6$.

Таким образом, в отдельных случаях предельного размыва данная формула может давать результаты, приближенные к фактическим. Однако, на реках с большой шириной разлива и с относительно короткими паводками, а также на реках, несущих крупные наносы, фактические размывы нередко могут быть весьма далекими от предельных. Тогда использование формулы (1) создает ничем не подкрепленные завышенные запасы устойчивости сооружений.

Укрепление всего подмостового сечения может производиться железобетонными плитами и каменной наброской. Крупность камня в наброске в укрепленном подмостовом сечении рассчитывают из условия устойчивости камня по размывающей скорости. Для защиты самого укрепления от подмыва с верховой и низовой его стороны устраивают обычно рибсермы, крупность камня в которых должна назначаться не менее полученной путем расчета. При больших глубинах размыва или дефиците камня укрепление подмостовых сечений «фиксируют» шпунтовым ограждением или, с целью уменьшения длины шпунта, используют шпунтовое ограждение совместно с рибсермой из камня.

В случае свободного истечения на входном участке под мостом за расчетное принимают сечение с критической глубиной. Выбор допускаемой скорости по естественному грунту или принятому типу

укрепления под мостом дает возможность рассчитать основные характеристики [7].

Экономически нецелесообразно устраивать беспредельно длинные плоские укрепления отводящих русел за трубами и малыми мостами. В связи с этим, ограничиваются устройством коротких укреплений, которые заканчиваются погребенным предохранительным откосом с развивающимся размывом. Как правило, при этом прыжок сгоняется с укрепления в размыв. Впрочем, благодаря значительной глубине заложения предохранительного откоса, размыв оказывается отодвинутым на необходимое расстояние от водопропускного сооружения и откоса насыпи, а также является безопасным для укрепления.

Ежегодно весной в период прохождения паводковых вод дорожники для своевременного предупреждения возможных чрезвычайных ситуаций организуют мониторинг опасных участков. Специалисты приступают к расчистке подмостовых русел и водопропускных труб, на мостах устанавливают водомерные рейки для ежедневной проверки. Диспетчерской службой ведется круглосуточный мониторинг опасных участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стадник Р.А. Расчет местного размыва с использованием теории риска на основе нормального закона распределения / Р.А. Стадник // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2007. С. 146-150.

2. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. / В.В. Столяров. Саратов: СГТУ, 1994. Ч. 1. 184 с. Ч. 2. 232 с.

3. Журавлев М.М. Местный размыв у опор мостов / М.М. Журавлев. М.: Транспорт, 1984. - 113с.

4. Горшкова, Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог: учеб. Пособие / Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 317 с.

5. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы: Введ. с 20.05.2011.

6. Константинов Н.М. Примеры гидравлических расчетов / Н. М. Константинов, В.А. Александров, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий. М.: Транспорт, 1987. -С. 265-266.

7. Paulo J.S Cruz Q., Dan M. Bridge maintenance, Safety, Management, LifeCycle Performance and Cost. IABMAS, Portugal, 2006.

*Рогозина Ю.В., Симонян А.А., Стеценко Д.Б.
Научный руководитель: Погромский А.С., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ РАСЧЕТА МЕСТНЫХ РАЗМЫВОВ У ОПОР МОСТОВ

Местным размывом является местное понижение уровня русла реки, которое происходит вокруг конструкций. Местный размыв для мостовых опор является наиболее опасным, так как развиваясь у передней грани и у передней части боков опор он может привести к потере устойчивости. В большинстве случаев подмытые опоры обрушаются выше по течению, увлекая за собой пролетные конструкции. Значительный размыв может охватывать как переднюю грань опоры, так и всю площадь опоры моста [1].

Как показывают многочисленные наблюдения, скорость обтекания опоры потоком примерно в 2 раза превышает скорость его набегания, в связи с этим местные размывы у сооружения формируются даже в тех случаях, когда собственная скорость потока меньше, чем неподвижная для частиц грунта, составляющих его дно [2].

Расчет местного размыва совершается для следующих сооружений мостовых переходов:

- промежуточных опор мостов;
- береговых опор мостов, грани которых выступают из конуса;
- насыпей пойменных подходов и в долинах рек, в том числе на прижимных участках, когда часть откоса насыпи попадает в русло;
- струнаправляющих дамб и конусов мостов, регулирующих пойменный поток;
- сплошных незатопляемых поперечных регуляционных сооружений, отжимающих поток от пойменных насыпей или от берегов и насыпей на прижимных участках рек, а также затопляемых сооружений [3].

Расчет местного размыва предусматривается в двух случаях:

1 когда в воронку размыва беспрепятственно поступают наносы, влекаемые потоком;

2 когда поток не влечет наносов или какая-либо причина исключает их поступление в воронку размыва [8].

Для определения глубины местного размыва необходимы следующие данные:

- гидравлические характеристики стесненного и бытового потоков у сооружений и в отверстии моста;
- характеристики грунтов в пределах ожидаемого местного размыва;
- очертания и размеры сооружений;
- их положение относительно направления потока.

Исходные данные получают в результате топографических, гидрометрических и геологических работ, которые были выполнены на стадии изысканий, а также на основе лабораторных анализов и в процессе проектирования [4].

Имеется множество формул для расчета глубины местного размыва различных авторов, ниже приведем пример одной из разновидностей расчета.

Глубина местного размыва определяется по формулам:

- для несвязных грунтов:

$$h_b = 3,8k \times \left(\frac{V_{pm}^2}{g} \right)^{0,9} \times B_{оп}^{0,1} - 30d, \text{ м}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, характеризующий форму опоры; V_{pm} – средняя скорость течения в русле под мостом после завершения общего размыва; $B_{оп}$ – ширина опоры; d – средний диаметр частиц грунта, м;

- для связных грунтов

$$h_b = 3,8k \times \left(\frac{V_{pm}^2}{g} \right)^{0,9} \times B_{оп}^{0,1} - \frac{6 V_{неp}^2}{g}, \text{ м}. \quad (2)$$

Проход высоких паводков с малым промежутком времени между ними всегда приводит к обширным размывам. Особенно опасно, когда расчетный значительный паводок проходит после ряда достаточно высоких паводков многоводного периода речного стока. Для правильной оценки влияния паводков, предшествующих расчетному, стоит учитывать данные о фактическом развитии размывов под уже существующими мостами [6].

Из вышесказанного следует, что расчет размывов в русле под мостом заданной длины стоит начинать с установления возможного предела размыва. Предел рассчитывают достаточно просто - по уравнению

предельного баланса наносов, следующему непосредственно из равенства, считая, что, размыв заканчивается при наивысшем уровне расчетного паводка.

Пользуясь несложным расчетом предела размыва, можно достаточно просто назначить отверстие моста. Во время определения предела размыва от наибольшего паводка теряет насущность вопрос о выборе первоначальной формулы того или иного автора для определения расхода наносов, что делает этот расчет исключительно объективным. Кроме того, перестает иметь смысл и вопрос о расчетной формуле для определения длины участка размыва, так как эта длина в расчет по предельному балансу вовсе не входит. Из уравнения баланса наносов напрямую следует, что прекращению размыва отвечает скорость размыва, которая равна нулю, а, следовательно, и нулевой градиент расхода наносов вдоль размыва. Так как на участок размыва поступает строго определенный суммарный бытовой расход руслоформирующих наносов - донных и взвешенных, то после полного завершения размыва на пике паводка и под мостом будет проходить тот же расход наносов. Для определения измененных размеров размыва под мостом, по сравнению с бытовыми, достаточно составить и приравнять два выражения расхода наносов в бытовых условиях и под мостом после окончания размыва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стадник Р.А. Расчет местного размыва с использованием теории риска на основе нормального закона распределения / Р.А. Стадник // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2007. С. 146-150.

2. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. / В.В. Столяров. Саратов: СГТУ, 1994. Ч. 1. 184 с. Ч. 2. 232 с.

3. Журавлев М.М. Местный размыв у опор мостов / М.М. Журавлев. М.: Транспорт, 1984. - 113с.

4. Горшкова, Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог: учеб. Пособие / Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 317 с.

5. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы: Введ. с 20.05.2011.

6. Константинов Н.М. Примеры гидравлических расчетов / Н. М. Константинов, В.А. Александров, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий. М.: Транспорт, 1987. -С. 265-266.

7. Paulo J.S Cruz Q., Dan M. Bridge maintenance, Safety, Management, LifeCycle Performance and Cost. IABMAS, Portugal, 2006.

8. СП 32-102-95. Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов: Введ. С 01.04.1996.

УДК 621.926.88

Романович М.А., Духанин С.А.

Научный руководитель: Романович А.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАПЛАВКИ НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ УДАРНО-ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

В отрасли строительства широкое применение получили сухие строительные смеси, при этом расход строительных смесей за год на одного человека может достигать до 30 кг, как например в Германии или Финляндии [1].

Около 75 % от общего количества продаж строительных смесей приходится на крупные компании, которые занимаются строительством и ремонтом.

Для размолва материалов созданы различные конструкции вихревых мельниц, в которых материал измельчается под действием рабочих органов и турбулентных воздушных течений.

Представителем этого класса агрегатов является мельница РВМ-3000 Ижевского производственного предприятия ООО ПК «АДАМАНТ», предоставляющего, технологии для тонкого помола различных материалов в строительной, дорожной, химической, металлургической и пищевой областях промышленности, которая имеет следующие технические характеристики: производительность, в зависимости от перерабатываемого материала, 3 - 5 тонн в час, размер частиц исходного материала составляет не более 5 мм, при этом готового продукта доходит 100 мкм, скорость вращения ротора - 3000 мин⁻¹, а потребляемая мощность 90 кВт [2].

Конструкция роторно-вихревой мельницы РВМ-3000 имеет вертикальное расположение, двухроторный корпус с ременной передачей и двумя электродвигателями (рисунок 1.)

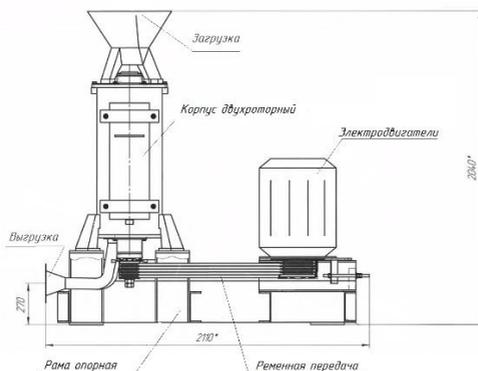


Рис. 1 Роторно-вихревая мельница

Одной из проблем при работе данных агрегатов является быстрый износ их рабочих органов – бил, который в зависимости от технологии производства на сегодня составляет 150-250 часов, исходя из этого многие промышленные компании, эффективно работают над созданием надежных конструкций рабочих органов, но при этом била, как правило, выполняются из износостойкого металла, и используются при относительно небольших скоростях вращения роторов и невысоких температурах, так как они обладают повышенной хрупкостью, а также имеют высокую стоимость.

Практическое использование мельниц ударно-вихревого действия показывает, что условия их эксплуатации оказывают существенное влияние на долговечность рабочих органов и скорость их износа, поэтому многие производители стараются разработать эффективные методы повышения долговечности рабочих органов мельниц, с учетом свойств измельчаемых сред.

Учеными БГТУ им. В.Г. Шухова предложен метод повышающий долговечность рабочих органов мельниц ударно-вихревого действия, который заключается в нанесении специальной сетки на их рабочую поверхность в виде прямоугольной ячейки, что способствует запрессовке в ячейку измельчаемого материала, и, следовательно, снижению скорости их износа, за счет отсутствия полного контакта с рабочей поверхностью [3...7].

Кроме того, этот метод позволяет снизить расход дорогостоящего материала, так как он наносится не сплошной наплавкой на рабочую поверхность бил, а в виде сетки. Применение такого метода наплавки позволяет защитить рабочую поверхность била от интенсивного износа за счет запрессовки измельчаемого материала в ячейках.

Однако стоит учитывать, что геометрические размеры ячейки имеют существенное значение для удержания в ней запрессованного материала.

Как правило, наплавочный материал выбирают исходя из способа нанесения и химического состава основного материала, учитывая при этом способ нанесения защитной сетки и свойства измельчаемого материала [8].

Для проведения экспериментальных испытаний были отобраны три стандартных образца бил мельницы ударно-вихревого действия, изготовленные из стали 45, представленные на (рисунке 2).

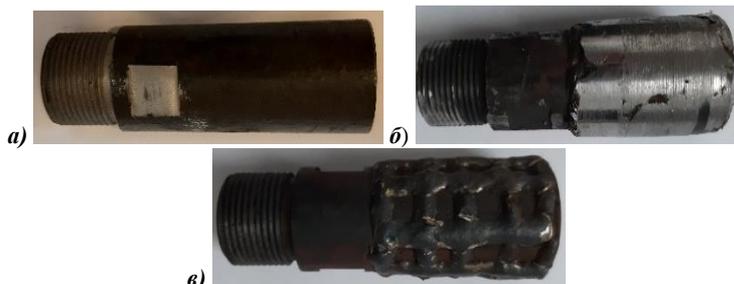


Рис. 2 Вид на била, применяемые для сравнительных испытаний:
а - традиционной конструкции; б - со сплошной наплавкой;
в – с наплавкой в виде ячеек.

В качестве износостойкого сплава для наплавки на рабочей поверхности ударных элементов мельницы был выбран сормайт. Твердость поверхностного слоя наплавки сормайтом равна 73-74 HRA или 48-50 HRC, а химический состав 25% хрома, 2,5% углерода, 3% кремния, 5% никеля, около 2% марганца.

На поверхности второго экспериментального образца нанесена сплошная наплавка рабочей поверхности износостойким материалом, а на поверхности третьего образца, соответственно, в виде сетки с ячейками, по методу ученых БГТУ.

По результатам исследований построена графическая зависимость, показывающая процент износа каждого образца от наработки в часах (рисунок 3).

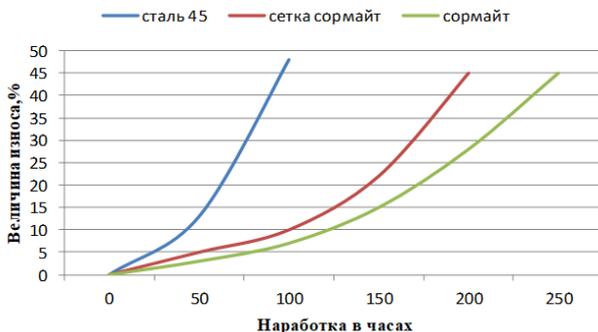


Рис.3 Влияние способа защиты поверхности на износостойкость бил

Анализ графической зависимости позволил установить, что наиболее быстрому износу из испытываемых образцов подвержено било, выполненное из стали 45, без упрочнения его рабочей поверхности, то есть без наплавки. Величина износа образцов, на рабочей поверхности которых нанесена сплошная наплавка или в виде сетки, гораздо меньше, по сравнению с первым образцом, при этом сплошная наплавка дает более высокий процент долговечности, но приводит к повышенному расходу дорогостоящих материалов, а, следовательно, нанесение сетки является наиболее целесообразным. Это подтвердило эффективность применения способа упрочнения бил, за счет нанесения на их рабочих поверхностях сетки с ячейками, выполненными из износостойкого материала [9].

Применение данного способа позволяет повысить долговечность и снизить себестоимость бил, за счет уменьшения количества дорогостоящего материала, наплавляемого на рабочую поверхность бил.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович, А. А. Методы повышения износостойкости рабочих органов роторно-вихревой мельницы / А. А. Романович, С. А. Духанин, М. А. Романович // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 116-123. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-7-4-116-123. – EDN JTEMCK.
2. Духанин С.А., Романович А.А. Анализ работы и пути повышения долговечности бил мельницы РВМ-3000-01 // "Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях": материалы международной научно -

практической конференции. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. - с. 51-55.

3. Якушев А.А., Духанин С.А. Повышение износостойкости рабочих органов роторно-вихревой мельницы // "Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях": материалы международной научно - практической конференции. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. - с. 444-447.

4. "Improving the Wear Resistance of Rotary-Vortex Mill Hammers / A.A. Romanovich, S.A. Dukhanin, M.A. Romanovich, Amirhadi Zakeri // Environmental and Construction Engineering: Reality and the Future. – 2021. – №1. – С. 277-284.

5. Духанин С.А., Романович М.А., Романович А.А. Пути повышения надежности в работе измельчителей ударного действия // "Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях": материалы международной научно - практической конференции. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. - с. 99-103.

6. Духанин С.А., Романович М.А., Романович А.А. Повышение долговечности роторно-вихревой мельницы // "Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях": материалы международной научно - практической конференции. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. - с. 93-99.

7. Прокопенко В.С. Оптимизация работы оборудования для получения тонкодисперсных порошков / В.С. Прокопенко, Р.Р. Шарапов, А.М. Агарков, Р.Р. Шарапов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – №1. – С.80-83.

8. Кардаш, С. Н. Сравнительный анализ наплавочных материалов по сопротивляемости абразивному износу / С. Н. Кардаш, М. В. Гречнева // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы докладов V Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Иркутск, 27–30 апреля 2015 года / под редакцией С.А. Зайдеса. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. – С. 198-203.

9. Герасимов, М. Д. Результаты сверхтонкого измельчения материалов в реакторе роторно-вихревого типа / М. Д. Герасимов, И. О. Локтионов // Энерго-, ресурсосберегающие машины, оборудование и экологически чистые технологии в дорожной и строительной отраслях: Материалы Международной научно-практической конференции, Белгород, 20–21 сентября 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 60-67.

Салихов Д.Д.

*Научный руководитель: Ключникова Н.В., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Металлоконструкции являются неотъемлемой частью современной жизни и отличаются особой прочностью и надежностью. Металлические изделия начинаются с таких банальных, как лопаты или фонарные столбы, так и более масштабных, например, корпуса судов, арочные перекрытия, телевышки и оборудования различных предприятий. Но все металлические изделия имеют один существенный недостаток – это подверженность коррозии, вследствие чего, металл теряет прочностные и эксплуатационные характеристики. Конечно же, есть благородные металлы такие как: золото, серебро или платина, которые не подвергаются воздействию коррозии, но эти металлы являются дорогостоящими (1 грамм чистого золота без примесей стоит — 5 293,00 рублей) и применяются только в очень узконаправленных отраслях. Следовательно, необходимо искать иные пути решения проблемы, чтоб эксплуатируемое изделие имело стойкость к коррозии и дешевизну производства. Важно отметить, что ежегодные потери от коррозии в мире приносят убыток до 2,2 трлн долларов. Все это обуславливает актуальность данной проблемы [1].

Известны два типа коррозии: химическая и электрохимическая. Химическую (газовую) коррозию сложно встретить в обычной жизни, в основном она наблюдается на предприятиях химической и металлургической отрасли. В данном случае металл, выступающий в роли восстановителя, соприкасается с газами, выступающими в роли окислителя, в отсутствие электролитов [2].

Самым распространенным видом коррозии является электрохимическая, в ходе которой сплав, соприкасаясь водой насыщенной кислородом, окисляется [3].

Одним из эффективных и популярных антикоррозийных средств являются лакокрасочные покрытия цинкосодержащим раствором, при этом изделие обрабатывается краской с содержанием не менее 95% цинка. Данный метод защиты очень прост в осуществлении нанесения защитного покрытия и дальнейшей эксплуатации. По сути, это обычная покраска, после которой металл защищен от агрессивных воздействий

извне. Одним из таких средств является «Гальванол». Конструкция после нанесения данного антикоррозийного средства может выдерживать взаимодействия со щелочами и слабыми кислотами [4].

Известно также антикоррозийное средство Грунт-эмаль 3 в 1, которое является самым популярным по борьбе с коррозией, состоит из трех частей: грунта, эмали и преобразователя ржавчины. Преобразователь ржавчины – соединение, которое предотвращает распространение коррозии, вступая с ней в бурную реакцию, и создавая защитную пленку на поверхности металла. Изделия, покрытые грунт-эмалью, выдерживают температурное воздействие в диапазоне от -40°C до +100°C, так же обладают высокой устойчивостью к химическим воздействиям извне [3].

Так же к наиболее распространенным антикоррозийным средствам относится гальваническая оцинковка (Гальваностегия). Вид цинкования, при котором кузов автомобиля (или иная деталь) опускается в ванну с цинкосодержащим электролитом в следствии чего, под воздействием электрического тока молекулы цинка осаждаются на поверхность изделия. Толщина слоя цинкового покрытия составляет 5-10 мкм. Данный тип цинкования применяется для автомобилей бизнес класса.

Похожим на способ гальваностегии, является горячее цинкование. Суть метода заключается в том, что кузов опускают в ванну с расплавом цинка, температура которого от 400 до 450 С°, толщина покрытия составляет 12-15 мкм. Однако, такая обработка не обеспечивает идеального равномерного покрытия, как в случае с гальванической оцинковкой [5].

Все вышеперечисленные средства активно используются в различных металлургических предприятиях, машиностроительной и строительной отрасли, и помогают продлить срок службы различных металлоконструкций, тем самым снизить расходы, вызванные порчей металлических изделий коррозией. Так же многие из рассмотренных средств могут использоваться не только в масштабной промышленности, но и в бытовых целях, частном производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перельгин Ю. П. Коррозия и защита металлов от коррозии: учеб. пособие для студентов технических специальностей. Ю. П. Перельгин, И. С. Лось С. Ю. Киреев. 2-е изд. доп. Пенза: Изд-во ПГУ. 2015. – 88 с.

2. Ключникова Н.В. Конспект лекций по химии: учеб. пособие. В.И. Павленко, Л.В. Денисова, Н.В. Ключникова, А.Н. Володченко, - Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 137с.

3. Ключникова, Н. В. Основы электрохимии и химические свойства конструкционных металлов: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство". Н. В. Ключникова, Л. В. Денисова; БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2-е изд., доп. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. - 97 с.

4. Васильев В.В. Коррозия металлов: методические указания для студентов всех специальностей/А.В. Кольчугин, В.В. Васильев Иваново: Изд-во ИГТА, 2010.

5. Орленко, В. А. Способы защиты металлоконструкций от коррозии. В. А. Орленко. Текст: непосредственный. Молодой ученый. 2019. № 24 (262). С. 144-145.

УДК 656.9

Сбоева Д.С.

Научный руководитель: Губарев А.В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СТРАНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ

Обледенение – опасное явление, ухудшающее характеристики и качество конструкций, их стойкость и, в конечном счете, их долговечность и безопасность.

По характеру образования различают несколько групп обледенения поверхности автомобильных дорог.

К первой группе относят все виды обледенения, возникающие с понижением температуры воздуха и замерзания имеющейся на покрытии воды. Это тип гололедообразования, который возникает от внезапного снижения температуры воздуха до 0 °С и ниже, когда замерзает вода, находящаяся на покрытиях после дождя, таяния снега, поверхностного стока.

Ко второй группе относят виды скользкости, возникающие при замерзании осадков, выпадающих на покрытие, охлажденное ниже температуры замерзания воды, в результате чего образуется твердый налет.

К третьей группе относят те виды обледенения, которые возникают при выпадении на покрытие переохлажденных капель влаги. Жидкая фаза на сухом или мокром покрытии образуется за счет выпадения капель переохлажденной жидкости из приземного слоя.

Прежде, чем начать рассказ о способах борьбы с гололедом в странах северной Европы, нельзя не вспомнить опыт российских дорог.

Каждый зимний сезон в российских городах коммунальные службы по-разному справляются со снегом на дорожных участках. Несколько лет подряд в Москве применяют жидкий реагент, содержащий хлористый кальций, который вызывает аллергию у людей, разъедает подземные среды, металл в автомобилях и обувь. Кроме того, он обжигает ноги животных и убивает зеленые растения. Попадая на краску или пластик, он оставляет следы. В сети можно найти множество изображений того, как автомобильные диски окрашиваются после двух-трех лет эксплуатации.

При таком подходе к уборке образ заснеженного городка не похож на прекрасную открытку с красивыми сугробами и бескрайними просторами зимних дорог - в основном мы смотрим на грязь и скопления серой жижи. При этом Россия — не единственная страна, где случаются обильные снегопады, и, основываясь на мировом опыте, вариантов решения проблемы множество.

На наших улицах активное использование реагентов началось около 30 лет назад. До этого автомобильный трафик был намного меньше, поэтому зимой удавалось избежать большого количества аварий с помощью смеси соли и песка. С увеличением автопарка страны необходимо было использовать более эффективные вещества. Для экономии средств выбор пал на бюджетные вещества, большинство этих аналогов используются и на сегодняшний день [1].

Вернувшись домой, часто можно обнаружить на обуви белый налет, который образуется из-за остатков реагентов. Только при бережном уходе обувь прослужат не один сезон. Химические вещества также оказывают негативное влияние на автомобили. Иногда воздействие реагентов не щадит качественное антикоррозийное покрытие. При этом даже в мороз дорога покрыта кашей из снега и воды. В такой ситуации мыть кузов автомобиля практически бесполезно, на следующий день он снова будет грязным.

С одной стороны, реагенты повышают безопасность дорожного движения и предотвращают образование льда. С другой стороны, отметим недовольство автомобилистов, требующих более мягких противообледенительных мер. Представляется полезным рассмотреть, как эта проблема решается в странах с похожим климатом.

В скандинавских странах власти отказались от использования реагента из-за его вредности для окружающей среды. Здесь коммунальщики не расчищают снег до асфальта, а оставляют слой в несколько сантиметров. Его закатывают с помощью специального оборудования и посыпают гранитной крошкой или гравием. Этот метод не удаляет лед, но улучшает сцепление с дорогой. Материалы используются многократно: весной гранит и щебень собирают специальными пылесосами, моют и вывозят на склады, где они хранятся до следующей зимы. Достоинства – экологичность, возможность повторного использования. Также в пользу гравия и гранитной крошки выступает такой аргумент, как непримечательность для диких животных.

В Норвегии выбрали более дорогостоящий метод уборки снега на тротуарах и площадках города с помощью обогрева. Норвежцы могут себе это позволить, так как большая часть бюджета выделяется на благоустройство страны. Эта северная страна тратит 200 миллионов евро в день на уборку снега.

В Норвегии 2600 снегоочистителей, не считая грейдеров, тракторов и разбрасывателей песка. Норвежцы также используют «горячий гравий». Этот метод был изобретен в 2004 году шведским ученым Торгейром Ваа [2].

Мелкая каменная крошка (или песок) смешивается с водой и нагревается до 95 °С, после чего он рассыпается на предварительно укатанный снег. Таким образом, дороги очищаются за счёт быстрого таяния снега.

В Норвегии, как в «велосипедной» стране, есть специальные муниципальные подразделения, которые убирают велосипедные дорожки. Другие службы убирают снег на тротуарах, но это несложная задача. Дело в том, что все коммуникации с горячей водой проходят под тротуарами — это помогает быстрее и качественнее очищать их от снега и льда [3].

В Швеции, Дании (в меньшей степени), и в Финляндии химикаты используются в минимальных количествах. Однако в Хельсинки, где осадки часто превышают метеорологические нормы, т. е. уровень снежных заносов часто достигает полуметра, наряду с химреагентами и снегоуборочной техникой, для борьбы с гололедом применяют и гранитную крошку.

Еще одной особенностью работы дорожных служб в Европе является: активно работающая обратная связь жителей и коммунальных организаций, например, в Хельсинки во время снегопадов включаются бесплатные каналы СМС-оповещения граждан об опасных участках на

городских улицах и дорогах. На специальном муниципальном сайте жители Хельсинки могут информировать городские службы о местах, где следует провести экстренную уборку.

В Швеции песком, смешанным с горячей водой, посыпают утрамбованный снег. Это позволяет сохранять автомобилю хорошее сцепление с дорогой продолжительное количество времени, до семи дней. К сожалению, эту смесь нельзя применять повторно [4].

В Финляндии во время сильных снегопадов, когда снегоуборочные машины не справляются своими силами, к уборке городов привлекается население. После непродолжительного обучения людям выдают снаряжение для очистки дорог от снега, тем самым местные жители помогают коммунальным службам улучшить городскую территорию.

Таким образом, опираясь на вышеизложенное, можно сделать вывод, что дороги в Скандинавии, как и во многих странах мира очищаются от снега и льда различными способами. С каждым годом страны северной Европы снижают или полностью отказываются от использования реагентов, отдавая предпочтение органическим веществам, которые не оказывают негативное воздействие на окружающую среду [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2647077 Российская Федерация, МПК E01H 5/10. Способ очистки дорожного полотна магистрали от выпадающих снежных осадков и устройство для его осуществления / В. Г. Григорьев; заявитель и патентообладатель В. Г. Григорьев. – № 2017118625; заявл. 29.05.17; опубл. 13.03.18, Бюл. №8.

2. Корноухова Н.С., Кротиков В.А., Красильникова Л.Н., Чуппина С.В., Шнурков Н.В. Применение антиобледенительного покрытия для радиотехнических устройств. – Приложение "ТЕХНОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЕ МАТЕРИАЛЫ" к журналу "Экономика и производство". Июль, 2000.

3. Губарев А.В. Повышение эффективности автономных систем теплоснабжения при использовании в них теплогенераторов конденсационного типа / А.В. Губарев, М.И. Кулешов, А.А. Погонин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування» (Вестник НТУ «ХПИ»). Сборник научных работ. Тематический выпуск: «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование»). – Харків: НТУ «ХПИ». – 2012. – №8. – С. 117-125.

4. Котляков В. В мире снега и льда. М.: Наука, 1999. – 284 с.

5. Мировой опыт: как борются с наледью и сугробами в самых снежных странах мира. – 2018. – URL <https://strelkamag.com/ru/article/snow> (дата обращения: 10.05.2022).

УДК 347.463

Свечинский С.А.

*Научный руководитель: Солодовников Д.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Проблема загрязнения окружающей среды в последнее время занимает один из главных вопросов который обсуждают все ведущие страны мира. Свалки переполнены, а горение, которое могло бы снизить площадь загрязненных участков является не лучшей идеей, так как при горении образуются ядовитые вещества, что в последствии ведет к еще более худшей экологической обстановке. А невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью [1]. Существует идея «Экономики замкнутого цикла» основанная на возобновлении ресурсов, которая позволяет снизить «углеродный след».

Количество автомобилей в мире неуклонно растет. По прогнозу потребительская способность населения повысится и уже к 2050 году количество автомобилей составит более 2 млрд.

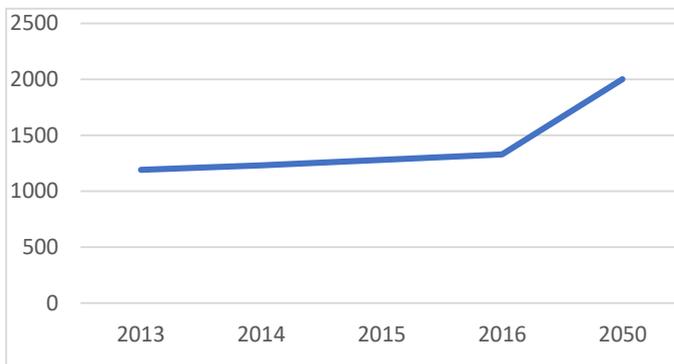


Рис. 1 Численность мирового автопарка.

Необходимость утилизации автомобильных шин растет пропорционально к общему числу автомобилей, что потребует от государств ряд мер по обеспечению экологической безопасности. Стоит отметить, что покрышки практически не разлагаются, кроме того, являются огнеопасными [2].

В мире сейчас используются такие способы обращения с непригодными покрышками:

1. Сжигание
2. Пиролиз
3. Измельчение
4. Восстановление

Самым безопасным с точки зрения экологии из выше представленных является измельчение и восстановление.

Измельчение путем механического воздействия в последнее время становится популярным видом утилизации шин, так как является наиболее безопасным и безвредным для окружающей среды.



Рис. 2 Оборудование для измельчения автомобильных покрышек



Рис. 3 Результат измельчения шин

Измельченная автомобильная крошка может быть использована на детских, спортивных и других площадках. Кроме этого, данная крошка используется для создания резиновой обуви, новых покрышек, ковриков, брусчаток. Сфера применения будет только увеличиваться.

На данный момент статистика с обращением автомобильными покрышками в нашей стране выглядит так:

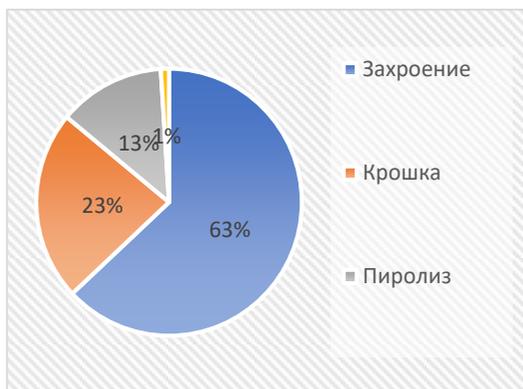


Рис. 4 Обращения с шинными отходами в РФ

В РФ утилизируется лишь до 17% всех эксплуатируемых покрышек, а перерабатывается до 24%. На 2017 год зарегистрировано чуть больше 70 предприятий по утилизации шин с последующим вторичным производством [3].

Сравнительный анализ с шинными отходами в других странах.

Таблица 1 – Сравнительный анализ с шинными отходами

Страна	Объем рынка шин	Вывезено на свалку, %	Получение энергии, %	Восстановление протектора, %	Получение резиновой крошки, %
Германия	582	0	36,4	12,9	34,5
Великобритания	527	4,6	35,5	7,4	39,5
Италия	421	0	55,6	6,7	28,5
Франция	457	0	49,7	7,7	27,4
США	4039	12,1	47,6	Н/Д	32,1
Япония	1000	7,8	64,3	5,6	10,5

Вторым способом дать «вторую жизнь» изношенным шинам может способ с наваркой протектора. Данный вариант часто используется на грузовых машинах позволяющий приобрести до 60%

первоначального ресурса. В странах Европы их доля составляет более половины от общего объема [4].



Рис. 5 Наварка изношенного протектора

Для того чтобы наварить новый протектор на изношенный требуется сначала снять этот слой при помощи фрезы. Последующим этапом является экструдирование, при котором брекер покрывается слоем сырой резины, укрывающей все дефекты. После этого – еще один слой сырой резины. Далее накладывают новую ленту протектора. Такие ленты выпускают все производители шин. Завершается процесс вулканизацией.

Популярность наварки изношенного протектора обеспечивает качественную и безопасную эксплуатацию автомобильной шины. Этот способ обеспечит не только снижение выбросов в атмосферу, но и также обеспечит предприятиям и индивидуальным предпринимателям существенную экономию материальных ресурсов.

Хочется подчеркнуть, что переработанные автомобильные шины, ничем не отличаются от исходных резиновых смесей и также могут вернуться в производство без какой-либо обработки [5].

Рассмотрев способы утилизации автомобильных покрышек можно с уверенностью говорить, что использование этих методов поможет значительно сократить выбросы в окружающую среду. На данный момент в РФ предприятия по переработки не вышли на максимальную производительность, однако при благоприятных условиях могут быть загружены полностью, а при государственной поддержке переработчиков, использующих технологию измельчения, утилизация шин будет преимущественно безопасной, что позволит осуществить идею «Экономики замкнутого цикла»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валуев Д.В., Ананьева О.Р. Перспективы переработки автомобильных покрышек // Вестник науки Сибири. – 2011. – №1 (1). – С. 699-704. (дата обращения 19.04.2022)
2. Цапкова М.С., Солодовников Д.Н. Актуальность проблемы технической эксплуатации // В сборнике: Современные научные исследования: тенденции и перспективы Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 54-58.
3. Переработка шин в России и мире. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL:<https://techart.ru/files/publications/tverdye-bytovye-othody-06-2018.pdf> (дата обращения 19.04.2022)
4. Вторая жизнь: все, что нужно знать про восстановленные шины. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL:<https://vianor.ru/publications/papers/vtoraya-zhizn-vse-cto-nuzhno-znat-pro-vozstanovlennyie-shinyi> (дата обращения 19.04.2022)
5. Цапкова М.С. Вторичный фонд запасных частей. реализации внутри предприятия и на рынке // В сборнике: Технологическое предпринимательство, коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности и трансфер технологий. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2021. С. 595-599.

