

**Часть 5. ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ
И МАШИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

СОДЕРЖАНИЕ

Агамян Б.С. Травертин – как эффективный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей	5
Агарков А.М., Чеховской Е.И. Модернизация корчевателя с целью повышения качества корчевания	9
Бодяков А.Н., Селицкая Н.В. Современные геосинтетические материалы для строительства высокоскоростных магистралей	13
Боровская О.Ю., Глущенко Е.И., Харузин В.Э. Методика тестирования телематических устройств на автомобильных полигонах.....	15
Боровской А.Е., Харузин В.Э., Глущенко Е.И. Алгоритм натуральных исследований парковочного пространства участка УДС населенного пункта	27
Боровской А.Е., Буряченко Н.А. Создание матрицы транспортных корреспонденций в г. Белгороде.....	35
Гнездилова С.А., Железников И.В. Обеспечение устойчивости земляного полотна автомобильных дорог при проектировании в особых грунтах.....	46
Голубенко Н.В. К вопросу оценки и восстановления работоспособности моторных масел в условиях эксплуатации	52
Гончаров С.И. Динамическая модель привода машины природо-обустройства	57
Горшкова Н.Г., Журавлев А.С. Влияние шипованных шин на износ покрытия	61
Гридчин А.М., Золотых С.Н., Духовный Г.С. Повышение надежности работы земляного полотна железных дорог при применении укрепленных грунтов.....	65
Дорохин С.В., Новиков И.А., Кущенко Л.Е., Шевцова А.Г. Оценка работы кольцевого перекрестка в зависимости от уровня удобства	70
Дубинин Н.Н., Лагутин И.И. Перспективы развития оборудования для подготовки пластичных глин	75

Духовный Г.С., Сачкова А.В., Карпенко Д.В. Применение резиновой крошки в дорожном строительстве в рамках импортозамещения	79
Загородний Н.А., Болотов Р.А. Метод снижения тяжести последствий ДТП на примере Белгородского района	83
Кобушко Е.А., Проскурин И.А., Кузнецов Д.А., Евженков А.Г. Опыт использования пористых минеральных порошков в асфальтобетоне.....	87
Конев А.А., Ченцов Д.В. Оптимизация производственных процессов предприятий за счет применения мониторинговых транспортных систем.....	91
Конев А.А., Шакалов И.П. Оптимизация процессов технического диагностирования транспортных средств.....	96
Корчагин В.А., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Анализ экологической безопасности при изменении режима управления на перекрестке	99
Кочнев В.И., Котлярский Э.В. Физико-механические критерии оценки технологических свойств асфальтобетонных смесей.....	104
Кузнецов Д.А., Кобушко Е.А., Проскурин И.А., Евженков А.Г. Повышение стабильности грунтов земляного полотна.....	110
Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Обухов А.Г., Высоцкая М.А. Проблемы качества битума. Необходимость производства неокисленного битума.....	114
Логвиненко А.А. Материалы для тяжеловесного движения	117
Макридина М.Т., Макридин А.А. Тенденции развития при создании и совершенствовании бульдозеров.....	120
Макридина М.Т., Макридин А.А. Повышение эффективности критериев работоспособности наземных транспортных средств для производства земляных работ.....	124
Макридина М.Т., Макридин А.А. Утилизация бытовых отходов с использованием энергетического потенциала.....	129
Мардиросова И.В., Каклюгин А.В., Чернов С.А., Худоконенко А.А. Повышение качества дорожно-строительных материалов за счет модификации полимерными добавками	133
Новиков А.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Обзор передовых технологий в области безопасности дорожного движения	139
Носов О.А., Ткаченко Е.С., Демушкин Н.П., Толстолуцкий С.М. Автоматические транспортно-технологические модульные системы	144
Носов О.А., Бережной О.Л., Курганский А. А., Курганский Е. В.	

Высокотемпературный вакуум - смеситель.....	150
Носов О.А., Ткаченко Е.С., Демушкин Н.П., Толстолицкий С.М. Методы повышения эффективности работы организованных структур.....	153
А. Рамос М., Котлярский Э.В., Иванов И.Е. Теория расчета влияния газовых струй реактивных двигателей воздушных судов на температуру верхнего слоя асфальтобетонного аэродромного покрытия.....	158
Романович А.А., Апухтина И.В. Исследование процесса футеровки рабочей поверхности валков	166
Романович А.А., Глаголев Е.С., Романович М.А., Бабаевский А.Н. Энергосберегающая технология получения композиционных вяжущих с использованием техногенных отходов.....	172
Романович А.А., Мещеряков С.А., Романович М.А., Кудинова Д.В. Измельчитель с устройством для дезагрегации спрессованных материалов	178
Севостьянов М.В. Расчет давления экструдирования деформируемой шихты в фильерах плоской матрицы.....	185
Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И., Осокин А.В., Горягин П.Ю. Исследование кинематических параметров пресс-валковых экструдеров с плоской матрицей	190
Сиваченко Л.А., Богданович И.А., Сотник Л.Л. Вибровалковый измельчитель	194
Сиваченко Л.А., Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л. Передовые производственные технологии и их использование в промышленности строительных материалов	199
Сиваченко Л.А., Сиваченко Т.Л. Вопросы управления созданием передовых производственных технологий... ..	204
Сиваченко Л.А., Романович А.А., Сиваченко Т.Л. Прямое использование энергии ветра в технологиях производства строительных материалов... ..	209
Соломенцев А.Б., Баранов И.А. Оценка технологических свойств стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей.....	214
Соломенцев А.Б., Мосюра Л.С. Свойства дорожного битума с адгезионными добавками различного состава	221
Соломенцев А.Б., Ревякин С.Л. Применение полимерных добавок в асфальтобетоне.....	227

Траутвайн А.И., Саввин Н.Ю. Влияние различных пластификаторов на свойства битума.	233
Траутвайн А.И., Шевцов В.С. Ремонт аэродромных покрытий с помощью холодных битумоминеральных смесей.....	239
Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В., Уральская Л.С. Особенности конструкции центробежного помольного агрегата и повышение его эксплуатационной надежности.	245
Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В., Уральская Л.С. Повышение эффективности помольного оборудования для производства высокодисперсных порошков.	251
Хардигов И.П., Гончаров В.Б., Харламов Е.В. Анализ конструкций рабочего оборудования экскаватора-драглайна.	256
Черкасов В.Г., Котлярский Э.В. Повышение надежности технологических стыков и сопряжений при устройстве асфальтобетонных покрытий.	260
Шеховцова С.Ю., Ширяев А.О., Обухов А.Г., Киндеев О.Н., Высоцкая М.А. Влияние компонентного состава ПБВ на качество ЩМА-15.....	267
Щетинин Н.А., Щетинина И.А., Тихомирова Т.И. Борьба с превышением вредных выбросов в выхлопных газах	272

ТРАВЕРТИН – КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Агамян Б.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В последние годы на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог наблюдается значительный рост пластических деформаций, растрескивание асфальтобетона. Не случайно действующие нормы, регулирующие стандарты асфальтобетона предусматривают в качестве обязательных требований к асфальтобетону обеспечение его трещиностойкости и сдвигоустойчивости [1].

Асфальтобетонные покрытия не могут быть абсолютно трещиностойкими и сдвигоустойчивыми, однако применение эффективных методов борьбы с трещинообразованием и сдвиговыми деформациями позволило бы увеличить сроки службы дорожных покрытий, снизить затраты на их эксплуатацию.

В данной статье рассмотрены такие характеристики асфальтобетона как трещиностойкость и сдвигоустойчивость. В ходе проведения многочисленных исследований установлены основные причины, влияющими на поведение асфальтобетона. Условно эти причины можно подразделить на три группы: 1. Погодно-климатические факторы (воздействие снега, дождя, солнца, мороза, подводных вод); 2. Антропогенный-технический фактор (влияние транспортных нагрузок, плохая подготовка грунта под дорожную одежду, несвоевременное проведение ремонтных работ и т.д.); 3. Физико-химический фактор (изменение физических и химических свойств материалов, входящих в состав асфальтобетона, старение битума). К сожалению, воздействовать на все три фактора, влияющих на сдвигоустойчивость асфальтобетона практически не возможно в силу причин объективного (невозможность повлиять на природно-климатические условия) и субъективного (человеческий фактор: несоблюдение качественно-количественного состава композита асфальтобетона, несоответствующая квалификация дорожных работников, допущение более высоких транспортных нагрузок, чем предусмотрено нормами эксплуатации данного типа дорог) характеров. Но можно регулировать характеристики материала воздействуя на третью группу факторов.

Исследования показали, что применение пористых минеральных порошков положительно влияет на качество асфальтобетона. Использование таких компонентов способствует повышению сдвигоустойчивости дорожного композита [2-4].

Таким образом, целью настоящего исследования было определение влияния пористого дисперсного наполнителя - травертина на сдвигоустойчивость и трещиностойкость асфальтобетона.

В исследованиях использовались битум нефтяной дорожный БНД 60/90, гранитный щебень и песок, минеральные порошки травертин и известняк, свойства которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства минеральных порошков

Показатели	Минеральный порошок		
	Требования ГОСТ	Известняк	Травертин
Зерновой состав.% по массе:			
мельче 1,25 мм	не менее 100	100	100
мельче 0,315 мм	не менее 90	96	97
мельче 0,071 мм	от 70 до 80	85	78
Пористость, %	35, не боле	28	33
Водостойкость асфальтовяжущего, %	не норм.	0,91	0,87
Показатель битумоемкости, г	не норм.	68	50
Влажность, % по массе	1,0 не более	0,4	2,69

Минеральный порошок травертин обладает высокой пористостью. Известно, что плотные порошки по-разному ведут себя в отношении органических адсорбатов. При использовании образцов плотного строения битум не проникает в тело материала, поэтому такие порошки собирают битум без заметного изменения его свойств. В тонкопористых материалах наблюдается избирательная диффузия компонентов битума, вследствие этого тонкопористые минеральные порошки существенно изменяют свойства битумных слоёв. При применении пористых минеральных материалов адсорбционные слои битума на поверхности минеральных частиц несколько обедняются смолами и маслами. За счет увеличения концентрации асфальтенов вязкость поверхностных слоев битума возрастает. Существует предположения, что обозначенные

процессы, приводящие к обеднению вяжущего легкими фракциями способствуют ускорению процессов старения. Однако пористые порошки оказывают более сильное структурирующее действие. Кроме того, битум может модифицироваться за счет обнажения наиболее активных его компонентов – асфальтенов и стабильных радикалов, которые взаимодействуют с минеральным материалом с образованием химической связи. Такой вид взаимодействий приводит к упрочнению контактов на границе раздела и увеличению долговечности покрытия.

Для изучения влияния исследуемого наполнителя на свойства асфальтобетонного композита, его трещиностойкость и сдвигоустойчивость были приготовлены асфальтобетонные образцы типа Б. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-механические характеристики асфальтобетона с пористыми минеральными порошками

Показатели	Требования ГОСТ	Минеральный порошок	
		Известняк	Травертин
Предел прочности при сжатии, МПа, при:			
+20° С	2,2	4,9	5,05
+50° С	1,0	2,0	2,1
0° С	12	10,5	9,76
Водостойкость	0,85 не менее	0,90	0,89
Водонасыщение, %	1,5-4,0	2,2	1,9
Набухание, %		0,04	0,4
Длительная водостойкость	0,75 не менее	0,83	0,84

Прочностные характеристики асфальтобетона с использованием травертина выше, чем при использовании известняка.

Для определения трещиностойкости асфальтобетонного покрытия был определен предел прочности на растяжение при расколе. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Предел прочности на растяжение при расколе

Требование ГОСТ	Значение прочности на растяжение при расколе МПа, для асфальтобетона на минеральном порошке	
	Известняк	Травертин
2,5-6,0	3,4	3,51

Сдвигоустойчивость асфальтобетона определялась по методу Маршалла. Сущность данного показателя заключается в определении максимальных нагрузок и соответствующих предельных деформаций стандартных цилиндрических образцов при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии специальным обжимным устройством по схеме Маршалла.

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний по схеме Маршалла

Минеральный порошок	Коэффициент внутреннего трения асфальтобетона $\mu_{\text{вн}}$,		Показатель сцепления при сдвиге (Сл), МПа	
	Требования ГОСТ	значение	Требования ГОСТ	значение
Травертин	0,89	0,93	0,26	0,79
Известняк	0,89	0,89	0,26	0,76

При использовании в качестве минерального порошка травертина улучшается прочность, трещиностойкость и сдвигоустойчивость асфальтобетона, что подтверждает полученные ранее данные о том, что пористые минеральные порошки, в том числе травертин, могут являться эффективным сырьем для производства асфальтобетонных смесей.

Список литературы:

1. ГОСТ 9128-2009. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия / Госстрой России. – М., ГУП ЦПП, 2010. 17 с
2. Гридчин А.М., Ядыкина В. В., Высоцка М. А., Коротаев А. П. асфальтовяжущее на основе пористого минерального порошка // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С.82-86.
3. Гридчин А.М., Ядыкина В.В., Высоцкая М.А., Коротаев А. П. асфальтовяжущее на основе пористого минерального порошка // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С.82-86.
4. Котлярский Э. В., Воейко О. А. долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации. – М., 2007.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОРЧЕВАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОРЧЕВАНИЯ

Агарков А.М.,
Чеховской Е.И.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Корчеватель – средство, предназначенное для извлечения из почвы или грунта деревьев, крупных и мелких размеров, пней с корневой системой, кустарников, камней крупных размеров. Мелкие пни и древесную растительность диаметром до 25 см удаляют с помощью корчеватель-собирателей, машин для расчистки полос, а для удаления пней большего диаметра используют корчевальные машины.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте "Лесоводства и механизации лесного хозяйства" авторами (Прохоров Л.Н., Сериков Ю.М., Алябьев А.Ф., Дегтев В.Т.) был предложен «корчеватель-собиратель» (патент РФ №2080052) (рис.1), целью которого, является упрощение конструкции, обеспечение оптимального режима корчевания и сбора порубочных остатков, уменьшение износа гидроцилиндра подъема-опускания рабочих органов [1-9].

Изобретение относится к области сельского и лесного хозяйства, в частности, к орудиям для корчевки пней, расчистки полос или площадей.