УДК 656.051

Смирнов К.Л., Перькова А.Ю.

*Научный руководитель: Семикопенко Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Во многих городах, происходят многочисленные наезды транспортных средств на пешеходов. Большая часть ДТП происходит в тёмное время суток [2,5]. Аварии с участием пешеходов часто приводят к серьезным травмам или смерти этих «менее защищенных участников дорожного движения». За последние годы наблюдается рост числа ДТП

с участием пешеходов. Около ¼ смертей пешеходов в Европе происходит на пешеходных переходах. В Индии происходит 22% случаев с летальным исходом пешеходов, а в Северной Каролине 10-20%. В столичном районе Дакка (Бангладеш) около 65% столкновений со смертельными исходами пешеходов.

По данным управления МВД России по Белгородской области за 2021 год произошло 223 аварии с участием пешеходов, 28 человек погибли, 201 – ранены [1]. По сравнению с прошлым годом произошло снижение аварийности с участием пешеходов на 0,6% по области. На (рисунке 1) представлен график статистики ДТП с пешеходами по Белгородской области.



Рис. 1 Статистика ДТП и пострадавших пешеходов в Белгородской области за 2021 год [1]

Наезды на пешеходов происходят из-за того, что водитель не успевает своевременно заметить пешехода в границах пешеходного перехода и, тем самым, предотвратить дорожно-транспортное происшествие [5]. Поэтому необходимо продолжать совершенствовать методы по обеспечению безопасности пешеходов на нерегулируемого пешехода, как в черте города, так и на трассах за его пределами.

В целях минимизации числа жертв дорожно-транспортных происшествий многие развитые страны ввели различные меры по обеспечению безопасности дорожного движения, направленные на то, чтобы снизить количество и тяжесть ДТП с пешеходами. Пешеходы – самые уязвимые участники дорожного движения и их взаимодействие с транспортными средствами имеют ключевое значение в этом отношении. Взаимодействие между пешеходами и транспортными средствами происходит, прежде всего, когда пешеходы пересекают дорогу, следовательно, задача правильного устройства пешеходных

переходов должно оставаться в центре внимания по обеспечению безопасности дорожного движения [7].

Применяются различные меры для увеличения безопасности пешеходов по всему миру. Например, в Польше внедрена система активных вывесок – использование пешеходных проблесковых маячков, которые предупреждают водителей о месте перехода и присутствии пешеходов. Система предназначена для повышения внимания водителей, чтобы они своевременно снизили скорость. Активные системы указателей оказывают положительное влияние на пешеходов. Когда мигающие огни активированы, присутствие пешеходов на проезжей части заметно снижает скорость приближающихся транспортных средств, повышает внимание и готовность водителя уступить дорогу пешеходам. Степень этих эффектов варьируется в зависимости от класса дороги, типа поперечного сечения и местными особенностями рельефа [4]. Однако данная система наиболее подходит к городским условиям езды, где допустимая скорость движения значительно меньше, чем на объездных трассах. Также нельзя обобщать результаты данного введения из-за того факта, что огни не включались пешеходами, а мигали постоянно.

В условиях плохой видимости лучше воспринимаются объекты, окрашенные в яркие цвета. Именно поэтому дорожная разметка выполнена в белом цвете, а в некоторых странах поверхность отдельных участков дороги иногда окрашивают в светлых тонах (на такой дороге даже при ограниченной видимости хорошо видны все предметы более темного цвета). Динамика утомления водителя и изменения эмоционального напряжения, отражающая тот факт, что основная опасность заключается в длинном прямом спуске, перегружающем водителя. Поэтому один из факторов уменьшающим/повышающим внимательность водителя является особенности рельефа местности. Широкое распространения получили светоотражающие элементы на одежде пешеходов, позволяющие замечать пешехода на проезжей части. Пешеход в темной одежде отражает всего 2%, а окрашенный в белый или светлые тона детали одежды отражают до 90% света и воспринимаются лучше и на большем расстоянии [7]. Нередко причинами налетов на пешеходов в темное время суток является их недисциплинированность и нарушение Правил дорожного движения. Поэтому безопасность дорожного движения в ночное время требует дополнительного снижения скорости. На пешеходных переходах за пределами города, на объездных дорогах и в населенных пунктах на знаках устанавливают сигнальную ленту желтого света, для привлечения внимания водителей. Но данная мера

работает не во всех случаях. Пешеходы не всегда выходят на проезжую часть в соответствии с правилами дорожного движения. Причиной такого поведения может быть плохое физическое состояние или алкогольное опьянение. Водители лишь со временем начинают привыкать к желтой ленте, чаще всего проезжая нерегулируемый наземный пешеходный переход без соблюдения мер предосторожности, предполагая, что в темное время суток появление пешехода вне населенного пункта мало вероятно.

С каждым годом совершенствуется техническая оснащенность автомобилей. В современный автомобиль интегрированы интеллектуальные системы обнаружения пешеходов, а автопомощники позволяют улучшить безопасность движения пешеходов, но на сегодняшний день такие системы имеют высокую стоимость и их использование ограничено [3].

Анализ существующих средств и методов организации движения вне населенных пунктов показал, что в настоящее время в Российской Федерации с целью снижения вероятности возникновения ДТП с наездом на пешехода, чаще всего, применяется: 3D подсветка, подсветка знака диодной лентой желтого света. Также в последнее время активно используются дорожные светофоры формата Т7 (рис.2) со светодиодной импульсной индикацией для привлечения внимания водителей и повышения безопасности дорожного движения. Однако это не всегда является тем самым решением снижения числа наезда на пешехода.



Рис. 2 Пример установки светофоров Т7 в РФ [6]

Движение автотранспорта с наступлением ночи (сумерки) характеризуется сокращением светового времени суток и быстрым

наступлением темноты, из-за чего глаза водителя не успевают адаптироваться к внезапным изменениям освещения. Сложность распознавания пешехода у водителя возникает при резком изменении освещенности от 300 до 200 Лк в течении 10-15 минут. В этот период времени риски дорожно-транспортных происшествий и тяжесть их последствий возрастают в несколько раз. Водители в плохих условиях освещения плохо видят пешеходов и не успевают среагировать, поэтому увеличивается вероятность наезда на пешехода. Время реакции водителя в таких ситуациях имеет решающее значение.

Известно, что раздражающим фактором зрачка глаза человека является красный цвет. При проезде не регулируемого пешеходного перехода в темное время суток с целью привлечения внимания или с целью предупреждения водителя о нахождении пешехода на нерегулируемом пешеходном переходе наиболее эффективным средством для привлечения внимания водителя и обеспечения безопасности дорожного движения может являться применение сигналов красного цвета.

Таким образом, на основании выше сказанного предлагается - использование сигнального устройства красного цвета на наземных знаках пешеходный переход (5.19.1 и 5.19.2). Данное сигнальное устройство будет представлять собой сигнальную ленту красного цвета, расположенную по контуру знака и силуэту пешехода.

Так, в темное время суток на нерегулируемом пешеходном переходе при выходе пешехода на проезжую часть вместо желтого мигающего сигнала будет загораться красный, предупреждающий водителей о том, что в зоне нерегулируемого пешеходного перехода находится пешеход и скоро будет совершать пересечение проезжей части. Применение данного устройства должно повысить внимание водителя и безопасность дорожного движения, снизить вероятность наезда на пешехода в темное время суток вне населенного пункта на нерегулируемом пешеходном переходе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Госавтоинспекция МВД России// [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.gibdd.ru/>.
2. Кольшклина Д.В., Семикопенко Ю.В., Волков Д.А., Балабанов В.М. Анализ аварийности регионов в зависимости от времени суток//Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2020. №3. С. 225-228.

3. Коряков В.Б., Щетинин Н.А., Семикопенко Ю.В. Интерактивный пешеходный переход – будущее автомобильных дорог//Современные материалы, техника и технологии. 2020. №1. С. 77-81.

4. Перькова М.В., Иванькина Н.А., Боровской А.Е., Перькова А.Ю. Анализ функционирования транспортной инфраструктуры на территории межмуниципального природного парка в Шебекинском и Белгородском районах//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 53-63.

5. Семикопенко Ю.В., Шевцова А.Г., Дмитриев Д.В., Бахарев Г.А. Основные виды дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации//Успехи современной науки и образования. 2016. №5. С. 76-79.

6. Степанов А.В., Рябушенко А.В. Мировые тенденции в сфере обеспечения безопасности дорожного движения пешеходов // Вестник ХНАДУ. 2013. № 61-62. С. 95-101.

7. González-Hernández B., ShingoUsamia D., Prasolenko O., Burko D., Galkin A., Lobashov O., Persiaa L. The driver's visual perception research to analyze pedestrian safety at twilight//Transportation Research Procedia. 2020. P. 827-834.

УДК 656.065.7

Смирнов П.А., Смирнов К.Л.

*Научный руководитель: Дуганова Е.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭТАПЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Многие практики и ученые сходятся во мнении, что цифровизация или цифровая трансформация не имеют однозначного определения. Определений множество. Чаще всего, эксперты понимают под цифровизацией пересборку бизнеса на основе цифровых технологий, которые позволяют принимать грамотные и эффективные управленческие решения на основе данных. Цифровизировать один какой-то участок нельзя, другими словами, цифровизация пронизывает всю компанию, тем самым, достигая взаимодействия каждого из участков на единой цифровой платформе.

Основной сферой, где стремятся применять цифровизацию в России и других странах, является экономика, которая сегодня

постепенно становится «цифровой». Цифровую экономику называют еще экономикой на базе интернета. То есть все данные обрабатываются и анализируются через цифровые продукты [1].

Проявление цифровой экономики мы можем уже наблюдать в нашей жизни. Это онлайн-услуги, торговля через интернет, электронные платежи; краудфандинг (коллективное сотрудничество людей, которые добровольно объединяют свои деньги или другие ресурсы вместе через Интернет), реклама в интернете; электронный документооборот и т.д. Трансформация в цифровую экономику позволяет человеку получать доступ к услугам и товарам быстрее и проще.

В результате правильной трансформации любого предприятия, как правило,кратно вырастает прибыль, сокращаются издержки на персонал,возрастает роль человеческого капитала. В таких компаниях ценность приобретают такие сотрудники, которые умеют самостоятельно и креативно мыслить, которые сосредоточены на пользе бизнеса.

Для того, чтобы цифровизация глобально вошла в нашу жизнь, необходимы определенные условия:

1. Открытое управление. Все данные и переписки должны храниться в свободном доступе. Это, прежде всего, дисциплинирует руководящие лица и позволяет повысить эффективность обработки информации.

2. Эффективное управление. Госслужащий, когда выбирает очередность сферы, на которую нужно потратить бюджет, в первую очередь, должен ориентироваться на анализ количества обращений граждан, а не на собственный опыт и видение ситуации. При этом для принятия оптимального решения необходимо использовать анализ данных со всех доступных ресурсов.

3. Новаторское управление. Необходимо уметь быстро подстраиваться под новые технологии, которые всегда будут стимулировать новые методы управления. Например, уже сейчас многие компании следуют принципам открытости и проводят личные онлайн-консультации руководителей, что значительно облегчает коммуникации между регионами и центром [2].

Пути достижения этих условий включены в госпрограмму, которая принята Правительством РФ. Принцип открытого управления уже применяется в госструктурах: свободно публикуются ответы на обращения граждан в открытую приемную, применяется аналитика больших данных.

В настоящее время многие российские компании делают акцент именно на цифровизации основных ключевых процессов, и в большинстве случаев воспринимают цифровизацию, как следующую стадию автоматизации. Однако необходимо понимать, что цифровая трансформация заключается, прежде всего, не в экономии средств. В большей степени внедрение цифровых продуктов направлено на то, как зарабатывать больше и сохранить бизнес в условиях меняющегося с космической скоростью технологического уклада [3].

Можно выделить 3 этапа такой трансформации бизнес-процессов:

1. Автоматизация.
2. Цифровизация.
3. Цифровая трансформация.

– Автоматизация — это замена ручного труда на труд с использованием электронно-вычислительных машин. Автоматизация улучшает производство, однако при ней сохраняется способ ведения дел на предприятии, а при цифровизации и цифровой трансформации меняется сам продукт, трансформируются взаимоотношения между клиентом и поставщиками, позиционирование самой компании.

– Цифровизация – это внедрение современных цифровых технологий в различные сферы жизни и производства, использование цифровых компьютерных технологий для перестройки бизнеса таким образом, что в нем все решения принимаются на основе больших данных. Цифровизация направлена не столько на автоматизацию и совершенствование рабочих и производственных процессов, сколько на изменение всей бизнес-модели.

Многие путают понятие «цифровизация» и понятие «автоматизация». Если в офисе стоят компьютеры с доступом в интернет, это не значит, что предприятие можно назвать цифровым. Подключение к сети Интернет и наличие персональных компьютеров – это всего лишь инструменты, которые позволяют упростить, возможно, автоматизировать некоторые процессы, но сами по себе они никак не ведут к цифровой трансформации.

– Цифровая трансформация – это системный подход к использованию цифровых ресурсов для повышения производительности труда, конкурентоспособности и экономического развития в целом. Это не просто технологии, но и новые бизнес-стратегии. На этой стадии изменяется вся система управления бизнесом, начиная с методов производства и заканчивая экономической стратегией компании [4].

Разберем на примере чем отличается автоматизация от цифровизации. Автоматизация в среде образования предполагает

использование видеуроков, цифровых учебников, всевозможных инструментов, которые упрощают учебный процесс. Видеуроки, записи вебинаров, цифровые учебники – это элементы автоматизации, облегчающие получение знаний. Отпадает необходимость искать бумажную книгу для обучения, не нужно ездить на лекции и присутствовать лично, достаточно включить компьютер и выйти в интернет. Цифровизация же дает возможность построить новую интерактивную образовательную систему с обратной связью, когда ученик сможет выбирать программу и темп своего обучения, подстраиваясь под свое свободное время и исходный уровень знаний.

Уберизация – так же яркий пример цифровой трансформации. Когда в таксопарки поставили компьютеры и стали вносить заказы не в тетрадку, а в таблицу Excel, это было автоматизацией. А вот платформа Uber, когда таксопарки фактически перестали быть нужны, – это цифровизация. В основе бизнеса компании лежит новая модель взаимодействия пользователей и поставщиков услуг, которой до этого не было ни у одного из участников рынка перевозочных услуг. Другими словами, когда мы, используя современные информационные технологии, начинаем делать то, чего раньше не делали, или перестаем выполнять какие-то привычные действия – это цифровизация.

Автоматизация на производстве может включать в себя ведение электронного табеля учета рабочего времени, вместо традиционных бумажных журналов. При цифровой пропускной системе предприятиям предлагается использовать RFID-метки, вшитые в форму или пропуск. Сотруднику нет необходимости затрачивать время на отметку фиксации прибытия-убытия на рабочее место или оставлять подпись где-то. Умная цифровая система делает все самостоятельно.

Все мы пользуемся ежедневно электронной почтой. До недавнего времени она являлась коммуникативной технологией, в основном, для общения и обмена данными. Но если добавить к ней автоматическое формирование шаблона ответного письма, распоряжения и систему распознавания смысла, электронная почта может практически взять на себя некоторые функции личного секретаря.

Несмотря на то, что цифровые процессы являются главным флагманом в трансформации, не всегда это приводит к изменению бизнеса. Например, внедрение электронного документооборота кардинально ничего не меняет, но делает процесс удобнее и проще. При этом может стать системой, над которой возможно создавать новые процессы взаимодействия. Или проекты «Robotic Process Automation», которые имеют достаточно высокий потенциал. К примеру, можно разместить робота в компьютере работника. Он не будет полностью на

100% заменять его, но сможет успешно выполнять однотипные задачи, возникающие время от времени. Тем самым освобождая от нагрузки работника. Пока робот выполняет рутину, работник успешно может совершать созидательные и творческие задачи [5].

Цифровизация применяется на производстве, в повседневной жизни, в быту, в государственных структурах, в бизнесе. Производственная цифровизация занимается сокращением монотонного физического труда для человека, организует и контролирует трудовые и производственные процессы и обеспечивает безопасность сотрудников компании. «Умные» системы при помощи машинного зрения выявляют бракованные детали, а система видеонаблюдения следит за соблюдением техники безопасности.

Можно выделить несколько основных направлений производственной цифровой трансформации:

1. Разработка новой цифровой бизнес-модели.
2. Создание цифровых товаров и услуг.
3. Управление жизненным циклом продукта.
4. Автоматизированный сбор, хранение и обработка информации.
5. Внедрение цифрового проектирования.
6. Управление производственными процессами и сетями поставок.
7. Выполнение административных функций.
8. Автоматизация ручного труда посредством использования роботов и электронного документооборота.

Выбор технологий для конкретного предприятия или бизнеса зависит от того, зачем выполняется цифровизация, каких целей необходимо достичь. Цифровые алгоритмы могут взять на себя выполнение, как простых повторяющихся операций, так и решение сложных задач. Технологии позволяют полностью перестроить современное производство, решая ряд важных задач: [6].

1. Повышение гибкости бизнес-процессов.
2. Улучшение клиентского опыта.
3. Ускоренная обработка информации.

В промышленности цифровизация компаний позволяет вывести на качественно новый уровень ряд процессов, включая проектирование, производство, управление предприятием.

Бытовая цифровизация для большинства давно стала понятной и привычной. Технологии позволяют собирать информацию о жизни в городе с помощью камер и датчиков, а также прогнозировать обстановку, связанную с транспортом, преступностью, экологией и т.д. Собранные данные будут анализироваться искусственным

интеллектом, который сможет выдавать рекомендации по улучшению разных сфер функционирования мегаполиса.

В сфере науки новые технологии направлены на ускорение расчетов и вычислений. Единая система даст возможность в кратчайшие сроки обмениваться данными ученым, находящимся в разных уголках мира, в автоматическом режиме. Любые открытия будут делаться и проверяться намного быстрее.

Смысл цифровизации информационных систем в том, чтобы современному человеку не нужно было напрягаться и бороться с человеческим фактором в системе. Документы можно сделать через приложение «Госуслуги», служба доставки запоминает, куда вы обычно заказываете товар.

Любая цифровизация начинается с открытия и сбора данных. Для того чтобы система работала четко, необходимо собрать как можно больше информации. Специальная программа анализирует полученные данные и выдает оптимальный результат. Информационные системы могут оперировать исключительно фактической информацией, а могут и строить предположения, используя искусственный интеллект. Яркий пример такой системы – голосовые помощники «Siri» и «Алиса». Они могут не только ответить на конкретный вопрос, но и ведут философские беседы с пользователем.

Новые технологии, облегчающие труд человека: 3D печать, онлайн-мониторинг, виртуальная реальность, интернет вещей, – все это активно внедряется, применяется и работает в бизнесе любого масштаба.

Кроме того, управленцы и топ-менеджмент использует цифровизацию в бизнесе для разработки краткосрочных и долгосрочных стратегий развития компании.

Анализируя способы и методы цифровизации различных стран, у российских компаний есть возможность избежать ошибок, изучив зарубежный опыт. Многие крупные зарубежные компании начали реализовывать свои программы по цифровой трансформации еще в 2013-2014 годах, подразумевая под этим изменение бизнес-модели в результате внедрения новых цифровых технологий. За прошедшее годы они накопили успешный и негативный опыт. Он позволяет сделать некоторые выводы и выделить ключевые ошибки, которые тормозили внедрение новых технологий или даже приводили к провалам при их реализации [7].

Цифровая трансформация — это всегда длительный процесс, меняющий подход к тому, как осуществляется управление бизнесом, производством. Она потребует существенных вложений не сколько в

саму инфраструктуру, сколько в изменение стратегии предприятия, в развитие навыков персонала и перестройку всех процессов.

Илон Маск не просто занимается выпуском электромобилей «Tesla», он по-другому, нестандартно выстраивает процесс производства и реализации своего продукта. Его стратегия уже сейчас учитывает тренд перехода от модели продажи автомобилей к продаже сервисов, то есть отказ от владения в пользу аренды автомобиля в случае необходимости.

Необходимо понимать, что план реализации цифровой трансформации не имеет заключительного пункта. Процесс цифровизации и цифровой трансформации является бесконечным. И все бизнес-процессы должны подстраиваться под веяния времени и текущие запросы человечества.

Например, если на производстве установили систему вентиляции, то эта система будет долгие годы работать и обеспечивать желаемый результат. С цифровизацией все иначе. Если сегодня внедрили какое-то решение, это не значит, что завтра оно по-прежнему будет приносить такую же выгоду: его могут сразу же скопировать конкуренты, оно может стать неоправданно дорогим в поддержании и т. д.

Одна из сложнейших задач цифровой трансформации – создание инфраструктуры для поддержки цифровых продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротких, Ю. С., Пуляев, Н. Н. Развитие и современное состояние автомобилизации / Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. – М.: ООО «Автограф», 2018. – 108 с.

2. Ковалев, М. М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси / М.М. Ковалев, Г.Г. Головенчик. – Минск, БГУ, 2018. – 299 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital2.ru/alfred/>

3. Информационный русскоязычный ресурс о трендах IT индустрии, WEB – разработке, Ай Ти профессиях и цифровой экономике.

4. Цифровая трансформация промышленности с помощью технологий «Индустрии 4.0» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Digital%20Russia/DigitalRussia-report.ashx>.

5. Дидманидзе, О. Н., Парлюк, Е. П., Пуляев, Н. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н.

Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2020. – 232 с.

6. Однокозов П.С., Дуганова Е.В. Обзор программного обеспечения для управления автосервисом // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2018. – 64 с.

7. Однокозов П.С., Дуганова Е.В. Маркетинг инноваций в автомобильном сервисе // Научное образование. Педагогические науки. 2019. – 76 с.

УДК 625.12

Стеценко Д. Б.¹, Рогозина Ю.В.¹, Фотиади А.А.²

Научный руководитель: Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.

*¹Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

*²Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Одними из ключевых показателей, с помощью которых можно оценить эксплуатационное состояние дорожной одежды, являются прочность, ровность и сцепление. Нужные значения показателей должны быть обеспечены в течение нормативного срока службы. Для учета ухудшения транспортно-эксплуатационных показателей дорожной одежды необходимо использовать закономерности изменения их во времени.

Проведенные экспериментальные исследования выявили разные уровни ровности: начальный, конечный. Начальный уровень ровности дорожного покрытия формирует следующие факторы [1...4]:

1. Состав и состояние асфальтобетона.
2. Способы доставки смеси на укладку и ее загрузку.
3. Настройка и работа отдельных механизмов.
4. Несовершенная работа дорожной техники.
5. Воздействие внешних транспортных нагрузок.
6. Природно-климатические факторы.

Под воздействием определенных нагрузок и природно-климатических факторов на дорожном покрытии возникают различного рода деформации и разрушения, которые значительно снижают сроки службы покрытия и могут привести к опасным дорожно-транспортным происшествиям.

На скорость изменения ровности дорожного покрытия влияют грунтовые, гидрологические и климатические факторы. К ним относятся: тип грунта, влажность, тип местности по увлажнению, дорожно-климатическая зона и т.д.

Деформация влияет на безопасность движения транспорта и долговечность автомобильной дороги.

1. Из-за неровности возможен отрыв колеса от дороги, в связи с чем произойдет кратковременная потеря управления.

2. Неровности на дороге увеличивают динамическое воздействие на дороге, что ускоряет ее разрушение.

3. В следствии снижения скорости, дорога теряет свои пропускные способности, экологическую безопасность.

4. Длительные поездки по неровной поверхности увеличивает длительность бдительности автомобилиста, что может привести к утомляемости и снижению его бдительности.

Структура дорожно строительных материалов, используемых в покрытии, представляет собой вязкую и пластичную систему. Деформация в дорожной одежде бывает обратимой и необратимой. Необратимые деформации появляются в результате превышения фактических нагрузок над расчетным. При формировании модели изменения показателя ровности дорожного покрытия была выдвинута гипотеза о том, что существует линейная зависимость между сроком службы и показателем ровности дорожного покрытия [3]. Ежегодные показатели ровности на опытных участках обрабатывались с использованием статического анализа:

$$IRI = TR + B, \quad (1)$$

где IRI – среднегодовое значение показателя ровности на опытном участке, м/км; T – период наблюдения, лет; R – коэффициент ежегодного прироста неровностей дорожного покрытия, м/(км·год); B – начальная величина показателя ровности, м/км.

В опытах принимали участия дороги с разной интенсивностью движения, основной меркой тверждения взаимозависимости двух величин (времени и неровности покрытия) является коэффициент корреляции.

В качестве параметра, оценивающего величину неровностей, принимали международный индекс ровности IRI . Прогнозная модель в практических исследованиях будет иметь вид:

$$IRIt = TR + IRI_0, \quad (2)$$

где IRI_t – значение показателя ровности к концу расчетного срока, м/км; IRI_0 – то же в начале расчетного срока, м/км.

Допустимый прирост неровностей дорожного покрытия R зависит от типа дорожной конструкции и погодных-климатических факторов.

Если установить нормативное значение прироста неровностей дорожного покрытия для участков дорог одной категории по условиям эксплуатации, можно определить надежность дорожной одежды по условию (3):

$$K_{н.р} = \frac{R_{\phi}}{R_n} \geq 1, \quad (3)$$

где $K_{н.р}$ – коэффициент надежности дорожного покрытия; R_{ϕ} , R_n – фактическое и нормативное значение ежегодного прироста неровностей дорожного покрытия для дорог одной классификации, м/(км·год).

Процессу исследования взаимосвязи транспортного средства и автомобильной дороги - процесс, требующий глубокого анализа показателей динамического воздействия транспортного потока на конструкцию дорожной конструкции, а также учета степени влияния неровностей дорожного покрытия на колебания конструкции транспортного средства. Анализ увеличения динамического воздействия нагрузки и накопление на дороге неровностей необходимо проводить при расчете проектирования и эксплуатации автомобильных дорог. Например, в расчетах материального ущерба при проезде тяжеловесного и крупногабаритного транспорта.

Результаты исследования показали, что величины прогибов небольшие и определяются десятками долями миллиметров. Чем выше скорость движения, тем меньше деформация дорожной одежды, а откосы прогиба неровностей дорожного покрытия можно рассматривать как прямолинейные. Динамические воздействия от колес транспортных средств на дорогу изменяются по величине, направлению и статистическим показателями. Динамические нагрузки автомобиля на дорогу возрастают при движении по неровной поверхности дорожного полотна и сопровождаются ударами и колебаниями колеса и кузова автомобиля. Коэффициент динамичности нагрузки $K_{дин}$ характеризует увеличение нагрузки (деформации) в сравнении со статической. По этой формуле коэффициент $K_{дин}$ можно определить по формуле.

$$K_{динi} = \frac{P_i}{P_{стi}}, \quad (3)$$

где $K_{динi}$ – коэффициент динамичности i -й, отражающий нагрузку оси автомобиля на дорожное покрытие при движении автомобиля; P_i – динамическая нагрузка колеса i -й оси автомобиля на дорожное покрытие при движении автомобиля, H ; $P_{стi}$ – статическая нагрузка колеса i -й оси автомобиля на дорожное покрытие, H .

По результатам исследования, проведенного в рамках моделирования динамического воздействия автомобиля с учетом дорожных неровностей и особенностей дорожного покрытия, были выявлены следующие закономерности [3]:

- с помощью коэффициента динамичности на определенном участке дороги можно провести сравнительный анализ уровня динамического воздействия автомобиля на дорогу;

- на относительно ровных участках (с нормативным значением ровности) средний коэффициент динамичности будет выше среднего показателя по всей дороге.

Понятие структурного номера было впервые введено в результате дорожных испытаний AASHO в качестве меры общей прочности дорожного покрытия [5]. Коэффициенты прочности в первоначальном анализе AASHO road test были представлены как. Данные о параметрах модели. Данные о характеристиках дорожного покрытия были исследованы на основе того, что на участках дорог, имеющих одинаковый конструктивный номер, должен быть одинаковый общий трафик. В данном случае речь идет о достижении определенного терминального состояния. После того, как были получены коэффициенты прочности для различных материалов. В работе использовались корреляционные исследования, которые позволили связать коэффициенты с более привычными инженерные испытания прочности материалов, такие как CBR для сыпучих материалов, без ограничений прочность на сжатие для цементированных материалов и устойчивость по Маршаллу для битумных связующих материалов. Дорожные испытания AASHO проводились на одном грунте, поэтому влияние разных земляное полотно не могло быть оценено, и номер конструкции не мог включать земляное полотно вклад. Тротуары с определенным структурным номером, но построенные на разных основаниях, будут поэтому не переносить один и тот же трафик в заданное терминальное состояние. Чтобы преодолеть эту проблему, и чтобы распространить эту концепцию на все грунтовые основания, вклад земляного полотна был получен, как описано Hodges et al. (1975) и модифицированный структурный номер, определяемый следующим образом:

$$SNP = SN + 3.51 (\log_{10} CBR_s) - 0.85 (\log_{10} CBR_s)^2 - 1.43, \quad (4)$$

где SNC - измененный конструктивный номер дорожного покрытия;

$CBR_s = CBR$ на месте земляного полотна.

Модифицированный структурный номер SNC использовался в НДМ-III [6]. Он широко использовался и формирует основу для определения прочности дорожного покрытия во многих моделях характеристик дорожного покрытия. Вопросы прогнозирования ровности цементобетонных покрытий исследованы в работе [7].

По существующим моделям прогнозирования ровности не учитывается ряд факторов, которые оказывают существенное влияние на процессы образования необратимых деформаций в слоях материалов дорожных конструкций. С помощью данных качественных характеристик надежности дорожной одежды на основании результатов автоматизированного измерения за длительный период можно выявлять участки дорог со значимым приростом неровностей покрытия и одновременно с критической деформацией, то есть наименьшей прочностью дорожной конструкции. При этом, такое прогнозирование позволит планировать ремонтные работы на сети дорог и устанавливать безопасные условия движения с ограничениями транспортной нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодка М. Г. Исследование параметров колебаний в зоне контакта автомобиля с дорогой / М. Г. Солодка, Я. Н. Ковалев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2019. № 4. С. 26–29

2. Буртыль Ю. В. Прогнозирование ровности дорожных покрытий / Ю. В. Буртыль, М. Г. Солодка, Я. Н. Ковалев // Наука и техника. 2021. Т. 20. № 3. С. 216–223.

3. Мевлидинов З.А. Учет влияния различных факторов на изменение ровности дорожного покрытия/ Мевлидинов З.А., Трудов Д.С., Гапонов А.В.// Строительство. 2016. С. 205-208.

4. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

5. Guide for Mechanistic-Empirical Design of new and rehabilitated pavement structures. Illinois. 2003. 97 p.

6. Morosiuk G. HDM-4. Modelling road deterioration and works effects. Designer's Guide. Birmingham, 2001. 306 p.

7. Fotiadi A., Gnezdilova S., Strekha I. Remote Method for Predicting Damage to Cement Concrete Pavements // Lecture Notes in Civil Engineering, 2020. № 95. Pp. 333–339.

УДК 691.161

Сырых А.А.

Научный руководитель: Ванькова Т.Е., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНЫ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

На данный момент необходимость создания дорожно-строительных материалов, которые помогли бы увеличить срок службы покрытий как на вновь построенных, так и на отремонтированных дорогах крайне высока. Это вызвано значительными ежегодными убытками России, связанными с неудовлетворительным качеством дорог, ограничивающих скорость передвижения как грузов, так и людей, и с затратами на не совсем эффективный ремонт дорог. Разработка подобных материалов сложна тем, что трудно понять, какой применять компонент, чтобы он подходил по требованиям климатических условий и условий движения транспорта в районе, где будет эксплуатироваться дорожное покрытие.

С точки зрения экономики наиболее привлекательными являются модификаторы битумных вяжущих на основе резинотехнических отходов, в особенности вулканизированная резина, использованных автомобильных шин. Проблема утилизации автомобильных покрышек является актуальной не только для России, но и для большинства развитых стран. Это проблему можно решить путем использования резинотехнических отходов в строительной отрасли. Многие годы ведутся исследования в данном направлении, а также уже идет процесс реализации идей. [1]

Расширение возможностей использования модифицирующих добавок может быть достигнуто за счет введения в состав битумных вяжущих, снижающих стоимость получаемого вещества. В частности, известны технические решения, позволяющие с помощью компактных установок модифицировать битум резиновой крошкой, которую

измельчают порой до долей миллиметра. Одним из наиболее эффективных направлений повышения качества битумов является расширение производства и использования резинобитумных вяжущих и мастик на их основе для использования при приготовлении дорожно-асфальтобетонных смесей, гидроизоляционных составов для заделки стыков, трещин и устройств переходных зон покрытий над стыками мостовых плит. Для определения наиболее эффективной технологии производства резинобитумных вяжущих необходимо учитывать различия в характеристиках резиновой крошки и различных в способах сочетания ее с битумом, включая температуру, интенсивность и продолжительность перемешивания резиновой крошки с битумом. Значащей особенностью резиновой крошки является присутствие антиоксидантов, антистарителей, антиозонантов и др. в ее составе. Их наличие помогает обеспечить повышение устойчивости вяжущего материала к окислительному разрушению в условиях эксплуатации. Таким путем замедляются процессы старения при частых температурах района строительства и в условиях нагрева до высоких технологических температур. Из-за того, что резина в шинах, даже изношенных, отличается высоким уровнем химического качества, то можно с полной уверенностью утверждать, что данные отходы при грамотной переработке и правильном применении становятся особо ценным вторичным сырьем. [2]

Использование изношенной резины в дорожном строительстве.

Более эффективное направление - перевод резины в пластифицированное состояние. Это дает возможность использовать ее в составе битумного вяжущего для производства герметизирующих, гидроизоляционных и кровельных мастик и дорожных смесей. Наибольшее количество изношенной резины собирается в виде покрышек и камер. В их состав входят такие ценные виды каучуков, как натуральный, изопреновый, бутадиеновый, стирол-бутадиеновый, бутилкаучук. Изношенная резина может быть девулканизирована путем термомеханической обработки в присутствии пластифицирующих материалов. В качестве пластифицирующих материалов могут использоваться нефтяной гудрон или битум малой вязкости, тяжелые экстракты селективной очистки нефтяных фракций (желательно остаточных), угольные тяжелые нефти, смолы, дорожный гудрон. Технологические параметры процесса зависят от типа резины, входящей в состав каучуков, и типа пластификатора. Процесс пластификации резиновой крошки термомеханической обработкой осуществляется путем пропускания набухшей в нефтесодержащей (или битумной) резины через пластификатор, совмещенный с

шестеренчатым насосом, при оптимальной температуре 225-235 С. По исследованиям С.А. Иванова было выяснено, что при температуре 200°С процесс пластификации протекает более 5 часов, что совершенно нецелесообразно с экономической точки зрения. Тем более заметно слабое взаимодействие резины с битумом и резина, лишь немного набухая, выступает в качестве наполнителя. В попытке сбалансировать производительность и совместимость при хранении битума, модифицированного резиновой крошкой, Аттия и Абдельрахман [3, 4] предложил использовать мелкую резиновую крошку для производства терминальных смесей. Такой подход экономит энергию, так как только 8% от общего времени взаимодействия требует высокой температуры 200°С, а для хранения можно использовать более низкую температуру. Биллигер и др. [5] также предположил, что за счет повышения температуры смешивания можно уменьшить время смешивания и скорость сдвига, и это фактически может привести к получению однородной и действительно эластичной конечной смеси, обладающей улучшенной производительностью. Набухшая резина под действием зубьев шестеренчатого насоса постепенно пластифицируется, а органические компоненты переходят в раствор. Это обеспечивает повышенную когезионную прочность и проявление эластичных свойств, что положительно сказывается на характеристиках асфальтобетонных смесей. Продолжительность термомеханической обработки составляет от 30 минут до нескольких часов, в зависимости от типа резины и растворителя. Снижение температуры и сокращение времени пластификации ухудшают свойства готового продукта.