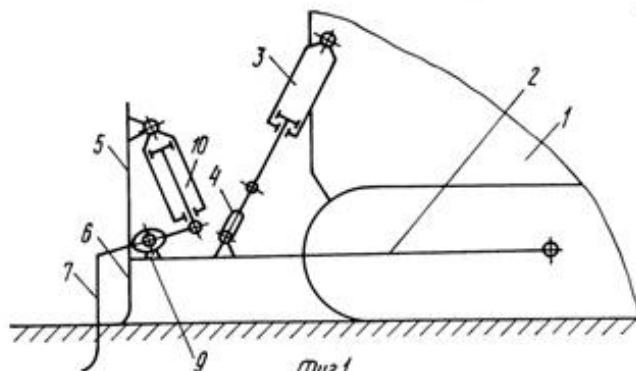


Рисунок 1 – Схема устройства

Устройство навешивается на самоходное шасси 1 и включает раму 2, гидроцилиндр 3 подъема-опускания рамы, соединенных между собой через механизм свободного хода 4. В передней части рамы установлен отвал 5 с корчующими зубьями 6 и подрезающим зубом 7. Подрезающий зуб 7 в нижней части снабжен односторонней режущей лапой 8, установлен на оси поворота 9, подрезающий зуб 7 управляется гидроцилиндром 10.

Корчеватель-собиратель работает следующим образом. Произведя заезд агрегата на обрабатываемый участок, оператор устанавливает подрезающий зуб 7 в крайнее нижнее положение с помощью гидроцилиндра. После этого опускает раму 2, устанавливая распределитель гидроцилиндра 3 в положение "плавающее". В процессе движения агрегата корчующие зубья 6, подрезающий зуб 7 и отвал 5 производят сбор и сдвигание порубочных остатков с полосы.

Механизм свободного хода 4, соединяющий раму 2 с гидроцилиндром 3 навески шасси 1 позволяет лучше копировать микрорельеф почвы, уменьшая износ гидроцилиндра 3.

При корчевке крупных пней оператор ориентирует орудие так, чтобы подрезающий зуб 7 располагался ближе к центру пня, опускает раму 2 на почву, производит заглубление зуба 7 под корчующий пень и включает гидроцилиндр 10.

Преимущества заявленного устройства перед существующими заключаются в упрощении конструкции, снижения энергоемкости процесса корчевки, уменьшении повреждения почвы и увеличении эксплуатационного срока службы гидроцилиндров навески трактора.

Инженер (Соломатенко В. Н.) разработал «Устройство для корчевки деревьев» (патент № 2051565) (рис. 2), с целью улучшения конструкции корчевателя [10-16].

Изобретение предназначено для корчевки деревьев и пней. Использование: в машиностроении для лесного хозяйства, в частности в устройствах для корчевки пней и деревьев.

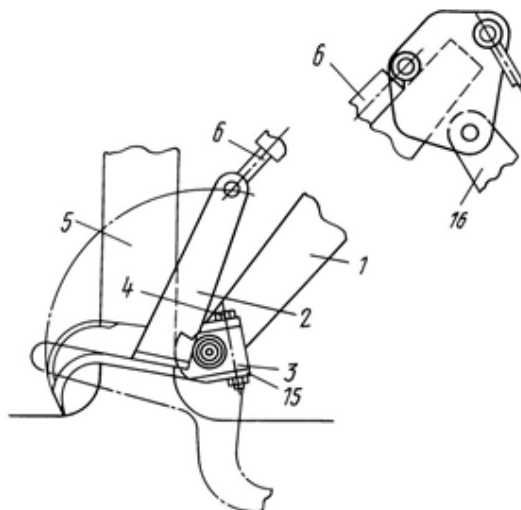


Рисунок 2 – Устройство для корчевки деревьев

Устройство содержит рукоять 1, подрезающие ножи 2 и суппорты 3, связанные шарнирами 4. Ножи 2 охватывают ствол 5 и поворачиваются с помощью гидроцилиндров 6. На рукояти 1 имеется опорная пята 7 с зубьями. Муфта сцепления образована накладками 8 и 9. Накладки сжимаются тарельчатой пружиной 10 через суппорт 3, установленный на ось 11. Штифты 12 исключают поворот накладок. Гайка 13 позволяет регулировать усилие трения в муфте сцепления. Шарнир поворота ножа относительно суппорта образует болт 14, установленный в проушинах 15 ножа 2 и суппорта 3.

Список литературы:

1. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403.
2. Sharapov R.R., Shrubchenko I.V., Agarkov A.M. Determination of the optimal parameters of the equipment to obtain fine powders // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 12. С. 31341–31348.
3. Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Влияние ширины камеры рабочей зоны инерционного концентратора на гидравлическое сопротивление // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 19-21.

4. Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Бойчук И.П., Прокопенко В.С. Гидравлическое сопротивление концентратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 160-163.
5. Корчеватель-собираатель: пат. 2080052 Рос. Федерация; заявл. 1993-03-31; опубл. 27.05.1997
6. Романович А.А. Исследование процесса помола материалов предварительно измельченных в пресс-валковом измельчителе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 150-155.
7. Романович А.А. Повышение долговечности рабочих органов пресс-валковых измельчителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 83-87.
8. Романович А.А., Орехова Т.Н., Мещеряков С.А., Прокопенко В.С. Технология получения минеральных добавок // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 5. С. 188-192.
9. Романович А.А., Харламов Е.В.. Строительные машины и механизмы: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 145 с.
10. Уваров В.А., Клюев С.В., Орехова Т.Н., Клюев А.В., Дураченко А.В. Получение высококачественного фибробетона с использованием противоточного пневмосмесителя // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 54-56.
11. Уваров В.А., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В. Обоснование кривой разделения воздушного сепаратора // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 13-15.
12. Устройство для корчевки деревьев: пат. 2051565 Рос. Федерация; заявл. 1991-11-29; опубл. 10.01.1996
13. Харламов Е.В. Шарапов Р.Р., Степанов М.А. Методика расчета аппарата для разделения железосодержащего минерального сырья // Механизация строительства. 2014. № 6 (840). С. 28-32.
14. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Харламова В.В., Прокопенко В.С. Сепаратор кипящего слоя для разделения минерального сырья // Механизация строительства. 2015. № 8 (854). С. 37-39.
15. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Моделирование процесса разделения в магнитно-аэродинамическом сепараторе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 91–95.
16. Шарапов Р.Р. Энергетические параметры работы шаровых мельниц замкнутого цикла измельчения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2007. № 3. С. 82-86.

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Бодяков А.Н.,

Селицкая Н.В., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Геосинтетические материалы находят все большее применение в железнодорожном строительстве. Наиболее распространенными геосинтетиками являются геотекстиль, плоские георешетки (геосетки)[4], а также пространственные (объемные) георешетки, которые в последнее время стали применяться в конструкции железнодорожного полотна для армирования защитного подбалластного слоя. Для повышения надежности работы основной площадки, предполагается укладка синтетического геокомпозита обеспечивающий одновременное восприятие нагрузок от железнодорожного транспорта и способностью в максимально короткие сроки отводить воду с поверхности основной площадки [1].

Создание прослоек из геосинтетиков позволяет:

- уменьшить расходы строительных материалов (таких как песок, щебень и др.);
- значительно сократить объемы земляных работ;
- повысить устойчивость и надежность конструкции в целом;
- увеличить сроки службы конструкции или отдельных ее элементов.

Объемные полимерные георешетки представляют собой комплект полиэтиленовых листовых полос с высокой разрывной прочностью, соединенных серией смещенных сварных швов на всю глубину ячейки. При заполнении ячеек георешетки различными зернистыми материалами (крупнозернистым песком или песчано-гравийной смесью) происходит изменение напряженно-деформационного состояния заполнителя за счет стенок ячейки, которые упруго ограничивают горизонтальное перемещение частиц. Придание конструкции равномерно-жесткого состояния позволяет значительно (на порядок и более) уменьшить остаточные деформации от прикладываемых нагрузок и более чем в 2 раза снизить нагрузку на основание.

Эффективность пространственных георешеток:

- значительное увеличение несущей способности конструкции;

- повышение жесткости подбалластного слоя для обеспечения максимальной защиты слабого земляного основания.
- уменьшение поперечного перемещения балласта, вызываемое высокими динамическими нагрузками;
- уменьшение величин прогибов на слабых основаниях и значений их стандартных отклонений;
- снижение общих деформаций внутри балласта.

Геотекстили разделяют по способу производства на тканые, плетеные и нетканые. Нетканые материалы изготавливают способом уплотнения волокон множеством игл: могут различаться форма иглы, длина волокон. Тканые геотекстили изготавливают из двух перпендикулярных нитей, переплетенных между собой [2].

Следует отметить, что геосинтетические материалы отечественных производителей, изготовленные на современном оборудовании, не уступают импортным по качеству, а по отдельным показателям (прочности материала и сварного шва, а также морозостойкости и жесткости) – даже превосходят, а цены на отечественные материалы значительно ниже.

Все это с большой долей уверенности позволит улучшить качество железнодорожного полотна, повысить скоростные режимы движения и грузопропускную способность с одновременным увеличением тяжеловесности поездов, увеличить межремонтный интервал и сократить расходы на содержание дорог, снизить аварийность и повысить безопасность движения [3].

Список литературы:

1. Ашпиз Е.С. Усиление основной площадки земляного полотна / Путь путевое хозяйство. 2004. №4. С. 29-33.
2. Скутина О.Л. Проектирование земляного полотна железных дорог. Применение геосинтетических материалов при строительстве и реконструкции земляного полотна железных и автомобильных дорог: учебное пособие по части курса / Екатеринбург : УрГУПС. 2015. 70 с.
3. Золотых С.Н. К проблеме повышения эксплуатационных характеристик подрельсовых конструкций/ Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно - практической конференции (Воронеж, 28 мая 2015 г) / Под ред. А.А. Платонова. Воронеж: Руна, 2015. №1. С. 91 – 94.
4. Высоцкая М.А., Денисов В.П., Кузнецов Д.А. Влияние геосетки и технологических факторов при ее использовании на сцепление слоев асфальтобетона / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5 С. 16-20.

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОЛИГОНАХ

Боровская О.Ю., ст. преподаватель,

Глущенко Е.И., студент,

Харузин В.Э., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

На сегодняшний день при эксплуатации дорог общего пользования вводится понятие «жизненного цикла». При этом существующие технологии измерений у различных дефектов дорожного полотна сводятся к использованию специализированных передвижных лабораторий, которые крайне дороги. Понятие «жизненного цикла» подразумевает отслеживание изменения характеристик проезжей части в течении длительного времени, т.е. введение в процесс регистрации динамического фактора. Использование передвижных лабораторий в этом случае ограничено, поскольку протяженность дорог только областного подчинения в Белгородской области составляет более 6500 тыс. км., т.е. требуются иные методы регистрации дефектов, с последующем выездом к конкретному участку передвижной лаборатории с проведением соответствующих измерений.

Под иным методом обнаружения дефектов дорожного покрытия понимается задействование большого количества информации навигационных устройств массово устанавливаемых на автомобильном транспорте. Поэтому основной упор был сделан не на создании новых или использовании существующих дорогих устройств, а на разработке программного обеспечения (ПО), позволяющего из широко распространённых навигаторов, планшетов и смартфонов извлечь информацию о траектории и параметрах движения автомобиля.

Подобный подход может быть реализован за счет внедрения специализированных телематических систем на автотранспорте на основе широко входящих в практику спутниковых навигационных технологий.

Как показал анализ уже внедренных систем с ГЛОНАСС/GPS, существуют два разных типа устройств, которыми оснащаются различные виды транспорта, в том числе грузовой и пассажирский. К ним относятся ГЛОНАСС/GPS-трекеры и терминалы системы ЭРА-ГЛОНАСС. Эти устройства обеспечивают определение местоположения и параметров движения автотранспорта. Однако,

предусмотренная в них дискретность сбора данных при допустимых скоростях до 90 км/ч не дает возможность с требуемой точностью локализовать обнаруженные дефекты дорожного покрытия.

Следует отметить, что система ЭРА-ГЛОНАСС обладает целым рядом преимуществ по сравнению с трекерами, в том числе: регистрация ускорений превышающий нормативный предел, сохранение маршрута движения, интеграция с системой экстренной помощи. Однако терминалы системы ЭРА-ГЛОНАСС имеют низкий темп съема данных (от нескольких секунд до нескольких минут), что не даёт возможности реализовать применяемые в спутниковой геодезии технологии обработки информации и обеспечить требуемую точность координатной привязки дефектов проезжей части.

Чтобы быть пригодной для решения задач локализации дефектов автомобильных дорог в состав бортовой измерительной аппаратуры (БИА), устанавливаемой на транспортных средствах должны входить приёмник навигационных сигналов (ПНС) ГНСС, бесплатформенная инерциальная система (БИНС) и стандарт частоты и времени (СЧВ), обеспечивающий синхронизацию работы ПНС и БИНС. Функции БИА заключаются в следующем:

- регистрация параметров траектории и характеристик полученного решения. Частота съема данных должна быть не ниже 1 Гц;

- регистрация информации БИНС. БИНС должна содержать 3-х осный акселерометр, 3-х осный гироскоп, 3-х осный магнетометр (электронный компас) и обеспечивать съём информации с частотой не ниже 100 Гц;

- архивирование зарегистрированной измерительной информации;

- передача измерительной информации для её последующей обработки. При этом жестких требований по оперативности передачи данных для обработки не предъявляется. Данные могут передаваться как в реальном времени по каналам мобильной связи, так и периодически – один раз в час, сутки или даже реже.

Подобным набором инструментов обладает практически весь перечень современных смартфонов и планшетов. Поэтому предварительные исследования проводились с использованием планшета «Samsung P6010 Galaxy Note 10.1 2014 Edition 3G».

Вообще для решения задачи локализации дефектов дорожного покрытия целесообразно использовать специализированные интегрированные системы, имеющие единый опорный генератор и

гарантирующие синхронизацию измерений БИНС и ПНС. При этом наиболее рациональным является сбор первичной, «сырой» измерительной информации (кодовой и фазовой псевдодальностей и псевдоскоростей навигационных спутников), что позволяет получать более высокую точность определения параметров траектории.

Однако в ряде устройств доступ к такой информации сильно затруднён. Это имеет место также и для имеющего в распоряжении планшета «Samsung P6010 Galaxy Note 10.1 2014 Edition 3G».

Кроме того, существует проблема синхронизации шкалы времени планшета, к которой привязаны данные акселерометра, и шкалы времени GPS, к которой привязаны определённые ПНС координаты автомобиля. Распространённые, в основном любительские, программы синхронизации не обеспечивают требуемую точность.

В рамках реализации принятого для решения задачи локализации дефектов дорожного покрытия подхода было принято решение по использованию данного планшета, как обладающего наиболее характерными для большинства устройств характеристиками.

Тестирование предложенного метода проводилось с использованием информации, зарегистрированной на автомобильном полигоне БГТУ им. В.Г. Шухова. Результатом тестирования должно было стать регистрация дефектов дорожного полотна с выявлением их географического положения.

Испытания проводились в режиме движения в потоке, что соответствует реальным условиям работы разрабатываемого устройства и программного обеспечения. Методика проведения тестирования заключалась в следующем:

– Создание точной геодезически привязанной карты полигона с указанием как точек перехода с одного типа покрытия на другой, в случае с автомобильным полигоном использовался комплект TrimbleR3 совместно с данными базовой станции.

– Геодезическая привязка возможных точек возмущения, существующих на полигоне дефектов дорожного полотна.

– Многократный проезд автомобиля по полигону с установленным смартфоном, для регистрации как ускорения, так и соответствующих геопозиций.

– Обработка полученных данных с помощью специализированного ПО для получения графиков ускорения по всем направлениям и наложение этих данных на значения геодезических данных регистрируемых устройством.

Результатами этих исследований стали карта автомобильного полигона, которая представлена на следующем рисунке. Точность позиционирования при геодезической привязке составила 5 см по оси проезжей части, на которую накладывается сначала траектория движения автомобиля, см. рисунок 2, а затем возможные точки возмущения, к которым относятся: точки переходы с одного типа покрытия на другое, дефекты покрытия в виде ям и т.п. Регистрируемые дефекты заносимые на карту полигона имеют следующий вид:

При подготовке к проведению экспериментов было разработано ПО для операционной системы Android, позволяющее собрать и накопить информацию БИНС и встроенного ПНС. Данное ПО обеспечило выдачу двух групп данных:

Первая группа данных:

- Время, ЧЧ:ММ:СС.ССС;
- #1 Угловая ориентация (азимут, тангаж, крен), угловой градус;
- #2 Угловая ориентация (азимут, тангаж, крен) с учётом разворота устройства (изменения ориентации текста), угловой градус (не используется);
- #3 Показания акселерометра по осям СК, связанной с планшетом, м/с²;
- #4 Вычисленное линейное ускорение по осям СК, связанной с планшетом, м/с² (не используется);
- #5 Гравитационное ускорение по осям СК, связанной с планшетом, м/с² (не используется);
- #6 Данные гироскопа – угловые скорости вращения осей СК, связанной с планшетом, радиан/с.

Вторая группа данных – сообщения NMEA встроенного в планшет ПНС:

- время UTC (секунды от начала суток);
- день, месяц, год;
- статус (данные валидны или не валидны);
- координаты – широта, долгота и высота над уровнем моря (градус, градус, метр);
- модуль горизонтальной скорости (узел, 1 узел = 1.852 км/ч = 0.5144 м/с = 30.86667 м/мин.);
- количество спутников, по которым было получено навигационное решение;
- номера видимых навигационных спутников GPS;
- номера видимых навигационных спутников ГЛОНАСС;

– флаг фиксации координат (0 - координаты не определены; 1 – режим GPS SPS, координаты определены; 2 – режим DGPS SPS, координаты определены; 3 – режим GPS PPS, координаты определены).

Непосредственная обработка и анализ информации проводились с использованием ПО, разработанного в среде Matlab. В частности, было разработано специализированное ПО для синхронизации шкал времени планшета и GPS.

Траектория движения автомобиля представлена в местной системе координат (МСК). Центр системы связан с начальной точкой траектории и средним значением её высоты, ось X направлена на Северный полюс, ось Y – нормаль к плоскости горизонта, а ось Z дополняет систему до «справой». Общий вид трассы полигона представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Трасса автомобильного полигона БГТУ им. В.Г. Шухова

В ходе эксперимента автомобиль проехал по трассе полигона в двух направлениях восемь раз. При этом реализовалась траектория, представленная в виде двух проекций на рис. 2 и 3.

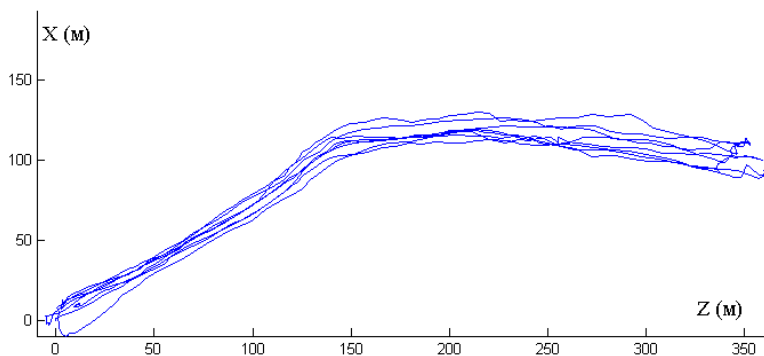


Рисунок 2 – Преция траектории на плоскость OZX в МСК

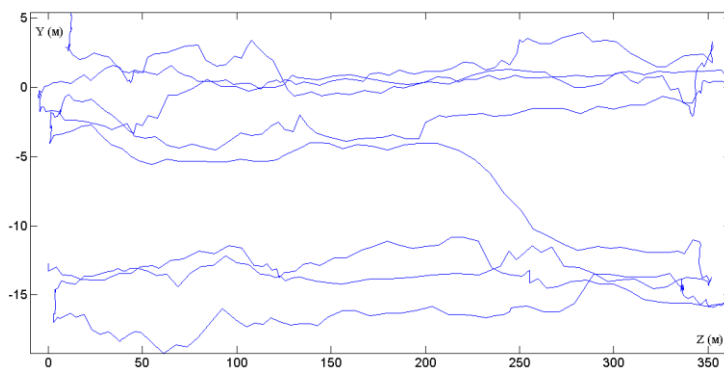


Рисунок 3 – Преция траектории на плоскость OZY МСК

Приведенные на рис. 2 и 3 результаты навигационных определений хорошо демонстрируют разброс полученных решений, который является следствием двух факторов. Первый фактор, действующий постоянно – это относительно низкая точность координатных навигационных определений по кодовым измерениям. Второй фактор, оказавший влияние на начальном этапе эксперимента – повышенные погрешности координатных определений, обусловленные занимающим несколько минут процессом первоначального накопления навигатором данных для настройки фильтра Калмана. Для чистоты картинки можно было эти данные исключить, но они отражают реализуемую в общем

случае на практике ситуацию. Поэтому эти данные не были исключены из обработки.

Приведенные результаты траекторных определений подчёркивают необходимость использования для задач локализации дефектов дорожного покрытия дифференциальных методов обработки информации, желательно с привлечением фазовых измерений.

Многочисленные проезды автомобиля по одному и тому же участку трассы позволили сымитировать накопление информации, получаемой от различных транспортных средств. По совокупности данных различных траекторий была сформирована усреднённая траектория, вид которой представлен на рис. 4.

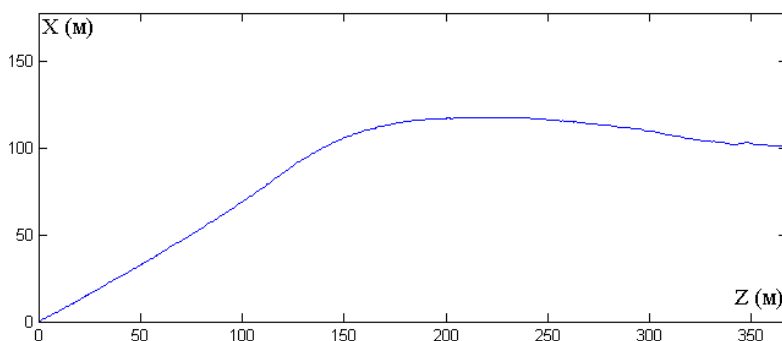


Рисунок 4 – Реализованная на полигоне усреднённая траектория (проекция на плоскость)

В привязке к усреднённой траектории были сформированы оценки СКО составляющих вектора ускорения, измеряемые акселерометром. Это позволило локализовать реакцию автомобиля на качество дорожного покрытия при каждом проезде по полигону. Соответствующие графики представлены на рис. 5, 6 и 7. На рисунках представлены СКО измеренных ускорений в различных точках траектории и их значение, представленное как функция от пути вдоль трассы полигона.

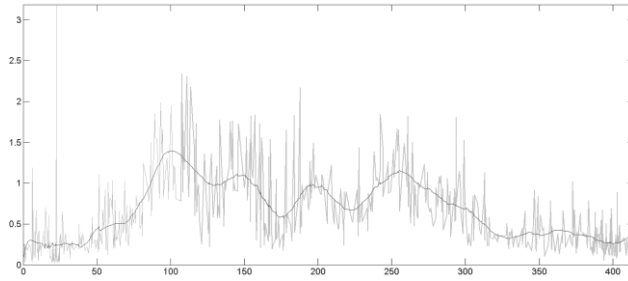


Рисунок 5 – СКО ускорения вдоль оси X акселерометра как функция от пути вдоль трассы полигона

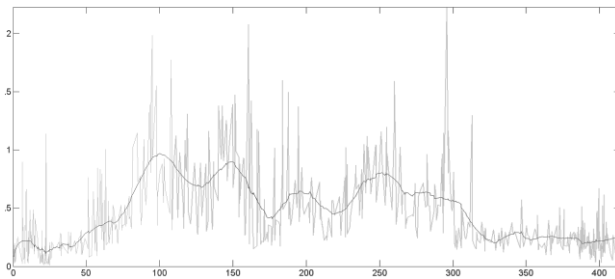


Рисунок 6 – СКО ускорения вдоль оси Y акселерометра как функция от пути вдоль трассы полигона

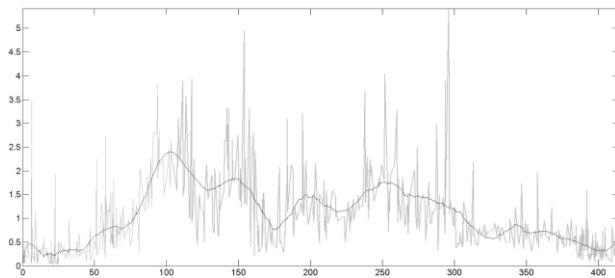


Рисунок 7 – СКО ускорения вдоль оси Z акселерометра как функция от пути вдоль трассы полигона

Следует также отметить высокую корреляцию между полученными оценками СКО (рис. 8), свидетельствующую об общности причин, порождающих трёхмерную вибрацию автомобиля.

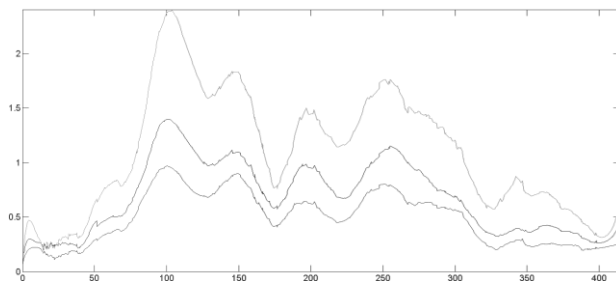


Рисунок 8 – СКО составляющих ускорения как функции от пути вдоль трассы полигона



Рисунок 9а – Дефект на стыке бетонного и асфальтобетонного покрытий (трещины) на 47 метре полигона



Рисунок 9б – Дефект на бетонном покрытии (отслоение дорожного полотна) на 126 метре полигона



Рисунок 9в – Дефект на стыке бетонного и асфальтобетонного покрытий (трещины) на 147 метре полигона



Рисунок 9д – Дефект асфальтобетонного покрытия (отслоение дорожного полотна) на 235 метре полигона



Рисунок 9г – Дефект асфальтобетонного покрытия (отслоение дорожного полотна) на 200 метре полигона



Рисунок 9е – Дефект асфальтобетонного покрытия (трещины и ямы) на 274 метре полигона



Рисунок 9ж – Дефект асфальтобетонного покрытия (отслоение дорожного полотна) на 290 метре полигона

То есть можно сделать вывод о необходимости выбора частотного диапазона фильтрации «допустимого уровня» колебаний кузова автомобиля, при этом необходимо совместная регистрация продольных, поперечных и вертикальных ускорений. Как показал анализ литературных источников частота и амплитуда колебаний кузова автомобиля, а соответственно устройства регистрации, зависит от характеристик конкретного автомобиля, таких как конструкция шасси, типа транспортного средства, его весовых и габаритных параметров, уровня изношенности различных элементов. Поэтому для экспериментальной части исследований было принято решения для выработки пределов отсеивания использовать отремонтированный участок УДС г. Белгорода – пр. Ватутина, на котором и регистрировались показания для создания идеальных условия движения. Результатом этих исследований стали следующие графики (см. Рисунок).

Список литературы:

1. J.D. Robson, C.J. Dodds Stochasticroadinputsandvehicleresponse [J]VehicleSyst. Dynam., 5 (1-2) (1975), С. 1–13.

2. Measured Vehicle Inertial Parameters — NHNSA's Data Through November 1998 / G.J. Heydinger, R.A. Bixel, W. Riley Garrot, M.Pyne, J. Gavin Howe, D.A. Guenther. Society of Automotive Engineers, 1999. C. 33, 73.
3. Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. New York: Springer, 2008. C. 1015.
4. Karnopp D. Vehicle Stability. Davis: University of California, 2004. C. 313.
5. Measured Vehicle Inertial Parameters — NHNSA's Data Through November 1998 / G.J. Heydinger, R.A. Bixel, W. Riley Garrot, M.Pyne, J. Gavin Howe, D.A. Guenther. Society of Automotive Engineers, 1999. C. 33.
6. Mitschke M. Dynamik der Kraftfahrzeuge / M. Mitschke, H. Wallentowitz. 4 aufl. Berlin: Springer, 2004. C. 779.
7. Pacejka H.B. Tire and Vehicle Dynamics. 2nded. Society of Automotive Engineers, 2005. C. 642.
8. www.nis-glonass.ru/projects/era_glonass/Info_materials

АЛГОРИТМ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА УЧАСТКА УДС НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Боровской А.Е., канд. техн. наук, доц.,

Харузин В.Э., студент,

Глущенко Е.И., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

На сегодняшний день в России остро стоит проблема повышения эффективности функционирования транспортной инфраструктуры. При этом принимаемые градостроительные, административные решения должны оцениваться с точки зрения их эффективности. Одним из возможных вариантов решения данного вида задач, является применение имитационного моделирования улично-дорожной сети с реальными и прогнозируемыми показателями.