Резинобитумные вяжущие используются для ремонта покрытий с толстой сеткой трещин. Для этого используют битум с глубиной проникновения около 300 при 25 °С, который нагревают до 180 °С, и в него вводят резиновую крошку (0,071-12 мм), полученную как отходы в мастерских по ремонту шин. После перемешивания при этой температуре получается резинобитумное вяжущее, которое заливается на поврежденное покрытие с расходом 1,6-3,2 л / м². После остывания слой 5-6. Образуется толщина 5 мм, на которую рекомендуется рассыпать мелкий щебень или песок. Открыть трафик можно через 45 минут. Резинобитумные составы рекомендуются также для заделки крупных трещин на асфальтобетонном покрытии. Расход материала составляет приблизительно 2,25-2,5 л / м или 0,25 л на 1 м трещин. После заполнения связующего производят рассыпание и прокатку мелкой каменной крошки до толщины 0,95-1,25 см. Предлагается распределить на дорожном основании полиуретанового связующее, содержащего до 70% каучука, при температуре 90-235 °С в количестве

0,9%. 4,5 л / м², затем нанести тонкий слой щебня, а затем асфальтобетонное покрытие. Работы по резинобитумным и каучуковым вяжущим показали свои преимущества по сравнению с исходными битумами, гудроном. Технологические процессы получения таких связующих достаточно разработаны. Однако производство резиновой крошки из изношенной резины - очень энергоемкий процесс. Значительное количество изношенных покрышек, камер и других резиновых изделий еще не используется, накапливается и часто сгорает. Из-за высокой энергоемкости процессов измельчения резины и термопластификации кэша получаемое связующее дорожке нефтяного битума, хотя покрытия из такого связующего намного долговечнее.

Свойства битума, модифицированного резиновой крошкой, очень чувствительны и в значительной степени зависят от процесса смешивания, который зависит от внешних факторов, таких как температура смешивания, продолжительность смешивания и тип и внутренние факторы, такие как тип битума, количество резиновой крошки, размер частиц и тип. Точный выбор переменных обработки является ключом к успешному производству битума, модифицированного резиновой крошкой.

Преимущества переработки отработанных шин.

Резиновая крошка из отработанных шин, как правило, содержит несколько типов соединений, таких как синтетический каучук, натуральный каучук, общее содержание углеводов в каучуке и экстрагируемые ацетоном вещества [6,7]. Это связано с различной долей натурального каучука, синтетического каучука и других компонентов в шинах грузовых и легковых автомобилей. Тодесен и др. [8] показали, что битумы, полученные с использованием крошки грузовых шин, обладает самой высокой вязкостью, также резиновая крошка, получаемая из грузовых шин, обеспечивает лучшую производительность с точки зрения лучшей усталостной стойкости и высоких температурных характеристик.

Использование резины в приложениях для дорожного покрытия означает, что на свалки поступает меньше отходов. Это экономит ценное пространство на свалках. Это важный фактор, учитывая затраты на установление соответствия экологическим требованиям для новых вариантов свалок. Теперь количество отработанных шин увеличивается с каждым годом, и это будет оказывать влияние на окружающую среду. Отработанные шины очень трудно утилизировать, потому что, если использовать неправильный метод утилизации, это даст эффект. Поэтому при использовании этого метода для сохранения окружающей

среды он также дает преимущества в экономии и качестве структура дорожного покрытия.

Доказано, что модификации битума из резиновой крошки улучшают характеристики битумного вяжущего, такие как вязкость, температура размягчения, модуль потерь и модуль хранения. Это впоследствии повышает устойчивость асфальтобетонных смесей к колеям, упругость и устойчивость к усталостному растрескиванию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеенко В. В., Балабанов В. Б. Асфальтобетоны на основе битумно-резиновых композиционных вяжущих для дорожного строительства / В. В. Алексеенко, В. Б. Балабанов // Вестник ИрГТУ №1. – 2011

2. Свиридов В.Л., Махров Е.Ю., Дементьева Е.В. Опыт использования дробленой резины в составе асфальтобетонных смесей / В.Л. Свиридов, Е.Ю. Махров, Е.В. Дементьева // Ползуновский вестник. – 2011. - № 1. – С. 183-191

3. Т. С. Биллигер, Дж. С. Чун, Р. Р. Дэвисон, К. Дж. Гловер и Дж.А. Буллин, Исследование параметров отверждения асфальтового резинового связующего // Нефтяная наука и технология – 1997. - т. 15, № 5-6. - С. 445-469

4. «Процедуры проектирования и методы строительства модификатора резиновой крошки», Примечания к семинару FHWA-SA-93-011, Процедуры проектирования и методы строительства, Министерство транспорта США, Федеральное управление автомобильных дорог, 1993.

5. С. Тодесен, К. Шатанави и С. Амирханян, Влияние характеристик резиновой крошки на вязкость связующего, модифицированного резиновой крошкой // Строительство и строительные материалы – 2009. - том 23, № 1. - С. 295-303.

6. Б. Али и М. Садек, Экспериментальный анализ влияния добавления резиновой крошки на кратковременное старение сирийского асфальта // Арабский журнал наук о земле- 2013. - том 6, № 1. - С. 85-90

7. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Землякова Д.В., Выбор адгезионных добавок для повышения термостабильности битума// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова – 2020. - №2. С. 225-230

8. Х. Асли, Э. Ахмадиния, М. Заргар и М. Р. Карим, Исследование физических свойств отработанного битумного вяжущего,

УДК 665.455:006.354

Сырых А.А.

Научный руководитель: Высоцкая М.А., доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

На данный момент в практике дорожного и промышленного строительства «горячие» битумы стали чаще вытесняться битумными эмульсиями [1]. Это связано с тем, что использование битумных эмульсий- наиболее приемлемый метод совмещения битумов с неорганической фазой. Он не требует нагрева и может использоваться с холодными и даже влажными минеральными материалами, поэтому он позволяет снизить расход энергоносителей до 40% по сравнению с традиционными «горячими» технологиями [2].

Битумные эмульсии - это грубодисперсные неоднородные системы, которые представляют собой смесь взаимно несмешивающихся жидкостей, а именно, битума и воды с добавлением эмульгатора для устойчивости системы [1]. В строительстве используются битумные эмульсии, в состав которых входят: битум – 30-70% от всей массы. Наиболее популярны системы, содержащие 50-55% битума. Вода: ее массовая доля составляет 15-70%. Эмульгатор (0,15-3%). Массовая доля стабилизатора – 0,05%-0,5%. Размер частиц, входящих в состав смеси, обычно не более 1,5 мкм.

Битумные эмульсии классифицируют по нескольким признакам:

- по типу эмульсии
- по степени концентрации битума
- по скорости распада
- по химической природе поверхностно-активного вещества.

Преимущества дорожных битумных эмульсий очевидны:

1. низкая вязкость битумных эмульсий по сравнению с битумом позволяет легко проникать в мелкие поры и, тем самым, обеспечивает его совмещение даже в достаточно толстом слое неорганического материала.

2. высокая адгезионная способность к поверхностям различной структуры и природы. Она способствует созданию высокопрочных и долговечных дорожных конструкций;

3. возможность производить работу в условиях низких температур и высокой влажности.

4. Сокращение расходов вяжущего за счет сниженной вязкости, потому что появляется возможность повысить точность дозирования, вяжущего и распределить его более тонкими слоями.

Применение эмульсий позволяет повысить производительность труда, качество покрытий, кроме того, появляется возможность использовать их в случае невозможности или нецелесообразности применения горячего битума [3].

Производство битумной эмульсии происходит с помощью установки непрерывного или периодического действия. Для большинства случаев установка включает в себя коллоидную мельницу. Производительность таких установок до 40 т/ч, однако чаще 5-10 т/ч. Во время приготовления растворов эмульгатора и битум проходят через коллоидную мельницу, в которой происходит эмульгирование. Растворитель часто применяют при изготовлении. Он может быть смешан как с битумом, так и с раствором эмульгатора, а также его можно добавить к эмульсии после коллоидной мельницы.

Температура эмульсии всегда должна быть меньше 100 °С и поддерживаться 85-95 °С. Температурную разность между битумом и раствором эмульгатора нужно поддерживать максимально низкой, насколько это возможно во избежание местного перегрева. Следует отметить, что в это время битум должен быть достаточно горячим, что его могли передать с помощью насоса.

Битумные эмульсии отличаются количественным содержанием битума в своем составе, тем самым определяя область использования, которые очень разнообразны.



Рис.1 Область применения

На данный момент значительный интерес вызвал новый способ изменения показателей жидких гербицидных смесей, предусматривающий опрыскивание вязкими жидкостями, при использовании которых уменьшается количество мелких капелек. Так как дорожная отрасль использует много электроэнергии, она не является экономичной, поэтому для сокращения потребления стали использовать водо-битумные эмульсии.

Битумные эмульсии, которые, как правило, применяются в дорожном строительстве, являются эмульсиями прямого типа («масло в воде»), в которых до 70% битум представлен в виде мельчайших частиц равномерно распределены в воде. В эмульсиях же обратного типа вода диспергирована в битуме и массовая доля до 80%.

Обратная эмульсия-эмульсия, в которой вода диспергирована на мельчайшие капли воды, а непрерывной фазой служит органическая жидкость. Преимуществом данной эмульсии является то, что она не требует подогрева, а значит, мы можем говорить о позитивном вкладе в решении мировой энергетической проблемы, а также экономической. Она более вязкая и подвижная, чем обычная, при нанесении не стекает. Такие эмульсии очень экономичны, даже не увеличивая содержание дисперсной фазы [5,6].

В дорожном строительстве эмульсионные битумные растворы обеспечивают скрепление технологических слоев, участвуют в производстве некоторых видов асфальтобетона, а также используются для восстановления асфальтового покрытия и продления его срока службы. Существует несколько разновидностей водно-битумных эмульсионных растворов, каждая из которых имеет отличительные особенности, а за счет модификаторов можно без существенных затрат увеличить физико-механические свойства состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпеко *Ф.В.* Битумные эмульсии. Основы физико-химической технологии производства и применения / *Ф.В. Карпеко, А.А. Гуреев.* – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. – 192 с.
2. Гельфанд *С.И.* Изготовление дорожных битумных эмульсий/ *С.И. Гельфанд, Н.А. Евдокимов.* –М.: Дориздат, 1943. – 96 с.
3. Розенталь *Д.А.* Битумы. Получение и способы модификации/ *Д.А. Розенталь, А.В. Березников.* –Л.: ЛТИ, 1979. – 80с.
4. Траутвайн *А.И.,* Ядыкина *В.В.,* Землякова *Д.В.,* Выбор адгезионных добавок для повышения термостабильности битума//

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова – 2020. - №2 с. 88-95.

5. Абдуллин А.И., Ганиева Т.Ф., Идрисов М.Р., Емельянычева Е.А. Водобитумные эмульсии.: учебное пособие. – Казань: Издательство КНИТУ, 2012, с.38, с.88-90.

6. Lauby, A. Emulsions: les evolutions en marche // RGRA. – 2002. – №809. – P. 24-25.

7. ГОСТ Р 58952.1-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные» Разработан Обществом с ограниченной ответственностью "Инновационный технический центр" (ООО "ИТЦ") с участием Общества с ограниченной ответственностью "Автодорис" (ООО "Автодорис")-19с.

УДК 666.94:621.046

*Таволжанский М.Р., Мурзина И.С., Новиков А.Н.
Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАСЧЕТ ДВУХРЯДНОГО СФЕРИЧЕСКОГО РОЛИКОПОДШИПНИКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ

В этой статье дается обзор понятию определения «Асфальтобетоносмеситель» и расчет физического воздействия на двухрядный сферический роликподшипник.

Асфальтобетоносмеситель – установка для приготовления асфальтобетонных и других битумоминеральных смесей из песка, щебня, минерального порошка и битума. Именно он играет существенную роль в качестве создания строительной массы для производства работ, так как от этого в значительной степени зависит его прочность, надежность и срок эксплуатации.

Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные, которые устанавливаются в асфальтобетоносмесителях, предназначены для восприятия тяжелой радиальной нагрузки, но могут одновременно воспринимать и осевую нагрузку, действующую в обоих направлениях и не превышающую 25% величины неиспользованной допустимой радиальной нагрузки. Они способны компенсировать несоосность и прогибы валов (до 3°), образовавшиеся под действием нагрузки, а также

вследствие технических погрешностей при обработке посадочных поверхностей

Мною был проведен патентный поиск, далее был выбран патент РФ №2653208, В28С 5/20, 2018 г., для того чтобы убедиться в работоспособности двурядного сферического роликподшипника при возможных дополнительных нагрузках, за основу был взят бетоносмеситель СМ-780. Исходные геометрические данные подшипника можно увидеть в (таблице 1).

Для того, чтобы убедиться в полной работоспособности асфальтобетоносмесителя, был произведен расчет двурядного сферического роликподшипника.

Исходные данные представлены в (таблице 1).

Таблица 1– Геометрия подшипника

Внешний диаметр	82.000	мм
Внутренний диаметр	69.000	мм
Диаметр тела качения	10.000	мм
Число тел качения	20.000	
Угол контакта Точность	2.000	град
Радиальные биения внешн. кольца	0.015	мм
Радиальные биения внутр. кольца	0.010	мм
Осевая сила	1000.000	Н
Радиальная сила	1000.000	Н
Рад. смещение преднатяга	0.000	Н
Скорость вращения	1000.000	об/мин
Коэффициент динамичности	1.000	
Средняя долговечность	1468596.404	час
Максимальное контактное напряжение	10913.483	Н/кв.мм
Выделение тепла	2681696.599	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	604523.561	Н
Осевые биения	329.595	мкм
Радиальные биения	-17.929	мкм
Боковые биения	0.010	мкм

Момент трения	3.557	Н х м
Потери мощности	372.458	Вт

Таблица 2 – Момент трения, (Н х м)

Математическое ожидание	3.557
Дисперсия	8.182
Стандартное отклонение	2.846

Момент трения – это сопротивление качению, иногда называемое трением качения или сопротивлением качению, представляет собой силу, противодействующую движению, когда тело катится по поверхности. Это в основном вызвано неэластичными эффектами; то есть не вся энергия, необходимая для деформации (или движения) колеса, дорожного полотна и т. д., восстанавливается при снятии давления.

Результаты расчета на момент трения, представлены на (рисунке 1) и (рисунке 2).

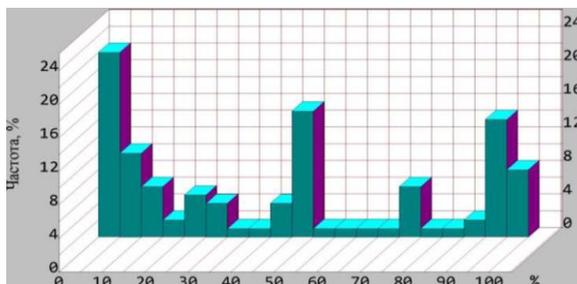


Рис. 1 Гистограмма. Момент трения



Рис. 2 График момент трения

Потери мощности называется мощность, потребляемая элементами при передаче энергии или просто при нахождении сети под напряжением. Они подразделяются на потери активной и реактивной мощности, на условно-постоянные и условно-переменные потери, а также на потери в линиях, трансформаторах и других элементах сети.

Таблица 3 – Потеря мощности (Вт)

Математическое ожидание372.458
Дисперсия89709.141
Стандартное отклонение298.014

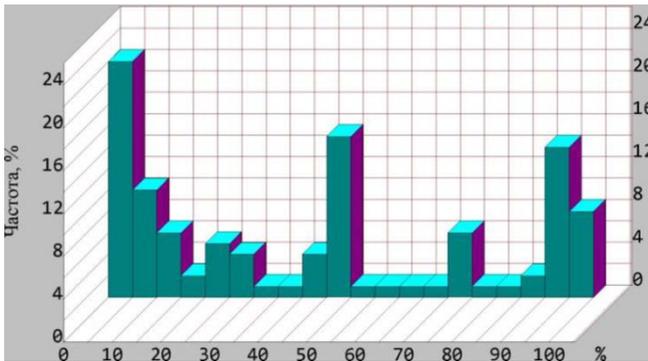


Рис. 3 Гистограмма потери мощности

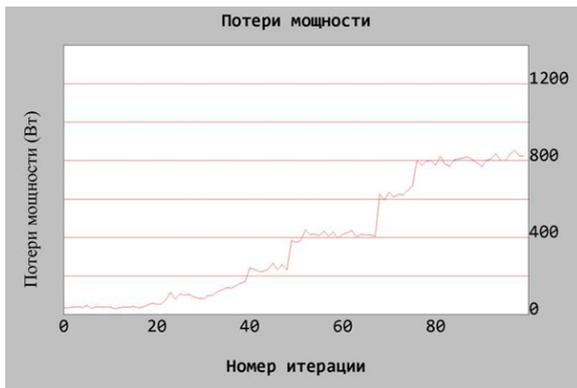


Рис. 4 Потери мощности

Долговечность – это длительность работы механизма, измеряемая в часах, зная, как долго может проработать механизм, мы можем четко

осознавать сроки его ремонта и замены, а также грамотно подобрать режим работы. Долговечность подшипника составляет 1468596.404 ч.

Исходя из полученных результатов, можно смело утверждать о том, что подшипник гидромотора соответствует условиям работы и имеет большой запас долговечности, поэтому эффективен в использовании и способен переносить дополнительные нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орехова Т.Н., Качаев А.Е., Чемеричко Г.И. Энергоресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях. Материалы международной научно-практической конференции. Белгород, 2021. С. 182-187.

2. Уваров В.А., Орехова Т.Н. Интерстроймех-2010. Материалы Международной научно-технической конференции. Под общей редакцией Богданова. 2010. С. 91-96.

3. Уваров В.А., Клюев С.В., Орехова Т.Н., Клюев А.В., Дураченко А.В. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 54-56

4. Уваров В.А., Орехова Т.Н. Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 277-280.

5. Орехова Т.Н., Краснов В.В., Дёмушкин Н.П. News of Science and Education. 2018. Т. 1. № 4. С. 024-027.

6. Любимый Н.С. Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.

УДК 683.531.19

*Тихонов А.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Мелентьев Н.А.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ ВОЛОКОН В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Для корректного сравнения свойств композитных материалов на основе волокон с различной плотностью необходимо знать содержание волокнистого наполнителя и связующего в материале. С помощью кривой, приведенной на (рисунке 1), можно легко определить, при

какой массовой доле связующего можно получить стекло- и органопластики с одной и той же объемной долей наполнителя [1,2]. Кривые, приведенные на (рисунке 2), позволяют легко определить объемную долю волокон Кевлар-49 в композиционном материале при известной массовой доле связующего с различной плотностью и наоборот. Кривые, приведенные на (рисунке 1 и 2), получены в предположении, что композиционный материал не содержит пор и дисперсных наполнителей, т. е. является однородным волокнистым композиционным материалом [3].

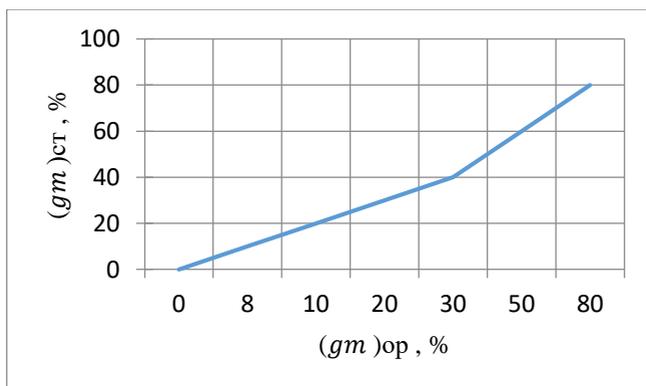


Рис. 1 График для определения массовой доли связующего, при которой можно получить стекло- и органопластики с одинаковой объемной долей наполнителя

Формула для расчета:

$$(g_m)_{ор} = \frac{1}{\frac{1-(g_m)_{ст} \rho_{ор}}{(g_m)_{ст} \rho_{ст}} + 1}, \quad (1)$$

где (g_m)_{ор}, (g_m)_{ст} - массовая доля связующего в органо- в стеклопластике соответственно; $\rho_{ор}$ и $\rho_{ст}$ - плотность органического и стеклянного волокон [4].

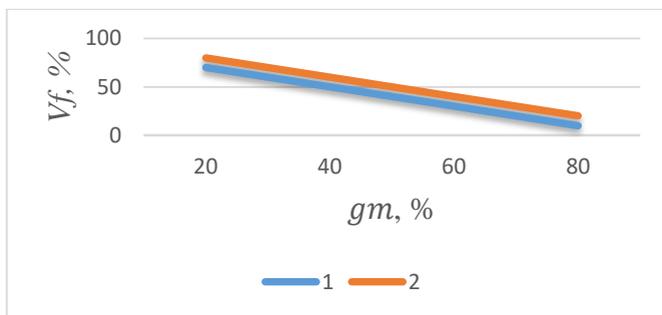


Рис. 2 Номограмма для определения объемной доли наполнителя по известной массовой доле связующего (g_m): 1 - с плотностью 1100 кг/м³ в композиционном материале на основе арамидного волокна Кевлар – 49; 2 - с плотностью 1300 кг/м³ в композиционном материале на основе арамидного волокна Кевлар – 49

$$\varphi_f = \frac{1}{1 + \left(\frac{g_m}{1 - g_m} \frac{\rho_f}{\rho_m} \right)}, \quad (2)$$

где φ_f - объемная доля наполнителя; g_m - массовая доля матрицы; ρ_f , ρ_m - плотность наполнителя и матрицы [5].

При экспериментальном определении объемной доли волокон в композиционных материалах на основе эпоксидной матрицы можно использовать стандартный метод разложения матрицы или волокон (ASTM 3171 «Определение объемной доли волокнистого наполнителя в полимерных композиционных материалах») [6]. Метод выжигания связующего, широко применяемый на практике при определении объемной доли наполнителя в полиэфирных стеклопластиках, неприемлем для органопластиков. В последнем случае более целесообразно использовать расчетные методы. Если известна масса ткани одного слоя и их число в композиционном материале, то при отсутствии пор массовую долю наполнителя можно рассчитать, разделив общую массу ткани на массу композиционного материала [7]. Если известна плотность волокна (ρ_f), отверженного связующего (ρ_m) и композиционного материала (ρ), то объемную долю волокнистого наполнителя (φ_f) можно рассчитать по формуле:

$$\varphi_f = \frac{(\rho - \rho_m)}{(\rho_f - \rho_m)}, \quad (3)$$

которая дает корректные результаты только для композиционных материалов, не содержащих пор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кац Г.С., Милевский Д.В. Наполнители для полимерных композиционных материалов / П.Г. Бабаевский М.: Химия, 1981. 143 с.
2. Любимый Н.С. Оптимизация параметров шлифования металлополимерной поверхности смыкания формообразующих деталей пресс-форм / Н.С. Любимый, М.С. Чепчуров, В.Е. Минасова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 125–130.
3. Substantiation of the Type of Machining of a Flat Metal-Metal-Polymer Surface Considering the Provision of the Required Roughness of the Part / В. S. Chetverikov, D. M. Annenko, N. S. Lubimyi, A. A. Tikhonov // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 160. С. 31-36. DOI 10.1007/978-3-030-75182-1_5.
4. Романович А.А., Чеховской Е.И., Романович М.А., Апухтина И.В. Расчет мощности привода агрегата для получения кубовидного щебня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 111–115.
5. Lubimyi, N.; Annenko, D.; Chepchurov, M.; Kostoev, Z. The research of the temperature effect on a metal polymer during flat grinding of a combined metal polymer part // Australian Journal of Mechanical Engineering. 2020. Т. 80. С. 1-13. doi:10.1080/14484846.2020.1786654.
6. M.S. Chepchurov, N.S. Lubimyi, V.P. Voronenko, D.R. Adeniyi. Determination of the Thermal Conductivity of Metal-Polymers. Innovative Technologies in Engineering: From Design to Competitive Product // Materials Science Forum. 2019. Т. 973. С. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.973.9>
7. Lubimyi, N.S.; Polshin, A.A.; Gerasimov, M.D.; Tikhonov, A.A.; Antsiferov, S.I.; Chetverikov, B.S.; Ryazantsev, V.G.; Brazhnik, J.; Ridvanov, I. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // Polymers. 2022. Т. 14. С 352-370.

УДК 621.74

*Тихонов А.А., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Шуринов А.А.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ

Пуансон пресс-формы с металлополимерной формообразующей был помещен в изолированный фольгированный короб. Штуцеры

металл-металлополимерной пресс-формы были подключены к системе охлаждения термопластавтомата системы MATSUI модели MCD-60RCL [1, 2,3,4].

Нагрев формообразующей поверхности производился с использованием промышленного фена имеющего электронную индикацию температуры струи воздуха. Нагрев поверхности путем передачи энергии через нагретый воздух безусловно не может быть достоверным, так как существующие потери энергии вследствие её рассеивания будут искажать результаты эксперимента. Чтобы минимизировать ошибку, для регистрации нагрева и охлаждения поверхности металлополимерной формообразующей использовался тепловизор. На Рис. 1 показан экспериментальный стенд по испытанию системы охлаждения металлополимерной формообразующей с профильными каналами охлаждения.

Регистрация температуры нагрева металлополимерной формообразующей поверхности производилась с течением времени до температуры 130°C, именно такая температура у полипропиленового расплава, впрыскиваемого в пресс-форму [5,6,7]. На Рис. 2 показана диаграмма температурных полей металлополимерной формообразующей поверхности. Выдержка при температуре 130°C составила 20 мин, для обеспечения равномерного прогрева всей металлополимерной части и снижения ошибки эксперимента.

После выдержки в течении 20 минут при температуре 130°C был включен термостат инжекционной машины Matsui модель MCD-60RCL. После включения термостата было зафиксировано снижение температуры металлополимерной поверхности формообразующей во времени. Диаграммы температурных полей в различные промежутки времени после включения термостата показаны на (рисунок 3).

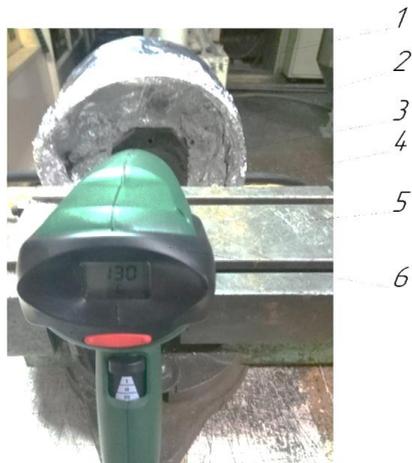


Рис. 1. Стенд для испытания конформной системы охлаждения композитной формообразующей детали пресс-формы: 1 – изолированный короб; 2 – металлическая обойма; 3 – металлополимерная формообразующая; 4 – гибкие трубопроводы системы охлаждения; 5 – тиски; 6 – фен промышленный

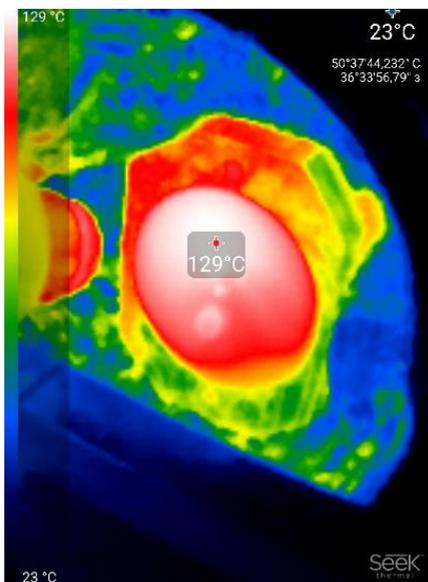


Рис. 2 Диаграмма нагрева композитной формообразующей детали

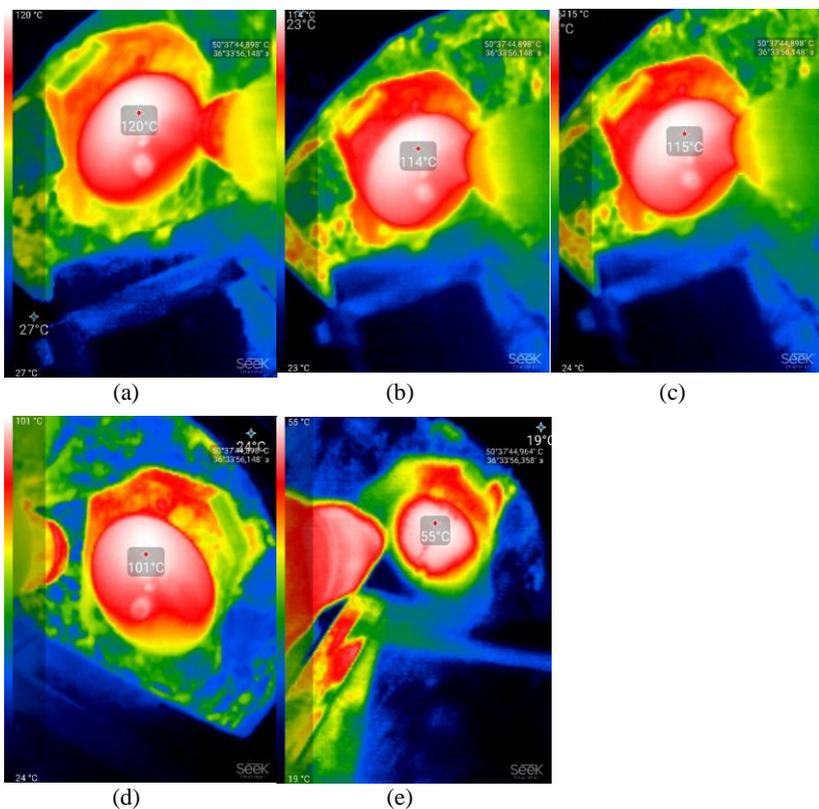


Рис. 3 Изменение температуры поверхности металлополимерной формообразующей с профильным каналом охлаждения: 5 секунда (а); 7 секунда (б); 8 секунда (с); 13 секунда (д); 47 секунда (е).

Установившееся значение температуры поверхности на отметке 55°C было зафиксировано на 47 секунде (РИСУНОК 3(е)). При этой температуре можно произвести извлечение изделия из ПФ.

Снятие показаний осуществлялось путем посекундной расшифровки видеозаписи файла тепловизора. Полученные данные были обработаны и на основании них была построена графическая зависимость температуры композитной формообразующей от времени охлаждения термостатом. Полученная зависимость представлена на Рис. 6.

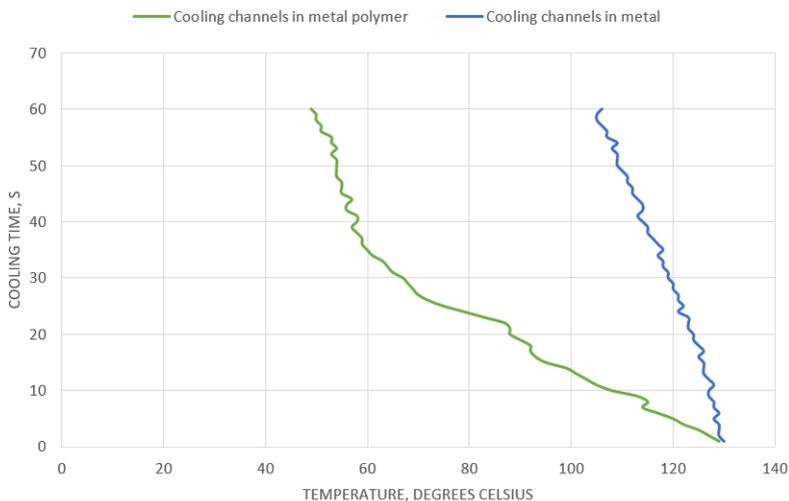


Рис. 4 График температур формообразующих поверхностей с течением времени

Из графика на Рис. 4 видно, что охлаждение формообразующей поверхности пресс-формы, у которой каналы охлаждения выполнены конформно в металлополимерной части происходит более эффективно, нежели если охлаждение осуществляется за счёт каналов охлаждения, расположенных в металлической части.

Температура изделия при которой оно может быть изъято из пресс-формы обычно составляет 50°C. Согласно экспериментальным данным, эта температура достигается криволинейным каналом охлаждения через минуту после начала охлаждения. В случае если канал охлаждения находится в металлической части пресс-формы, за ту же минуту времени охлаждения можно наблюдать охлаждение формообразующей поверхности только на 25°C. При этом характер графика охлаждения показывает практически линейную зависимость показывающую скорость охлаждения 0.42°C/сек.

Таким образом, охлаждение формообразующей поверхности композитной пресс-формы в которой каналы охлаждения выполнены в металлической обойме, до температуры изъятия детали из формы займет 3 мин. 10 сек., что на 2 мин. 10 сек. дольше, чем если бы охлаждение было организовано за счёт каналов, расположенных в металлополимерной части композитной пресс-формы.

Проведенный и описанный в статье эксперимент показал, что изготовление конформных каналов охлаждения с криволинейным

профилем, расположенным в металлополимерной части является более эффективным способом охлаждения композитной пресс-формы. Для формообразующей детали пресс-формы для изделия «хому́т», эксперимент показал, что снижение основного технологического времени на литьё одной единицы детали составит 130 секунд. Композитные пресс-формы рассчитаны на изготовление партий изделий до 1000 шт. Таким образом при обеспечении эффективного охлаждения получится сократить время производства партии в 1000 шт. на более чем 36 часов. Стандартная рабочая смена составляет 8 рабочих часов, то есть экономия составит 4,5 рабочие смены только на экономии основного технологического времени производства.

Другим фактором, является повышение надёжности композитной пресс-формы. Обеспечение эффективного охлаждения, позволит снизить термонапряженность работы пресс-формы, её металлополимерной части. Это позволит предотвратить развитие внутренних дефектов металлополимерной части пресс-формы, возникающих из-за наличия микроскопических несплошностей и трещин. Эти дефекты под действием больших перепадов температур будут развиваться в меньшей степени при снижении диапазона изменения температур в работе композитной пресс-формы.

Существуют и вопросы, касающиеся дальнейшего развития технологии изготовления композитных пресс-форм. Размещение выплавляемой закладной в полости обоймы будущей композитной пресс-формы, перед её заливкой металлополимером, доставило некоторые сложности. Сам материал выплавляемой модели (воск), из-за своей низкой жёсткости под действием температуры окружающей среды незначительно менял свою форму. Поджатие и закрепление закладной детали из воска было затруднено [8,9]. Вопрос разработки модели выплавляемой закладной, такой конструкции, которая бы позволила обеспечить её жесткую установку и позиционирование в колодце обоймы пресс-формы требует дальнейших исследований и опытов. Изменение геометрии как самой закладной детали, так и её расположения может привести к некорректному функционированию всей системы охлаждения, например, её негерметичности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. М.: МАДИ. 2016. 264 С.
2. Баурова Н.И. Диагностирование и ремонт машин с применением

полимерных материалов: монография. М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. 280 С.

3. Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов: учеб. пособие. М.: ИПРЖР, 2001. 192 С.

4. Берлин А.А. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие. 3-е испр. изд. СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. 560 С.

5. Зорин В.А., Баурова Н.И. Ремонт теплонагруженных элементов машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 4. С. 16–18.

6. Любимый Н.С., Чепчуров М.С., Тетерина И.С. Обработка комбинированной металл-металлополимерной плоской поверхности детали пресс-формы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 119–123.

7. Bytsenko O.A., Bessonova N.A., Dzhafarov E.E., Tishkov V.V., Gnevashev D.A. Production of technological plugs for engine box and oil system using additive technologies // INCAS Bull. 2021. Vol. 13. P. 21–27. doi:10.13111/2066-8201.2021.13. S.3.

8. Palka D. Use of Reverse Engineering and Additive Printing in the Reconstruction of Gears // Multidiscip. Asp. Prod. Eng. 2020. Vol. 3. P. 48–57. doi:10.2478/mape-2020-0024.

9. Зорин В.А., Баурова Н.И. Повышение стойкости полимерных материалов, применяемых при ремонте машин, к воздействию циклических нагрузок / В.А. Зорин, Н.И. Баурова // Механизация строительства. 2013. № 4 (826). С. 25–27.

УДК 539.219.2

*Тихонов А.А., Польшин А.А., Мелентьев Н.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАСШИРЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ

В современном мире применение полимеров безгранично, практически во всех областях промышленности, медицины и т.п. за счет лучших физических свойств, при меньшей стоимости. Возникают

проблемы при выборе оптимального сочетания полимера и наполнителя с учетом не только их природы, но и их теплофизических свойств. Одним из основных теплофизических свойств является термический коэффициент расширения. В статье рассматривается влияние термического коэффициента расширения наполненных полимерных композиций на уровень остаточных напряжений и его зависимость от микротрещин. Большое место в работе занимает зависимость влияния ориентация чешуек и волокон на термический коэффициент расширения наполненных композиций.

При оценке термического коэффициента расширения наполненных полимерных композиций необходимо учитывать ряд факторов. Во-первых, в процессе создания и переработки композиционных материалов объемные изменения матрицы вследствие химических термических эффектов, значительно больше, чем объемные изменения твердых наполнителей [1]. Термический коэффициент расширения полимеров обычно на десятичный порядок больше, чем твердых наполнителей, поэтому после охлаждения материалов от температуры переработки до комнатной температуры частицы возникает высокий уровень остаточных напряжений растяжения [2]. При этом в полимерах могут возникать микротрещины, вероятность образования которых возрастает при использовании частиц с малым разбросом по размерам или низкой плотностью упаковки. Образующиеся микротрещины в композиционных материалах могут служить плоскостями скольжения, вызывающими уменьшение термического коэффициента расширения [3]. При повышении остаточных напряжений на границах раздела матрица-наполнитель, наблюдающемся, например, при использовании аппретов, заметно снижается термический коэффициент расширения наполненных композиций [4]. По определению максимальная объемная доля наполнителя при заданном характере упаковки его частиц соответствует максимально возможной концентрации частиц наполнителя, при которой достигается их полная смачиваемость и диспергируемость в полимерной матрице [5]. Следовательно, частицы наполнителя всегда отделены друг от друга тонкой полимерной пленкой. Очевидно, что чем тоньше полимерная пленка, тем выше возникающие в ней остаточные напряжения.

Если снять эти остаточные напряжения, например, отжигом наполненных композиций, что практически достичь очень трудно, а часто вообще невозможно, то термический коэффициент расширения композиций может быть рассчитан по простому правилу смеси [6]:

$$\alpha = \alpha_1 V_m + \alpha_2 V_f, \quad (1)$$

где α , α_1 и α_2 - термические коэффициенты расширения композиции матрицы и наполнителя V_m и V_f - объемные доли матрицы и наполнителя соответственно [7].

Значительное влияние на термический коэффициент расширения наполненных композиций оказывает ориентация чешуек и волокон, поэтому в зависимости от метода изготовления и типа образца для испытаний значение термического коэффициента расширения таких композиций будет существенно зависеть от направления [8]. Волокна и частицы пластинчатой формы несколько уменьшают термическое расширение композиций в продольном направлении за счет вязкого трения и механических ограничений. В трансверсальном направлении матрица должна расширяться больше, чтобы уменьшить возникающие напряжения. Различие термического расширения композиций в продольном и трансверсальном направлении часто вызывает коробление изделий [9]. Термический коэффициент расширения кристаллических наполнителей зависит от направления, что может так же вызвать анизотропию термического расширения наплавленных композиций.

В данной статье было рассмотрено влияние термического коэффициента расширения наполненных полимерных композиций на уровень остаточных напряжений и его зависимость от микротрещин. Был рассмотрен характер зависимости влияния ориентации чешуек и волокон на термический коэффициент расширения наполненных композиций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кац Г.С., Милевский Д.В. Наполнители для полимерных композиционных материалов / П.Г. Бабаевский М.: Химия, 1981. 67 с.
2. Любимый Н.С., Романович М.А., Тихонов А.А., Бабкин М.С. Исследование температуры поверхности металл-металлополимерной детали при механической обработке плоским шлифованием / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 10. С. 72-83.
4. The Optimization of the Grinding Process of the Closing Joint of the Combined Forming Parts of the Mold / N. S. Lubimyi, I. A. Lymar, B. S. Chetverikov, A. A. Tikhonov // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 160. С. 67-73.
5. Романович А.А., Чеховской Е.И., Романович М.А., Алухтина И.В. Расчет мощности привода агрегата для получения кубовидного щебня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 111–115.

6. M.S. Chepchurov, N.S. Lubimyi, V.P. Voronenko, D.R. Adeniyi. Determination of the Thermal Conductivity of Metal-Polymers // Materials Science Forum. 2019. Т. 973. С. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.973.9>

7. Lubimyi, N.S.; Voronenko, V.P.; Chepchurov, M.S.; Evtushenko, E.I. Calculation of fixing element of metal-polymeric mold-forming surface of mold in metal cage // Actual Issues of Mechanical Engineering. 2017. Т. 133. С. 433-438.

8. Lubimyi, N.S.; Polshin, A.A.; Gerasimov, M.D.; Tikhonov, A.A.; Antsiferov, S.I.; Chetverikov, B.S.; Ryazantsev, V.G.; Brazhnik, J.; Ridvanov, I. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // Polymers. 2022. Т. 14. С. 352-370.

9. Любимый Н.С. Оптимизация параметров шлифования металлополимерной поверхности смыкания формообразующих деталей пресс-форм / Н.С. Любимый, М.С. Чепчуров, В.Е. Минасова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 125–130.

10. Substantiation of the Type of Machining of a Flat Metal-Metal-Polymer Surface Considering the Provision of the Required Roughness of the Part / B. S. Chetverikov, D. M. Annenko, N. S. Lubimyi, A. A. Tikhonov // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 160. С. 31-36.

УДК 621.74

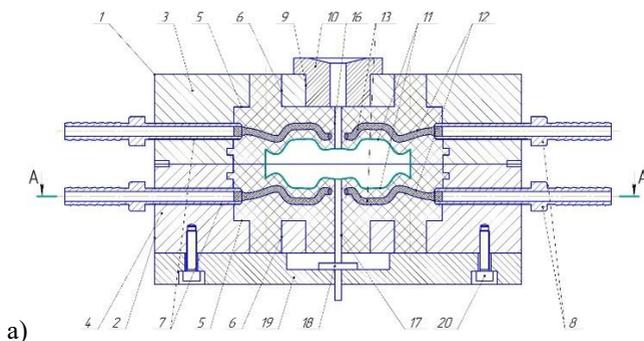
*Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

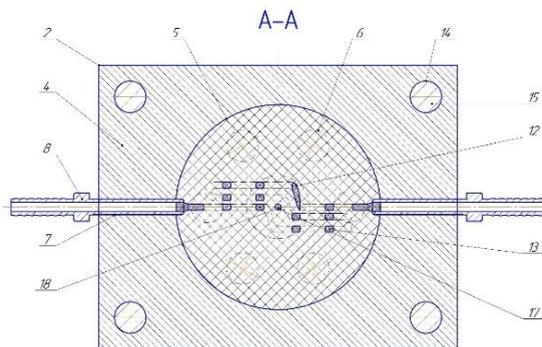
КОНСТРУКЦИЯ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ МАШИН

Литьё термопластичных полимеров в металлические пресс-формы является наиболее распространённой технологией получения пластиковых изделий. Металлические пресс-формы обладают высокой стойкостью, до 1 миллиона циклов, высоким качеством формообразующей поверхности. Эти характеристики делают металлические пресс-формы наиболее конкурентными по сравнению с другими технологиями получения пластиковых изделий, такими как аддитивное производство, литьё в силиконовые пресс-формы, литьё в композитные металл-металлополимерные пресс-формы.

В докладах об аддитивном производстве [1,2] указывается, что аддитивное производство (additive manufacturing AM) занимает объём рынка более 4 миллиардов долларов с прогнозом на устойчивый рост. В области исследований AM при производстве металлических пресс-форм особое внимание уделяется технологиям селективной лазерной плавке (selective laser melting SLM). Так, Newman и др. Представили новую концепцию планирования производственных процессов для аддитивного и субтрактивного производства [3]. Исследование показывает, что на сегодняшний день использование AM при изготовлении готовых деталей функционального назначения ещё невозможно без постобработки, в том числе с применением субтрактивных технологий. Thompson и др. также указали на возможные тенденции использования AM с учётом применения современных полимерных материалов при изготовлении композитных конструкций деталей [1, 4, 5]. Одним из потенциальных направлений использования AM является создание пресс-форм для литья пластмасс под давлением [6, 7]. Преимущества, которые при этом позволяет достичь технология AM это изготовление конформных каналов охлаждения с использованием технологии SLM. Это приводит к увеличению производительности пресс-формы, так как при этом повышается эффективность охлаждения, а, следовательно, и цикл времени формования [8, 9].

При изготовлении композитных формообразующих деталей пресс-форм, состоящих из металлической обоймы и металлополимерной формообразующей части, AM используются для изготовления мастер-модели, по которой делается негативный отпечаток в металлополимерной части пресс-формы [10, 11]. Схема композитной пресс-формы и входящие в неё части показаны на (рисунке 1).





б)

Рис. 1 Схема композитной пресс-формы, продольный разрез (а), схема композитной пресс-формы, разрез А-А (б)

Композитная пресс-форма, показанная на рис. 1 состоит из матрицы 1 и пуансона 2, представляющих собой металлические плиты 3 и 4 с внутренними полостями 5, выпорами 6, отверстиями 7, например, резьбовыми, выполненными на боковых стенках. В отверстиях 7 размещены соединительные элементы 8, например, штуцеры, связанные с системой охлаждения посредством трубопроводов. В металлической плите 3 матрицы 1 выполнено отверстие 9 под литниковую втулку 10.

Внутренние полости 5 матрицы 1 и пуансона 2 заполнены металлополимером с образованием формообразующих поверхностей 11 путем отпечатка модели изделия (на рисунке не показана) в жидком металлополимере. При этом в металлополимере матрицы 1 и пуансона 2 выполнены каналы охлаждения 12, которые расположены эквидистантно формообразующим поверхностям 11. Форма поперечного сечения каналов охлаждения 12 может иметь любой профиль, например, окружность. Форма сечения канала охлаждения 12 и его профиль обеспечиваются путем размещения в металлополимере закладных деталей 13, имеющих необходимую форму сечения и профиль, а затем их выплавления. Закладная деталь 13 предварительно получается путем печати на 3D принтере из материала, имеющего температуру плавления от 45 до 60 °С, например, воск или парафин.

В металлических плитах 3 и 4 предусмотрены отверстия 14 под направляющие колонки 15. В металлополимерной части матрицы 1 выполнен литевой канал 16. В металлополимерной части пуансона 2 выполнено отверстие 17, в которое установлен выталкиватель 18, хвостовик которого, в свою очередь, установлен с возможностью

перемещения в плиту выталкивателя 19. Плита выталкивателя 19 соединена при помощи крепежных элементов 20 с пуансоном 2.

Для более наглядного понимания конструкции, на (рисунке 2) показана 3D модель композитной полуформы (матрица или пуансон).

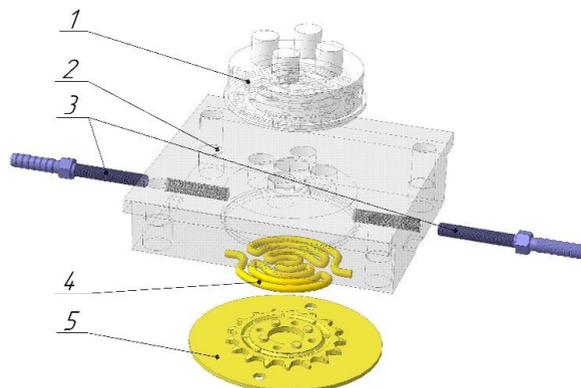


Рис. 2 Разнесённая 3D модель композитной формообразующей плиты пресс-формы. 1 – металлополимерная часть; 2 – металлическая обойма; 3 – шурупы; 4 – выплавляемая закладная; 5 – мастер-модель

Закономерно, что чем ближе стенки каналов охлаждения к формообразующей поверхности тем лучше обеспечивается отвод тепла от формообразующей поверхности и тем меньше требуется времени на технологический цикл формования детали. Кроме того, повышение эффективности охлаждения формообразующей детали увеличивает и стойкость металлополимерной части формообразующей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Thompson M. K., Moroni G., Vaneker T., Fadel G., Campbel R., Gibson I., Bernard A., Schulz J., Graf P., Ahuja B., Martina F.. Design for Additive Manufacturing: Trends, Opportunities, Considerations, and Constraints // *CIRP Annals-Manufacturing Technology*. 2016. Vol. 65, Pp. 737–760. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>.

2. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2011. №3. С. 69-71.

3. Newman S. T., Zhu Z., Dhokia V., Shokrani A.. Process Planning for Additive and Subtractive Manufacturing Technologies // *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 64. Pp. 467–470.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.109>.

4. Lubimyi N.S., Polshin A.A., Gerasimov M.D., Tikhonov A.A., Antsiferov S.I., Chetverikov B.S., Ryazantsev V.G., Brazhnik J., Ridvanov İ. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // *Polymers*. 2022. T. 14. N. 2. С. 1-18. <https://doi.org/10.3390/polym14020352>

5. Chetverikov B. S., Annenko D. M., Lubimyi N. S., Tikhonov A. A. Substantiation of the Type of Machining of a Flat Metal-Metal-Polymer Surface Considering the Provision of the Required Roughness of the Part // *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2021. T. 160. С. 31-36 https://doi.org/10.1007/978-3-030-75182-1_5

6. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2015. № 4. С. 86-90.

7. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей персс-форм из композиционных материалов // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2015. №6. С.76-81.

8. Jahan S. A., Hazim E. M. Optimal Conformal Cooling Channels in 3D Printed Dies for Plastic Injection Molding // *Procedia Manufacturing*. 2016. Vol. 5. Pp. 888–900 <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2016.08.076>

9. Wang Y., Yu K. M., Wang C. C. L. Spiral and Conformal Cooling in Plastic Injection Molding // *CAD Computer Aided Design* 2016. Vol. 63. Pp. 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2014.11.012>.

10. Lubimyi N. S., Annenko D. M., Chepchurov M. S., Kostoev Z. M. The research of the temperature effect on a metal polymer during flat grinding of a combined metal polymer part // *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 2020. T. 80. С. 1-13. doi:10.1080/14484846.2020.1786654

11. Патент РФ № 188720. Металл-металлополимерная пресс-форма. / Н.С. Любимый - 2018144087, заяв. 12.12.2018. оубл. 22.04.2019. Бюл. №12.

*Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ КОМПОЗИТНОЙ ПРЕСС-ФОРМЫ С ПРОФИЛЬНЫМ КАНАЛОМ ОХЛАЖДЕНИЯ

В производстве пластиковых изделий всё большее значение играет роль переналаживаемая оснастка. К такой оснастке относятся композитные металл-металлополимерные пресс-формы [1, 2, 3, 4]. Основной частью композитной пресс-формы, являются формообразующие плиты. Композитная формообразующая плита состоит из металлической обоймы, в которой вместо формообразующей поверхности выполнен колодец для заливки металлополимера. В этот колодец специальным образом помещается мастер модель и другие закладные элементы необходимые для оформления, например, системы охлаждения. После заливки и отверждения металлополимера, а также удаления закладных элементов, получается композитная металл-металлополимерная формообразующая деталь пресс-формы [5, 6].

На надёжность и производительность пресс-форм большое влияние оказывает термостатирование пресс-формы. В классическом варианте [7, 8], каналы охлаждения выполняются механической обработкой. То есть сверлением сквозных отверстий в плите, после чего выходные некоторые отверстия заглушаются, другие соединяются гибкими трубопроводами, а третьи служат для подключения к термостату.

В случае, когда формообразующая поверхность выполняется из металлополимера, который, не смотря на 80% заполнение алюминием, имеет полимерную диэлектрическую матрицу, а, следовательно, и низкую теплопроводность. Следовательно, композитные пресс-формы, требуют новых подходов к обеспечению эффективности своего охлаждения.

Был разработан способ повышения эффективности системы охлаждения композитных пресс-форм, за счёт изготовления конформных каналов охлаждения [9, 10]. Сущность способа заключается в изготовлении криволинейных каналов охлаждения, заданного сечения и формы. Для этого предлагается изготовить закладные детали в форме каналов охлаждения из выплавляемых

материалов (например, парафин) аддитивным методом. Перед заливкой металлополимера в полость металлической обоймы при получении формообразующей поверхности помещается выплавляемая закладная канала охлаждения. Закладная крепится в полости благодаря штуцерам, которые удерживают закладную в требуемом положении. Затем устанавливается мастер-модель. После отверждения металлополимера, конструкция нагревается до температуры плавления выплавляемого материала, материал закладной канала охлаждения вытекает из металлополимерной части формообразующей детали, таким образом в металлополимерной части получается криволинейный канал охлаждения заданного профиля с требуемым расположением. Разработанная конструкция поясняется (рисунок 1).

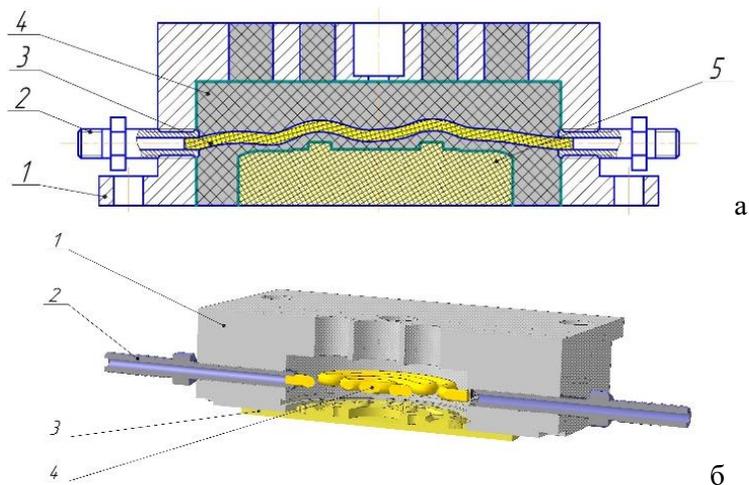


Рис. 1 Схема композитной пресс-формы, продольный разрез (а): 1 – металлическая обойма, 2 – штуцер; 3 – выплавляемая закладная деталь, 4 – металлополимерная формообразующая; схема установки криволинейной закладной детали в полости металлической обоймы (б): 1 – металлическая обойма, 2 – штуцер, 3 – мастер-модель; 4 – выплавляемая закладная деталь.

В статье приводятся данные о проведённом эксперименте по изготовлению конформного канала охлаждения и его испытания на практике согласно предложенной технологии изготовления композитной формообразующей плиты пресс-формы.

Чтобы оценить эффективность охлаждения формообразующей поверхности с использованием профильных каналов охлаждения была

изготовлена композитная пресс-форма для изделия «хомут» (рисунок 2).

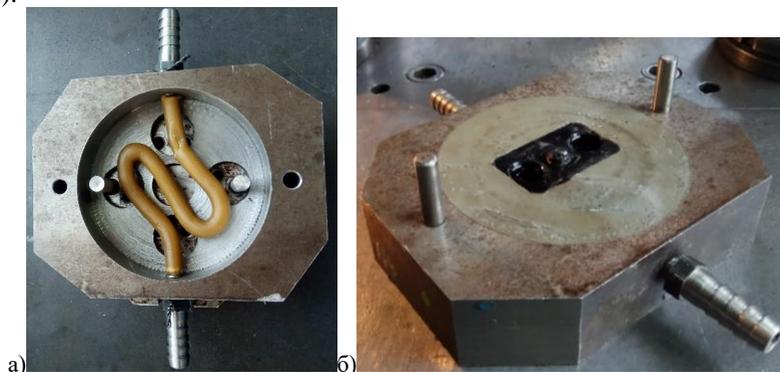


Рис. 2 Закладная выплавляемая деталь в колодце металлической обоймы (а); Композитная формообразующая деталь пресс-формы, для изделия хомут (б)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. J. Liang, H. Narahara, H. Koresawa, H. Suzuki. Verification and evaluation of automatically designed cooling channels for block-laminated molds. (UK: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 75, 1751-1761, 2014).

2. Y. Wang, K. M. Yu, C. C. L. Wang. Spiral and Conformal Cooling in Plastic Injection Molding. (CAD Computer Aided Design 63, 1–11, 2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2014.11.012>.

3. Пат. N 2046714, МПК 6В29С33/00 А. Способ изготовления формообразующих элементов пресс-форм / А.В. Семенюк. - N 5046862/05, заяв. 01.09.1992, опубл. 27.10.95.

4. S. T. Newman, Z. Zhu, V. Dhokia, A. Shokrani. Process Planning for Additive and Subtractive Manufacturing Technologies. (CIRP Annals - Manufacturing Technology 64, 467–470, 2015) <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.109>

5. Пат. N 2375141, МПК В21D37/00. Способ изготовления формообразующих деталей пресс-форм из стали для получения изделий из пластмасс методом литья под давлением или прессованием / Б.В. Афонин, А.М. Великолуг, П.В. Воронин, Р.П. Воронин. – N 2008141187/02, заяв. 16.10.2008, опубл. 10.12.09.

6. Пат. N 2534169, МПК В22С9/00. Способ изготовления металлополимерных пресс-форм /В.Г. Смелов, А.В. Балякин, Р.А. Вдовин, В.В. Кокарева. – N 2012155618/02, заяв. 20.12.2012, опубл.

27.11.14, Бюл. №33.

7. Справочник по реконструированию оснастки для переработки пластмасс / А.П. Пантелеев, Ю.М. Швецов, И.А. Горячев. – М.: Машиностроение, 1986. – 399 с.

8. Т. А. Osvald. Plastic injection molding. (St. Petersburg: Profession, 712, 2006).

9. A. A. Romanovich, A. Ebrahim, M. A. Romanovich. Improving the efficiency of the material grinding process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 945. С. 012060.

10. N. S. Lubimy, A. A. Polshin, M. D. Gerasimov, A. A. Tikhonov, S. I. Antsiferov, B. S. Chetverikov, V. G. Ryazantsev, J. Brazhnik, I. Ridvanov. Justification of the Use of Composite Metal-Metal-Polymer Parts for Functional Structures // Polymers. 2022. Т. 14. С. 340-352. <https://doi.org/10.3390/polym14020352>

УДК 621.74

*Тихонов А.А., Польшин А.А., Шуринов А.А., Голубева Н.Д.
Научный руководитель: Любимый Н.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕОРИЯ РАСЧЁТА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Для расчётов параметров системы каналов охлаждения пресс-формы используется методика, предложенная А.П. Пантелеевым [1, 2]. Далее приведены выражения, для расчёта системы термостатирования.

Цикл формования состоит из этапов смыкания пресс-формы, впрыска, выдержки под давлением, охлаждения, размыкания пресс-формы, выталкивания изделия из пресс-формы, технологической обработки формообразующей поверхности. Для дальнейших расчётов необходимо рассчитать время цикла формования, для этого используется следующая зависимость:

$$\tau_c = \tau_{cool} + \tau_{cp} + \tau_g, \quad (1)$$

где τ_{cool} – время охлаждения изделия; τ_{cp} – время смыкания и размыкания формы; τ_g – время выдержки под давлением.

Время охлаждения:

$$\tau_{cool} = \frac{0,405}{\alpha} \left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \left(\ln 1,27 - \ln \frac{t_m - t_f}{t_p - t_f}\right) \quad (2)$$

где α – коэффициент теплопроводности, м²/с; δ – толщина изделия, м; t_f – средняя за цикл температура формообразующих поверхностей, °С; t_p – начальная температура изделий, равная температуре впрыскиваемого в форму расплава, °С; t_m – температура в середине стенки изделия, при которой раскрывается форма (принимают на 8-25 °С выше температуры t_f).

Количество теплоты Q_0 , поступившей с расплавом и отдаваемой отливкой, Дж:

$$Q_0 = m_0 c_0 (t_p - \overline{t_m}), \quad (3)$$

где m_0 – масса отливки, кг, $m_0 = m_p n + m_g$; m_p – масса изделия, кг; n – количество гнезд; m_g – масса литников, кг; c_0 – удельная теплоемкость материала отливки, Дж/(кг·°С).

$\overline{t_m}$ – средняя (по объему отливки) температура изделия в момент раскрытия формы, °С:

$$\overline{t_m} = t_f + 2(t_p - t_f)/\pi, \quad (4)$$

Количество теплоты, отводимой хладагентом Q_x , можно принять равным Q_0 . Количество теплоты, потраченное на нагрев окружающей среды и полученной из окружающей среды в расчётах пренебрежительно мало и им можно пренебречь.

Расход хладагента, кг:

$$g_x = \frac{Q_x}{c_x \Delta t_x}, \quad (5)$$

где c_x – удельная теплоемкость хладагента, Дж/(кг·°С) (табличное значение); Δt_x – разность температур на входе и на выходе в канал (принимают не более 2-4 °С для исключения неравномерности охлаждения).

Затраты хладагента или его расход, рассчитывают исходя из площади охлаждаемой поверхности, то есть формообразующей поверхности пресс-формы.

Поперечная площадь сечения канала охлаждения находится как:

$$f_m^{p(m)} = \frac{g_x^{p(m)}}{\rho_x \tau_c \omega}, \quad (6)$$

где ρ_x – плотность хладагента, кг/м³; τ_c – время цикла (1), с; ω – скорость течения хладагента, м/с (принимают $\omega = 0,5 \dots 1,0$ м/с).

Диаметр канала или длина стороны сечения (если канал прямоугольный), м:

$$d_c^{p(m)} = 1,13 \sqrt{f_m^{p(m)}}. \quad (7)$$

Длина каналов охлаждения рассчитывается из условия, что эффективная площадь поверхности каналов должна быть не менее охлаждаемой площади оформляющих поверхностей пуансона и матрицы:

$$F_c^{p(m)} \geq F_p(m),$$

где $F_c^{p(m)}$ – площадь поверхности охлаждающих каналов пуансона (матрицы), м².

Суммарная длина каналов круглого сечения, м:

$$l_c^{p(m)} \geq \frac{F_p(m)}{\pi d_c^{p(m)}}. \quad (8)$$

Для проведения математических расчётов было использовано программное обеспечение SMATH Studio. Для конечно-элементного моделирования с целью расчёта параметров теплопереноса был использован программный продукт Elcut 6.1. В качестве экспериментальной модели изделия использовалась деталь шестерня.

По табличным данным [1,2], были получены расчётные значения параметров охлаждения композитной пресс-формы, представленные в (таблице 1).

Таблица 1 – Расчётные параметры системы охлаждения композитной пресс-формы

Название параметра, размерность	Обозначение	Значение
Время охлаждения, с	τ_{cool}	450
Время формования 1 шт., с	τ_c	475

Температура изделия, °С	\bar{t}_m	124
Масса отливки, кг	m_0	$3.8706 \cdot 10^{-8}$
Количество теплоты поступившей в форму, Дж	Q_0	$8.6101 \cdot 10^9$
Тепловой поток в единицу времени, Дж/м ²	q	$5.591 \cdot 10^{-7}$
Тепловой поток за цикл, Вт·с/м ²	qc	0.0003
Тепловой поток за 106 циклов, Вт·с/м ²	qs	265.8634
Количество теплоты, отводимой хладагентом, Дж	Q_x	$8.6101 \cdot 10^9$
Расход хладагента, кг	g_x	$2.0598 \cdot 10^{-6}$
Площадь поперечного сечения каналов пуансона и матрицы, м ²	$f_c^p = f_c^m$	$4.3318 \cdot 10^{-6}$
Диаметр канала пуансона и матрицы, м	$d_c^p = d_c^m$	0.0024
Суммарная длина каналов круглого сечения пуансона и матрицы, м	$l_c^p = l_c^m$	1.0422

На (рисунке 1) показана диаграмма температурных полей моделирования нагрева металлополимерной части выполненной из металлополимера LEO [3,4]. Размер сечения от формообразующей поверхности до стенки канала охлаждения в принятой модели равняется 8 мм.

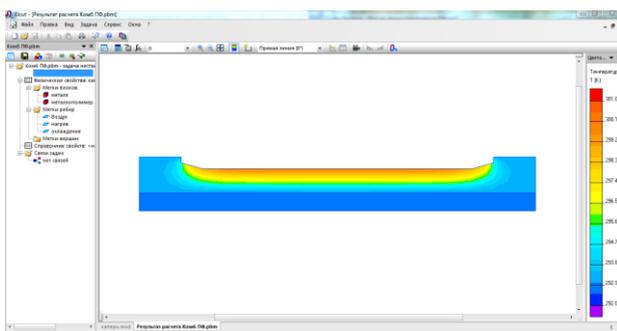


Рис. 1 Диаграмма температурных полей композитной формообразующей детали пресс-формы

Используя различные геометрические модели с различными толщинами сечения металлополимера, между формообразующей поверхностью, нагреваемой расплавом и стенкой канала охлаждения, охлаждаемой хладагентом, были получены результаты, представленные в (таблице 2) и на (рисунке 2).

Таблица 2 – Расчётные значения температуры нагрева металлополимерной части пресс-формы

Толщина металлополимера, мм	Температура формообразующей, К
2	296
4	297
6	299
8	301

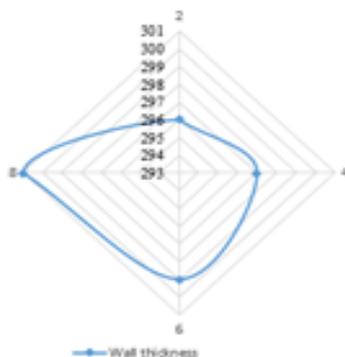


Рис. 2 Зависимость, температуры поверхности металлополимерной формообразующей от толщины стенки до поверхности канала охлаждения

По (рисунку 2) объективно видно, что снижение толщины сечения стенки металлополимерной части пресс-формы, отделяющей формообразующую поверхность от стенки каналов охлаждения, существенно снижает температуру формообразующей [5,6,7]. Полученная зависимость имеет практически линейный характер. Это свидетельствует, что для обеспечения эффективного охлаждения композитной пресс-формы следует выполнять каналы охлаждения не в металлической части пресс-формы, как это принято при проектировании стандартных пресс-форм, а в металлополимерной части. Ещё более эффективным, будет изготовление каналов охлаждения эквидистантной формы, то есть повторяющих контур самой детали.

Ряд экспериментов, задачей которых было изготовление профильных каналов охлаждения в металлополимерной части композитной пресс-формы, показал, что эта задача ещё не решена технически. Для того чтобы изготавливать как сами закладные из

выплавляемых материалов, так и обеспечить требуемое позиционирование в металлической обойме требуются дополнительные изыскания в области машиностроения. Требуется разработка соответствующей технологии получения профильных каналов охлаждения.

Тем не менее результаты исследования, приведенные в этой работе, показали, что диаметр требуемого сечения круглого профиля канала охлаждения для изделия шестерня, должен быть равен 2.4 мм, при этом длина канала охлаждения должна быть 1.04м.

Варьируя диаметр канала охлаждения, за счёт изменения диаметра сечения закладной детали, можно добиться того, что длина канала охлаждения будет сокращена. Необходимо стремиться к тому, чтобы отношение диаметра канала охлаждения к его длине были оптимальными. Критерии оптимальности в этом случае это эффективность охлаждения, то есть максимальный теплообмен [8]. Но в этой системе оптимизации будут и ограничения по диаметру канала охлаждения и его длине. Это связано с тем, что слишком тонкая закладная деталь из воска будет очень хрупкой. Отсутствие жесткости такой детали приведет к сложностям монтажа этой детали перед заливкой в обойму металлополимера. Длина каналов охлаждения ограничена также, так как зависит от площади формообразующей поверхности и её невозможно устанавливать по своему усмотрению.

В целом, сосредоточенные в этой статье расчётные приёмы и выражения, позволяют произвести предварительный расчёт требуемых параметров каналов охлаждения, сечение и длину. Далее, уже на основе формы и геометрии самой детали или формообразующей её поверхности композитной пресс-формы, можно спроектировать модель закладной детали из выплавляемого материала. Используя аддитивное производство не составит труда изготовить такую закладную деталь и использовать её для получения профильного канала охлаждения.

При этом будет обеспечена максимальная стойкость и производительность композитной металл-металлополимерной пресс-формы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Thompson M. K., Moroni G., Vaneker T., Fadel G., Campbel R., Gibson I., Bernard A., Schulz J., Graf P., Ahuja B., Martina F.. Design for Additive Manu-facturing: Trends, Opportunities, Considerations, and Constraints // CIRP Annals-Manufacturing Technology. 2016. Vol. 65, Pp. 737–760. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>.

2. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.

3. Металлополимеры LEO [Электронный ресурс]. URL: <http://www.leopolimer.ru/index.htm> (дата обращения: 16.03.2022)

4. Romanovich A. A., Ebrahim A., Romanovich M. A. Improving the efficiency of the material grinding process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 945. С. 012060.

5. Зорин В.А., Баурова Н.И. Ремонт теплонагруженных элементов машин и оборудования с использованием наполненных полимерных материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 4. С. 16–18.

6. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4. С. 86-90.

7. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей персс-форм из композиционных материалов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №6. С.76-81

8. Romanovich A. A., Ebrahim A., Romanovich M. A. Improving the efficiency of the material grinding process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. N. 945. С. 012060.

УДК 656.13

Топский А.А.

*Научный руководитель: Новописный Е.А., канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ МАРКИ МАЙБАХ

Автолюбители всех возрастов вне зависимости от опыта вождения слышали о знаменитых автомобилях Майбах или Maybach. В современном мире автомобили этой марки ассоциируются со скоростью, стилем, престижем и служат одним из атрибутов красивой и роскошной жизни.