Как отмечалось в [10,с.50] объектами в различные временные отрезки генерируется и поглощается транспортный поток. При этом необходимо учитывать не только технические характеристики единичного элемента матрицы транспортных корреспонденций, но и наличие в его зоне парковочного пространства, которое может излучать и поглощать транспортный поток. Данное пространство характеризуется как количеством машино - мест, так и их оборачиваемостью в течение суток[16, с.34], что можно описать следующей функцией

$$N_{ij}(\tau) = \begin{pmatrix} N_{i\text{пог}}(\tau) \\ N_{i\text{изл}}(\tau) \end{pmatrix} (1)$$

где $N_{ij}(\tau)$ – интенсивность генерируемая одним элементом парковочного пространства во времени (i, j – номера соответствующих парковочных карманов, i – номер улицы, j –номер парковочного пространства), $N_{i\text{пог}}(\tau)$ и $N_{i\text{изл}}(\tau)$ – соответственно интенсивность поглощения и излучения транспортного потока парковочным карманом.

Подобный подход дает возможность спрогнозировать нагрузку на прилегающую улично-дорожную сеть и разработать различные варианты воздействия направленные на повышение эффективности использования парковочного пространства, аналогично технологии разработанной авторами для больших центров притяжения населения [6,с.212]. При этом необходимо понимание вопроса об общем спросе на парковочные места на том или ином участке УДС населенного пункта, и

соответственно способов воздействия направленные на повышение оборачиваемости каждого машино - места.

В этом случае потребное количество машино - мест может быть определено как разница поглощаемого транспортного потока и излучаемого. Данное значение должно стремиться к максимальной вместимости соответствующего парковочного кармана:

$$N_{ij}(\tau) = N_{\text{пог}}(\tau) - N_{\text{изл}}(\tau) \rightarrow M_{\text{max}} \quad (2)$$

где M_{max} – вместимость парковочного кармана.

Однако если потребность в местах для парковки превышает данное значение и нет ограничений по остановки или стоянки транспортных средств на прилегающей территории или улично-дорожной сети, то осуществляется парковка транспортных средств во вдоль проезжей части или дворовых территориях. В этом случае количество припаркованного транспорта будет стремиться к значению функции поглощения, которое зависит от прилегающих объектов городской инфраструктуры и соответствующей доступности этих объектов из зон парковки. Т.е. функция поглощения от транспортного потока парковочным пространством в общем случае имеет вид:

$$N_{\text{пог}_i}(\tau) = f(\tau, k_{\text{инфр}}, k_{\text{дост}}, k_{\text{вр}}) \quad (3)$$

где $k_{\text{инфр}}$ – коэффициент характеризующий прилегающую городскую инфраструктуру, который в свою очередь является произведением коэффициентов $k_{\text{инфр}_i}$ –характерную для каждого отдельного объекта притяжения населения, $k_{\text{дост}}$ – коэффициент характеризующий уровень пешеходной доступности парковки, $k_{\text{вр}}$ – коэффициент временных режимов работы объектов притяжения населения.

Для построения подобной модели необходимы не только данные об объектах притяжения, получаемые из официальных источников, но и реальные данные, получаемые в ходе натуральных исследований. С целью выработки методики для построения подобной модели была осуществлена серия исследований парковочного пространства в г.Калуга и г. Белгороде.

Натурные исследования парковочного пространства в г. Калуга проводились с 5 по 7 июля 2015 с 9:00 до 18:00. Для исследований был использован комплекс фотовидеофиксации «Дозор-М». Полученные данные включали в себя государственный регистрационный номер автомобиля, время фиксации и его геодезические координаты. В свою очередь получение реальных данных о характеристиках парковочного

пространства требует определить следующий перечень характеристик парковочного пространства:

загруженность припаркованными транспортными средствами УДС города по исследуемым улицам (количество припаркованных автомобилей на километр);

среднее время стоянки автомобилей на соответствующих участках (в минутах);

оборачиваемость машино - мест в различных зонах автомобилей (кол-во автомобилей на одно машино - место)[2,с.25]

Для определения существующего значения M_{\max} был осуществлен предварительный расчет (способом фотофиксации) вместимости существующего парковочного пространства.

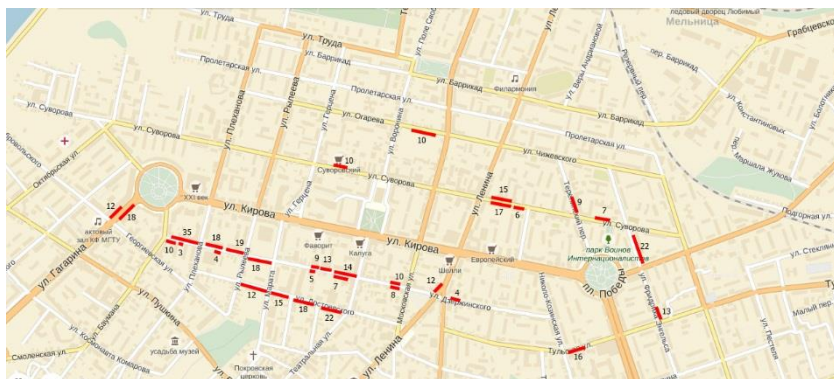


Рисунок 1 – Вместимость парковочного пространства на исследуемых участках УДС

Контроль загруженности исследуемых участков УДС позволяет выявить недостатки в способах постановки транспортных средств и ее высокую загруженность припаркованными транспортными средствами (ТС), что значительно сокращает пропускную способность проезжей части и препятствует движению общественного транспорта.

На основании фотофиксации государственных регистрационных номеров автомобилей на исследуемых участках выявлены как количество припаркованных ТС в соответствующих зонах, так и определена плотность, а соответственно и спрос на парковочные места.

Учитывая полученные данные, формируется карта плотности припаркованных ТС на участках. Для более полного понимания

загруженности УДС, в обследовании не учитывается количество нарушений правил остановки и стоянки ТС.

Немаловажным параметром парковочного пространства является оборачиваемость машино - места, что характеризует режим работы того или иного объекта городской инфраструктуры, а также использование парковочного пространства жителями близлежащих домов и сотрудниками организаций. Для контроля используется система фотофиксации с интервалом 15 минут при проезде по одному и тому же участку. При этом анализу подвергались только существующие парковочные карманы для каждого участка УДС. За вместимость парковочного кармана было принято максимальное значение уникальных государственных регистрационных номеров ТС на исследуемом участке.

Полученные данные формируют распределение времени стоянки одного ТС по исследуемым участкам УДС. Результаты распределения приведены к средним суточным значениям по каждой улице.

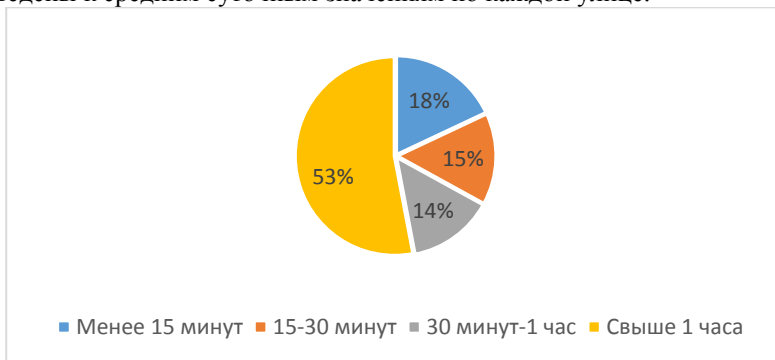


Рисунок 2– Распределение времени стоянок ТС

Как видно из представленной диаграммы время парковочной сессии превышает 1 час, что говорит о низкой оборачиваемости машино - мест парковочного пространства и как следствие возникновению потребности в дополнительных парковочных карманах.

Сформированные данные могут быть так же положены в основу формирования дополнительных элементов в различных имитационных моделях, так как полученные результаты могут быть сформированы в виде дискретных значений интенсивности транспортных средств, въезжающих на парковки и выезжающих с них.

При создании подобной имитационной модели улично-дорожной сети, учитывающей парковочное пространство и его воздействие на транспортный поток, становится возможным оценка принимаемых градостроительных решений с использованием данных объектов аналогов.

Так в городе Белгороде, на основании Постановления администрации города Белгорода №202 от 10 октября 2014 г. «Об организации платных парковок», введены платные парковки в центре города[5]. Результаты их функционирования контролировались с 6 июля 2015 с 8:00 до 20:00 и показали следующие результаты:

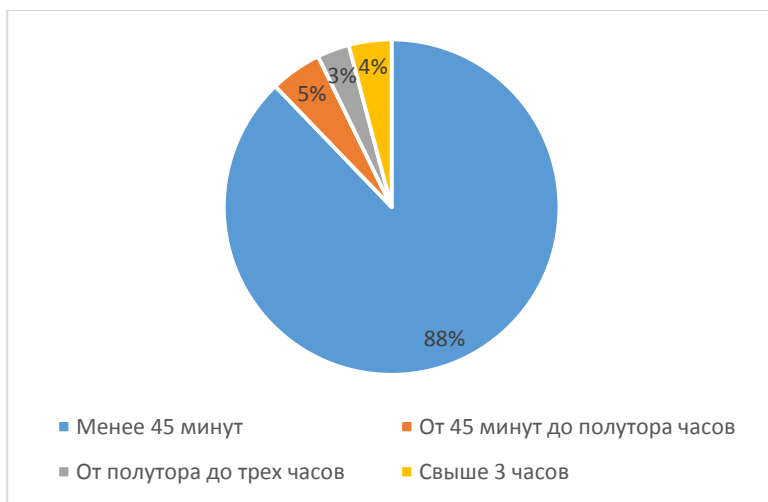


Диаграмма 1 – Процентное соотношение времени стоянки транспортных средств

На диаграмме отчетливо видно, что подавляющее число транспортных средств паркуются на срок не более 45 минут. Данные были разбиты таким образом на основе графика движения комплекса фотофиксации.

Среди всех зафиксированных транспортных средств (2576) большая часть была припаркована менее, чем на 45 минут. Для подтверждения данных было осуществлено натурное обследование:

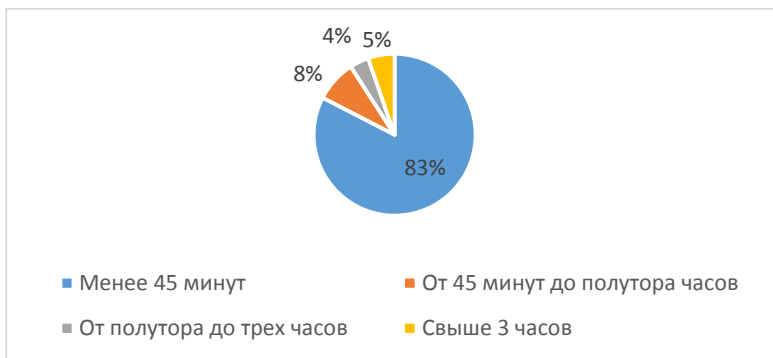


Диаграмма 2 – Процентное соотношение времени стоянки транспортных средств при натурном обследовании

Данные двух обследований в целом совпадают в процентном соотношении. Небольшие отклонения обусловлены различными центрами притяжения населения (банки, торговые и бизнес центры, административные здания), а также временем сбора информации.

Оборачиваемость, как и другие параметры парковки в этом обследовании являются среднестатистическими. Например, при сопоставлении полученных данных с натурным обследованием, которое проводилось на ул. Князя Трубецкого между Гражданским проспектом и ул. Победы, получим среднее значение оборачиваемости равное 2,1ам/час, т.е. оборачиваемость равна приблизительно 28 минутам.

По результатам обследования были выявлены самые загруженные парковки (утро: 8:00-12:00, день: 12:00-16:00, вечер: 16:00-20:00):

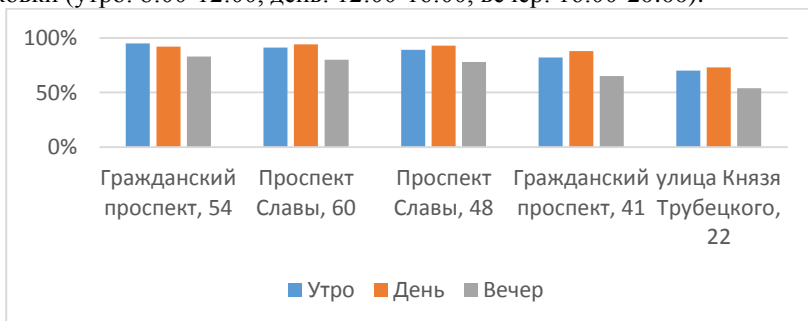


Диаграмма 3 – Загруженность самых интенсивных участков на территории платных парковок

Общая средняя загруженность парковок:

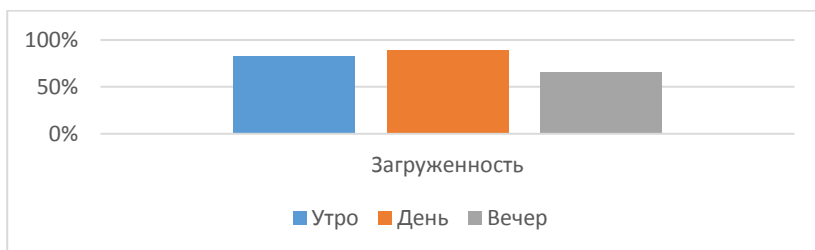


Диаграмма 4 – Общая загруженность парковок на территории платных парковок

Как отмечалось выше, подобные исследования могут дать как возможность построения математической модели парковочного пространства, так и возможность уточнения имитационной модели прилегающих участков улично-дорожной сети.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств – Введен 2004-12-15. М.:Стандартинформ,2005. С.94.
2. СНиП 21-02-99 Стоянки автомобилей – Введен 1999-11-19. М.: Госстандарт, 1999. С.27.
3. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) под ред. В.Н. Луканина, К.-Х. Ленца М.: Логос, 2002. С.607.
4. Ромм А. П Автоматизация процессов градостроительного проектирования // ЦНИИП градостроительства. 1983. С. 13-25.
5. Боровик Е. Н. Градостроительная организация хранения легковых автомобилей в городах. Дис. канд. техн. наук. М.,1972.
6. Боровской А. Е. Яблоновская М. Ю. Применение матриц корреспонденций для расчета необходимого количества мест на парковках торгово-развлекательных центров // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: Организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: материалы IX междунар. заочн. науч.-техн. конф. 31 октября 2013. г. Пенза: ПГУАС, 2013. Ч.1. С.213-217.
7. Вол М. Мартин Б.: Анализ транспортных систем. Транспорт, 1989. С.514.