Создание и развитие марки Майбах непосредственно связано с именем Вильгельма Майбаха. Немецкий предприниматель, автоконструктор, гений, его по праву можно назвать человеком с

большой буквы и легендой своего времени. Он является одним из создателей первого и современного транспортного средства.

Рожденный в 1846 году в городе Хайльбронн или Вюртемберг, Вильгельм был сыном плотника. Мальчика ждала непростая судьба. В возрасте десяти лет, он остается круглым сиротой, потеряв отца и мать.

В 1856 году благотворительная организация берет на попечительство юного Вильгельма, и он попадает в приют Брудерхаус Ройтлинген. Вильгельм трудится на заводе, работает в мастерской, изучает английский язык, а все свободное время посвящает чтению трудов Юлиуса Вейсбаха, автора «Технической механики».

В возрасте 17 лет на заводе Вильгельм знакомится с немецким инженером, промышленником и конструктором Готтлибом Даймлером. Именно этот жизненный эпизод станет ключевым в жизни мальчика и как следствие сыграет важную роль в создании марки Майбах. Вильгельм и Готтлиб с первого дня знакомства были впечатлены идеями друг друга.

В 1866 году Даймлера приглашают работать в фирму, производящую стационарные двигатели внутреннего сгорания, под названием «Doiz». Даймлер соглашается работать в компании, но при обязательном условии – на производстве так же будет трудиться Вильгельм Майбах. Руководство «Doiz» отвечает согласием. Контракт подписан. В компании Готтлиб и Вильгельм заняты организацией производства и работой над усовершенствованием двигателей Отто, с целью сделать их более компактными и легкими. Однако, в скором времени, между руководством «Doiz» и изобретателями возникают разногласия, вследствие чего последним приходится покинуть фирму.

Спустя месяц, в 1882 году Даймлер основывает свое собственное производство «Даймлер Моторен Гезельшафт». Майбах становится конструктором в компании. В своей фирме изобретатели реализовывают все идеи без давления руководства. В связи с чем, уже спустя год Майбах изготавливает стационарный двигатель весом 40 килограммов и работающий на бензине.

Испытание четырехкратного двигателя показало восхитительные результаты. В этом же году Майбахом были усовершенствованы технические характеристики: создан более сдержанный и лаконичный дизайн, изобретена новая система зажигания. Автоконструктор прозвал агрегат «напольные часы».

Вильгельм был человеком, отличительной чертой биографии которого являлось стремление к совершенству. Он модернизировал любую конструкцию и в то же время использовал новые патенты.

Революционным событием стала разработка мотора мощностью 0,5 л.с., который привел в движение моторный велосипед. Конструкция имела по бокам два колеса и двигалась со скоростью 6 или 12 км/ч. Испытания двухколесного экипажа прошли 10 ноября 1885 года. В них участвовал сам Вильгельм, его сын Карл и сын Даймлера – Пауль [1].

Следующим прорывом Майбаха было создание мотора рабочим объемом 0,462 л. для первого в мире четырехколесного автомобиля. Первые испытания были проведены 4 марта 1887 года, мотор установили на готовый конный экипаж, позже мотор был установлен на лодку. А в 1888 году мотором оснастили воздушный шар. Вильгельм Майбах большое значение придавал сбору и систематизации результатов всех своих испытаний.

Важным этапом была Всемирная Парижская выставка 1889 года, участником которой, во что бы то ни стало, хотел стать Даймлер [2]. Майбахом был разработан новый автомобиль, с новым мотором, специально для участия в этом мероприятии. Создание изобретения принесло коммерческий успех, несмотря на то, что изначально основной целью разработки было создание концептуальной конструкции. Патент на двигатель и передачи был куплен французами Арманом Пежо и Эмилем Левассор, с существенным условием, что на выпускаемых ими моторах будет стоять марка Daimler.

В 1895 году появляется двухцилиндровый рядный двигатель «Феникс», развивающий мощность 2,5 л.с. при 750 об/мин. Вильгельм совершенствует свою разработку и в 1896 году мощность «Феникса» достигла 5 л.с., за счет нового радиатора оригинальной конструкции. Четырехцилиндровый «Феникс» появился в 1899 году, его рабочий объем составил 5900 см³, а мощность – 23 л.с., он был установлен на гоночный автомобиль Mercedes 35 PS, созданный по специальному заказу известного предпринимателя и консула Австро-Венгрии Эмиля Еллинека. На автомобиле, названном в честь своей дочери, Еллинек одержал победу в горных гонках Ницца – Ля – Турби. Mercedes 35 PS превзошел все ожидания и прославил имена своих создателей. Автомобиль до сих пор считается легендарным творением, заложившим фундаментальные основы архитектуры автомобилей.

В 1900 году после смерти Даймлера положение Вильгельма значительно ухудшилось. Вильгельм Майбах, отдававший себя работе без остатка, не ладил с руководителями компании, поскольку в спорах с ними всегда принимал сторону Даймлера. Автоконструктор был вынужден писать униженные и безответные прошения о прибавке к жалованию, но все они не увенчались успехом.

В 1907 году Майбах был вынужден покинуть фирму, репутация и популярность которой была результатом именно его талантов и работоспособности. В возрасте шестидесяти одного года он начинает создавать двигатели для дирижаблей Zeppelin невероятно популярный на то время. Позже, при поддержке графа Фердинанда Цепелина, Вильгельм Майбах и его сын Карл основывают мотостроительную компанию под названием Майбах Моторенбау Гмбх. Она располагалась на берегу Баденского озера в городе Фридрихсхафене. Руководство фирмой было возложено на сына Вильгельма – Карла, а сам автоконструктор был ведущим консультантом. Вильгельм Майбах продолжал свою деятельность до преклонных лет и ушел на покой только после первой мировой войны. 29 декабря 1929 года знаменитый изобретатель скончался.

Громадное значение деятельности Майбаха состоит в том, что он едва ли не первым понял, что автомобиль – это не повозка с мотором. Талант инженера, богатый опыт проектирования и испытаний убедили его в том, что автомобиль – это комплекс всех его составляющих и именно с этих позиций надо подходить к его конструированию [3].

Развитие марки Майбах датируется 1921 годом, когда на Берлинском автосалоне была представлена первая модель. Поскольку изначально автомобиль позиционировался, как транспорт для очень состоятельных покупателей, предпочитающих надежность и комфорт внешней роскоши, соответственно ставка была сделана на высочайшее качество всех узлов, тщательную сборку, простоту управления и безопасность.

В 1992 году Общество немецких инженеров отметило одного из отцов современного автомобиля званием «конструктор-первопроходец» [4].

В 1929 году компанией представлен Maybach 12 оснащавшийся 12-цилиндровым двигателем и автоматической коробкой передач. Поскольку в этот же год Maybach motorenbau GmbH вновь начинают поставлять моторы для «Цепелинов», эта модель получает название Zeppelin. Автомобиль считался лучшим среди моделей представительского класса того времени. Он был роскошным творением эпохи, его стоимость составляла 50 000 рейхсмарок, что равнялось тысяче среднемесячных зарплат немецкого рабочего. За несколько лет было выпущено всего лишь 200 таких автомобилей.

Самой массовой в истории компании была линейка моделей SW. Ее появление было обусловлено идеей Карла Майбаха расширить клиентскую базу. Автомобили этой линейки все так же оставались моделями премиум-класса, однако имели не такие огромные моторы и

не такие заоблачные ценники. Модель Maybach SW42 предпочитали такие высокопоставленные нацистские чиновники и крупные немецкие промышленники, как рейхсминистр пропаганды доктор Геббельс, знаменитый авиаконструктор Эрнст Хейнкель.

Несмотря на то, что в то время экономика Германии была в глубочайшем кризисе, те, у кого были деньги, могли позволить себе такую роскошь как автомобили Maybach. Финансовая ситуация в стране отражалась лишь на нижних слоях населения, поэтому именно такие машины и имело смысл производить.

Важную роль сыграла деятельность компании во второй мировой войне. Начиная с 1936 года, практически все немецкие танки оснащались двигателями Maybach. Они устанавливались и на известный Panzer III, и на Panzer IV. Знаменитые «Тигры» и «Пантеры» были так же оснащены моторами Maybach.

Фактором, добившим компанию, стало поражение Германии во второй мировой войне. Первое время фирма занималась выпуском авиационных двигателей для Франции, проводила ремонтные работы.

История марки заканчивается в 1996 году, когда Maybach поглощает Daimler Benz, вследствие чего появляется марка Maybach Mercedes-Benz Motorenbau GmbH. В 90е годы 20 века было принято решение о возрождении легендарных автомобилей, однако, к старому заводу Maybach эти авто имеют косвенное отношение, поскольку Daimler Benz решила просто возродить сам бренд. Сегодня деятельность по производству роскошных автомобилей осуществляет Maybach Manufaktur.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков, И.А., Шутов, А.И., Воля, П.А. Развитие и современное состояние мировой автомобилизации. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 140 с.

2. Готлиб Даймлер и Вильгельм Майбах // История автомобилестроения URL: http://automotivehistory.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=146.

3. Вильгельм Майбах — человек с большой буквы // URL: <https://promercedes.ru/informatsiya/vilgelm-majbah#/>.

4. 4 интересных факта о Вильгельме Майбахе, создателе первого автомобиля Mercedes // URL: <https://www.marieclaire.ru/stil-zjizny/4-interesnyih-fakta-o-vilgelme-maybahe-sozdatele-pervogo-avtomobilya-mercedes/>.

5. М. Б. Барятинский. Бронетанковая техника Германии 1939—1945. Часть II. — Москва: Моделист-конструктор, 1997. — С. 8—19. — 32 с. — (Бронекolleкция № 5 (14) / 1997). — 4800 экз.

УДК 625.141

Тулинов О.В.

*Научный руководитель: Логвиненко А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВО ИСКУССТВЕННОГО БАЛЛАСТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В современном железнодорожном строительстве, балластный слой играет важную роль и является неотъемлемой частью возводимых путей. Если при строительстве первых железных дорог мог использоваться песок или непрочный балластный камень, то в современных реалиях данные способы, как минимум, неактуальны, не говоря уже о будущем.

Развитие технологий не стоит на месте, с каждым днем появляются новые изобретения, облегчающие различные аспекты человеческой деятельности, либо же идет улучшение чего-то уже активно используемого. То же самое касается и балластного слоя, модернизация – ключ к успеху, именно поэтому ежегодно появляются все больше и больше идей по изменению, улучшению, а иногда и добавлению различных свойств балластному слою. Одной из множества подобных идей является искусственный балласт.

Искусственный балласт, так что же это и в чем полезность его применения? На самом деле это такие же горные породы, применяемые для приготовления естественного балласта по методам дробления и просеивания. Основное отличие заключается в технологическом процессе создания материала, а именно: добытые минералы, как пример можно использовать вышеупомянутые, сначала нужно расплавить, затем из полученного расплава необходимо сформировать изделия определенных размеров и форм. Данное действие необходимо для улучшения свойств материала. Во время плавления пород, из каменной массы выходят различные газовые включения, что делает будущий материал более однородным. Затем, полученную массу необходимо подвергнуть длительному отжигу, способствующему снятию внутренних напряжений и формированию полезной

мелкокристаллической структуры. При сравнении, изделия, полученные из каменного литья, по техническим характеристикам существенно превосходят другие каменные материалы, что и является одной из главных и необходимых причин в будущем его использовании.

Также одним из существенных преимуществ данного балласта является придача наиболее рациональной и полезной формы. Как показывает практика, для наиболее качественного балласта необходимо иметь зерно кубической формы, но для того, чтобы призма не расплзлась под примененной нагрузкой, необходимо содержание зерен вытянутой формы (шероховатые, плоские). Одной из многочисленных и разнообразных форм, заслуживающих должное внимание, можно считать тетрапод (рисунок 1), отвечающий всем упомянутым условиям.



Рис. 1 Изображение тетрапода

Стоит уточнить, что данная форма искусственного балласта – лишь один из многих предложенных вариантов. Какой будет наиболее оптимален в различных условиях – покажет практическое применение.

Говоря о положительных сторонах данного материала, стоит упомянуть про большую изотропность, что говорит о более равномерном износе и большей упругостью, по сравнению с обычным щебнем. А эта характеристика, в свою очередь, способствует более равномерному распределению нагрузки в балластной призме.

Высокая плотность (2900 кг/м^3 и более) поможет лучше стабилизировать рельсошпальную решетку, что снизит затраты на исправления деформации поперечного и продольного профиля.

Практически нулевое водопоглощение ($0,02-0,07\%$) за счет большого количества замкнутых пор. Это обеспечивает высокую морозостойкость.

Предел прочности при сжатии составляет 2900-3700 кг/см³. В целом физическая и химическая стойкость искусственного балласта более высокая нежели у обычных каменных материалов.

Также важно отметить малую электропроводность $9 \cdot 10^{-10}$ Ом·м., которая является столь необходимой характеристикой на электрофицированных участках пути.

Что касается экономической точки зрения вопроса, то здесь все крайне неоднозначно. С одной стороны, производство данного балласта довольно дорогое, а именно себестоимость материала и отсутствие налаженного массового производства. В России уже имеются камнелитейные заводы, на которых налажено производство иных материалов и при формировании соответствующего задания, и должном финансировании, можно запустить данный процесс, но этого слишком мало для масштабного производства.

Стоит отметить, что в России существует большое количество регионов, не имеющих собственных запасов каменных материалов пригодных для устройства в железнодорожный путь. Как пример можно выделить Белгородскую область. Для строительства в данном регионе используется привозной балласт из Донецкой области в Украине, либо же привозной балласт из других российских областей, что делает строительство экономически более затратным, либо же вовсе невозможным. Исходя из этого, производство искусственного балласта может снизить затраты на сооружение/реконструкцию пути или же, как минимум, сделает это возможным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапон С.Н. «Искусственный балласт». Путь и путевое хозяйство №10, 2021г.

2. ГОСТ 7392-2014. Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия. Введ. 01.12.2015. М.: Стандартинформ, 2015. С. 2, 3, 26.

3. Каменное литье [сайт] / Первоуральский завод горного оборудования. URL: <https://xn--clahwb.xn--plai/kamnolomnoe-lite/>

4. Патент № 2583112 РФ Е01И 27/02. Способ укрепления балластной призмы железнодорожного пути / Мичурин О.А., Замуховский А.В. № 2014128024/11; заявл. 09.07.2014; опубл. 10.05.2016; Бюл. №13.

5. Bodyakov A.N., Meshkova K.V., Dukhovny G.S. Stabilization of metallurgical slug from arc steel-making furnaces //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. – Т.945. – №1. – C012082.

Углич Н.С.

*Научный руководитель: Солодовников Д.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова. г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Современные строительные дорожные и коммунальные машины невозможно представить без гидравлического привода. В процессе работы должна быть обеспечена определенная надежность гидравлического привода. Согласно ГОСТ 27.002-89, который подразумевает свойства объектов соответствовать предъявляемым требованиям в течение длительного времени эксплуатации [1].

Надежность – это комплексный показатель, зависящий от рассматриваемого объекта и его условий эксплуатации. Параметры надежности учитывают при проектировании, производстве машин, а также во время работы техники на объектах. Рассмотрим мероприятия для повышения надежности на каждом из этапов.

При проектировании следует руководствоваться следующими рекомендациями [2, 3]:

- проектировщику необходимо стремиться к минимальному количеству компонентов, из которых будет состоять изделие. Очевидно, что чем сложнее разрабатываемая схема, тем ниже надежность;

- производить грамотный подбор деталей и компонентов гидравлической схемы с учетом технических и технологических характеристик будущего изделия и предполагаемого срока службы;

- с целью повышения общего КПД гидравлического привода, точности и скорости работы, а также безопасности при проектировании, необходимо произвести оптимизацию всей гидравлической схемы;

- во время эксплуатации гидропривода возможны нештатные ситуации, что в ряде случаев может привести к перегрузкам отдельных элементов конструкции. Соответственно необходимо предусматривать в гидравлической схеме установку предохранительных и прочих клапанов, которые позволят защитить систему от аварийных ситуаций;

- предусмотреть вероятность возникновения нежелательных резонансных явлений, которые могут происходить за счет физических

свойств рабочей жидкости путем разработки математической модели разрабатываемого гидравлического привода.

При производстве элементов гидравлического оборудования важно обеспечить высокое качество конечного продукта. Для этого следует руководствоваться следующими рекомендациями [4]:

- технологическое оборудование, используемое для производства деталей гидропривода, должно быть современным и высокоточным;
- материалы и комплектующие должны быть стабильного качества;

- в процессе производства должна соблюдаться стабильность технологического процесса;

- для контроля произведённых деталей и компонентов необходимо использовать современные испытательные стенды и соответствующие методики для контроля качества.

При эксплуатации элементов гидрооборудования специфические свойства рабочей жидкости приводят к следующему основным побочным эффектам:

- повышение температуры гидрожидкости выше установленных пределов;

- существует вероятность возгорания при использовании горючих жидкостей;

- возможность появления утечек сквозь уплотнительные элементы. Вероятность возрастает при повышении рабочего давления жидкости.

Наибольшее влияние на работу гидравлического привода и его надежность оказывает климат. При работе машин даже в течение суток могут наблюдаться значительные перепады температуры окружающего воздуха, влажности. Соответственно изменяются зазоры между деталями, изменяются параметры трения. Эти факторы меняют в некоторых пределах нагрузки на гидродвигатели и исполнительные элементы.

Перепады температур влияют на вязкость рабочей жидкости. С понижением температуры окружающей среды повышается вязкость рабочей жидкости, с одной стороны, это положительный эффект, который должен способствовать лучшим характеристикам гидропривода и повышению срока службы. Однако на практике происходит обратная ситуация: в подающей магистрали может быть вызвано такое физическое явление как кавитация - образование пузырьков воздуха в жидкости. Это способствует появлению очагов сухого трения и соответственно снижению ресурса гидропривода.

Для того, чтобы повысить надежность гидравлического привода при изменяющихся климатических условиях используют следующие мероприятия;

- использование высококачественных материалов при производстве элементов гидропривода с целью повышения износостойкости;

- контроль температуры рабочей жидкости и поддержание её в рациональных интервалах;

- использование рабочих жидкостей определенной вязкости, соответствующей климатическим условиям и контроль за ее текущим состоянием.

Согласно многочисленным исследованиям можно сделать вывод, что надежность гидравлических приводов существенно зависит от загрязнений рабочей жидкости, возникающих в процессе эксплуатации техники. Строительные дорожные и коммунальные машины часто работают в экстремальных условиях, сопровождающихся колебаниями температуры окружающего воздуха запыленностью её, работой в агрессивных средах, что приводит к дополнительному загрязнению рабочей жидкости [5].

Для поддержания качества рабочей жидкости в требуемых значениях необходимо производить в процессе эксплуатации ее очистку. Для этого используются фильтры, состоящие из различных фильтрующих материалов: бумаги, металлической сетки, волокнистых материалов и т.д.

Повышенные требования предъявляются и к самой гидравлической жидкости. В нее добавляются различные присадки, способствующие повышению противоизносных свойств, снижающих пенообразование и т. д. Также существуют методы повышения качества жидкости путем воздействия магнитных и электрических полей.

Существенно повысить надёжность и срок службы элементов гидравлического привода можно путем контроля и поддержания температуры рабочей жидкости в заданных пределах. Можно выделить следующие факторы, которые в той или иной степени влияют на температурный режим рабочей жидкости [6]:

- температура окружающей среды;
- условия работы силового агрегата и различных подогревателей;
- частое срабатывание предохранительного клапана в случае отсутствия нагрузки на рабочих органах;
- потери напора при деформациях в гидрролинии или при неправильной её прокладке;
- потери, возникающая из-за сжимаемости жидкости;

– тепловыделения в исполнительной, распределительной и регулирующей аппаратуре.

Для обеспечения долгого срока службы гидравлического привода и повышения надежности его работы необходимо вовремя производить техническое обслуживание и ремонт гидроаппаратуры, правильный монтаж, в соответствии с инструкцией производителя техники [7].

Таким образом можно сделать вывод что наибольшее влияние на долговечность работы гидропривода оказывает окружающая среда, в частности температура воздуха. Также необходимо следить за исправностью систем защиты от перегрузок. Необходим контроль за качеством рабочей жидкости. Целесообразно контролировать её температуру и в случае необходимости использовать дополнительное оборудование, которое обеспечит её охлаждение при превышении температуры выше допустимой, а также её предварительный прогрев при эксплуатации в холодном климате.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цапкова М.С., Солодовников Д.Н. Управление техническим состоянием транспортно-технологических машин // В сборнике: Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н.С. Захаров. 2020. С. 397-399.

2. Каверзин, С. В. Обеспечение работоспособности гидравлического привода при низких температурах / С. В. Каверзин, Е. А. Сорокин, В. П. Лебедев. – Красноярск, 1998. – 240 с.

3. Цапкова М.С. Исследование и оптимизация параметров системы технического обслуживания и ремонта машин // В сборнике: Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей VI Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. Под общей редакцией В.В. Салмина. 2020. С. 189-192.

4. Солодовников Д.Н., Никулин В.Г. Работоспособность гидропривода транспортно-технологических машин при повышенных температурах окружающей среды // В сборнике: Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. сборник статей XIV Международной научно- практической конференции. Пенза, 2020. С. 65-68.

5. Бусловский К.А., Никулин В.Г. Влияние состояния резинотехнических изделий на надежность дорожно-строительных машин // В сборнике: Международная научно-техническая

конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2019. С. 1818-1821.

6. Каверзин С.В., Ребизов Г.А. Потери на трение в гидроцилиндрах в зависимости от температуры // Трение и изнашивание. Красноярск. - 1977. Вып. 2. - С. 73-76.

7. Канин В.Ю., Прохорова Е.В. Особенности эксплуатации гибридных экскаваторов // В сборнике: Страна живет, пока работают заводы. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Овчинкин О.В., 2015. С. 165-169.

УДК 625.12

Фотиади А.А.¹, Гнездилова С.А.²

*¹ Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия*

*² Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗНЫЕ СРОКИ СЛУЖБЫ

Исследованиями в области состояния цементобетонных покрытий и их работоспособности занимались Л.И. Горецкий, А.Н. Защепин, Г.Я. Ключников, В.П. Носов, М.С. Коганзон, В.К. Апестин и многие другие. Значительный вклад в прогнозирование повреждений цементобетонных покрытий с применением математического моделирования внес В.П. Носов [1,2], вопросы прогнозирования отдельных видов повреждений цементобетонных покрытий отражены в работах [3,4].

Целью настоящего исследования было получение предварительных математических моделей по прогнозированию основных видов повреждений цементобетонных покрытий: образование трещин, разрушения кромок деформационных швов, разрушения плит в виде сколов углов и краев плит.

Методика исследования, предполагала с помощью визуального просмотра интернет-ресурса Google Maps фиксировать основные повреждения цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

Обследование цементобетонного покрытия автомобильной дороги заключалось в просмотре видеозображения и фиксации повреждений с отметкой в журнале фиксации. В процессе камеральной обработки

выполнялся подсчете количества плит с различными повреждениями, а именно: количество плит с поперечными и продольными трещинами, количество плит со сколами углов плит, количество плит с полным разрушением плиты. После, определялся процент количества плит с вышеуказанными повреждениями цементобетонного покрытия.

В результате было обследовано 6 участков автомобильных дорог на территории России, находящихся в различных условиях эксплуатации. Суммарная протяженность обследуемых участков составила 7,6 км.

В данной работе сделана попытка определения динамики интенсивности образования повреждений цементобетонных покрытий во времени, на протяжении очень долгого периода эксплуатации таких покрытий, который составляет 50 и более лет. На основе полученных данных фиксации повреждений цементобетонных покрытий автомобильных дорог, были получены зависимости интенсивности образования повреждений цементобетонных покрытий в течение долгого периода эксплуатации. Результаты обследований фактического состояния цементобетонного покрытия и математические зависимости прогнозирования повреждений во времени с уравнениями регрессии представлены на рисунках 1-4.

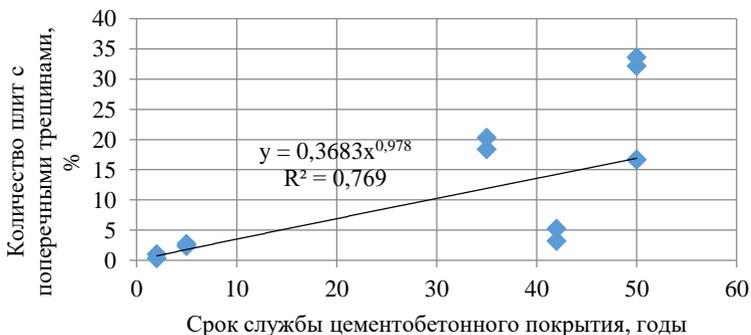


Рис. 1 Зависимость процента плит с поперечными трещинами за период эксплуатации цементобетонного покрытия

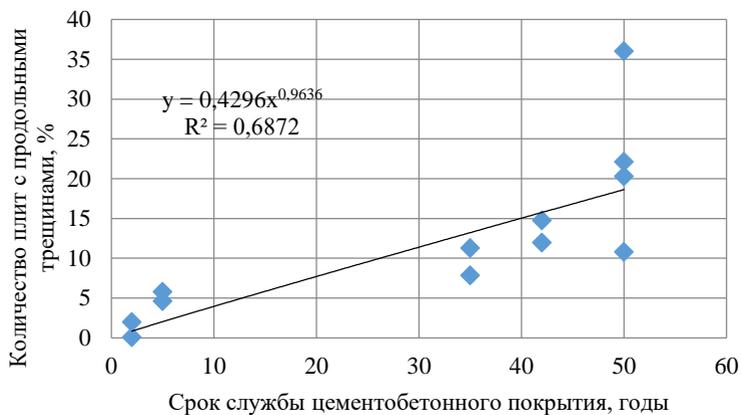


Рис. 2 Зависимость процента плит с продольными трещинами за период эксплуатации цементобетонного покрытия

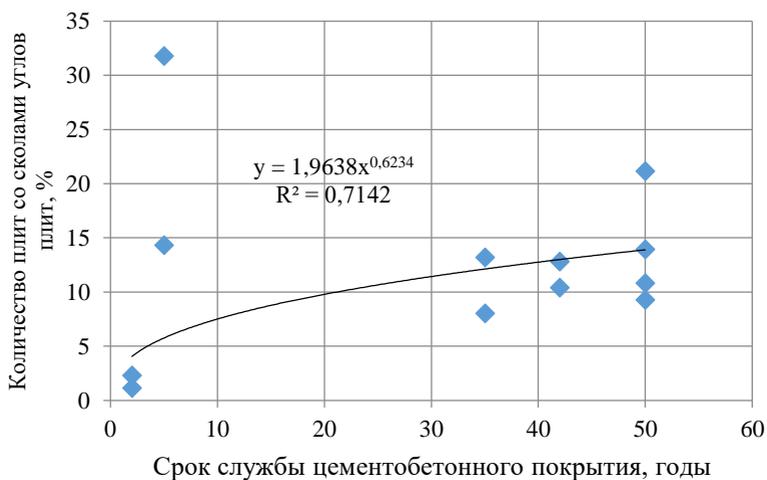


Рис. 3 Зависимость процента плит со сколами углов плит за период эксплуатации цементобетонного покрытия

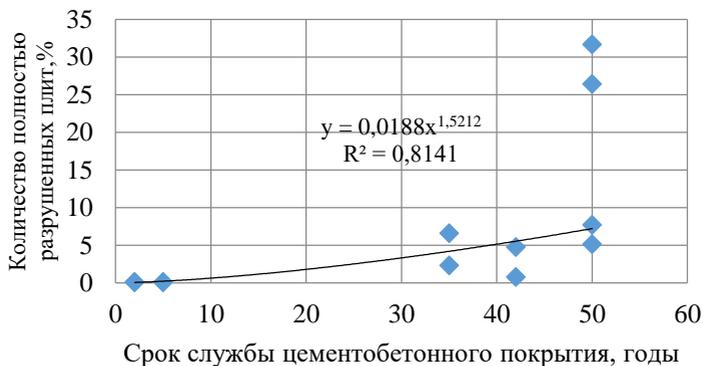


Рис. 4 Зависимость процента полностью разрушенных плит за период эксплуатации цементобетонного покрытия

Характер динамики развития повреждений цементобетонных покрытий дорожных одежд, на основе анализа зависимостей, приведенных на рисунках 1-4, показывает, что их появление можно охарактеризовать двумя стадиями появления. На первом этапе появляются повреждения, связанные с качеством выполнения работ подрядными организациями, выполнявшими работы по устройству конструктивных слоев дорожной одежды. На втором этапе, появление повреждений обуславливается истинными свойствами материала под действием циклического нагружения и для цементобетонного покрытия - непосредственно связано с его усталостью, наступающей для таких покрытий после 30 лет эксплуатации [5,6]. Однако, следует отметить, что количество таких повреждений является незначительным, и которые могут быть устранены регулярными работами, проводимые в рамках содержания или ремонта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.
2. Носов В.П.: Цементобетонные покрытия автомобильных дорог. Прогнозирование повреждений на основе математического моделирования. М.: Изд-во МАДИ, 2013. 230 с.

3. Радовский Б.С. Цементобетонные покрытия в США: Строительство // Автомобильные Дороги. 2015. № 4. С. 10-26.

4. Nosov V., Dobrov E., Chistyakov I., Borisiuk N., Fotiadi A.: Mathematical Modelling of Cracking Process in Concrete Pavement Highways // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol.12. № 23. Pp. 13158–13164.

5. Guide for Mechanistic-Empirical Design of new and rehabilitated pavement structures. Illinois. 2003. 97 p.

6. Morosiuk G. HDM-4. Modelling road deterioration and works effects. Designer's Guide. Birmingham, 2001. 306 p.

УДК 621.86

Химич А.В.

Научный руководитель: Лагерев И.А., д-р техн. наук, доц.

*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,
г. Брянск, Россия*

УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ КАНАТОВ МОБИЛЬНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ

Мобильные канатные дороги (далее – МКД) являются перспективным видом транспортного оборудования, предназначенного для использования в труднодоступной местности. МКД представляет собой две базовые станции (приводную и неприводную), установленные на базе специальных шасси, между которыми расположена канатная система [1...4].

Одной из важнейших научно-технических задач при разработке МКД является поиск способов быстрого монтажа канатной части, что особенно важно в условиях трудной оперативной обстановки, когда выполнение счалки канатов традиционными способами невозможно или затруднено. Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ (проект № МД-1543.2022.4).

Известна конструкция устройства для соединения канатов (патент RU № 2509239), показанная на рис. 1. Корпус устройства выполнен в виде параллелепипеда 1, в котором параллельно центральной оси высверлены два сквозных отверстия 2 и 3. В отверстия пропущены два соединяемых каната 4 и 5. Для удержания этих канатов внутри отверстий перпендикулярно ним сделано еще одно сквозное отверстие 6 с размещенным в нем стопором 7. Стопор представляет

собой прямоугольную пластину, на концах которой прикреплен П-образный упор 8, помещенный в паз 9, закрепленный болтом 10 [5].

Недостатком рассмотренной конструкции устройства (рисунок 1) является то, что прижатие соединяемых канатов выполняется в одном месте. Поэтому при значительных величинах рабочей нагрузки МКД несущая способность соединения не будет обеспечена. Также П-образный упор деформирует канат, что может привести к его повреждению (повреждению сердечника или отдельных проволок) и к снижению его долговечности. Так как МКД предназначены для перевозки пассажиров, то применение подобных устройств недопустимо, так как не отвечает требованиям безопасности, предъявляемых законодательством в сфере эксплуатации опасных производственных объектов.

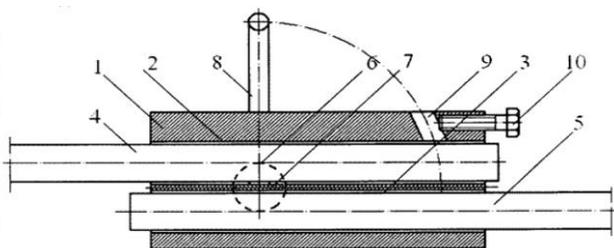


Рис. 1 Конструкция устройства для соединения канатов (патент RU № 2509239): 1 – корпус; 2, 3 – сквозные отверстия; 4, 5 – соединяемые канаты; 6 – отверстие стопора; 7 – стопор; 8 – прямоугольная пластина; 9 – наклонный паз; 10 – болт крепления прямоугольной пластины [5]

Более высокой несущей способностью и долговечностью отличается устройство соединения каната, показанное на (рисунке 2). Оно включает в себя быстроразъемный корпус в виде двух пластин прямоугольной формы 1, по краям которых вдоль их длинных сторон выполнены сквозные отверстия 2 для стяжных болтов 3. На поверхности пластин, обращенных вовнутрь корпуса, жестко закреплены пилообразные пластины 4, во впадинах которых размещены канаты 5, при этом сами пилообразные пластины равномерно разнесены по длине корпуса [6].

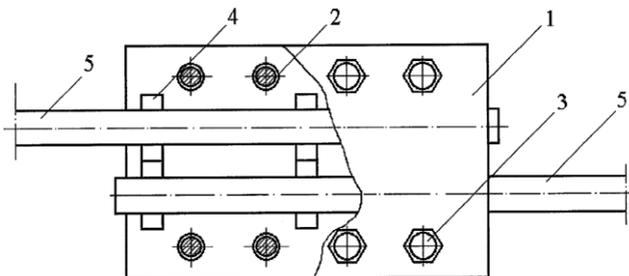


Рис. 2 Конструкция устройства для соединения канатов (патент RU № 2280200): 1 – пластина корпуса; 2 – отверстия под крепежные элементы; 3 – болтовое соединение; 4 – пилообразная пластина; 5 – соединяемые канаты [6]

Проведенные численные и аналитические расчеты показали, что данная конструкция имеет лучшие характеристики, однако не позволяет обеспечить необходимое значение коэффициента безопасности 4,5. Это также связано с тем, что пилообразные пластины контактируют с канатами только в локальных зонах.

Для решения указанной технической задачи было разработано быстроразъемное устройство для соединения канатов маятниковых мобильных канатных комплексов (рисунок 3). Устройство состоит из разъемного корпуса из двух одинаковых по размерам половин 1. Для прижатия и фиксации половин корпуса, по длине каждой из них по внутренней поверхности выполнены канавки плавной змееобразной формы. Ширина канавок равна диаметру соединяемых канатов 2 и 3, а их глубина составляет 70-80% от диаметра соединяемых канатов. Радиус закругления дна канавки равен радиусу соединяемого каната. Между половинами корпуса размещена нажимная пластина, обеспечивающая надежное прижатие каната половинами корпуса, скрепленных болтовыми соединениями (болт 4 и гайка 5).

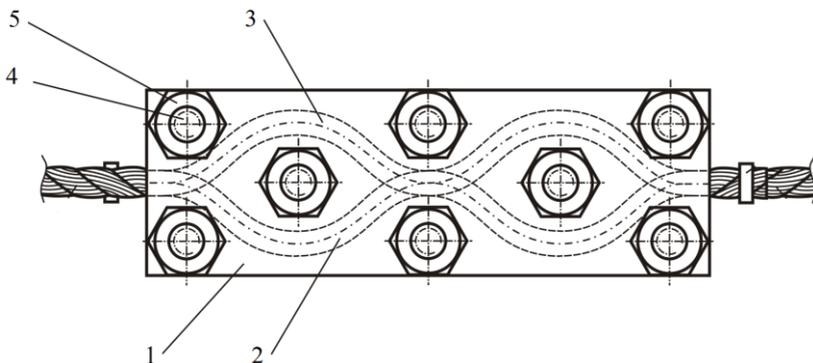


Рис. 3 Предлагаемая конструкция устройства для соединения канатов:
 1 – пластина корпуса; 2, 3 – соединяемые канаты; 4 – болт; 5 – гайка

Таким образом, быстроразъемное соединение указанной конструкции (рисунок 3) позволяет обеспечить равномерный контакт между пластинами корпуса и соединяемыми канатами. Это, в свою очередь, снижает контактные напряжения в канате, и позволяет обеспечить необходимую несущую способность соединения. Данное устройство рекомендуется к применению в составе разрабатываемых мобильных канатных дорог.

В целом, анализ конструкций быстроразъемных соединений для канатов показывает, что они представляют собой различные виды зажимов, отдельные части которых соединяются резьбовыми соединениями, которые можно сравнительно быстро установить на соединяемые канаты. Между тем, разработка новых, более совершенных, соединений имеет научный и практический интерес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Предварительная компоновка основного технологического оборудования самоходной машины мобильной канатной дороги со штанговым механизмом установки и фиксации концевой // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №4. С. 336-347.

2. Лагерев И.А., Лагерев А.В., Таричко В.И. Варианты компоновки основного технологического оборудования на базовых шасси мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов и их сравнительный анализ // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №3. С. 236-250.

3. Лагерев И.А., Мильто А.А., Лагерев А.В. Эффективность

упругого демпфирования в шарнирных соединениях стрел крано-манипуляторных установок при повышенных зазорах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2016. №1. С. 18-36.

4. Лагерев И.А., Химич А.В. Перспективы развития транспортно-технологических машин для заготовки леса на склонах / И.А. Лагерев, А.В. Химич // Сборник материалов III всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта». Екатеринбург: УрФУ, 2022. С. 64-65.

5. Пат. 2509239 Российская Федерация, МПК F16G 11/04, F16G 11/10. Устройство для соединения канатов / Царев Е.М.; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет. № 2012128567/11; заявл. 05.07.2012; опубл. 10.03.2014, Бюл. № 7.

6. Пат. 2280200 Российская Федерация, МПК F16G 11/06, F16G 11/04, В66В 7/06. Устройство для соединения канатов / Царев Е.М.; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет. №2004132644/11; заявл. 09.11.2004; опубл. 20.07.2006, Бюл. № 20.

УДК 656.9

Чан А.В.

Научный руководитель: Губарев А.В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБЗОР СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Обледенение дорожного покрытия (рисунок 1) приводит к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги и увеличению количества дорожно-транспортных происшествий. Выбор мероприятий для предупреждения и устранения обледенения проезжей части автомобильных дорог является важнейшей задачей служб эксплуатации.



Рис. 1 Обледенение дорожного покрытия

Обледенение поверхности проезжей части возникает в результате неблагоприятного сочетания таких природных факторов как высокая влажность воздуха и переход температуры поверхности дорожного покрытия от положительных значений к отрицательным [1].

В основе известных способов борьбы с гололедицей лежат мероприятия, направленные либо на ликвидацию с дорожного покрытия уже образовавшегося слоя льда или снега, либо на повышение коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием, либо на исключение возможности формирования снежно-ледяных образований. Таким образом, задача в разработке экономичной и экологичной технологии зимнего содержания автомобильных дорог по обеспечению нормативного коэффициента сцепления колес автомобилей с покрытием проезжей части является актуальной [2].

Традиционные простейшие способы увеличения сцепления колес автомобилей с поверхностью обледенелого покрытия предполагают распределение песка или мелкого щебня, лучше в подогретом виде, или, что считается более эффективным, обработка специальными химическими реагентами.

Борьбу с обледенением дорожного покрытия можно вести различными методами: тепловым, механическим, химическим, фрикционным и другими.

1) Тепловой метод заключается в превентивных мерах по недопущению образования обледенения. Для этого еще на стадии строительства дорог и тротуаров в них прокладываются нагревательные системы, которые работают по принципу теплого пола. В качестве источника тепла они используют электричество, горячую воду или пар [3].

Тепловой способ борьбы с гололедом имеет существенный недостаток: высокие затраты на установку и эксплуатацию [4].

В условиях сильных снегопадов в России недостаточно быстро вывозится снег с проезжей части, что замедляет движение и вызывает пробки. Для решения этой проблемы специалисты предлагают укладывать электропроводящий бетон (ЭПБ). На такой поверхности снег и лед будут таять быстрее [5].

2) Механический способ подразумевает применение ручного труда или снегоуборочной техники, когда лед сбивается с дорожной поверхности. Самый простой пример — сбивание ледяной корки с помощью лопаты или лома. Метод подходит для уборки снежных масс, но малоэффективен для удаления наледи, требует больших временных затрат и большого количества рабочих. Из-за множества недостатков такой метод может применяться только на коротких участках дорог и в большинстве случаев оказывается нецелесообразным.

3) Химический способ предполагает использование химических реагентов в жидком, и твердом видах. Под действием реагентов снег и лед быстро плавятся независимо от погодных условий, при этом сами вещества полностью растворяются.

Главным достоинством такого способа является его низкая себестоимость, однако существенным недостатком химического способа является то, что ухудшается экологическое состояние придорожной территории, что приводит к преждевременному износу транспортных средств и канализационных систем.

4) Фрикционный метод (рисунок 2) заключается в россыпи материала распределительными машинами на обледенелые участки. Наиболее распространенным материалом является песок и соль.

Главным преимуществом данного метода является его простота. Однако существует и ряд недостатков.



Рис. 2 Распределение антигололедного материала

В первую очередь, рассыпанный песок надолго не удерживается на дорожном покрытии, его может сдуть ветер или проехавший автомобиль. Поэтому, требуется распределять песок несколько раз в день, и также требуется большое количество распределительных машин.

Во-вторых, при сдувании фрикционных материалов с проезжей части, они накапливаются в придорожной полосе, что приводит к загрязнению и запыленности придорожной территории.

Одним из эффективных материалов, который можно использовать в технологиях зимнего содержания автомобильных дорог является древесная щепа. Древесная щепа является побочным продуктом производства по переработке древесины. Свойства древесной щепы при распределении на поверхность проезжей части автомобильных дорог позволяют обеспечивать шероховатость дорожного покрытия и вести разработку с ее применением современных экологических технологий зимнего содержания автомобильных дорог.

Суть способа заключается в том, что древесные отходы измельчаются до необходимой фракции для дальнейшего распределения снегоуборочной техникой. Тонкие прямоугольные частицы дерева обрабатываются хлоридом магния, который является безопасным для окружающей среды. Щепа медленно высвобождает хлорид магния, находящийся в ее волокнах, и прилипает ко льду, тем самым образуя на дорожном полотне своего рода «древесное покрытие», создавая необходимую шероховатость для безопасного движения автомобиля. Для производства данного антигололедного материала используются отходы с различных лесопильных заводов. Оптимальным сырьем является древесина тополя, из-за ее лучшей способности сохранять хлорид магния [6].

Известен способ борьбы с гололедом при помощи гранитной крошки, который применяется в России и зарубежных странах, но только на дорогах, которые содержатся под снежным накатом, т.к. на чистом асфальте он безрезультативен, вместе с тем, гранитная крошка может повреждать стекла и краску автомобилей. Помимо этого, в весенний период, когда сходит снег, гранитную крошку необходимо удалять с дорожного покрытия, в целях ее повторного применения. Кроме того, гранитная крошка способна засорять стоки канализационных систем.

Каждый из способов борьбы с обледенением дорожного покрытия имеет свои преимущества и недостатки. При выборе метода необходимо учитывать: влияние на окружающую среду; масштаб

использования; качество уборки; трудоемкость; требуемые затраты и другое.

Перспективным видится комплексное использование нескольких из перечисленных методов. Так, например, в Швеции был разработан и внедрен новый способ борьбы с гололедом, который получил название в честь местного ученого Торгейра Ваа. Метод заключается в использовании специального раствора: мелкий песок пропорции 7:3 смешивают с горячей водой при температуре 90-95°C и разбрызгивают на дорожном покрытии [6]. Смесь буквально вдавливается в снег и делает поверхность шероховатой. Такой способ обработки дорожного покрытия функционирует 3-7 дней с ежедневным трафиком около 1,5 тыс. автомобилей, либо до наступления нового снегопада. Пока данный метод внедряется в экспериментальном порядке.

Преимуществами метода являются его эффективность, экологичность и долговременный результат. Вместе с тем, существенный минус заключается в необходимости дорогостоящей специализированной техники для работы по данной технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов В. П., Борисюк Н.В., Чистяков И.В., Белянин И.А. Прогнозирование сроков обледенения дорожных покрытий на основе математического моделирования // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 4 (55). С. 79-87.

2. Чудинов С. А. Экологический способ зимнего содержания автомобильных дорог в лесной зоне // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Омск: Изд-во Сибирского гос. автомобильно-дорожного ун-та, 2021. С. 499-502.

3. Нагорных, А.В. Перспективы развития геотермальной энергетики / А.В. Нагорных, А.В. Губарев // Сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2018 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – С. 4418–4421.

4. Причины гололеда и способы борьбы с ним. Date Views 27.04.2022 uzpm.ru/press-center/articles/prichiny-gololeda-i-sposoby-borby-s-nim/.

5. В России предложили новый способ борьбы со снегом на дорогах. Date Views 27.04.2022 russian.rt.com/russia/news/671660-rossiya-sneg-dorogi.

6. Мартинович Д. В., Пашкевич А.В., Юрченко А.В., Березовский

С.Н., Сазонова Л.И. Проблемы борьбы с гололедом на автомобильных дорогах // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Могилёв: Изд-во Белорусско-Российского ун-та, 2015. С. 131.

УДК 666.94:621.926

Чердниченко Р.В.

*Научный руководитель: Логвиненко А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТЕ ДОРОГ НА НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ

Торф, буровато-черный по цвету, представляет собой высокоорганическое вещество, полученное в основном из растительного сырья (рис.1). Он образуется, когда органическое вещество накапливается быстрее, чем разлагается. Обычно это происходит, когда органические вещества сохраняются ниже уровня грунтовых вод, например, в болотах или водно-болотных угодьях. Обычно инженеры предпочитают избегать постройки на торфе, однако этот вариант не всегда возможен. Торф часто считается проблематичным для строительства из-за его низкой прочности на сдвиг, высокой сжимаемости и высокого содержания воды. Эти особенности приводят к проблемам и трудностям в строительстве.



Рис.1 Торф

Наиболее распространенные проблемы, связанные со строительством инфраструктуры, можно разделить на следующие категории: осадка торфа, низкая несущая способность торфа, плохая устойчивость торфа при выемке грунта и высокий уровень грунтовых

вод. В данной статье приведены некоторые инновационные решения этих проблем [1].

Осадки сильно влияют на долговечность сооружения. Одним из путей решения данной проблемы авторами (Ling Jen Hua, Sabarudin Mohd) предлагается использовать свайный фундамент с подвесными плитами [9]. Эффект выгибания заполнителя может быть использован для замены подвесных плит, чтобы контролировать осадки [2]. Заполнители могут располагаться в виде арок и опираться на сваи. Нагрузки от транспорта и дорожной насыпи воспринимаются аркой и передаются на твердый слой под землей через сваи (рисунок 2).

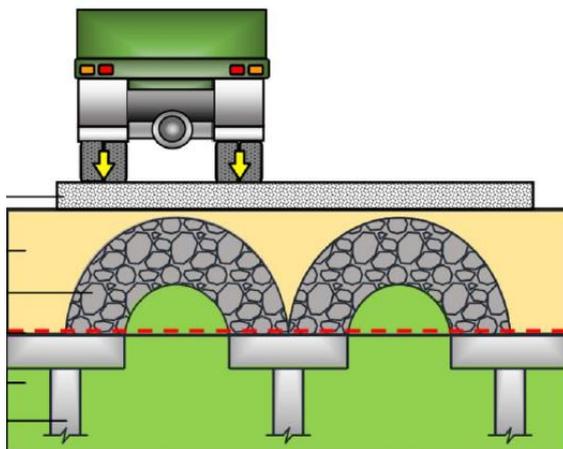


Рис. 2 Свайный фундамент

Эта система, однако, имеет определенные ограничения. Вероятно, может потребоваться огромное количество несущих свай и толстая насыпь для обеспечения полного эффекта. Следует провести исследования для определения осуществимости и моделирования поведения системы, чтобы изучить влияние соотношения высоты пролета, расстояния между сваями и толщины насыпи [4]. Исследователям также необходимо разработать подходящий метод строительства и руководство по проектированию с геосинтетическими материалами и без них для этой системы [6].

Легкие геоматериалы, такие как пенополистирол, пенобетон и остатки шин могут быть использованы для строительства дорог и автомагистралей. В принципе, этот метод минимизирует вес дорожной насыпи и, таким образом, уменьшает осадку. На торфе с высоким

уровнем грунтовых вод выталкивающая сила воды может быть использована для плавания этих легких геоматериалов [3]. Но при этом важно, чтобы вес дорожного покрытия был равен весу вынутого торфа, чтобы предотвратить осадки. Есть несколько технических проблем, которые необходимо решить при внедрении данного предложения. Например, колебания уровня воды, нежелательные напряжения, возникающие из-за неравномерной осадки торфа и др. Должны быть проведены исследования для изучения прочности и устойчивости к нагрузкам.

Из-за низкой несущей способности торфа доступ к площадке на этапе строительства иногда затруднен (рисунок 3). Легкие материалы в виде матрасов можно укладывать и плавать на торфе в качестве временной платформы и доступа для строительства.



Рис. 3 Низкая несущая способность торфа

Глубокие земляные работы на торфе с высоким уровнем грунтовых вод могут привести к нестабильности почвы или склона. Резкое понижение уровня грунтовых вод в результате земляных работ приводит к высокой подвижности фильтрационного потока, что приводит к обрушению откоса. Для решения этой проблемы требуется защита от грунтовых вод. Нужно перекрыть или контролировать поток, чтобы обеспечить устойчивость склона. Это можно сделать с помощью различных механизмов, таких как гравитационная масса, диафрагменная стена, шпунтовые сваи, струйная заливка, каменные колонны и сваи для смешивания грунта. Эти методы являются относительно дорогостоящими по сравнению со схемой обезвоживания.

Известно, что обезвоживание строительной площадки на торфе способно улучшить инженерные свойства торфа для обеспечения устойчивости откосов при земляных работах. Однако чрезмерный отбор воды приводит к значительной осадке грунта и, в большинстве случаев, затрагивает большую территорию. Это может повлиять на существующие строения поблизости, которые находятся за пределами строительства. Для этого можно использовать систему облицовки пруда подпитки, чтобы поддерживать уровень грунтовых вод на уровне в областях, где земляные работы не требуются, чтобы свести к минимуму пораженную территорию. Требуется исследование, чтобы получить реакцию на обезвоживание и его затронутую область, а также смоделировать скорость процесса перезарядки. Исследования могут быть расширены для определения расстояния или площади отката и механизмы для минимизации требуемого отступа, чтобы он был применим для небольших строительных площадок. Кроме того, централизованная канализационная сеть может быть использована в качестве механизма обезвоживания на этапе строительства до его фактического использования после строительства. Точно так же можно разработать стратегию и использовать комбинацию подземных и открытых дренажных систем, чтобы контролировать уровень грунтовых вод и поддерживать технические свойства торфа [5].

Так же торф можно удалить, чтобы обнажить прочный слой достаточной несущей способности, и заменить его подходящими материалами с желаемыми техническими свойствами. Этот метод экономически целесообразен для глубины до 4,0 м. Засыпка земли на глубоком торфяном участке вызывает боковое смещение грунта, что приводит к нежелательным боковым нагрузкам на свайные фундаменты близлежащих сооружений, что может поставить под угрозу устойчивость и целостность конструкций [8]. Для этого обычно используются подвесные плиты с минимальной высотой земляной насыпи. Пустоты под подвесной плитой рекомендуется заполнить и уплотнить для предотвращения скопления опасных газов [7].

Перечисленные методы основаны на отказе от использования торфа, уменьшении веса материалов, контроле просачивающегося потока, позволяющего избежать нестабильности склонов во время удаления слабых грунтов, улучшении свойств торфа за счет обезвоживания и замене торфа на грунты с лучшими физико-механическими свойствами. Из предложенных методов не все успешно применяются на торфе в полном объеме. Некоторые находятся на концептуальной стадии, по крайней мере, в настоящее время. Некоторые, тестировались на просадочных почвах, но не на торфе. До

сих пор нет уверенности в осуществимости и практичности этих методов. Для этого требуются имитационные модели, экспериментально, численно или аналитически, чтобы определить целесообразность и получить реакцию торфа до принятия заявленных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юшков Б.С., Сергеев А.С., Прокопец А.С. Проблема строительства автомобильных дорог на торфах // Экология и научнотехнический прогресс. Урбанистика. – 2016. – Т. 1. – С. 484–489.
2. Юшков Б.С., Сергеев А.С., Прокопец А.С. Строительство автомобильных дорог на торфах // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – № 8, Ч. 3. – С. 92–97.
3. Насковец М.Т., Драчиловский А.И. Использование геосинтетического материала Тураг в дорожных конструкциях при освоении лесного фонда республики Беларусь // Техника и технологии строительства. – 2015. – № 2(2). – С. 43–51.
4. Челушкин И.А. Применение геосинтетических материалов Stablenka и Incomat при строительстве автомобильной дороги в сложных условиях постоянно затопляемой территории // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – № 3. – С. 453–465. 53
5. Чижиков И.А. Применение биопозитивных конструкций и технологии при строительстве грунтовых сооружений в сложных гидрогеологических условиях [Электронный ресурс]. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/2vn412.pdf>
6. Васильев Е.Г., Кошкароев Е.В. Применение тканного геотекстиля «Геоспан ТН» в условиях Ямала // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. тр. – 2013. – № 4(63). – С. 144–150.
7. СН 449-72 Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог. М.: Стройиздат, 1973.
8. Исаенко Э.П., Шарапов С.Н., Логвиненко А.А Реконструкция железнодорожного земляного полотна // Современные методы проектирования транспортных магистралей как элементов природно-технической системы: сб. трудов науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения заслуж. Деятели наук РСФСР д.т.н., проф. А.К. Дююнина. Новосибирск: СГУПС, 2015. – С.44-50.

9. Линг Джен Хуа, Сабарудин Мохд Строительство инфраструктуры на торфе, тематические исследования. 2016

УДК 603.3.020

Черниченко С.В.

*Научный руководитель: Солодовников Д.Н., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИГИНАЛЬНОГО ПРОБЕГА

На сегодняшний день снизилась возможность приобретения новых автомобилей, связано это с резким повышением их стоимости. По данным аналитического агентства Росстат стоимость отечественных автомобилей с начала 2022 года повысилась на 20,7%, в то время как стоимость импортных автомобилей, в том числе и собираемых в России увеличилась на 23,7%. Тенденция высокого роста цен не позволяяют обычному обывателю рассчитывать на приобретение нового автомобиля. На фоне всего этого всё больше людей обращается к вторичному рынку автомобилей.

К счастью, объем рынка б/у автомобилей растет с каждым годом. Но, к сожалению, вместе с объемом рынка растет и количество мошенников на нем., следовательно, остро встает вопрос о качестве и техническом состоянии приобретаемых на вторичном рынке автомобилей с пробегом.

Основным ценообразующим фактором, на вторичном рынке автомобилей является пробег, совершенный транспортным средством. Пробег, является важным критерием для выбора автомобиля при покупке его на вторичном рынке. Ведь от пробега транспортного средства на прямую зависит состояние его узлов и агрегатов. К сожалению, не все продавцы являются добросовестными и зачастую пробег на б/у автомобилей является скорректированным и не соответствует действительному значению. Основываясь на эти опасения, появляется вопрос соответствия пробега, указанного на щитке приборов реальному пробегу автомобиля.

Выделяется несколько косвенных признаков определения скорректированного пробега.

Во-первых, это разные показания между одометром и данными по пробегу в других электронных блоках управления автомобиля. На

сегодняшний день, большинство автопроизводителей записывают пробег автомобиля в различные электронные блоки. Часто пробег корректируется в одном или двух блоках (обычно одометр, иногда блок управления двигателем), но в других блоках, таких как ЭБУ антиблокировочной системы тормозов (ABS), блок управления автоматической коробки передач (АКПП), блок рулевого управления, пробег остается оригинальным.

Во-вторых, это разные показания между одометром и историей обслуживания.

В-третьих, по косвенному состоянию тормозной системы. Безусловно, на износ тормозных дисков оказывают влияние многие факторы (стиль вождения, качество элементов тормозной системы и др.), но средний срок службы тормозных дисков на легковых автомобилях 50 - 80 тыс. км. Поэтому следует внимательно осмотреть тормозную систему, в случае если тормозные диски заменены на новые, следует сравнить пробег с примерным значением и сделать соответствующие выводы [1].

Следующим фактором, по которому можно косвенно определить оригинальность пробега — это состояние ремня газораспределительного механизма (ГРМ). Ремни ГРМ в среднем требуют замены при пробеге автомобиля 100-160 тыс. км. Состояние ремня легко проанализировать, открыв капот и сняв защитную крышку [2].

Присутствие следов снятия приборной панели, либо вскрытия ее так же говорят о возможно скорректированном пробеге.

Так как большинство факторов, указанных выше имеют место быть, но не несут достоверной информации, следует прибегать к опросу блоков управления системами автомобиля.

Касаемо автомобилей концерна VAG пробег автомобиля записывается в различных блоках управления. К таким блокам относят: блок управления двигателем, блок управления ABS, блок управления бортовой сетью, блок управления приборной панелью, блок управления АКПП и др. Пробег интересующего автомобиля можно определить через блок управления усилителем руля, по количеству моточасов двигателя.

Для проверки пробега автомобиля концерна VAG можно использовать как бесплатные программы, находящиеся в общем доступе (VAG Com, VCDS и др.), так и платные (ScanDoc, Launch и пр.). Однако качественнее дилерской программы, разработанной заводом изготовителем, информацию блоков управления не предоставит

никакая программа. Но такое программное обеспечение не находится в общем доступе [3].

Поэтому на примере бюджетной программы VCDS рассмотрим, как определить пробег на автомобиле концерна VAG по блоку управления коробкой передач автомобиля [4].



Рис. 1 Главное меню программы VCDS

После подключения компьютера с помощью специального кабеля к автомобилю, необходимо запустить программное обеспечение. На главном меню (рис. 1) выбирается нужный блок управления, в данном случае это «02 – Электроника двигателя». Затем необходимо выбрать измеряемые группы, которые необходимо вывести на основное окно программы. В «измеряемых группах» необходимо найти и выбрать группы «пробег», и далее «пробег с момента последнего удаления ошибок» [5].

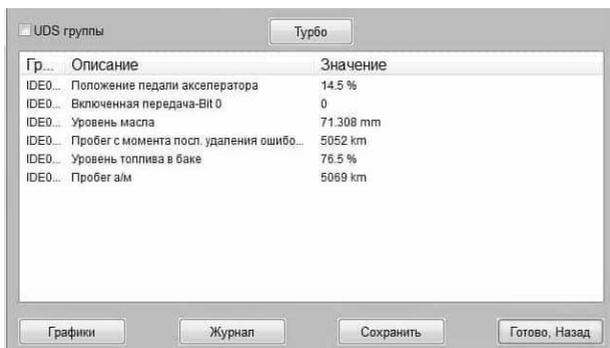


Рис. 2 Меню ЭБУ двигателя

В открывшемся окне представлены значения пробегов автомобиля. Но стоит обратить внимание на то, чтобы пробег с момента последнего удаления ошибок не превышал основной пробег автомобиля.

Обнаружив данную информацию о пробеге автомобиля, следует сравнить ее с представленной на одомере. В случае несоответствия пробега от приобретения данного автомобиля рекомендуется отказаться.

В завершении, хотелось бы сказать, что при покупке б/у автомобилей, не стоит слепо доверять продавцам. Необходимо тщательно проверять автомобиль, ведь пробеги скручиваются, а блоки перекодируются. Стоит обращать внимание на состояние автомобиля в целом и уже затем делать взвешенный выбор о приобретении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладков Г.И. Государственный технический осмотр: практическое руководство по проверке технического состояния автотранспортных средств при государственном техническом осмотре / К.Л. Гладков. М.: Майор, 2004

2. Зарубежный опыт организации и проведения технических осмотров и регистрации автотранспортных средств. Обзор ТИ 40-2001. Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2001.

3. Савич Е.Л. Инструментальный контроль и государственный технический осмотр транспортных средств: учеб. Пособие/ Е.Л. Савич, А.С. Кручек. – М.: Новое издание, 2008.

4. Черниченко С.В. Принципы определения оригинального пробега по косвенным признакам // В сборнике: Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте. Материалы XV Международной научно-технической конференции. Вологда, 2021. С. 301-304.

5. Яковлев В.И., Солодовников Д.Н. Неисправности и методы проверки каталитического нейтрализатора // В сборнике: Современная наука: проблемы, идеи, инновации Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 96-99.

6. Хрулев А.Э. Экспертиза технического состояния и причины неисправностей автомобильной техники / А.Э. Хрулев, С.К. Лосавио, В.Б. Дроздовский. М.: Издательство АБС, 2019.

7. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Яковлев В.Ф. – Электрон. текстовые данные – Москва: СОЛОН-Пресс, 2016.

*Шаров Э.А., Масальтина Д.А.
Научный руководитель: Бондаренко С.Н., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ПОДРЕЛЬСОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Основным преимуществом железнодорожного транспорта перед другими видами является относительная безопасность грузовых и пассажирских перевозок. Бесперебойность и безопасность движения подвижных составов достигается за счёт стабильности и устойчивости основных элементов железнодорожного пути. Из-за увеличения грузонапряженности железнодорожных линий и повышения скорости движения поездов, становится актуальной задача повышения стабильности подрельсового основания. В качестве подрельсового основания, которое является опорами для рельсов железнодорожного пути, воспринимающим нагрузку от них и передающими её на балластный слой, а также обеспечивает правильное положение рельсовых нитей, применяются плиты – для безбалластных конструкций и шпалы – для балластного пути. Шпалы изготавливают из железобетона, дерева, металла и композита. Каждый из материалов имеет свои преимущества, которых не хватает другим материалам. Преимущества и недостатки шпал из различных материалов приведены в (таблице 1).

Именно поэтому ряд исследователей занимается решением проблем повышения эксплуатационной надёжности подрельсовых оснований.

Для железобетонных шпал характерны хрупкость и чувствительность к ударам, что сказывается на стабильности железнодорожного пути. В связи с этим инженерами [1] были разработаны упругие резиновые прокладки, которые уменьшают вибрационные воздействия от подвижного состава и передают более плотное сцепление между рельсами и подрельсовым основанием. Также, такие прокладки могут укладывать между балластом и шпалами, для увеличения опоры подрельсового основания, а значит и площади распределения давления. Но, такие решения увеличивают стоимость самих шпал, что, с точки зрения экономики, не выгодно, поэтому их применение не повсеместно, а локально на участках, к которым предъявляются более строгие требования. Такими участками являются

подходы к мостам, тоннелям или участки с повышенной ударной нагрузкой.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки шпал из различных материалов

Тип подрельсового основания	Преимущества	Недостатки
Железобетонные шпалы	Срок службы- 30-50 лет	Высокая стоимость
	Однородная упругость по длине колеи	Вынужденные замены амортизационных прокладок
	Морозостойкость	Высокая электропроводимость
	Стабильность ширины рельсовой колеи	Чувствительность к ударам
		Хрупкость Значительная масса
Деревянные шпалы	Низкая стоимость	Срок службы- 12-15 лет
	Не имеют ограничений по омам укладки	Способность изменять размеры и форму при увеличении влажности
	Лёгкость производства	Расход дорогой древесины
	Маленькая масса	
	Простота крепления рельсов	
Металлические шпалы	Высокие амортизационные свойства	
	Срок службы- 60 лет	Высокая стоимость
	Не подвержены гниению	Подверженность коррозии
	Хорошо сохраняют ширину колеи	Высокая жёсткость
		Высокая электропроводимость Значительный шум Большая металлоёмкость
Композитные шпалы	Срок службы- 40 лет	Высокая стоимость
	Возможность вторичного использования	Низкая прочность и жесткость
	Минимальные вибрации и шум	Образование пустот в материале
	Простота ремонта на месте	Деформация ползучести

Что касается деревянных шпал, то они требуют очень больших затрат ресурсов прочных древесных пород (сосна, ель), запасы которых истощаются, при этом стоимость деревянных шпал существенно ниже,

чем шпал из другого материала, но и срок их службы гораздо меньше. На устранение этого недостатка направлена разработка [2], помогающая получить модифицированную древесину, которая, в ходе прессования, будет иметь плотность большую, чем обычная древесина, а недостаток набухания древесины можно устранить путём пропитки её антисептиком со стабилизатором. Причём, стоимость между этими видами древесины не будет сильно отличаться, а свойства модифицированной древесины будут гораздо выше. Поэтому, производство таких шпал, по сравнению с остальными, будет целесообразно при небольшом грузопотоке, где наблюдается меньший износ деревянных шпал.

Композитные(пластиковые) подрельсовые основания [1] с недавнего времени расширяют своё существование. Такие шпалы славятся тем, что их делают из переработанных материалов, а значит, что их себестоимость снижается. Рабочие характеристики композитных шпал имеют небольшую схожесть с деревянными [2], при этом имея меньший вес. Им также можно придать любую форму и длину, что очень удобно. Главные достоинства таких шпал- это возможность их вторичной переработки при серьёзных повреждениях, а также ремонтпригодность при небольших повреждениях на месте, что не требует больших затрат. Главным недостатком таких шпал является недостаточный сырьевой объём. Поэтому их применение может распространиться лишь на участки трассы малой длины или стрелочные перевод, где используются шпалы различной длины.

Металлические шпалы [3] имеют больший срок службы, чем у железобетонных и деревянных. Также, как и композитные шпалы, металлические могут быть легко переработаны, сохраняя при этом около 40% своей стоимости. Такие подрельсовые основания, в отличие от деревянных, не подвергаются атакам насекомых и гниению, а также способны выдерживать высокие температуры, поэтому могут применяться в странах с жарким или влажным климатом, но такие шпалы имеют высокую электропроводимость, что существенно повышает риск возникновения опасности при эксплуатации и создаёт неудобства при работе автоматики. В связи со всеми недостатками и малым количеством научных разработок, направленных на совершенствование металлических шпал, их применение сильно сократилось, хотя и разработаны резиновые прокладки, понижающие электропроводимость [4].

Проанализировав научные статьи было выявлено, что учёными ведутся разработки, направленные на улучшение свойств шпал различных типов. На наш взгляд, наиболее перспективными являются

разработки, направленные на совершенствование свойств железобетона, потому что он применяется как в шпалах для балластного, так и в плитах безбалластного путей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стородубцева, Т. Н. Применение современных материалов в изготовлении шпал для метрополитена / Т. Н. Стородубцева, К. В. Арапов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т. 6. – № 4(40). – С. 105-108. – EDN VPVFLG. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат. 1990. 352 с.

2. Курьянова Татьяна Казимировна, Платонов Алексей Дмитриевич, Михеевская Марина Александровна, Паринов Д.А., Сафонов Андрей Олегович, Мозговой Николай Васильевич, Первакова Е.А. Состояние вопроса производства и эксплуатации железнодорожных шпал из различных материалов // Лесотехнический журнал. 2017. №4 (28).

3. Гридчин А. М., Золотых С. Н. Изучение эксплуатационных особенностей работы подрельсовых конструкций высокоскоростных линий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2015. – №. 2. – С. 7-10.

4. Карпаш И. Р. Анализ применения металлических шпал на железной дороге // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-западного федерального округа России. – 2020. – №. 1. – С. 108-111.

УДК 666.1.002.5

Шаталов В.А., Шавирская Д.С.

*Научный руководитель: Шаталов А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗРАБОТКА ТРЕХВАЛКОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТЕКЛОБОЯ

Переработка стекла – важная отрасль в утилизации отходов, необходимая для защиты окружающей среды и сбережения природных ресурсов. Однако в России данная сфера развита плохо и большее количество стекла не перерабатывается.

Процесс переработки стекла включает комплекс мер, связанных с обработкой поступающей тары в целях создания сырья или готовой продукции. Работа состоит из многих этапов от сбора и сортировки до переплавки и сбыта [1].

Переработка стекольных отходов позволяет экономить на изготовлении предметов из нового материала и снизить влияние захоронений отходов стекольной промышленности на окружающую среду в пределах полигонов ТБО и нелегальных захоронениях.

Известно множество удовлетворяющих вариантов переработки стекла и его боя. Начиная с измельчителей ударного действия и заканчивая фильтрами для удаления стекольной пыли.

В настоящее время также известно большое разнообразие помольных агрегатов и систем для тонкого измельчения материалов, использующих различные способы разрушения хрупких тел [2]. Использование того или иного способа разрушения (раздавливания, раскалывания, истирания, удара или их комбинаций) предопределяет конструктивные особенности и режимы работы измельчителя.

Несмотря на широкое распространение известных барабанных (трубных или шаровых) мельниц, в последние годы прослеживается тенденция к развитию измельчающих агрегатов, использующих раздавливающее - истирающее воздействие [3].

Доказано, что применение трехвалкового агрегата обеспечивает уменьшение удельного расхода электроэнергии q на 25...40% и повышение производительности помольных агрегатов на 15...40% [4].

Одним из перспективных направлений является производство стеклянных микросфер и микрошариков, которые находят всё большее применение в различных отраслях промышленности.

Стеклянные микрошарики изготовленные из стёкол с высоким показателем преломления, являются в настоящее время одним из наиболее эффективных светоотражающих материалов, которые используются при изготовлении дорожных знаков разметки, могут быть рекомендованы при изготовлении светоотражающих элементов, фар автомобилей, а также светоотражающих элементов одежды [6].

Нами предлагается использовать при производстве микростеклошариков помольный комплекс, включающий разработанный нами трехвалковый агрегат.

На (рисунке 1) представлена схема трехвалкового агрегата для измельчения стеклобоя.

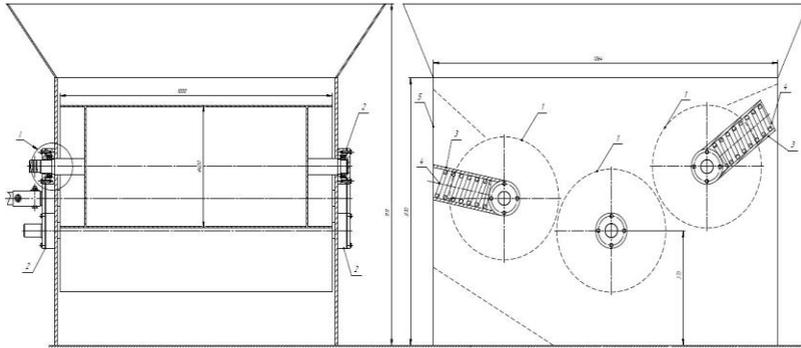


Рис. 1 Трехвалковый агрегат:

- 1- пресс-валки; 2- подшипниковые узлы; 3- направляющие;
4-пружинный механизм; 5- корпус

Трехвалковый агрегат состоит из вращающихся навстречу друг другу валков 1, установленных в опорных подшипниках качения 2 на направляющих 3. Валки установлены с зазором, определяющим размер выходящего измельченного стеклобоя. Один из валков (1) устанавливается в подвижных подшипниках, которые поджаты пружинным механизмом 4, это требуется для исключения поломки агрегата при попадании более твердых частиц в межвалковое пространство. Корпуса подшипников подвижного валка 1 перемещаются (при попадании включений) по направляющим 3 рамы. Крутящий момент на валки передается от электродвигателя 6 через клиноременную передачу 7 и редуктор 8. Валок 1 соединен с редуктором посредством втулочно-пальцевой муфты 9. Подвижный валок 1 получает вращение от валка 10 через зубчатую передачу 11, которая выполнена с большим модулем.