8. Воронцов К.В. Чехович Ю.В. Интеллектуальный анализ данных в задачах моделирования транспортного потока // Введение в математическое моделирование транспортных потоков. М.:МЦМНО, 2013. С. 226-224.
9. Галкина Н. Г. Сафронов Э. Э. Зарубежный опыт организации парковок // Вестник ХНАДУ. №47. 2009. С 31-33.
10. Боровской А.А. Разработка матрицы корреспонденций транспортных потоков на основе источников поглощения и излучения // Наука и Мир Международный научный журнал. №3. 2013. С.50.

СОЗДАНИЕ МАТРИЦЫ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ В Г. БЕЛГОРОДЕ

Боровской А.Е., канд. техн. наук, доц.,

Буряченко Н.А. студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В результате увеличения уровня автомобилизации, роста населения и увеличения плотности застройки городов, все большее внимание уделяется причинам возникновения заторовых ситуаций, которые уменьшают эффективность действия улично-дорожной сети, увеличивая время пути, уровень загрязнения окружающей среды и расход топлива. Способом изучения особенностей транспортного потока и закономерностей возникновения заторов является проведение комплексного анализа состояния транспортной среды, включающего построение матрицы транспортных корреспонденций.

Обеспечение безопасности движения и высоких транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог, которым необходимо обеспечивать возможно кратчайшие, быстрые и комфортные связи объектов улично-дорожной сети, является одной из приоритетных направлений деятельности служб дорожного хозяйства. Существует несколько комплексов мероприятий, направленных на их осуществление, которые включают в себя архитектурно-планировочные и организационные мероприятия, где архитектурно-планировочные мероприятия предполагают строительство новых дорожных развязок и реконструкцию устаревших участков улично-дорожной сети, в то время как организационные предполагают использование различных технических средств организации дорожного движения. Однако принятие обоснованного решения по реорганизации или реконструкции не предоставляется возможным без учета характеристик транспортного потока [4].

Построение матрицы транспортных корреспонденций является центральной задачей в исследованиях, связанных с значительными изменениями параметров транспортной сети. В ней могут быть учтены перемещения транспорта и пассажиров с различными целями и между различными парами корреспондирующих пунктов [2].

Одним из способов классификации матриц является разделение их на два больших класса – экстраполяционные и вероятностные. Экстраполяционные методы формирования матриц корреспонденции

основываются на использовании данных обследования существующего состояния распределения транспортных потоков между корреспондирующими пунктами, на основе этого метода применяются прогнозирующие расчёты пропорциональных коэффициентов роста. Вероятностные методы формирования матрицы корреспонденций получили наибольшее распространение в перспективном планировании развития транспорта. Они определяются на основании теоретических или эмпирических зависимостей двух корреспондирующих пунктов, обусловленных численностью их населения, мест притяжения, условий поездов, размещения в плане города и других [3].

Задачи восстановления матрицы корреспонденций также можно разделить по типам распределения транспортного потока:

1. Пропорциональное распределение. Интенсивность движения и доли корреспонденций между зонами числятся независимыми друг от друга. Значения корреспонденций могут задаваться до начала моделирования распределения.

2. Равновесное распределение. Моделирование осуществляется в соответствии с принципами Водропа, т.е. значения долей корреспонденции между корреспондирующими пунктами зависят от величин потоков на всей исследуемой зоне и не могут задаваться заранее [5].

Создание матрицы транспортных корреспонденций в г. Белгороде осуществлялось на основе проведенных в мае 2016 года обследований, целью которых было получение данных о величине, составе, направленности и пространственно-временном распределении транспортных потоков. Осуществлялось натурное и опросное обследования.

Натурное обследование (визуально или с помощью технических средств) проводится для определения состава, величины и направленности транспортных потоков в сечениях и узлах магистральной улично-дорожной сети без остановки транспортных средств [1]. Опросное обследование (опрос водителей транспортных средств) осуществляется для определения пространственного распределения внутригородских, внешних целевых и транзитных автомобильных потоков путем опроса водителей транспортных средств при полной остановке движения в определенных сечениях улично-дорожной сети (метод «Шлагбаума»).

Эти обследования проводились в мае 2016 г. проинструктированными учетчиками (сотрудниками отдела транспортных систем и студентами БГТУ им. В.Г. Шухова) и

работниками ДПС г. Белгорода. Исследуемая территория была разделена на 16 внутригородских расчетных транспортных зон и 8 внешних автомобильных выходов (рисунок 1).

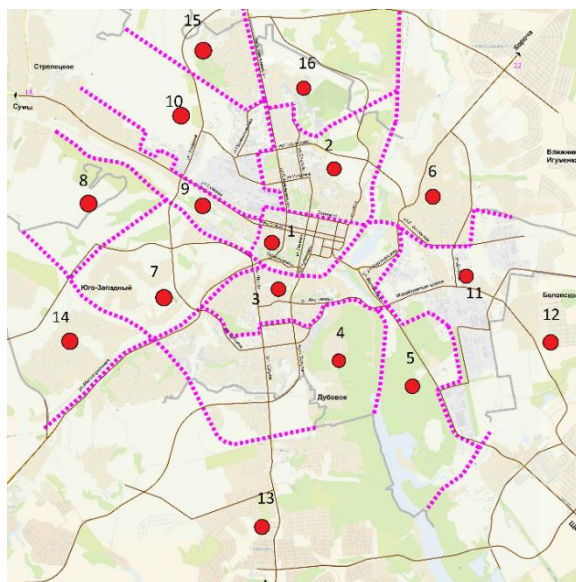


Рисунок 1 – Внутригородские расчетные транспортные зоны

Опросное обследование было проведено на 38 сечениях улично-дорожной сети путем интервьюирования водителей грузового и пассажирского транспорта, за исключением общественного и специализированного, на протяжении 30 минут с остановкой транспортных средств (по методу «Шлагбаума»), осуществляемой работниками ДПС. При опросе задавались минимально необходимое количество вопросов, включающих в себя: номера расчетных зон (как альтернатива их название или месторасположение) отправления и назначения; вид транспорта или его тип; грузоподъемность для грузовых транспортных средств; вместимость для автобусов; количество пассажиров и другие.

Количество сечений определялось по пунктам пересечения магистральной улично-дорожной сети города и въездов в него с границами условно распределенных транспортных зон города (рисунок 2 и 3).

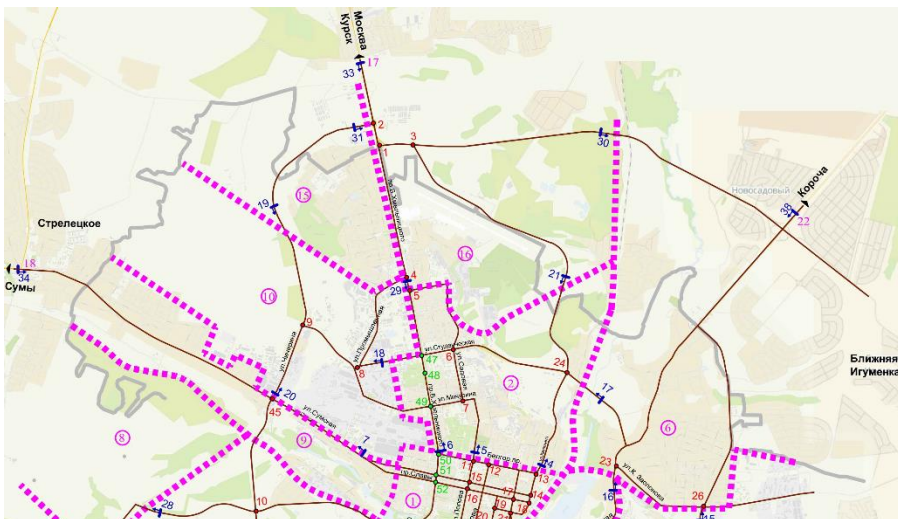


Рисунок 2 – Схема размещения постов обследования состава и интенсивности движения транспорта, опросного обследования межзонных корреспонденций транспортных средств в северной части города Белгорода

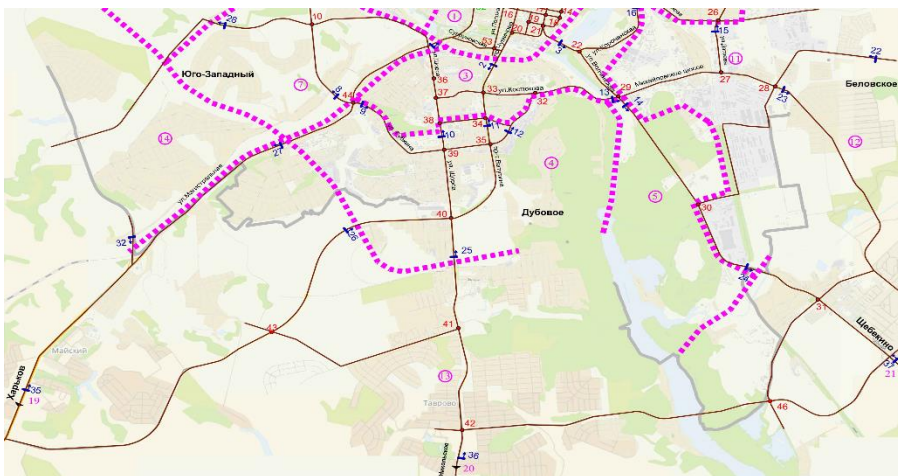


Рисунок 3 – Схема размещения постов обследования состава и интенсивности движения транспорта, опросного обследования межзонных корреспонденций транспортных средств в южной части города Белгорода

Выборочная совокупность при опросе составила от 25 до 100% в зависимости от величины исследуемого потока. Величины, полученные в результате исследований, приводились к величинам генеральной совокупности через переходные коэффициенты:

При натуральных исследованиях – в зависимости от времени учета и полученного объема выборки.

При опросных – основываясь на данные натуральных замеров состава и интенсивности движения в пунктах опроса, объема выборки и времени опроса.

К генеральной совокупности результаты опроса приводились на основании сплошного обследования интенсивности и состава движения в сечениях, которое осуществлялось параллельно с опросным обследованием.

Материалы опросного обследования позволили получить: матрицы межзонных корреспонденций грузов и пассажиров, потоков грузового и пассажирского транспорта; объемы внутригородских и внешних перевозок грузов и пассажиров за вычетом общественного транспорта; целевые и транзитные автомобилепотоки; ряд показателей, характеризующих грузовые и немаршрутные пассажирские перевозки.

На основе материалов транспортных обследований получены матрицы межзонных автомобилепотоков пассажирского и грузового транспорта (таблицы 1, 2, 3, 4).

Таблица 1 – Матрица суммарных межзонных корреспонденций грузового транспорта (прив. ед.) за час "пик"

№№ зона отпр.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		3	35	49		20	8		11	8		50
2	5		64	72	5	21			43	52	35	26
3	32	76		56		27			5	33	50	38
4	51	81	65	8	10	37	4	2	28	90	106	44
5		3		10					12	20		21
6	29	17	30	23					26	22	51	25
7	8			4					5	26	5	
8				7								
9	15	45	7	22	5	19	7			18	64	60
10	11	52	32	110	23	30	47		21		56	9
11		48	50	90		63	11		60	68		71
12	61	39	61	34	22	25			58	11	62	3
13	6	12	46	35	10	22	17		24	34	26	4
14			3	17		8			8	9		
15	11	4	16	8		12			20	14	9	
16			7	8					9		14	
17	39	11	33	56					8	21	37	8
18	5	5	2	5					9	25	10	
19	9	7		4					2	2	8	2
20			5	5					8	13	13	
21	21	4	8	24	15	4			7	21	15	11
22	8		22	26		14				26	41	22
Всего	311	407	486	673	90	302	94	2	364	513	602	394

Таблица 2 – Матрица суммарных межзонных корреспонденций грузового транспорта (прив. ед.) за час "пик"

№№ зона отпр.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Всего
1	8	4	8		38	9	12		24	10	297
2	14		5		11	9	9		3		374
3	44	4	18	10	32	7		2		21	455
4	27	8	9	7	62	9	4	2	21	32	707
5	15								6		87
6	11	8	13							19	274
7	16										64
8											7
9	20	8	28	15	6	23	3		9		374
10	43	10	14		18	7	3	2	18	34	540
11	36		10	10	42		11	3	6	56	635
12	8				7		3		30	25	449
13		13		4			18	17	27		315
14	24										69
15						9	4		3		110
16	4										42
17							7	5	58	45	328
18			5				5	25	10	41	147
19	14		4		12	8					72
20	36				18	4					102
21	20		4		40					16	210
22					29	28			11		227
Всего	340	55	118	46	315	113	79	56	226	299	5885

Таблица 3 – Матрица суммарных межзонных корреспонденций пассажирского транспорта (прив. ед.) за час "пик"

№.№ зона отпр.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		287	215	502	73	86	50	13	26	54	98	127
2	310		162	256	42	35	48		42	133	114	129
3	215	162	62	140	50	96			21	129	65	50
4	465	324	156	25	67	93	47	33	88	113	59	102
5	66	49	45	62		59	25			19		46
6	81	36	93	86	55				27	27	68	18
7	63	61		48	20			7		7	6	
8	13			31			7					
9	25	39	17	77		32				102	70	60
10	57	157	119	99	20	24	7		106	13	47	62
11	87	106	59	51		71	7		57	44	29	77
12	118	124	54	69	51	20			62	59	80	
13	234	35	82	72	14	70	69		43	83	59	63
14	50	22	21	34		7	7			51		
15	40	8	56	25		35	9		71	48	13	23
16	85	56	55	52	13	13	20		48	32	29	49
17	159	120	90	63		9			15	75	30	
18	47	37	22	39	16		8		33	25	16	
19	56	42	20	71		15			15	22		7
20	33	33	50	120		17			17	17		33
21	92	72	60	68	32	8			8	24	32	92
22	75	151	163	88		53			22			9
Всего	2371	1921	1601	2078	453	743	304	53	701	1077	815	947

Таблица 4 – Матрица суммарных межзонных корреспонденций пассажирского транспорта (прив. ед.) за час "пик"

№.№ зона отпр.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Всего
1	155	53	37	79	197	48	61	40	110	85	2396
2	30	17	7	50	148	32	44	40	86	170	1895
3	70	19	59	51	111	21	20	59	72	187	1659
4	64	35	32	64	79	39	77	139	82	102	2285
5	13			16		18			38		456
6	67	4	43	16	12		16	20	10	60	739
7	58	7	10	19		9					315
8											51
9	43		91	58	19	37	16	20	10	25	741
10	73	43	58	38	93	28	25	20	29		1118
11	53		15	34	37	18			38		783
12	59		19	54			8	40	110	9	936
13	4	24	18	42		18	94	119			1143
14	22					2		20	19		255
15	15				56	9	16	20			444
16	38				67	28	8		19		612
17			45	54		9	15	20	15		718
18	16	6	8	25	8						306
19	85		15	7	19						373
20	99	17	17		17				33		499
21		16		16	12			40			573
22											562
Всего	964	241	474	623	875	316	400	597	671	638	18859

Анализируя представленные данные, выяснили следующую информацию.