Рама измельчителя выполнена из сварного профильного металла и объединена с рамой привода для облегчения монтажа, обслуживания и наладки.

Измельчающие валки выполнены разборными стальными (имеют сборную ступицу и бандаж), что значительно облегчает сборку и ремонт агрегата. Вал передает крутящий момент при помощи шпоночного соединения и шарниров Гука, что позволяет свободно перемещать валки в пружинном механизме.

Главной целью наших исследований является исследование эффективности использования трехвалкового измельчителя - на стадии грубого помола стеклобоя и барабанной мельницы периодического действия - на стадии окончательного помола.

Также задачей проводимых исследований является определение рациональной схемы применения трехвалкового измельчителя на стадии грубого помола стеклобоя при однократном и многократном его применении, определение тонкости полученного продукта, рассмотрение влияния трехвалкового агрегата на конечный готовый продукт - мелкодисперсное сырье для производства светоотражающих микро-стеклошариков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаталов А.В. Технологические комплексы для измельчения кремнеземистых материалов: монография / А. В. Шаталов, С.А. Михайличенко; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – 135с.
2. Севостьянов М.В. Ресурсосберегающее оборудование для комплексной переработки техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №4. 2016. С.140-145.
3. Севостьянов В. С., Дубинин Н. Н., Севостьянов М. В. Пресс-валковые агрегаты в промышленности строительных материалов: Учеб. пособие- Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. -216с.
4. Уральский В.И., Севостьянов В.С., Уральский А.В., Сеница Е.В., Дубинин Н.Н. Повышение эксплуатационной надежности вибрационно-центробежного агрегата // Вестник БГТУ, № 4 – 2016. – С.129-135.
5. Тимофеев В.А., Шаталов А.В., Шаталов В.А. Особенности процесса из мельчения в энергосберегающем технологическом комплексе при утилизации стеклобоя/ Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. - С.208-210.
6. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=7932>.

УДК 62-1/-9

Шаталов В.А., Шавирская Д.С.

*Научный руководитель: Шаталов А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ЗВЕНА

В расчетах динамических систем, чаще всего, двигатель рассматривается как источник момента силы, который зависит от

кинематических параметров ротора. Данная зависимость имеет вид статической механической характеристикой двигателя. В современных машинных агрегатах, такой метод расчета может дать результат, который качественно и количественно будет отличаться от истинного [1]. В этом случае методика расчета будет заключаться в составлении и совместном решении системы уравнений. Данная система будет охватывать динамику механической системы, а также переходные процессы в двигателе [2-4]. Изменение момента движущих сил во времени у апробированных механических систем может быть известно заранее. Динамические свойства манипуляционной системы с пневмоприводом приведены в работе [5]. На основании анализа в ней установлена зависимость максимумов движущего усилия от величины момента сил трения, а также исследуется влияние запаздывания с подачей движущего усилия [5].

Вывод дифференциального уравнения движения исполнительного звена в безразмерной форме приведен в работе [1]. Кинематические параметры в системе меняются по безразмерному времени τ :

$$\ddot{y} + y = m_g - m_t, \quad (1)$$

где y - перемещение исполнительного звена,
 \ddot{y} - вторая производная от Y по безразмерному времени τ ,
 m_g - момент движущих сил,
 m_t - приведенный к исполнительному звену момент сил сопротивлений [1].

Считаем, что $m_t = \text{const}$.

Определим кинематические параметры режима движения.

Момент движущих сил пусть изменяется по гармонической зависимости:

$$m_g = m \cdot \sin \tau, \quad (2)$$

где m - относительное значение амплитуды силового воздействия.

В начальных условиях $\tau=0$, $y(0)=-1$, $\dot{y}(0)=0$ система из решений дифференциального уравнения (1) с учетом (2) примет следующий вид:

$$y = Y_c + \frac{m(\sin \tau - \tau \cos \tau)}{2},$$

$$\dot{y} = \dot{Y}_c + \frac{m(\tau \cdot \sin \tau)}{2}, \quad (3)$$

где $Y_c = -(1 - m\tau) \cos \tau - m\tau$ – перемещение исполнительного

звена в колебательном контуре (без учета движущего усилия);

$V_c = (1 - mT)\sin \tau$ – скорость звена при том же условии.

Анализ изменения скорости исполнительного звена дает то, что в момент времени $\tau=\pi$ скорость $(\dot{\pi})=0$. Координата $y(\pi)=1$ достигается за то же время, если максимальное значение относительного момента движущих сил выбрано из условия:

$$m = 4m T/\pi, \quad (4)$$

Анализ полученных данных показал, что гармоническое воздействие (2) с учетом (4) полностью удовлетворяет крайним условиям задачи и является симметричной механической характеристикой с продолжительностью воздействия равной времени движения исполнительного звена [3].

Данная методика может быть применима и на другие варианты гармонического воздействия. Например время τ в работе двигателя меньше чем полупериод колебания в упругой системе, т.е. $\tau_b < \pi_0$.

Под действием упругих сил исполнительное звено совершает движение, а фазовые координаты изменяются согласно решений Y_c, \dot{Y}_c . Пусть при $\tau \geq \tau_0$ момент движущих сил изменяется по следующей зависимости:

$$m_d = m_\alpha \sin \alpha(\tau - \tau_0), \quad (5)$$

где m_α - амплитуда относительного момента движущих сил;
 $\alpha = \pi/\tau_b$ - коэффициент, учитывающий время работы двигателя.

Для $\tau \geq \tau_0$ с учетом возмущающего воздействия (5) частное решение уравнения (1) имеет вид:

$$v = L \sin \alpha(\tau - \tau_0),$$

где $L = m_\alpha/(1 - \alpha_2)$ – амплитуда колебаний вынужденного движения.

Используя начальные условия $v(\tau_0) = v_0, \dot{v}(\tau_0) = \dot{v}_0$, получим общее решение дифференциального уравнения (1) с учетом (5)

$$v = (v_0 + mT)\cos\xi(\tau - \tau_0) - mT + (\dot{v}_0 - \alpha L)\sin(\tau - \tau_0) + L \sin\xi(\tau - \tau_0), \quad (6)$$

В данной формуле (6) - три слагаемых, которые влияют на колебательный процесс в системе. Первое из них описывает свободные

колебания, зависящие от начальных условий. Два последних - описывают вынужденные колебания с разными частотами [3].

Дифференцируя уравнение (6) по τ мы получим для безразмерной скорости выражение:

$$\dot{v} = -(v_0 + mT)\sin\xi(\tau - \tau_0) + (\dot{v}_0 - \alpha L)\cos\xi(\tau - \tau_0) + \alpha L \cos\xi(\tau - \tau_0), \quad (7)$$

Воздействие движущих сил на исполнительное звено прекратится в момент времени $\tau = \tau_0 + \tau_B$. Положение и скорость исполнительного звена в момент времени τ_π , согласно (6) и (7), с учетом собственного движения Y_c, \dot{Y}_c , могут определяться по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} v(\tau_\pi) &= -(1 - mT)\cos\tau_\pi - \alpha L\sin\tau_B, \\ \dot{v}(\tau_\pi) &= (1 - mT)\sin\tau_\pi - L\alpha(1 + \cos\tau_B). \end{aligned} \quad (8)$$

В дальнейшем рассмотрим только те режимы работы движения исполнительного звена, для которых выполняются условия проектного задания. При $\tau_\pi = \pi$, и равенстве $\alpha L\sin\tau_B + mT = 0$, как следует из (8), исполнительное звено достигает координат $v(\pi) = 1$, но со скоростью $\dot{v}(\pi) \neq 0$ [3]. Для достижения требуемого движения необходимо организовать режим последствия. Определим из дифференциального уравнения (1) при $\tau \geq \tau_\pi$ перемещение и скорость исполнительного звена в режиме последствия (согласно начальных условий $v(\tau_\pi)$ и $\dot{v}(\tau_\pi)$ из (8), при $mg(\tau) = 0$):

$$\begin{aligned} v(\tau) &= (v(\tau_\pi) + mT)\cos(\tau - \tau_\pi) + \dot{v}(\tau_\pi)\sin(\tau - \tau_\pi) - mT, \\ \dot{v}(\tau) &= -(v(\tau_\pi) + mT)\sin(\tau - \tau_\pi) + \dot{v}(\tau_\pi)\cos(\tau - \tau_\pi). \end{aligned} \quad (9)$$

Итоговый необходимый результат получается путем изменения фазовых координат по зависимости (9).

Подставим $\tau = \pi, v(\pi) = 1, \dot{v}(\pi) = 0$ в систему решений и приравняем правые части решений (8) и (9). Требуемое движение (9) исполнительного звена будет удовлетворено, если кинематические и силовые параметры удовлетворяют следующей системе уравнений:

$$\begin{aligned} 2mT + \alpha L(\sin\tau_0 + \sin\tau_0 + \tau_B) &= 0, \\ \cos\tau_0 + \cos(\tau_0 + \tau_B) &= 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Начало τ_0 времени подачи движущего усилия и коэффициент, ограничивающий длительность воздействия α , при симметричном

воздействии, связаны между собой $\alpha = \pi / (\pi - 2 \tau_0)$.

Величина момента сил трения m_T зависит от амплитуды m_α движущего момента сил, с учетом системы решений (10), и также связана с коэффициентом продолжительности воздействия соотношением [3]:

$$m_\alpha = \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha \cos\left(\frac{\pi}{2\alpha}\right)} m_T, \quad (11)$$

Из зависимости (11) следует, что если $\alpha \rightarrow 1$, то значение амплитуды m_α стремится к своему минимуму (4).

Соотношения максимумов моментов движущих сил и моментов сил трения m_α/m_t в зависимости от продолжительности вклада энергии в систему приведены в (таблице 1) (при расчетах принято $m_t = 0,1$).

Таблица – Отношения максимальных значений моментов движущих сил и моментов сил трения

τ_B	2	3	4	5	6	9	10	$12\pi/1$	15
	$\pi/18$	8	$\pi/18$						
α	9	6	4,5	3,6	3	2	1,8	1,5	1,2
m_α/m_t	9,02	6,039	4,55	3,66	3,07	2,12	1,936	1,666	1,416
	6	1	2	5	9	1	0	6	7

Таким образом, установлено, что при снижении продолжительности действия движущих сил, по отношению к продолжительности движения исполнительного звена, максимум момента движущих сил растет. При $\tau_B = \pi/3$ и $\alpha = 3$ имеет $m_\alpha = 3,08 m_t$, а при $\alpha=6$ имеет $m_\alpha = 6,04 m_t$. То есть величина максимума момента движения сил примерно в α раз больше величины момента сил трения.

Требуемое движение будет удовлетворено, в случае если система нагружена моментом движущих сил с симметричной характеристикой относительно времени $\tau = \pi/2$. Максимум величины движущего воздействия зависит от продолжительности τ_B воздействия и величины m_t сил трения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулов В.И. Критерий выполнения требуемого движения

исполнительным звеном в системе с рекуперацией энергии// Современные проблемы строительного материаловедения. БелГТАСМ. – Белгород, 2001. –с.326-327.

2. Суслов В.И., Шаталов А.В. О возможности получения требуемого движения фазовых траекторий в механической системе с рекуперацией энергии. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005, № 11, с.225-227.

3. Шаталов А.В., Суслов В.И. Исследование движения исполнительного звена в механической системе, зависящем от времени/ Сб. докл. Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014, - с. 288-291.

4. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ А.В. Шаталов, В.И. Уральский, С.И. Гончаров, Е.В. Сеница – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 179 с.

5. Акинфиев Т.С., Пожаринский А. А. Динамические свойства резонансной манипуляционной системы с односторонним пневмоприводом/ Машиноведение. 1985 №2, - с. 24-30.

УДК 666.94:621.929.6

Шестаков Ю.Г., Мурзина И.С., Новиков А.Н.

Научный руководитель: Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОГО ВОЗДУШНО-МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Совершенствование техники и технологий производства сухих строительных смесей, дисперсных модификаторов, сухих красок и других тонкоизмельченных, гомогенных систем связано с качеством их составов, которое, в свою очередь, требует применения высокотехнологичного энергосберегающего оборудования. Использование предложенных в статье пневмосмесителей оригинальных конструкций позволяет получать многокомпонентные смеси высокого качества за счет специальным образом организованного движения двухфазного потока, встречающегося с периферийным подводом энергоносителя.

Прогнозирование и анализ динамики двух- и многофазных систем, распределенных в воздухе, в агрегатах подобного типа позволяет

оценить характер технологического процесса смешения компонентов, при этом математическое описание сложного движения частиц в потоке воздуха позволяет получить результат, который помогает характеризовать режимы работы пневмосмесителя, что важно при эксплуатации данной машины в производстве [1...3].

К примеру, для производства сухих красок целесообразно использовать пневмосмесители [2, 3, 4] непрерывного действия. Основными причинами для использования таких пневмосмесителей можно считать получение однородного продукта, а также возможность производства смесей в непрерывном цикле.

Постоянное развитие конструкций пневмосмесителей направлено на возможность производства гомогенных дисперсных порошков. В конструкциях пневмосмесителей [2, 3] основное перемешивание дисперсных компонентов осуществляется путем движущегося в смесительной камере осевого двухфазного потока, который под действием подвешенного с периферии камеры воздуха начинает закручиваться в вихрь (рисунок 1). Аналитические исследования динамики сложно организованного потока двухфазной среды в пневмосмесителе позволяют оценить вид процесса смешения, определить конструктивные параметры пневмосмесителя и его эффективные режимы работы на примерах различных составов многокомпонентных смесей [5]. Следовательно, такие аналитические исследования являются достаточно актуальными.

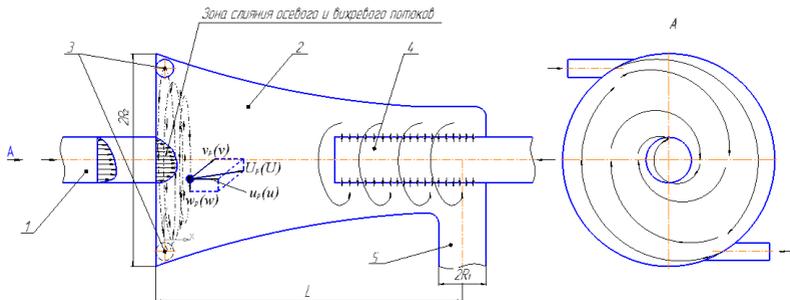


Рис. 1 Вихревое движение двухфазного потока в смесительной камере: 1 - подача компонентов смеси по разгонной трубе; 2 – смесительная камера; 3 - тангенциальный подвод энергоносителя; 4 - узел аэрации и дезагрегации смеси; 5 - разгрузочный патрубок

Цемент является уникальным строительным материалом, на свойства которого влияют не только физико- химический особенности самого вяжущего, но содержание и качество применяемых

сопутствующих материалов (вода, песок, добавки и др.) [4...8]. Ниже представлены технологические свойства цементных композиций, модифицированных отходами производства минеральной ваты и физико-механические показатели композитов на их основе (рисунок 1).

Нормальную густоту цементного теста определяют путем установления необходимого количества воды для затворения цемента. Другими словами, это водоцементное отношение в процентах, при котором достигается нормированная консистенция цементного теста. Данное свойство напрямую зависит от химико-минералогического состава клинкера, удельной поверхности цемента, содержания и особенностей добавок в нем и многих других факторов [9].

Рассмотрим осесимметричное течение вязкого воздушно-материального потока в смесительной камере (рисунок 1) при тангенциальной скорости, зависящей только от относительного радиуса камеры r , т. е. $v \equiv v(r)$. Поскольку в торцевых пограничных слоях вязкого воздушно-материального потока тангенциальная скорость зависит от осевой координаты, учесть влияние пограничного слоя на торцевых поверхностях камеры в такой модели нельзя. Поэтому будем решать задачу вне пограничного слоя торцевых поверхностей. На боковой стенке начала смесительной камеры скорость условно равна нулю (скорость основного потока частиц с основным энергоносителем падает условно до нуля), а в местах ввода дополнительного потока воздуха, в отверстиях 3, имеет определенное значение. Так как в осесимметричной модели течения это отразить невозможно, будем рассматривать течение в области $0 \leq r \leq R_2$, где сформировавшийся двухфазный поток не зависит от конструкции входа в камеру и имеет начальное значение компонента скорости при:

$$r = R_2 \quad u = u_2; \quad w = 0; \quad v = v_2. \quad (1)$$

Здесь r - условный радиус смесительной камеры, м; R_2 - начальный условный радиус смесительной камеры, м; u, u_2 - радиальные скорости на радиусах r и R_2 , м/с, соответственно; w - вертикальная скорость, м; v, v_2 - тангенциальные скорости на радиусах r и R_2 , м/с, соответственно.

Как будет показано ниже, разность $R_k - R_2$ для нецилиндрических смесительных камер с равномерным расположением тангенциальных входных щелей, или отверстий 3, по боковой

поверхности может составить величину $1 \div 2$ мм. Физическим аналогом модели, представленной на рис. 1, является смесительная камера начальным радиусом R_2 , у которой криволинейная поверхность трубы соединена с разгонной трубой, через которую подается энергоноситель – воздух (с частицами) расходом $Q = 2\pi R_2 L \cdot u_2$ (где L – длина смесительной камеры, м).

При $v \equiv v(r)$ следует, что радиальная скорость потока зависит только от радиуса, т. е. $v = v(r)$, а из традиционные уравнения неразрывности в [6] – осевая скорость линейна по z , поэтому $\partial^2 w / \partial z^2 = 0$. Тогда уравнения неразрывности для постановки нашей задачи примут вид:

$$u \frac{du}{dr} - \frac{v^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + v \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dr u}{dr} \right); \quad (2)$$

$$\frac{u}{r} \frac{dr v}{dr} = v \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{dr v}{dr} \right); \quad (3)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right); \quad (4)$$

$$\frac{1}{r} \frac{dr u}{dr} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Здесь z – вертикальная координата положения частицы в вихре, м; p – давление среды, взятое в точке, совпадающей с центром объема частицы, Па; ρ – плотность несущей фазы (воздуха), кг/м³.

Профиль тангенциальной скорости v в камере без частиц можно определить с помощью показателя n в соответствии с [5]. Однако тангенциальная скорость частиц v_p в камере со слоем значительно меньше скорости газа v в незагруженной камере смешения. Оценить тангенциальную скорость v_p в слое по известной скорости v в соответствии с [5] можно так:

$$v_p = v \cdot \sqrt{s}, \quad (2)$$

где $s = p_x^* / p_x$ – параметр торможения потока слоем, определенный как отношение статического давления на периферии камеры при наличии слоя к тому же давлению в камере без слоя. Величина, обратная параметру s , изменяется пропорционально массе слоя

$$1/s = 0.09M + 1.25, \quad (3)$$

где M — масса слоя в граммах.

Представляется интересным распределение массы частиц по радиусу камеры. Наибольшая плотность частиц наблюдается вблизи стенки камеры. В наших экспериментах после резкого прекращения подачи воздуха слой оседал кольцом, высота его изменялась аналогично изменению P_c в [5]. Авторы [5, 8] отмечают, что по высоте слоя плотность в камере была однородная. Это позволяет увеличивать массу слоя за счёт диаметра камеры смешения.

Таблица 1 – Результаты расчёта скоростей в камере при $M_0=146$ г и $Q=168 \text{ м}^3/\text{ч}$

r, мм	d, мкм	v	v_p	u_y	u_B	a, м/с ²	u_y/u_B
			м/с				
80	71	115	30,4	442	0,458	11500	967
27,5	5	176	46,4	15	1,32	78300	11,4

Если учесть что скорость взвешивания слоя U_B для камеры смешения является радиальной скоростью

$$u_e = Q/2\pi rL, \quad (4)$$

то представленные соотношения (1) – (4) позволяют определить кинематические параметры слоя. Результаты расчетов представлены в табл. 1 при крайних значениях его радиуса. При расчетах принято, что самые крупные частицы, имеющиеся в слое $5 < d < 71$ мкм, располагаются у стенки камеры смешения, а самые мелкие — на радиусе выходного

отверстия. Видно, что скорость частиц v_p , в 4 раза меньше скорости потока в незагруженной вихревой камере. В [8] скорость вращения слоя частиц речного песка размером $d = (0,5 \div 4)$ мм измерялась с помощью вращающегося флажка. Она была в 15—20 раз меньше скорости невозмущенного потока.

В результате исследований были получены следующие результаты. Во взвешенных слоях частиц разного диаметра происходит их движение по высоте слоя. При этом более тяжелые частицы могут опускаться и касаться ограждающей поверхности камеры смешения. Аналогичное явление наблюдается и во вращающемся слое. Тогда тяжелые частицы взаимодействуют со стенкой камеры смешения и

снижают тангенциальную скорость. Таким образом, мы рассмотрели два случая — вращающийся слой и полностью взвешенный. В последнем наиболее тяжелые частицы с цилиндрической стенкой не соприкасаются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Uvarov V.A., etc. THE COUNTERFLOW MIXER FOR RECEIVING THE DISPERSE REINFORCED COMPOSINES/ Uvarov V.A., Klyuev S.V., Orekhova T.N., Klyuev A.V., Sheremet E.O., Durachenko A.V. // Research Journal of Applied Sciencenes. 2014. T.9 №12 P. C.1211-1215.

2. Пат. 102533 Российская Федерация, В01F 5/00. Пневмосмеситель непрерывного действия для производства сухих строительных смесей / В.А. Уваров, Т.Н. Орехова, С.И. Гордиенко, А.Е. Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г. Шухова - №.2010140830/05, заявл. 05.10.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.

3. Пат. 141488 Российская Федерация, В01F 5/00. Противоточный пневмосмеситель для производства дисперсно-армированных смесей / В.А. Уваров, Т.Н. Орехова, С.В. Клюев, А.Е. Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г. Шухова - №.2013159013/05, заявл. 30.12.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.

4. Пат. 115682 Российская Федерация, В01F5/00 Пневмосмеситель многокомпонентных сухих строительных смесей / Т.Н. Орехова, В.А. Уваров, С.И. Гордеев, А.Е. Качаев; заявитель и патентообладатель: БГТУ им. В.Г. Шухова - №.2011151913/05, заявл. 19.12.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13.

5. Громаков, Н.С. Дисперсные системы и их свойства: Учебное пособие по коллоидной химии: / Н.С. Громаков. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ар-хитект. -строит. ун-та, 2015. – 91 с.

6. Краснов, Н.Ф. Аэродинамика / Ч.1. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла / Учебник для ВТУЗов. – Изд. 2-е перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 384 с., ил.

7. Севостьянов, В.С. Исследование процесса движения волокнистой суспензии в разгонном узле дезинтегратора мокрого помола / В.С. Севостьянов, Качаев А.Е., Михайличенко С.А., Сиваченко Т.Л., Фарафонов А.А. // Вестник Белорусско-российского университета. 2016. №1 (50). С. 60- 68.

Шестаков Ю.Г., Романович М.А.

Научный руководитель: Романович А.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОТВАЛ БУЛЬДОЗЕРА С РЫХЛИТЕЛЬНЫМИ ЗУБЬЯМИ

Известно, что для обеспечения возможности разрабатывать бульдозером прочные и мерзлые грунты на базовый трактор бульдозера сзади навешивают рабочее оборудование – рыхлитель.

Причиной препятствующей достижению максимальной производительности труда является наличие холостого обратного хода при разработке грунта бульдозерами рыхлителями с креплением рыхлительного оборудования на задней части базовой машины. Так же недостатком данного технического решения является наличие только двух видов рабочего оборудования, устанавливаемого на тракторе (рыхлительного и бульдозерного), что делает машину менее универсальной по сравнению с другими известными техническими решениями. А также значительно усложняет, удорожает, а также увеличивает массу и габариты машины [1-2].

Целесообразнее снабжать основное рабочее оборудование бульдозера рыхлительными зубьями. Такое решение в значительной степени лишено указанных недостатков.

Наиболее подходящим техническим решением является рабочее оборудование бульдозера с рыхлительными зубьями, содержащее отвал с режущими ножами, на тыльной стороне под кромкой которого установлены откидные рыхлительные зубья, закрепленные шарнирами [3].

Недостатками данного устройства является сложность конструкции, так как требуется устройство для поворота зубьев и крепления в поднятом положении.

На (рисунке 1) изображен отвал рыхлительного оборудования в положении резания грунта; на (рисунке 2) - отвал рыхлительного оборудования в положении рыхления грунта; на (рисунке 3) - вид рыхлительного оборудования сверху; на (рисунке 4) - вид рыхлительного оборудования (отвала с рыхлительными зубьями) в разрезе.

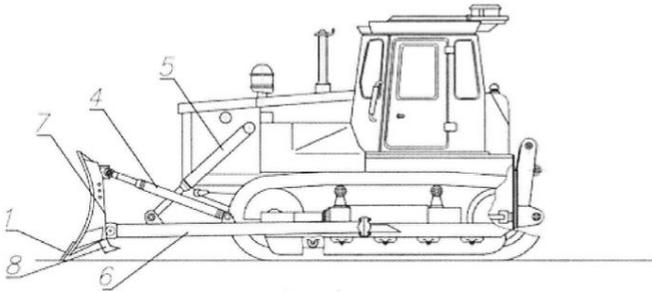


Рис.1 Отвал рыхлительного оборудования в положении резания грунта

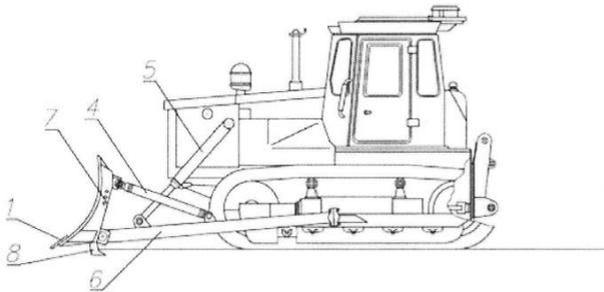


Рис. 2 Отвал рыхлительного оборудования в положении рыхления грунта

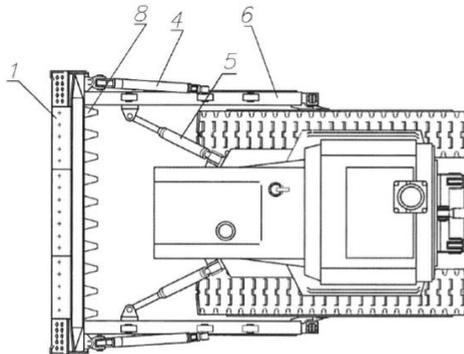


Рис.3 Вид рыхлительного оборудования сверху

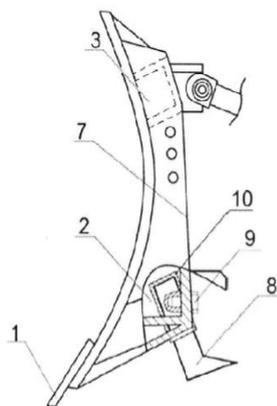


Рис. 4 Вид рыхлительного оборудования (отвала с рыхлительными зубьями) в разрезе

Отвал бульдозера с рыхлительными зубьями содержит режущие ножи 1, нижнюю 2 и верхнюю 3 коробку жесткости, соединенные поперечными ребрами 7, толкающие брусья 6, рыхлительные зубья 8, гидроцилиндр 5 подъема отвала и гидроцилиндр 4 наклона отвала. Нижняя коробка жесткости 2 снабжена гнездами, в которые установлены стаканы 10 для крепления рыхлительных зубьев 8, причем стакан и зубья снабжены пазами, в которых установлены стопорные болты 9 [4-5].

Рабочее оборудование бульдозера с рыхлительными зубьями работает в двух режимах. Первый режим - рыхление грунта. Отвал совершает наклон по часовой стрелке за счет гидроцилиндра наклона отвала 4, после чего рыхлительные зубья 8 занимают рабочее положение. При рабочем положении зубьев 8 отвал не касается поверхности грунта. Рыхление грунта производится при заднем ходе бульдозера [6-7].

Второй режим работы - резание грунта отвалом производится после рыхления грунта.

Отвал совершает наклон против часовой стрелки за счет гидроцилиндра наклона отвала 4, опускается на грунт посредством гидроцилиндров 5, и производится резание предварительно разрыхленного грунта движением бульдозера вперед.

Таким образом, предлагаемая конструкция рыхлительного оборудования, позволяет осуществлять рыхление грунта, без существенных внесенных изменений в габариты и массу бульдозера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А. А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин / Романович А.А., Романович Л.Г. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 164 с.
2. Романович А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных и коммунальных машин / Романович А.А., Харламов Е.В. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 123 с.
3. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. М.: Изд-во центр «Академия», 2010. 488 с.
4. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средней рабочих органов дорожно-строительных машин: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высш. шк., 2010. - 355 с.
5. Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 131-137.
6. Любимый Н.С. Орехова Т.Н., Четвериков Б.С., Старчик Ю.Ю. Грузоподъемные машины и оборудование: практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. -98с.
7. Романович А.А., Воронов В.П., Мещеряков С.А., Апухтина И.В., Агрегат для измельчения давлением и дезагрегации спрессованных материалов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 144-149.

УДК 627.132:532.543

*Широбоков А. Д., Мельничук В.К., Дубина Т.В.
Научный руководитель: Горшкова Н.Г., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА БЫСТРОТОКОВ И ПЕРЕПАДОВ

Одним из важнейших сооружений на автомобильных дорогах являются водоотводящие сооружения. Система дорожного водоотвода – комплекс инженерных сооружений, предназначенных для отвода поверхностных и подземных (грунтовых) вод с целью обеспечения

надежной и безопасной работы всех сооружений и конструктивных элементов: обеспечения устойчивости земляного полотна, прочности дорожной одежды, устойчивости искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад, тоннелей) на проектируемой автомобильной дороге. При больших продольных уклонах для предотвращения размыва водоотводных канав применяют быстротоки и перепады (рис.1). Функционирование водоотводных сооружений непосредственно влияет на параметры, определяющие транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог, регламентированные нормативными документами. Неудовлетворительная работа сооружений дорожного водоотвода отрицательно влияет на другие конструктивные элементы автомобильной дороги, вызывая их деформации и разрушение. На стадии проектирования быстротоков для обоснования выбора оптимального варианта приходится анализировать множество типов и параметров этих сооружений. Цель настоящей работы заключается в анализе методов расчетов и выявления наиболее эффективного.



Рис. 1 Быстроток, укрепленный цементобетонными плитами:
 1 - щебеночное основание; 2 - цементобетонные плиты;
 h - глубина быстротока

Как и любой тип водосбросов, быстроток состоит из подводящего канала, головной части, сбросной части в виде канала или собственно быстротока (часто называемой также лотком, водоскатом) и конечного участка. Иногда между головной и сбросной частями для их сопряжения устраивается промежуточный канал. Для того, чтобы избежать образование волн, возникающих при взаимодействии бурного потока с ограждающими конструкцией стенками при их сужении и повороте, промежуточный канал устраивается с уклоном близким или равным нулевому.

Применяемые в данный момент гидравлические расчеты перепадов и быстротоков в своей основе не содержат принципиально новых теоретических разработок. В расчетах применяются элементы теории водосливов, сопряжения бьефов и гашения энергии потока,

закономерности равномерного и неравномерного движения жидкости в открытых руслах, основанные на определении реакций конструкции на пульсирующие гидростатические воздействия. При помощи гидравлических расчетов определяются и назначаются размеры водопропускных труб под насыпями и устанавливается характер потока с целью правильного назначения конструкций по предотвращению разрушения отводящих русел при выходе потока из отверстий. Большое количество гидравлических расчетов связано с проектированием перепадов и быстротоков, устраиваемых при организации отвода воды от водопропускных сооружений, а также с проектированием подводящих и отводящих русел в районе искусственных сооружений, нагорных канав и т. д. Динамические расчеты являются завершающими в процессе проектирования конструкции и выполняются после того, как осуществлено предварительное проектирование (включая назначение размеров и выполнение необходимых статических расчетов) и определены характеристики динамических нагрузок. Затем определяется кавитационная нагрузка на водосброс и ее распределение по отверстиям сооружения. В результате строится график кавитационной нагрузки и сравнивается с кавитационным ресурсом сооружения для обеспечения его непрерывной работы в пределах срока эксплуатации. Если комплекс инженерных мероприятий обеспечивает заданный уровень надежности, то расчет считают завершённым [1].

Недостатком данного метода является необходимость расчета работы конструкции для каждой отдельной условий и выявление ее влияния на соседние объекты. Сложность расчета объясняется большим количеством переменных, например: расход Q , глубина потока у входа в сооружение – напор H , скорость подхода потока к быстротоку v_0 , перепад уровней между верхним и нижним бьефами z , переменная длина плит рисбермы в нижнем бьефе l_p , диаметр частиц несвязного грунта в отводящем русле d_r , глубина воды в нижнем бьефе h_n , уклон дна водоската i , форма сечения и коэффициент заложения откосов лотка быстротока m , тип гасителя кинетической энергии воды в нижнем бьефе сооружения. Таким образом, стоимость быстротока C_T (объем бетона $V_{бет}$) является функцией факторов:

$C_T (V_{бет}) = f(Q, H, v_0, i, m, z, l_p, d_r, h_n, \text{форма сечения лотка, тип гасителя})$

Очевидна сложность данной функции: если каждый из указанных факторов варьировать на четырех уровнях, то в случае полнофакторного эксперимента необходимое для рассмотрения число расчетных случаев $N = 4^{11} = 4194304$ расчетов [2].

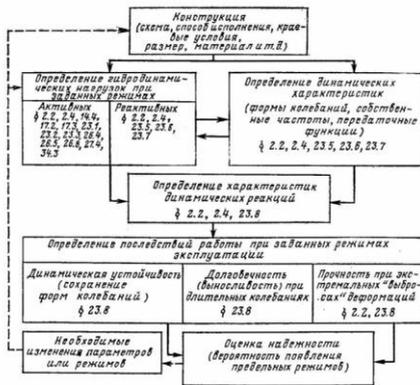


Рис. 2 Методика расчета, основанная на определении гидростатических воздействий

Перспективной альтернативой традиционному методу является другой, основанный на симуляции потоков (CFD). В его основе лежит принцип параметрического моделирования с изменяемыми переменными. Специалисты создают предварительную 3д модель быстротока и симулируют потоки жидкости в ней для понимания проблемных мест модели и способов улучшения конструкции. Для моделирования используют специализированное ПО, которое позволяет задавать необходимые параметры. В настоящее время, таким методом проектируют дамбы и плотины, сверяя результаты симуляции с моделями, изготовленными в масштабе. Одним из таких проектов стала Плотина Шахид Аббаспур - большая арочная плотина на реке Карун. Поток через водосброс был смоделирован с использованием программного обеспечения flow-3D. Геометрия водосброса была создана с помощью программного обеспечения Auto-CAD и экспортирована в стереолитографическом формате (stl). Затем файл stl был непосредственно импортирован в flow-3D. Недостатком данного метода является малая применимость к дорожному строительству в настоящее время и необходимость в специализированном программном обеспечении, которое также мало адаптировано под дорожное строительство.