Внутригородские межзональные корреспонденции: наибольшие величины корреспонденций транспортных средств образуются в историческом центре и Южном районе города (расчетно-транспортные зоны 1 и 4) – до 30% всех внутригородских пассажирских корреспонденций, в жилых районах по ул. Костюкова и ул. Мичурина-Садовая (расчетно-транспортные зоны 3 и 2) – до 20,5% всех внутригородских корреспонденций; наиболее активные пассажирские транспортные связи наблюдаются на связях крупных жилых образований (2, 3 и 4 зоны) с центром города, а также на связях этих районов между собой; максимальные величины корреспонденций грузового транспорта в 10 и 11 расчетно-транспортных зонах – до 23% от общего числа всех внутригородских грузовых корреспонденций, а также в 4 расчетно-транспортной зоне – более 14%; наиболее активные грузовые транспортные связи складываются между Северным (10 зона) и Восточным промышленным районом (11 зона), кроме того, на связях 2, 3 и 4 зон между собой и с центральной частью города (1 зона) наблюдаются довольно высокие грузовые потоки, при этом, в основном (более 80% потока), преобладают грузовые автомобили с грузоподъемностью до 2 т, то есть обслуживающий транспорт.

Внешние транзитные и целевые корреспонденции: транзитные корреспонденции как пассажирского, так и грузового транспорта составляют 2% от общего объема корреспонденций, причем грузовой транзитный транспорт следует по обходам города, не загружая магистральную-уличную сеть; наиболее активные транзитные корреспонденции пассажирского транспорта наблюдаются между направлениями на Никольское, Курск, Шебекино – до 85% от объема транзитных пассажирских корреспонденций; максимальные целевые транзитные потоки грузового транспорта поступают с внешних выходов на Шебекино (до 22% от общего числа целевых корреспонденций) и Курск (более 29%); максимальные пассажирские целевые корреспонденции – на направлениях на Курск (23%), Шебекино и Никольское (до 20% на каждом направлении); максимальные корреспонденции целевого транзитного пассажирского транспорта аккумулируются в центральной части города (1 зона), 2, 3 и 4 зонах – до 63% всех целевых корреспонденций.

На основе полученных данных может быть разработана стратегические предложения по решению улучшению транспортной ситуации в г. Белгороде, в том числе строительство улиц-дублеров.

Список литературы:

1. Алиев А.С., Стрельников А.И., Швецов В.И., Шержевский Ю.З. Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к Московской агломерации. // Автоматика и телемеханика. №4. 2005. С. 113-125.
2. Боровской А.Е., Ходырева Е.И, Буряченко Н.А. Методика проведения натуральных исследований парковочного пространства. // Информационные технологии и инновации на транспорте материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Белгород: 2016. С. 403-410.
3. Буряченко Н.А. Некоторые аспекты построения и анализа матриц корреспонденции // Образование, наука, производство. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 945-949.
4. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. 267 с.
5. Лагереv Р.Ю. Методика оценки матриц корреспонденций транспортных потоков по данным интенсивности движения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2006. 17 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В ОСОБЫХ ГРУНТАХ

Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.,

Железников И.В., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В геолого-структурном отношении район Белгородской области относится к северо-восточному крылу Донецко-Донской впадины, примыкающей к Воронежской антеклизе. В геологическом строении принимают участие породы кристаллического фундамента и осадочного чехла.

При проложении автомобильных дорог наиболее часто встречающимися особыми грунтами на территории Белгородской области являются грунты палеогеновой системы (Р), которые представлены морскими терригенными отложениями – глиной и четвертичные отложения, которые представлены аллювиальными образованиями (aIV) - супесью пластичной.

Данные грунты распространены повсеместно, но для исследования были приняты характерные участки автодороги «Обход г. Алексеевка» в Алексеевском районе Белгородской области.

На участке ПК 58 - ПК 68 под почвенно-растительным слоем залегает грунт ИГЭ-10 (глина). Данная глина (Р) является полутвердой. При полном водонасыщении останется в полутвердом состоянии ($I_{Lo}=0,15$). Нормативное значение плотности глины составляет 1,84 г/см³. Нормативное значение компрессионного модуля деформации глины в интервале давления 0,1-0,2 МПа в водонасыщенном состоянии 2,3 МПа. С учётом корректировочного коэффициента на штампоопыты m_k , равного 4,6 (табл.5.1 СП 22.13330.2011 [1]), значение модуля деформации составит 10 МПа.

Относительная деформация морозного пучения глины определена в соответствии с СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» [1] и составляет 4,0%. Согласно ГОСТ 25100-2011 [2], глина ИГЭ-10 – среднепучинистая.

Данный грунт не допускается использовать в конструкции земляного полотна и при прохождении автомобильной дороги в выемке он подлежит обязательной замене на толщину рабочего слоя (0,8-1,0 м) [3]. В тех случаях, когда глина служит основанием насыпи, основная

опасность заключается в том, что глина, залегающая под почвенно-растительным слоем, является водоупором, которая при попадании атмосферной воды образует поверхность скольжения между основанием насыпи земляного полотна и грунтом основания.

Для проверки устойчивости земляного полотна и определения возможности использования данного грунта в качестве основания насыпи был произведен расчет устойчивости насыпи на данном участке по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения по наиболее неблагоприятному поперечному сечению (ПК 64+50) (рис. 1).

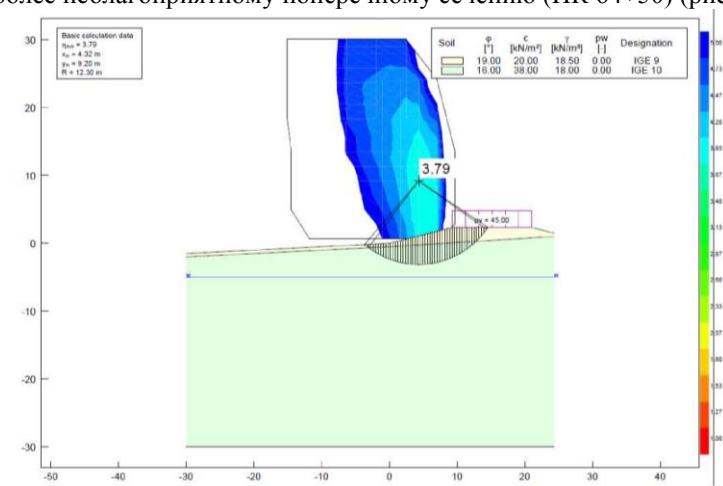


Рисунок 1 – Результаты расчета устойчивости насыпи земляного полотна в поперечном сечении ПК 64+50

По результатам проверки устойчивости насыпи в расчетном поперечном сечении коэффициент запаса составил 3,79. На основании этого можно сделать вывод об устойчивости насыпи земляного полотна на данном участке без необходимости применения дополнительных мероприятий (таких, как армирование основания насыпи геосинтетическими материалами).

Но использование данного вида грунта в качестве основания насыпи требует проведения мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна.

На участке наклонной грунтовой поверхности, например при устройстве насыпи на косогоре, для предотвращения скольжения насыпи по грунтовому основанию (особенно при увлажнении

контактной поверхности) необходимо произвести мероприятия по увеличению трения и сцепления грунтов на поверхности контакта «грунт-основание» (выемка и замена растительного грунта, нарезку уступов в основании для качественного сопряжения насыпи на наклонной грунтовой поверхности, мероприятия по осушению насыпи и обеспечению водоотвода). На участке прохождения продольного профиля в выемке, в случае отсутствия грунтовой воды на глубину выемки плюс 1,0 м (для устройства корыта под дорожную одежду), то дополнительных мероприятий по повышению устойчивости откосов выемки не требуется при устройстве откосов с нормативным заложением. Необходимо обеспечить мероприятия по сбору и эффективному отводу атмосферных и талых вод.

В противном случае (при вскрытии горизонта грунтовых вод) необходимы мероприятия по водопонижению, либо по сбору грунтовых вод с откосов выемки с перенаправлением ее в дренажную систему или кюветы, помимо этого может потребоваться защита грунтовых вод от загрязнений.

На участке выемки следует особое внимание уделить конструированию дорожной одежды из-за возможных проблем пучинистости, по данным лабораторных исследований грунт является среднепучинистым. Также необходимо обратить внимание на то, что данный грунт (который будет являться основанием дорожной одежды) имеет недостаточную несущую способность, что может компенсироваться повышенными толщинами слоев основания дорожной одежды или применением конструктивных слоев основания дорожной одежды с повышенной прочностью (модулем упругости слоя) [4]. В расчете дорожной одежды нужно, как минимум, предусмотреть на таких участках разделение подстилающего слоя дорожной одежды и данного грунта основания иглопробивным нетканым материалом с удельным весом не менее 250 г/м^2 (для капилляропрерывания и повышения сопротивляемости сдвига подстилающего слоя по основанию), устроив подстилающий слой дорожной одежды с уклонами не ниже 40 промилле от оси к бровкам или положить дренажный мат под песчаный подстилающий слой.

Помимо этого, после отсыпки песчаного и щебеночного слоя дорожной одежды, на данном слабом грунтовом основании требуется предварительный статический пригруз (или динамические ударные воздействия) на величину не ниже последующих эксплуатационных нагрузок и удельного веса вышележащих слоев покрытия, иначе данные осадки возникнут при эксплуатации, что чревато серьезными

разрушениями асфальтобетонного покрытия уже по результатам первого года эксплуатации. Предварительно требуется нагрузка 5,5-6 тонн/м², на срок 2-2,5 месяца. Нагрузка может создаваться слоем грунта, в том числе некондиционного (который потом нужно убрать), бетонными плитами и т.д. Либо возможно динамическое уплотнение падающим грузом. Данные мероприятия настоятельно рекомендуются для последующей беспроблемной эксплуатации участка.

Помимо этого, требуется проведение дополнительных изысканий для исключения возможности появления грунтовой воды и оценки степени его влияния на земляное полотно автомобильной дороги с последующим проведением соответствующих конструктивных и экологических мероприятий. На рис. 3 приведен участок автомобильной дороги «Н. Оскол-Валуйки-Ровеньки» с потерей устойчивости земляного полотна из-за появления грунтовой воды в период эксплуатации.



Рисунок 3 – Участок автомобильной дороги «Н. Оскол-Валуйки-Ровеньки»

На участке ПК 7 - ПК 28 под почвенно-растительным слоем залегает грунт ИГЭ-б (супесь пластичная) с относительно неблагоприятными параметрами: наличие грунтовых вод, недостаточная несущая способность (модуль деформации порядка 4-4,5 МПа), при этом значения угла внутреннего трения и удельного сцепления (приняты в расчетах по первому предельному состоянию равными 200 и 11 кПа соответственно) не характеризуют грунт основания в качестве слабого. В качестве расчетного принято поперечное сечение пк 9+75.

Исходя из физико-механических характеристик грунта, произведен расчет устойчивости насыпи земляного полотна на данном участке по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения по наиболее неблагоприятному поперечному сечению (пк 9+75) с учетом дополнительно принятого отягощения, которое идет в дополнительный запас устойчивости (значение коэффициента порового давления воды в слое основания ИГЭ-6 равного 0,3, помимо воздействия грунтовой воды на расчетные параметры грунта основания ниже УГВ).

По результатам проверки устойчивости насыпи в расчетном поперечном сечении коэффициент запаса составил 1,47. На основании этого можно сделать вывод об устойчивости насыпи земляного полотна на данном участке без необходимости применения дополнительных мероприятий (таких, как армирование основания насыпи геосинтетическими материалами) (рис. 2).

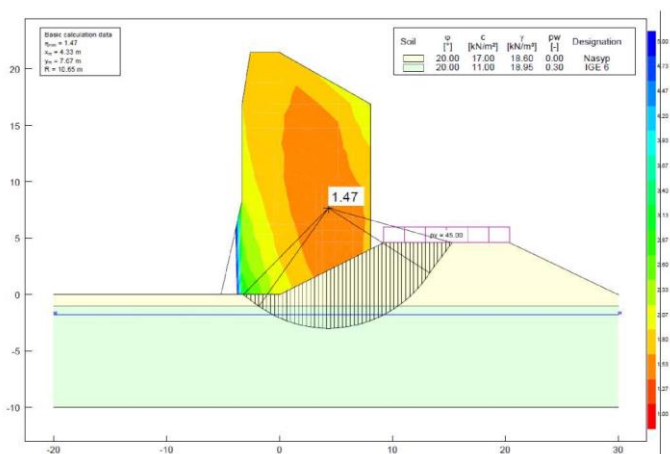


Рисунок 2 – Результаты расчета устойчивости насыпи земляного полотна в поперечном сечении ПК 9+75

На всем протяжении насыпи земляного полотна настоятельно рекомендуется снять почвенно-растительный слой полностью с засыпкой и уплотнением грунтом, который будет применяться для отсыпки насыпи. В противном случае (если растительный грунт оставить в основании насыпи) будут наблюдаться повышенные деформации насыпного сооружения и сохранится опасность выпора грунта основания в период прохождения активной фазы консолидации с частичным обрушением откоса возводимой насыпи.

Также считается, что насыпь будет возводиться послойно по технологии «медленной» отсыпки, с некоторыми перерывами между отсыпкой слоев по высоте для рассеивания порового давления грунтов основания и фильтрации воды в слое основания под действием вертикальных напряжений. Помимо этого считается, что минимальный коэффициент уплотнения любого из слоев насыпи будет обеспечен не ниже 0,95.

Необходимо предусмотреть необходимые мероприятия по водоотводу, а также обеспечить возведение насыпи в летний период (после прохождения паводка и осушения основания).

Таким образом, проектирование земляного полотна и дорожной одежды в особых грунтах требует внимательного подхода и подробного учета физико-механических характеристик этих грунтов.

Список литературы:

1. СП 22.13330.2011. СНиП 2.02.01-83*«Основания зданий и сооружений». – введ. с 20.05.2011– М.: Минрегион России, 2010 – 161 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – введ. с 01.01.2013– М.: МНТКС, 2011– 62 с.
3. СП 34.13330.2012. «СНиП 2.05.02-85*Автомобильные дороги». – введ. с 01.07.2013– М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2011 – 106 с.
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.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Голубенко Н.В.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Техническое перевооружение парка машин и использование современной техники может не дать желаемого результата без проведения качественного и своевременного технического обслуживания (ТО) в процессе эксплуатации данной техники. В процессе работы двигателя происходит изменение его технического состояния, которое может привести к частичной или полной потере работоспособности. Моторное масло – очень важный элемент конструкции двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Поэтому его состав должен соответствовать конструкции и требованиям ДВС, чтобы обеспечить его качественное функционирование. Для эффективной организации процесса обслуживания системы смазки ДВС необходимо осуществлять контроль состояния и восстановление работоспособности моторных масел.

Отклонение параметров моторного масла от требований, предъявляемых к нему в процессе его эксплуатации в ДВС автомобилей, может привести к разрушению деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Но даже самое высококачественное моторное масло в технически неисправном или с отклонениями от установленных характеристик двигателе внутреннего сгорания будет использоваться с ограниченным ресурсом применения, поэтому необходим мониторинг его показателей качества.

Опыт эксплуатации пассажирского транспорта муниципального унитарного предприятия города Белгорода «Городской пассажирский транспорт, работающего на газовом топливе, выявил некоторые недостатки автобусов НЕФАЗ, в комплектацию которых входит газовый двигатель КАМАЗ мод. 820.61-260: увеличенный расход масла в системе смазки двигателя по сравнению с нормативным, а также повышенный износ ЦПГ двигателя из-за недостаточного теплоотведения. Предполагаемые причины – использование моторного масла несоответствующего качества, а также работа ДВС в неблагоприятных режимах, что м.б. причиной преждевременного старения масла. Химмотология моторных масел призвана оперативно и

объективно прогнозировать состояние двигателя по изменению технических характеристик работающего масла. Указанный подход позволяет получить в крайне сжатые сроки объективное представление о поведении системы «моторное масло – ДВС» [1, 2, 3].

Повышение термической напряженности моторных масел связано с отдельными конструктивными решениями: использованием наддува, применением герметизированной системы охлаждения (увеличивает температуру поршня на 10-20 °С), уменьшением объема системы смазки двигателя, масляным охлаждением поршней и др. Возрастание опасности термического и механического разрушения масляной пленки в основных сопряженных парах двигателя в условиях высокой тепловой напряженности и интенсивного контакта его деталей с нагретыми газами связано с интенсификацией процесса окисления масла и нарушением нормальной работы двигателя за счет возможного износа деталей, загрязнения продуктами окислительной полимеризации углеводородов масла и топлива с последующим закоксовыванием поршневых колец, забивкой дренажных отверстий, масляных каналов и т.д. В результате происходит снижение надежности работы двигателя, возрастают затраты на техническое обслуживание. Загрязнение масла и топлива продуктами окисления способствует возникновению аварийных ситуаций и выходу двигателя из строя [4].

Следует определять срок смены масел не по рекомендациям завода-изготовителя техники, а по фактическому состоянию. Увеличение срока службы может быть при новом двигателе, легких условиях эксплуатации и хорошем обслуживании, а при старом двигателе и при плохом обслуживании, когда масло загрязняется, обводняется, разжижается топливом, портится из-за неустраняемых неисправностей системы смазки, сроки службы масла резко сокращаются [5].

В этих условиях назрела задача внедрения контроля качественных показателей моторного масла непосредственно на предприятиях технического сервиса. Для ее решения предпочтительно использовать экспресс-методы оценки физико-химических показателей смазочного материала.

В настоящее время ряд отечественных и зарубежных фирм выпускают экспресс-приборы для определения остаточного ресурса работавшего масла. Они различаются между собой количеством определяемых показателей, точностью измерений, надежностью, оперативностью проведения контроля качества смазочного материала.

Экспресс-оценка работавшего масла имеет ряд существенных преимуществ:

- сократит время простоя автомобиля в ожидании ремонта;
- возможные неисправности двигателей выявляются на самой ранней стадии их возникновения;
- смена масла может выполняться не после заданного пробега, а в связи с действительной утратой им работоспособности;
- позволит значительно уменьшить расходы на лабораторные испытания смазочного материала.

Экспресс-контроль не требует дорогостоящего оборудования и больших текущих затрат, но позволяет предотвращать отказы двигателей [6, 7].

Пределы, связанные с потерей маслом первоначальных свойств, называются пределами старения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пределы старения моторного масла

Пределы старения можно задавать по таким параметрам, как кислотное число (КЧ) и щелочное число (ЩЧ), вязкость, окислительная стабильность, степень расходования антиоксидантов, индукционный период окисления, концентрация элементов присадок, диэлектрическая проницаемость, а также степень окисления, нитрования, сульфирования масла и степень истощения присадок [8].

Детальное рассмотрение и сопоставление взаимосвязанных показателей дает возможность предотвратить большое количество неисправностей двигателей.

Моторное масло, качество которого вышло за рамки допустимых пределов, не может быть использовано без проведения управляющих воздействий, направленных на частичное или полное восстановление его эксплуатационных свойств. Частичное восстановление эксплуатационных свойств масел проводят на соответствующих постах зоны ТО эксплуатационного предприятия или непосредственно на объекте с помощью оборудования передвижных станций.

Регенерация – самый предпочтительный для окружающей среды способ утилизации отработанного масла. Это позволяет продлить срок годности смазки до бесконечности. Такой способ помогает экономить сырье (для производства 1 л отличного моторного масла требуется 1,6 л отработанного), а также является экологически безопасным [9].

Для регенерации отработанных масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, как правило, на использовании сочетания физических, физико-химических и химических методов, что дает возможность регенерировать отработанные масла разных марок и с различной степенью снижения показателей качества.

Если в результате регенерации моторного масла не удалось достичь первоначального качества, в него добавляют комплекс присадок, повышающих качество масла.

Отработанные автомобильные масла с присадками после регенерации рекомендуется применять по прямому назначению в смеси со свежим маслом той же марки, содержащим ту же присадку, в соотношении 1:4 [10].

В тех случаях, когда на эксплуатационных предприятиях отсутствует установка для регенерации, необходимо собирать отработанные масла и готовить их к сдаче на нефтеперерабатывающие заводы для регенерации, что регламентируется Федеральным законом «Об отходах производства и потребления».

Применение методов контроля и диагностирования способствует своевременной замене масла, а применение методов восстановления моторных масел способствует улучшению экологической обстановки и повышению финансового уровня предприятия.

Таким образом, своевременная замена моторного масла и поддержание его соответствующего уровня, а также налаженная система регенерации масел позволяют: сохранить работоспособность

ДВС, сократить расход свежих масел, сохранить их качество, сократить энергетические расходы, что выгодно с экологической и экономической стороны.

Список литературы:

1. Чудиновских А. Л. Моторное масло как важный объект химмотологии. / А. Л. Чудиновских, Б. П. Тонконогов, В. Л. Лашхи. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2014.
2. Толмачев Д. И. Совершенствование обслуживания системы смазки газовых ДВС путем мониторинга состояния и восстановления работоспособности моторных масел в условиях эксплуатации / Д. И. Толмачев, Н. В. Голубенко // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых, 1-20 мая 2016 г., изд-во ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г. Шухова». – Белгород, 2016.
3. Голубенко Н. В. К вопросу о химмотологии моторных масел и особенностях их применения для газовых ДВС / Н. В. Голубенко, Д. И. Толмачев. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т.2. Выпуск 2 (3). С. 522 – 527.
4. Васильева Л. С. Эксплуатационные материалы для подвижного состава автомобильного транспорта: Учебник для вузов. / Л. С. Васильева – М.: Наука, 2014. – 423 с.
5. Дунаев А. В. Экспресс-контроль масла для снижения износов и предотвращения аварий моторов / А. В. Дунаев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Изд-во: Горная книга (Москва). Т. 16. № 12. 2009. С. 420 – 428.
6. Внедрение методов экспресс-контроля моторного масла для повышения надежности современных двигателей // МАДИ-ХИМ URL: <http://madi-chim.narod.ru/index/0-9> (дата обращения: 05.09.2016)
7. Голубенко Н. В. Методы и технические средства контроля состояния и восстановления работоспособности моторных масел в условиях эксплуатации / Н. В. Голубенко, Д. И. Толмачев // Механики XXI века. 2016. № 15. С. 404 – 407.
8. Фитч Дж., Тройер Д. Анализ масел. Основы и применение. СПб.: Профессия, 2015. 166 с.
9. Отходы синтетических и минеральных масел // «Веб СЭС Инфо» URL: <http://webses.info/publ/105-1-0-1211> (дата обращения: 05.09.2016).
10. Шашкин П. И., Брай И. В. Регенерация отработанных нефтяных масел. 2 изд. М.: Химия, 1970. 300 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА МАШИНЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Гончаров С.И., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Рассмотрим машину, в которой операции природообустройства и защиты окружающей среды выполняются одновременно с перемещением ее корпуса. В этом случае рабочие органы (РО) находятся на подвижном основании - корпусе машины (КМ) и от них на него воздействует дополнительная инерционная нагрузка. При этом в случае центрального привода от одного двигателя, разнообразные движения РО связаны с изменением связей в приводе. Такое периодическое изменение структуры также оказывает существенное влияние на движение всей механической системы [1, 2].

Для построения динамической модели будем учитывать только те факторы, которые в первую очередь способны ограничить скорость КМ. Тогда остальные особенности конструкции РО и их привода можно сознательно не рассматривать, если они не изменяют качественно характер движения, а количественно влияют на величину скорости КМ только в сторону ее уменьшения.

Прежде всего, отнесем к ним и исключим из рассмотрения потери на трение в кинематических парах, упругость звеньев и деформацию грунта. При этом будем считать контакт движителя с грунтом идеальным, т.е. без проскальзывания и ударов. Исключим из рассмотрения также подробности конструкции движителя, связанные с организацией маневрирования КМ и адаптацией к неровностям местности.

Технологические операции представим в виде периодических поступательных движений с постоянной амплитудой РО относительно КМ. Организация остановки или разгона РО может быть различной, но в любом случае кинетическая энергия РО, так или иначе, теряется. Будем считать, что эти потери эквивалентны полезной работе РО. Для последующего разгона РО двигателю требуется вносить в систему энергию, как минимум равную потерянной. Кроме того, для разгона и торможения РО требуется определенное время, что увеличивает время цикла и тем самым уменьшает среднюю скорость КМ.

При этом наибольшее быстроедействие будет достигнуто в том случае, если рассматриваемые переходные процессы будут происходить мгновенно, т.е. в случае удара. Естественно, что такие условия работы

приводят, прежде всего, к снижению надежности и долговечности привода и поэтому вряд ли возможны в реальной машине. Тем не менее, любое форсирование привода будет приближать его работу к аналогичному процессу. Поэтому в дальнейшем будем считать, что остановка РО каждый раз осуществляется путем удара о КМ, а разгон реализуется путем мгновенного присоединения РО к приводу.

Таким образом, движение КМ представим как последовательность отдельных интервалов, на каждом из которых структура привода постоянна, а между интервалами происходит мгновенное изменение состояния РО или группы РО. На всех интервалах будем приводить массу РО к звену расположенному на КМ и связанному с ее приводом. Длина каждого интервала и изменение структуры в промежутках между ними связаны с заданной последовательностью выполнения технологических операций. Также должны быть известны массы всех РО, КМ и механическая характеристика двигателя.

Прежде всего, будем считать, что все РО и КМ являются абсолютно твердыми телами, а их центры тяжести, линия удара и ударные импульсы лежат в одной плоскости. Параллельно этой плоскости направлены скорости всех точек до и после удара. В каждом случае удар считается абсолютно неупругим, а ударный импульс при этом мгновенным, т.е. форма удара не учитывается.

Предположение об абсолютной недеформируемости тел позволяет считать мгновенный импульс сосредоточенным, т.е. не учитывать форму элементов ударной пары. Кроме того, отпадает необходимость учитывать каждый раз место приложения к корпусу ударных импульсов, связанных с различным расположением РО относительно КМ.

Примем также во внимание известное свойство удара, согласно которому он осуществляется за столь малое время, что по сравнению с импульсами возникающих при этом ударных сил можно пренебречь импульсами всех остальных сил. Тогда, используя принцип освобожденности от связей, разделим модель на две части. Отнесем к одной из них все элементы, связанные с КМ и ее приводом. Массу этой части обозначим M . Вторая часть будет состоять только из РО массой m . Действие частей друг на друга представим мгновенным ударным импульсом S_2 . При этом его направление и точка приложения будут определяться условиями наложения связей на каждом этапе. Учтем также мгновенный импульс реакции связи S_1 .

Используя принцип Даламбера в приложении к ударным силам, для каждой части системы получим:

$$M \cdot (v_{1k} - v_{1n}) = -S_1 \pm S_2 \quad (1), \quad m \cdot (v_{2k} - v_{2n}) = \pm S_2 \quad (2)$$

где $v_{1н}$ и $v_{1к}$ – скорость РО соответственно до или после удара, аналогично $v_{2н}$ и $v_{2к}$ - абсолютные скорости КМ. При этом в общем виде:

$$v_2 = v_1 \cdot (1 \pm i), \quad (3)$$

где i – передаточное отношение между КМ и РО, $i=r/R$.