Учеными из Дагестанского государственного технологического университета был предложен промежуточный метод расчета быстротоков. Они взяли за основу стандартную методики расчета, описанные в [1,3,5] и написали программу для расчета. Задавая исходные данные, программа предоставляет множество вариантов расчета. Следующим этапом расчета идет экономическая оценка

предложенных вариантов и выбор наиболее оптимального. Достоинствами предложенного метода является вариативность и возможность корректировать параметры с последующим автоматическим перерасчетом конструкции. Главным недостатком на данный момент является отсутствие финальной версии программы с простым и понятным графическим интерфейсом. В следствии чего проектные компании не могут на данном этапе повсеместно внедрить данный метод.

Таким образом, произведя анализ предложенных методов невозможно выделить один наиболее предпочтительный. Оба метода, основанные на расчете при помощи программ, требуют доработки. Метод №1 является наиболее трудоемким, но в то же время наиболее распространенным в виду отсутствия необходимости его существенных доработок и создания новых программных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 624 с.

2. Алибеков, А. К. Автоматизация проектирования быстротоков. А. К. Алибеков, А. М. Мухучев, Г.А. Алибеков: Дагестанский государственный технический университет Махачкала – 2020.

3. Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К. и др. Проектирование гидротехнических сооружений. – М.: Колос, 1977. – 384 с.

4. СТО НОСТРОЙ 2.25.103-2013 устройство водоотводных и дренажных систем при строительстве автомобильных дорог и мостовых сооружений : утвержден решением Совета Национального объединения строителей, протокол от 24 июня 2013 г. № 43 / дата введения 03.24.2013 / разработан Саморегулируемой организацией некоммерческое партнерство «Межрегиональное объединение дорожников «СОЮЗДОРСТРОЙ»

5. Перевозников, Б. Ф. Сооружения системы водоотвода с проезжей части автомобильных дорог / Б.Ф. Перевозников А.А. Ильина / Выпуск №2, г. Москва 2002 г.

6. E. Fadaei-Kermani / «Numerical simulation of flow over spillway based on the CFD method», Department of Civil Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman (2012)

7. Chanel, P.G. / «An evaluation of computational fluid dynamics for spillways», Thesis (MSc), University of Manitoba, Canada, pp. 11-23

(2008).

8. Flow Science, Inc. \Flow-3D user's manuals, version 9.2", pp.

9. Кожухова М.И., Соболев К.Г., Строкова В.В., Кожухова Н.И. Применение гидрофобных покрытий на основе ПМГС для бетона при борьбе с обледенением в дорожно-транспортной инфраструктуре // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. №3. С. 8–16.

УДК 629.3.038

Шишков Д.А.

*Научный руководитель: Конев А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ, ОСНАЩЕННОГО ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

На сегодняшний день многие автопроизводители находятся в активных поисках замены двигателю внутреннего сгорания (ДВС) в пользу более экологичных и экономичных силовых установок.

Одним из наиболее перспективных вариантов в этом направлении можно считать гибридные силовые установки (ГСУ). В настоящее время у многих ведущих автопроизводителей в модельной линейке есть гибридные автомобили [1].

Гибридный автомобиль (Hybrid vehicle) в общем случае - это транспортное средство, приводимое в движение с помощью ГСУ, отличительной особенностью которой является использование двух источников энергии и соответствующим им двигателей, преобразующих энергию в механическую работу [2].

Существуют различные типы гибридных автомобилей: пневматический, маховичный, гидравлический [3], однако среди класса легковых автомобилей наибольшую популярность получил гибридный электрический автомобиль (Hybrid electric vehicle, HEV), в котором ГСУ представляет собой сочетание ДВС и электродвигателя. Кроме того, большую популярность получили гибридные электрические автомобили с подзарядкой от электросети (Plug-in hybrid electric vehicle, PHEV), которые отличаются от HEV тем, что имеют батарею более высокой емкости и возможность ее подзарядки от электросети. Данный вид гибридов может проехать на чистой электроэнергии большее

расстояние, чем HEV. Поэтому именно эти типы гибридных автомобилей будут рассматриваться в данной работе.

Как уже было отмечено выше, автомобили с ГСУ позиционируются автопроизводителями как значительно более экологичные и экономичные по расходу топлива по сравнению с автомобилями с традиционными ДВС, не уступая последним в остальных важных параметрах, таких как динамические характеристики и уровень комфорта от использования автомобиля. Главным недостатком гибридных автомобилей является их цена, значение которой значительно выше, чем у автомобилей с ДВС при прочих равных. Однако, поскольку стоимость топлива на настоящий момент достаточно высокая и к тому же периодически растёт, покупка гибридного автомобиля может окупить себя через определённый срок и позволит в дальнейшем сэкономить. В соответствии с этой целью данной работы является выбор наиболее схожих автомобилей, отличающихся силовой установкой, сравнение их характеристик и определение указанного срока окупаемости.

Сравнение будет производиться по таким параметрам как время разгона до 100 км/ч, максимальная скорость, расход топлива в смешанном цикле, выбросы вредных веществ (CO₂) в смешанном цикле и стоимость. К тому же, для максимально объективных результатов сравнение будет произведено между одной и той же моделью автомобиля приблизительно сходных комплектаций, но оснащенной разными силовыми установками. Для большей наглядности было выбрано три таких модели.

Так, в качестве автомобилей для сравнения рассмотрим Porsche Cayenne 3 поколения в комплектациях под названием 3.0 Tiptronic (340 л. с.) и 3.0 Tiptronic E-Hybrid (462 л. с.), рестайлинг 4 поколения Land Rover Range Rover в комплектациях 3.0 S/C AT Vogue SE (340 л. с.) и 2.0 T AT PHEV Vogue SE (404 л. с.), а также Mercedes-Benz GLE 2 поколения в комплектациях GLE 300 d 4MATIC Sport (245 л. с.) и GLE 350 de 4MATIC Sport (320 л. с.) (для гибридных комплектаций в скобках указана комбинированная мощность ГСУ). Комплектации рассматриваемых автомобилей имеют между собой практически аналогичное оснащение, за исключением силовой установки. Все они выпускаются в настоящий момент [4].

Для большей наглядности и удобства восприятия сравнительный анализ комплектаций рассматриваемых автомобилей по указанным выше параметрам представлен в (таблице 1).

Срок окупаемости гибридного автомобиля за счет экономии топлива можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_0 = \frac{C_{ГСУ} - C_{ДВС}}{0,01 \cdot P_{ср} \cdot C_{лл} \cdot (P_{ДВС} - P_{ГСУ})}, \quad (1)$$

где C_0 – срок окупаемости гибридного автомобиля за счет экономии топлива, лет;

$C_{ГСУ}$ – стоимость автомобиля, оснащенного ГСУ, тыс. руб.;

$C_{ДВС}$ – стоимость автомобиля, оснащенного ДВС, тыс. руб.;

$P_{ср}$ – средний пробег легкового автомобиля в год, тыс. км;

$P_{ДВС}$ – расход топлива в смешанном цикле автомобиля, оснащенного ДВС, л/100 км;

$P_{ГСУ}$ – расход топлива в смешанном цикле автомобиля, оснащенного ГСУ, л/100 км;

$C_{лл}$ – стоимость одного литра топлива, используемого в автомобиле, руб.

Таблица 1 – Сравнительный анализ комплектаций рассматриваемых автомобилей, оснащенных ДВС и ГСУ по выбранным параметрам

Параметр	Porsche Cayenne		Land Rover Range Rover		Mercedes-Benz	
	ДВС	ГСУ	ДВС	ГСУ	ДВС	ГСУ
Время разгона до 100 км/ч, с	6,2	5,0	7,8	6,8	7,2	6,8
Максимальная скорость, км/ч	245	253	209	220	225	210
Расход топлива в смешанном цикле, л/100 км	9,2	3,4	10,7	2,8	6,4	1,1
Выбросы CO ₂ в смешанном цикле, г/км	209	78	248	64	169	29
Стоимость, тыс. руб.	6 470	8 110	8 291	9 605	8 020	8 810

В соответствии с тем, что для выбранных автомобилей, исходя из рекомендаций завода-изготовителя, используется разное топливо, необходимо определить цену за один литр используемого топлива для каждого автомобиля.

Так, для автомобиля Porsche Cayenne не зависимо от установленной силовой установки завод-изготовитель рекомендует использовать бензин марки АИ-98, для Land Rover Range Rover - бензин марки АИ-95, а для Mercedes-Benz – дизельное топливо. Поскольку цены на топливо на АЗС различных компаний и в зависимости от

региона несколько отличаются, то для расчета выбрана АЗС компании «Лукойл», находящаяся в городе Белгород. Так, стоимость указанных типов топлива на выбранной АЗС на сегодняшний день составляет: бензин марки АИ-95 – 52,91 руб., бензин марки АИ-98 – 59 руб., дизельное топливо – 53,18 руб. [5]

Теперь, исходя из данных, представленных в таблице 1, данных о стоимости топлива, а также приняв средний пробег легкового автомобиля в год $P_{cp} = 15$ тыс. км, можно выполнить расчет, подставив необходимые данные в формулу (1). Срок окупаемости автомобиля Porsche Cayenne с ГСУ будет равен:

$$C_0 = \frac{8\,110 - 6\,470}{0,01 \cdot 15 \cdot 59 \cdot (9,2 - 3,4)} = 32,95 \text{ лет.}$$

Аналогичным образом был выполнен расчет для остальных автомобилей, в результате которого срок окупаемости Land Rover Range Rover составил 20,96 лет, а Mercedes-Benz – 18,69 лет.

Исходя из приведенного выше сравнительного анализа характеристик автомобилей, оснащенных ДВС и ГСУ, и расчета срока окупаемости, можно сделать вывод о том, что гибридные автомобили действительно имеют сравнительно лучшие показатели динамических характеристик, расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ, но имеют гораздо более высокую стоимость, что, как показал расчет окупаемости, покрывается для выбранных автомобилей в лучшем случае за 18,69 лет. Разумеется, по меркам эксплуатации современных автомобилей — это очень большой срок, практически недостижимый. Таким образом, с экономической точки зрения гибридный автомобиль все же уступает автомобилю с ДВС.

На результаты расчета повлияла напряженная ситуация в мире, из-за которой стоимость автомобилей в России значительно выросла. Если годовой пробег гибридного автомобиля будет выше, чем усредненное значение в 15000 км, то срок окупаемости уменьшится. Однако даже в этом случае, говорить об экономической целесообразности не приходится, так как потенциальные владельцы таких автомобилей не эксплуатируют один автомобиль столь длительный период времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гибридные силовые агрегаты. Газобаллонное оборудование транспортных и транспортно-технологических машин: метод. указ. к вып. лаб. работ для бакалавров направления 23.03.03 - Эксплуатация транспортнотехнологических машин и комплексов / сост.: А.А. Конев,

- Н.А. Загородний, И.А. Новиков – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 23с.
2. Электрический и гибридный автотранспорт в мире. Аналитический обзор // Энерго-Совет.ru: [сайт]. - 2022. - URL: <http://www.energosovet.ru/stat823.html> (дата обращения: 23.04.2022).
3. Капустин А. А. Гибридные автомобили: учебное пособие / А. А. Капустин, В. А. Раков. - Вологда: ВоГУ, 2016. - 96 с.
4. Каталог автомобилей - технические характеристики автомобилей, цены, комплектации // Дром: [сайт]. - 2022. - URL: <https://www.drom.ru/catalog/> (дата обращения: 23.04.2022).
5. Цены на бензин сегодня в Белгороде компании Лукойл // RussiaBase.ru: [сайт]. - 2022. - URL: <https://russiabase.ru/prices.php?city=153395&brand=119&pricesub=Поиск> (дата обращения: 23.04.2022).

УДК 62-51

Юнг А.А.

*Научный руководитель: Шевцова А.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородского государственного технологического университета
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

На сегодняшний день существует четкая проблема увеличения количества дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ). Резкое увеличение на дорогах общего пользования данных средств создаёт угрозу как для водителей транспортных средств, так и для пешеходов.

Безопасность дорожного движения – актуальная задача для каждого субъекта Российской Федерации. Новые виды средств передвижения всё чаще появляются на дорогах общего пользования, так как развитие в современном обществе не стоит на месте, исключением не являются устройства уже с закрепленным за ними термином «средства индивидуальной мобильности». Передвижение человека посредством электродвигателя (электросамокат, электроскейтборд, сегвей, моноколесо, гироскутер) или мускульной энергии человека (самокат, роликовые коньки, скейтборд) подходит под данное определение.

Число дорожно-транспортных происшествий увеличивается также по причине возникновения конфликтов между пешеходами и СИМ и

водителями ТС и СИМ, так городская среда не адаптирована для передвижения данных средств.

За последние шесть лет сменилось несколько поколений электротранспорта [1]. Рынок наполняется различными моделями, которые в свою очередь постоянно модифицируются и приобретают новые формы и возможности использования: гироскутер, сигвей, моноколесо, электросамокат, электровелосипед, электротраки и другие [2].

Стремительное развитие средств индивидуальной мобильности в отечественной практике произошло не так давно, а именно с 2017 года они стали активно внедряться в жизнь населения, так с 13 февраля по 13 марта 2022 года, жители страны заказали на 235% больше электросамокатов, чем в аналогичный период прошлого года (статистика Wildberries).



Рис. 1 Гистограмма продажи СИМ, в соответствии с анализом платформе Wildberries

Стремясь избежать общественного транспорта, население все чаще использует электросамокаты, гироскутеры, моноколеса, электровелосипеды и прочие так называемые средства индивидуальной мобильности. Например, в группе «М.Видео-Эльдорадо», только в июне 2020 года приток продаваемости СИМ составил 25% и 70% в денежном эквиваленте, по сравнению с июнем прошлого года. В сети магазинов «Позитроника», спрос на электросамокаты летом 2020 года вырос в два раза по сравнению с прошлогодними показателями.

Городская среда не адаптирована для передвижения средств индивидуальной мобильности [3]. Большое число дорожно-

транспортных происшествий, происходит из-за возникновения конфликта между пешеходами и СИМ и водителя ТС и СИМ.

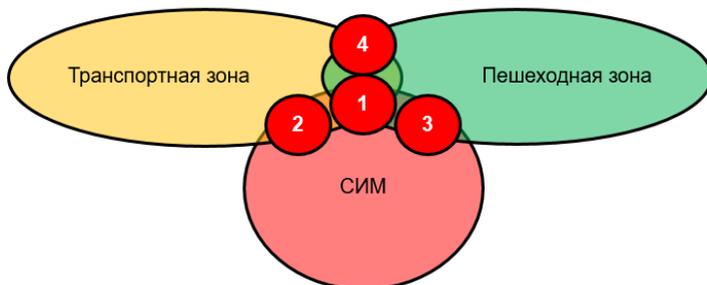


Рис. 2 Информационная модель взаимодействия СИМ с объектами городской транспортной инфраструктуры

При взаимодействии средств индивидуальной мобильности с городской средой, выделяются конфликтные зоны пересечения:

1 – пересечение трёх областей транспортной, пешеходной и зоной СИМ. Здесь сосредоточена основная проблема, а именно увеличения дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности. Происходит это из-за того, что передвижения СИМ не регулируются требованиями для комфортного и безопасного движения, а транспортная и пешеходная обеспечены необходимыми правовыми составляющими, для четкого регулирования передвижения в данных зонах [4, 5].

2 – конфликтная зона пересечения транспортной зоны и зоны СИМ. Проблема данной области заключается в неспособности идентифицировать средства индивидуальной мобильности в транспортной зоне [6, 7]. Существует большое количество приложений для отслеживания передвижений СИМ (шеринг электросамокатов и тд.) (рис. 3), однако распознавать данные средства в общем транспортном потоке, для мониторинга и исследования передвижения в данный момент невозможно.

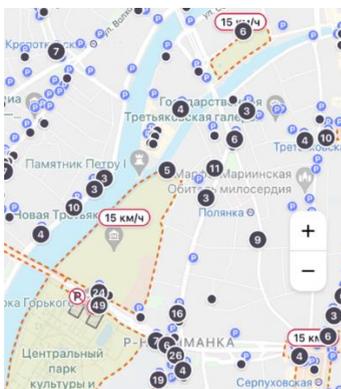


Рис. 3 Приложение шеринг электросамокатов, г. Москва

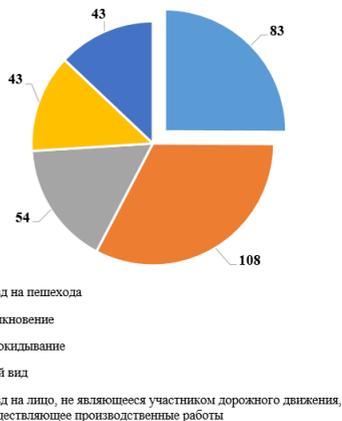


Рис. 4 Виды ДТП с участием средств индивидуальной мобильности 2020 год

3 – зона пересечения пешеходной зоны и зоны СИМ. В данной конфликтной области существует проблема большого количества ДТП с участием средств индивидуальной мобильности. Вид ДТП «Наезд на пешехода» составляет 25% от общего количества ДТП за 2020 год (рис. 4).

4 – точка пересечения пешеходной зоны и транспортной зоны, осуществляется с помощью пешеходных переходов (подземных, наземных и подземных). В данной области существуют четкие правила и требования, позволяющие создание безопасное взаимодействие данных зон.

Установлено, что СИМ могут двигаться в потоке с разрешенной скоростью потока, но в результате этого можно предположить резкий скачок аварийности [8]. Разница в габаритах между автомобилями и средствами индивидуальной мобильности, способствует движению СИМ между полосами, а отличие в маневренности данных средств приведет к увеличению дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности [9]. Именно поэтому существует потребность в дальнейших исследованиях для определения комфортной среды передвижения для средств индивидуальной мобильности.

Четкое правовое регулирование использования средств индивидуальной мобильности будет способствовать обеспечению безопасности всех участников дорожного движения. Выходом из данной ситуации является четкое определение СИМ, с целью

разработки НПА (нормативно-правовых актов), позволяющих регулировать правовую сторону их пользования в городской среде, а также требования, позволяющие создать благоприятную и безопасную среду для передвижения средств индивидуальной мобильности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мишина, Ю.В. К вопросу об участии в дорожном движении пользователей средств индивидуальной [Текст] / Ю.В. Мишина // Правопорядок: история, теория, практика. – 2020. – № 1/2. – С. 24.

2. Юнг, А.А. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения [Текст] / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // Современная наука. – 2021. – № 2. – С. 31-36.

3. Новиков, И.А. Влияние изменения задержек транспортных средств на количество режимов работы светофорного объекта [Текст] / И.А. Новиков, А.Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4(35). – С. 62-68.

4. Шевцова, А. Г. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении [Текст] / А. Г. Шевцова, Л. Е. Кущенко, В. М. Захаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 6-1. – С. 39-44. – EDN UJLJBJ.

5. Information technologies and management of transport systems development of the approach to assessing adaptation of the intersection transport model [Text] / A. Novikov, S. Glagolev, I. Novikov, A. Shevtsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Т №2, 2019. – P. 012052. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012052. – EDN OPPDVP.

6. Боровской, А.Е. Методы определения потока насыщения автотрассы [Текст] / А.Е. Боровской, А.Г. Шевцова // Мир транспорта. – 2013. – №3. – С. 44-51.

7. Боровской, А.Е. Распределение состава транспортного потока на примере городской агломерации «Белгород» [Текст] / А.Е. Боровской, П.А. Воля, И.А. Новикова, А.Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №4. – С. 103-110.

8. Шелмаков П.С., Развитие велосипедного движения в Российской Федерации [Текст] / П.С. Шелмаков, С.В. Шелмаков // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 183–184.

9. Сойников С.А. Особенности определения административно-правового статуса участников дорожного движения, использующих современные технические средства передвижения (средства индивидуальной мобильности) [Текст] / С.А. Сойников // Вестник экономической безопасности. – 2020. – № 1. – С. 216–219.

УДК 69.003.13

Юхтанов Д.В.

*Научный руководитель: Абакумов Р.Г., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В МОСТОСТРОЕНИИ

В современном мире с развитием научно-технического прогресса появилось множество новых материалов и технологий в области строительства транспортных сооружений и не только. Исследования в этой сфере продолжают и по сей день. Но основной проблемой становится не разработка и создание новых и более эффективных средств, материалов и технологий, а их внедрение в процесс строительства, реконструкции и капитального ремонта транспортных сооружений. На основе анализа актуальных данных исследователи и учёные приходят к выводу, что нынешнее состояние транспортной инфраструктуры можно расценивать как «весьма плачевное» [6, 8]. Это связано с тем, что большая часть существующих сооружений практически полностью исчерпало свой ресурс, при этом дальнейшее их использование становится возможным исключительно благодаря значительному запасу прочности, который был заложен ещё при проектировании, но тем не менее и этот запас уже находится на исходе. При строительстве большей части ныне существующей транспортной инфраструктуры основной задачей было как можно быстрее устранить дефицит транспортных сооружений по всей стране, что стало основанием для типового строительства, что с одной стороны позволяет эксплуатировать их и сегодня, но при этом требует огромных затрат на поддержание их рабочего состояния. Основной уклон был сделан на высокую устойчивость к коррозии, для чего были использованы специальные технологии и материалы, стоимость которых значительно увеличило общие затраты на строительство.

Совокупность неоспоримых факторов приводит к необходимости искать новые способы и пути выхода из сложившейся ситуации в положительную сторону. На наш взгляд наиболее правильным вариантом становится переход на использование более высокопрочных и долговременных в использовании материалов, таким как полимерные композиционные материалы (ПКМ). Исследователи также отмечают, что эта инновация поможет в решении сложившейся проблемы, при

этом подчёркивают возможность её использования как в чистом виде, так и в комбинации с бетоном [4-8].

Как было отмечено выше, основной проблемой становится коррозия материалов, решением которой долгое время становились дорогостоящие материалы и трудоёмкие технологии. В связи с этим полагаем, что наиболее рациональным и эффективным при строительстве новых, а также укреплении уже существующих транспортных сооружений, становится использование ПКМ, обладающих большей долговечностью и устойчивостью к коррозии, нежели у материалов, используемых ранее. Стоит упомянуть, что появились эти материалы ещё в прошлом столетии, но их внедрение сдерживалось их высокой стоимостью, сейчас же стоимость значительно снизилась, а их использование в соотношении «цена-качество», а также долговечность, становится более рациональным.

Л.И. Бондалетова и В.Г. Бондалетов отмечают, что «композиты – это материалы, состоящие из двух или более компонентов (армирующих элементов и скрепляющей их матрицы) и обладающие свойствами, отличными от суммарных свойств компонентов. При этом предполагается, что компоненты, входящие в состав композита, должны быть хорошо совместимыми и не растворяться или иным способом поглощать друг друга» [3]. Полимерными же считаются композиты, основанные на макромолекулярном соединении пластика, которое армируется с различными наполнителями, при этом матрица выполняет функцию связующего звена, в то время как добавки обеспечивают необходимые физические параметры.

Полимерные композиты используют в трёх направлениях:

1. Изготовление целых мостовых сооружений или их элементов, например, тротуарных настилов, плит проезжей части, перильных ограждений и тд.

2. Применение неметаллической композитной арматуры для армирования железобетонных конструкций.

3. Применение ПКМ для усиления существующих металлических и железобетонных мостовых конструкций.

Ушаков А.Е., Кленин Ю.Г., Сорина Т.Г., Хайретдинов А.Х., Сафонов А.А. в своём труде «Мостовые конструкции из композитов» отмечают следующие преимущества композитных мостовых сооружений в сравнении с металлическими: высокая коррозионная стойкость; акустическая прочность и сейсмическая устойчивость; возможность транспортировки в виде отдельных модулей; снижение расходов на монтаж и эксплуатацию; уменьшение массы и объёмов фундаментов; малый вес модулей [4].

Важно также отметить, что несмотря на вышеизложенные преимущества ПКМ, существует ряд объективных минусов и проблем, препятствующих более стремительному внедрению их в активное использование при строительстве. К таким проблемам относят: проблема утилизации и экологические проблемы при производстве изделий, однако, в некоторых источниках отмечается возможность переработки вторичного полимерного сырья в новые изделия, которую относят к положительным свойствам исследуемых материалов; высокая зависимость от импорта; отсутствие систематизированных экспериментальных знаний и другой информации по объекту исследования; отсутствие опыта работы с ПКМ у специалистов смежных сфер, а также сфер, непосредственно связанных с использованием исследуемого материала; недостаточное количество проведённых и компетентных исследований в области ПКМ [7].

Одной из наиболее заметных и значимых проблем, препятствующих активному внедрению полимерных композитов в России, становится отсутствие актуальных современным исследованиям и точных ГОСТов и СП. При анализе существующих данных мы столкнулись с ещё одной проблемой, которая заключается в том, что большая часть существующих нормативных документов, во-первых, не регламентируют технологию производства и эксплуатации рассматриваемых в статье материалов, а рассматривают лишь теоретические и терминологические основы, а также методику проведения испытаний, во-вторых, основная часть доступных документов датируется не позже, чем 2018 годом, что приводит к закономерным проблемам с актуальностью представленной информации. Стоит также отметить, что удручающим фактом становится и то, что исследований в целом, датированных позже 2019-2020 года, практически не существует в открытом доступе, как и не существует соответствующих статистических данных, что приводит к невозможности реальной оценке состояния рынка и использования полимерных композитов.

Первичные оценки развития ПКМ прогнозировали активное развитие в этой области на ближайшие десятилетия не только в России, но и в мире. Препятствием в осуществлении этого стал, неожиданный для всех Covid-19, погрузивший всех в изоляцию, что привело к замедлению исследований, производства и распространения в целом. Такой большой промежуток времени приведёт к необходимости временных издержек на восстановление, которое, как полагают аналитики, будет достаточно медленным и долгим, что, безусловно

станет препятствием для развития рынка полимерных композиционных материалов.

Наша страна на данный момент составляет лишь 4-6% от всего мирового рынка ПКМ, но при этом исследователи прогнозируют быстрый рост в этой отрасли и скорый вход в 9 лидирующих в этой области стран, что обуславливают широким распространением, рассматриваемых материалов в различных областях. Но с другой стороны следует отметить, что России для достижения намеченной цели придётся преодолеть ряд сдерживающих факторов. К ним можно отнести: длительный процесс сертификации отечественных разработок, который занимает 3 года, замедляющий процесс развития в данной области; недостаток отечественного сырья для производства ПКМ; отсутствие отечественного оборудования, применяемого в этой отрасли; высокий коэффициент импортозависимости; трудности с экспортом и импортом, в связи с последними событиями в мире.

Большая часть из этих факторов приводит к ещё одной проблеме, а именно стоимости ПКМ. Несмотря на то, что такие материалы значительно превосходят классические, для рассматриваемой области, по своей функциональности, долговременности в эксплуатации, а также многим другим качественным показателям, многие организации не спешат переходить на использование инновационных материалов, так как для них высокое качество используемых материалов хоть и остаётся желательным, но всё же остаётся далеко не на первом месте. Высокая рыночная стоимость ПКМ, на наш взгляд, обусловлена низким спросом на них, что формирует низкое предложение, а, следовательно, влечёт за собой недостаточное распространение, малое количество специалистов в этой сфере, необходимого оборудования и так далее, что в свою очередь повышает издержки производства, а, следовательно, увеличивает их себестоимость. Добиться снижения стоимости в таком случае можно увеличением их потребления, однако, каких-либо гарантий положительного результата дать невозможно, потому что современный рынок, как и мир, подвержен постоянным, иногда кардинальным изменениям. Для более широкого распространения ПКМ также следует предложить организациям такие преимущества, чтобы воспроизводство их основных средств отвечало критериям эффективности управления воспроизводством этих средств, которые, например, рассмотрены в трудах Р. Г. Абакумова [1,2].

Таким образом, благодаря непрерывающемуся научно-техническому прогрессу ПКМ постепенно получают распространение и находят применение в различных транспортных сооружениях, а именно при строительстве мостов. Внедрение таких материалов позволит

улучшить уже существующие и создать новые более совершенные сооружения, но для благоприятного исхода необходимо продолжать исследования в этой теме, увеличивать объёмы производства новых материалов и создавать необходимый для широкого распространения базис.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р. Г. Методика экономического обоснования выбора критерия эффективности управления воспроизводством основных средств организации // Вестник БГТУ им. Шухова, 2013, № 4. С. 111-115.

2. Абакумов Р. Г. Исследование факторов, влияющих на воспроизводство основных средств в условиях инновационного развития экономики // Вестник БГТУ им. Шухова, 2016, №1. С. 154-158

3. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

4. Кленин Ю.Г. и др. Применение композиционных материалов для мостовых конструкций / Ю.Г. Кленин, А.В. Панков, Т.Г. Сорина, А.Е. Ушаков // Внедрение опыта прикладных перспективных технологий авиастроения в промышленности и на транспорте: сб. статей. Вып. 3. М.: Изд-во ЦАГИ, 2004. С. 5-12.

5. Мостовые конструкции из композитов / А.Е. Ушаков, Ю.Г. Кленин, Т.Г. Сорина, А.Х. Хайретдинов, А.А. Сафонов // "Композиты и наноструктуры. Июль - сентябрь 2009.

6. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 3. Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении // И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Е. С. Михалдыкин // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – №5 – С. 1-39

7. Применение новых материалов при усилении строительных конструкций подземных сооружений и мостовых переходов // И. А. Маяцкая, А. Е. Федченко, Д. А. Беляева, А. Д. Шевцов // Молодой исследователь Дона. – 2018. – №5(14) – С. 94-97

8. Проблемы применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве// И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Б. Б. Мандрик-Котов, Е. С. Михалдыкин // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – №6 – С. 1-19

Ячменёв Д.С.

*Научный руководитель: Голубенко Н.В., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОРРОЗИИ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

Человек с самого начала существования пытался облегчить свою работу и передвижение, и существенно ему в этом помог именно транспорт. Уже достаточно давно невозможно представить нашу жизнь без транспорта, будь это личный транспорт, грузовые автомобили и железнодорожный транспорт, автобусы, велосипеды и бесчисленное множество других средств передвижения. Но у всех у них есть одна глобальная проблема – это естественное разрушение кузова транспортного средства коррозией металла. Этот процесс волнует множество ученых конструкторов и автолюбителей, но разобраться с ним не так просто, как кажется на первый взгляд.

Коррозия (от лат. *corrosio* – разъедание) – самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой [3]. Разрушение по физическим причинам не является коррозией, а характеризуется понятиями «эрозия», «истирание», «износ». Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. Коррозия делится на: электрохимическую – коррозию, возникающую при контакте металлов разной группы из-за того, что между ними образуется электрическое поле; щелевую – коррозию, возникающую при скоплении осадка или других инородных тел в сделанных при проектировании детали щелях; эрозионную – возникающую там, где существует движение жидкости по металлу, жидкость снимает защитную плёнку, тем самым подвергая металл ускоренной коррозии. Эта коррозия может быть локальной или достаточно обширной, в зависимости от площади соприкосновения металла и жидкостей [5].

Коррозия автомобилей продолжает оставаться основной проблемой для современных инженеров, конструкторов и специалистов по материалам. Действительно, коррозии подвержены все без исключения автомобили и перед разработчиками авто стоит важная задача ей противостоять.

Свидетельств того, что древние люди боролись с коррозией, история сохранила немного. Доподлинно известно о том, что металлические поверхности своих инструментов и орудий на ранних этапах становления металлургии они обильно смазывали животными жирами. Благодаря образованию на металле защитной плёнки от жира для металла существовала определённая защита, но она была крайне ненадёжной, потому что под слоем жира коррозия начинала разрушать металл. Позднее, по мере того, как человек развивался, металл стали золотить и серебрить, этим способом активно пользовались римляне, добившись немалых успехов в борьбе с коррозией [1]. На протяжении многих столетий основным способом борьбы с ржавчиной было так называемое лужение – покрытие изделия тонким слоем расплавленного олова. Но этот способ был не сильно эффективным, поскольку со временем защитный слой олова зеленел, трескался и разрушался.

Наконец в 19 веке люди стали применять цинкование – тоже покрытие изделия расплавленным металлом, но уже цинком. Поскольку цинк куда более стойкий к коррозии металл, он защищал надёжнее, держался дольше, не осыпался и не зеленел. Позже, в начале 20 века, ученые из СССР изобрели «мовиль» – вещество, представляющее собой сочетание моторного масла и олифы. Но и он не был идеальным средством борьбы с коррозией, поскольку на жаре сползал с деталей и трескался, поэтому его приходилось часто наносить заново.

В наши дни существует множество методов защиты автомобиля от коррозии, один из которых разработали ученые из России. Они объединили цинкование с нанесением лакокрасочных материалов. Так появилась технология «цинкирования», когда специальный раствор на основе чистого цинка наносится непосредственно на металлическую поверхность при помощи валика, кисти или пульверизатора [2]. На сегодняшний день это один из самых действенных методов защиты металла от коррозии. Другим популярным и действенным методом является нанесение на кузов автомобиля антикоррозионной обработки. Такой антикор наносится под давлением на днище, арки, стыки и другие доступные полости автомобиля. Кроме того, кузов можно оклеить специальной антигравийной плёнкой – так называемой бронеплёнкой. Она защитит лакокрасочное покрытие автомобиля от сколов и царапин и преградит доступ воде к металлу. Ещё одним из способов борьбы с коррозией является многими забытый способ «хвост». Данный способ предполагает применение полоски резины с металлическими элементами, которую прикрепляют под задний бампер автомобиля так, чтобы она касалась земли [4]. Эта полоска создаёт разницу потенциалов

между землей и кузовом автомобиля и тем самым препятствует окислению металла.

Если же коррозия уже началась, то не остаётся другого выбора, как радикально воздействовать на неё. Одним из способов является применение так называемых преобразователей ржавчины. Они наносятся на место ржавчины и образуют защитную плёнку, которая останавливает коррозию и ее дальнейшее распространение. Другим способом является полная замена или переварка куски детали или целой детали кузова автомобиля вместе с грунтовкой и покраской.

Ржавчина на поверхности кузова автомобиля – это серьёзная проблема, волнующая автолюбителей, инженеров и ученых на всём протяжении существования автотранспортных средств. Во все времена люди придумывали действенные способы борьбы с коррозией, но полностью остановить коррозию не удавалось никому, возможно в скором будущем люди придумают способ полной остановки разрушения кузова автомобиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жир, масло, свинец и мовиль – как человечество боролось с коррозией? // Яндекс дзен URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5fe9b297b83e4e23aec1727d/jir-maslo-svinec-i-movil-kak-chelovechestvo-borolos-s-korroziei-6059b2793b103c56dd2439d2> (дата обращения 26.04.2022).

2. Эффективные способы борьбы с коррозией // GTSHINA URL: <https://gtshina.ru/tips/effektivnyi-sposob-borby-so-rzhavchinois-na-avto-effektivnye-sposoby/> (дата обращения 26.04.2022).

3. Коррозия // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F> (дата обращения 26.04.2022).

4. Что такое коррозия? // техническая библиотека Нефтегаз URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/147576-korroziya/> (дата обращения 26.04.2022).

5. Голубенко Н. В., Новиков И.А., Новиков А.Н., Бодров А.С. Эксплуатационные материалы и защита от коррозии транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: в 3 ч. Ч. 1. Топливо для двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ; Орел. 2018. 183 с.