Кроме того, на основании теоремы об изменении кинетического момента для первой части системы:

$$(J_1 + J_8 + J_9) \cdot (\omega_{1к} - \omega_{1н}) = S_1 \cdot R - S_2 \cdot r, \quad (4)$$

где J_1 , J_8 и J_9 – моменты инерции колес привода, $\omega_{1к}$ и $\omega_{1н}$ – угловые скорости колеса 1 соответственно до и после удара.

Перейдем к определению изменения скорости КМ в результате каждого удара. Решая систему линейных уравнений (1), (2), (3) и (4) относительно $v_{1к}$ получим:

$$v_{1к} = v_{1н} \cdot (J_1 + J_8 + J_9 + M \cdot R^2 + m \cdot R^2 + m \cdot R \cdot r) / (J_1 + J_8 + J_9 + M \cdot R^2 + m \cdot R^2). \quad (5)$$

Введем коэффициент: $\mu = m/M$. Тогда масса n рабочих органов (РО) участвующих в ударе: $m_n = \mu \cdot n \cdot M$. Пренебрегая инерцией привода из (5) получим в безразмерном виде отношение скоростей КМ:

$$K = v_{1к} / v_{1н} = (1 + \mu \cdot n \cdot (1 + i)) / (1 + \mu \cdot n), \quad (6)$$

Если на границах интервалов движения одновременно происходит два события, то коэффициент изменения скорости $K_n = K_1 \cdot K_2$ (7), где K_1 и K_2 находятся подобно (6) с учетом возможно разного числа РО изменяющих свое состояние на каждом этапе. Таким образом, K_n представляет собой отношение конечной скорости на рассматриваемом интервале к начальной скорости на следующем интервале движения.

На интервалах движения с постоянной структурой привода перемещения всех РО относительно корпуса машины (КМ) жестко связанными между собой по положению и поэтому вся система имеет одну степень свободы. Тогда приведенная масса:

$$m_p = M \cdot [1 + \mu \cdot n \cdot (1 + i)^2], \quad (8)$$

$$\text{Уравнение движения КМ: } m_p \cdot v_1 \cdot (dv_1/ds) = u \cdot M_d, \quad (9)$$

где v_1 - скорость звена приведения (КМ), s – перемещение звена приведения, измеряемое каждый раз от начала интервала, u – передаточное число трансмиссии, M_d – движущий момент привода. Если двигатель имеет вращательное движение, то u будет иметь размерность [1/м].

Примем квадратичную зависимость M_d от скорости:

$$M_d = \alpha \cdot (\lambda^2 - u^2 \cdot v_1^2), \quad (10)$$

где α и λ - константы, характеризующие синхронную скорость (λ) и пусковой момент ($\lambda \cdot \alpha^2$) двигателя.

Интегрируя (9) с учетом (10) получим:

$$-0,5 \cdot \ln |(\lambda/u)^2 - v_1^2| = \alpha \cdot s \cdot u^2 / m_p + C, \quad (11)$$

Вычисляя K_n по (7) на границе каждого j -го интервала, считая, что при этом точки системы не изменяют своего положения, получим условия связывающие скорости КМ на границах этих интервалов:

$$j = \chi, v_{\chi+1} = v_\chi \cdot K_{n\chi} \quad (12)$$

Теперь, определяя произвольную постоянную C на каждом интервале (из условия: при $s=0, v_1 = v_{\chi+1}$) из (11) с учетом (12), получим рекуррентные выражения для скорости КМ в конце каждого j -го интервала при числе интервалов в цикле равном χ :

$$\begin{aligned} j = 1, & \quad v_{1k}^2 = (\lambda/u)^2 \cdot (1 - e^{-b_1}) + (v_{1n})^2 \cdot e^{-b_1}, \\ j = 2, & \quad v_{2k}^2 = (\lambda/u)^2 \cdot (1 - e^{-b_2}) + (v_{1k} \cdot K_{n1})^2 \cdot e^{-b_2}, \\ j = 3, & \quad v_{3k}^2 = (\lambda/u)^2 \cdot (1 - e^{-b_3}) + (v_{2k} \cdot K_{n2})^2 \cdot e^{-b_3}, \\ & \dots \dots \dots \\ j = \chi, & \quad v_{\chi}^2 = (\lambda/u)^2 \cdot (1 - e^{-b_\chi}) + (v_{\chi-1} \cdot K_{n(\chi-1)})^2 \cdot e^{-b_\chi}, \end{aligned} \quad (13)$$

где $b_1 = 2 \cdot s_1 \cdot \alpha \cdot u^3 / m_{p1}$, $b_2 = 2 \cdot s_2 \cdot \alpha \cdot u^3 / m_{p2}$, ..., $b_\chi = 2 \cdot s_\chi \cdot \alpha \cdot u^3 / m_{p\chi}$.

Начальную скорость v_{1n} на первом интервале определим из условия периодичности: $v_{1n} = v_{1n\pi(\chi+1)} = v_{1k\pi\chi} \cdot K_{n\chi}$, где $\pi = 1, 2, 4, \dots$. Тогда из первого уравнения системы (12):

$$(v_{1n})^2 = (\lambda/u)^2 \cdot (1 - e^{-b_1}) \cdot e^{b_1} \cdot K_{n1}^2 / (e^{b_1} - K_{n1}^2).$$

Аналогично, из первого и второго уравнения системы (13):

$$(v_{1n})^2 = (\lambda/u)^2 \cdot [(1 - e^{-b_1}) \cdot e^{b_1} \cdot (K_{n1} \cdot K_{n2})^2 + K_{n2}^2 \cdot e^{(b_1+b_2)} \cdot (1 - e^{-b_2})] / (e^{(b_1+b_2)} - (K_{n1} \cdot K_{n2})^2).$$

Таким образом, предложенным способом можно найти в замкнутой форме скорость КМ при любом числе интервалов. Очевидно, что для получения результатов в обозримом виде каждый раз перед началом расчетов следует предварительно проанализировать технологические операции и выделить из них те периодические движения РО, которые наиболее существенно могут влиять на движение КМ.

Список литературы:

1. Гончаров С.И. К вопросу о воздействии машин природообустройства на грунт / Экология - образование, наука, промышленность и здоровье: сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. -Ч.1.
2. Бессонов А.П., Умнов Н.В., Гончаров С.И. Evaluation of the top limit velocity for walking robots/ Proceedings of Seventh CISM-IFTOMM symposium on theory and practice of robots and manipulators. - Udine, Italy, 1988

ВЛИЯНИЕ ШИПОВАННЫХ ШИН НА ИЗНОС ПОКРЫТИЯ

**Горшкова Н.Г., канд. техн. наук, проф.,
Журавлев А.С., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Проблема использования шипованных шин долгие годы является предметом дискуссий. Некоторые страны наложили на них запрет, в то время как другие, наложили ограничения на их использование и выпустили закон, требующий использование легких шипов с целью снижения порчи дорожного покрытия[1]. Вопросы использования шипованных шин очень сложные и, пожалуй, главной проблемой является введение календарных ограничений на использование шипованных шин без воздействия на безопасность движения. Уже давно известно, что износ за проезд одного миллиона шипованных шин более высок именно на нежестких дорожных одеждах в сравнении с покрытиями из цементобетона, что добавляет актуальности проблеме для наших дорог, так как количество нежестких дорожных одежд в РФ на порядок преобладает над жесткими.

Достаточно давно изучением этого вопроса занимаются и провели многочисленные исследования зарубежные ученые. На основании изучения полученных ими выводов, нами были выявлены факторы, влияющие на интенсивность износа покрытий шипованной резиной, которые представлены в табл.1.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на интенсивность износа

Фактор	Сост. часть	Характеристика
Транспортное средство	Транспортное средство	<ul style="list-style-type: none">• Тип и вес• Осевая нагрузка• Количество шипованных шин• Скорость
	Шины	<ul style="list-style-type: none">• Тип (радиальная, диагональная)• Давление• Срок службы• Расположение шипов• Количество шипов
	Шипы	<ul style="list-style-type: none">• Тип (материал, форма)

		<ul style="list-style-type: none"> • Длина выступа • Вес
Дорожное покрытие	Геометрия	<ul style="list-style-type: none"> • Кривые в плане (резкие повороты) • Прямолинейные участки • Перекрестки • Уклоны
	Материал покрытия	<ul style="list-style-type: none"> • Тип и характеристики • Срок службы
	Состояние покрытия	<ul style="list-style-type: none"> • Продольный уклон покрытия • Лед • Уплотненный снег • Противогололедные реагенты • Слякоть
Окружающая среда	Влажность, температура	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая, низкая
Движение	Величина	<ul style="list-style-type: none"> • Интенсивность и состав движения
	Скорость	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая, низкая
	Полоса наката	<ul style="list-style-type: none"> • Ширина
	Метод сцепления	<ul style="list-style-type: none"> • Остановка (норм., резкая) • Ускорение (норм., резкое)

Таким образом, зная факторы, влияющие на интенсивность износа покрытий шипованной резиной, можно воздействовать на них, с целью сокращения их влияния, следующим образом:

1) регламентировать, исходя из зарубежного опыта, количество устанавливаемых на одной шине шипов (таблица 2), регламентируя выступ шипа до 1,2 мм и его вес до 1,5 граммов [2].

Таблица 2 – Рекомендованное количество шипов

Размер шины, дюйм	Рекомендованное количество шипов, шт
13	90
14-15	110
>15	130(легковой) /150(грузовой)

2) создать календарный график использования шипованных шин в зимнее время индивидуально для каждой ДКЗ.

3) снижать интенсивность движения, переориентировать транспортные потоки, транзитное движение и т.д.

4) ограничивать скорость движения в период применения шипованных шин исходя из таблицы 3[3].

Таблица 3 - Зависимость износа покрытия от скорости движения

Скорость, км/ч	Износ, м ³
50	0,20
60	0,23
70	0,27
80	0,32
90	0,42
100	0,56
110	0,78
120	1,17

4) применять щебень, прошедший лабораторные испытания в шаровой мельнице (Ball Mill test) и асфальтобетон, испытанный по Праллю (Pralltest), увеличивать содержание крупного щебня в асфальтобетоне, применение щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА), так как он имеет большую износостойкость, чем плотные асфальтобетонные смеси [4].

На стадии проектирования рекомендуется увеличивать радиусы вертикальных кривых, снижать крутизну подъемов и спусков, уширять полосы движения, так как геометрия дороги способствует износу дорожного покрытия. Износ от шипованных шин на прямом участке дороги значительно меньше, чем на крутых поворотах, где шипы, как правило, резко контактируют с дорожным покрытием и, таким образом, увеличивают износ. В районах, где происходит ускорение и замедление, например, на перекрестках, износ от шипов очень концентрированный, что увеличивает износ покрытия в 3,5 раза[5].

Таким образом, применяя данные рекомендации можно существенно снизить нежелательный износ покрытий дорожных одежд и тем самым снизить затраты на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог.

Список литературы:

1. Васильев Ю.Э., Ивачев А.В., Братищев И.С. Исследование устойчивости дорожно-строительных материалов к износному колееобразованию в условиях, приближенных к эксплуатационным // Интернет-журнал науковедение. № 5. 2014. С. 20-23.
2. Износ асфальтобетонных покрытий шипованной резиной. Режим доступа: URL: <http://www.dor.spb.ru/index/technology/iznos-pokrytiy> (Дата обращения 25.09.2016).
3. Общие данные по шипованным шинам / Отчет об исследовании Транспортного Центра Вашингтона (ТЦВ) / август, 1999.
4. Поздняков М.К. О колееобразовании на автомобильных дорогах // Дороги содружества. №4. 2008. С. 14-16.
5. Мозговой В.В., Онищенко А.Н. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеевости // Дорожная техника и технологии: каталог-справочник. 2010. С. 114-128.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

**Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.,
Золотых С.Н., аспирант,**

Духовный Г.С., канд. техн. наук, проф.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Перспективное развитие железнодорожного транспорта Российской Федерации предусматривает значительное повышение пропускной способности сети железных дорог для грузового и пассажирского движения за счет роста погонной нагрузки до 30 тонно-сил и увеличения скоростей движения поездов до 200 км/ч [1], что предъявляет повышенные требования к прочности, эксплуатационной надежности и долговечности всех конструктивных элементов железнодорожного пути. Так одним из наиболее дефектных элементов железнодорожного пути является земляное полотно.

По оценке специалистов на 7 % общей сети железных дорог земляное полотно, являющееся фундаментом всей конструкции, не удовлетворяет даже действующим нормативам, при этом устранение дефектов и ремонт земляного полотна являются дорогостоящими операциями, требующими длительного перерыва в движении железнодорожного транспорта. Большой научный интерес в Российской Федерации и за рубежом к решению вопросов повышения долговечности земляного полотна обуславливается многообразием дефектов, влияющих на надежность его работы, как от воздействия подвижной нагрузки проходящих поездов, так и от влияния климатических особенностей и видов грунтов, слагающих земляное полотно. На наш взгляд, наиболее эффективным направлением для обеспечения надежной и долговечной работы земляного полотна является устройство основной площадки из укрепленных местных грунтов взамен традиционно применяемых дренирующих грунтов [2].

К недостаткам защитного слоя можно отнести: невысокий модуль упругости верха основной площадки, водопроницаемость, а как следствие повышенная опасность морозного пучения, при этом высокая стоимость, связанная со значительной дальностью возки материала.

Применение в конструкции земляного полотна слоя из укрепленных местных грунтов с использованием цемента в сочетании с эффективными стабилизирующими добавками [3] взамен защитного слоя из дренирующего грунта позволит увеличить прочностные показатели основной площадки более чем в 2 раза.

Водонепроницаемость укрепленного слоя грунта в сочетании с применением геосинтетических материалов сохранит стабильность влажности грунтов ядра земляного полотна в процессе эксплуатации, а значит повысит прочность особо распространенных грунтов[4] (табл.1)

Таблица 1 – Нормативные значения модулей упругости грунтов

Грунт	Модуль упругости, при относительной влажности W/W_m , МПа									
	0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Пески:										
- крупные	130									
- средней кр.	120									
- мелкие	100									
-однородные	75									
- пылеватые	96	90	84	78	72	60	60	54	48	43
Супеси:										
- легкая	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
- пылеватая, тяжелая пылеватая	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
- легкая крупная	65									
Суглинки:										
- легкий, тяжелый	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
- легкий / тяжелый пылеватый	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Глины	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23

Стоимость устройства укрепленного слоя из местных грунтов, существенно, снизит общую стоимость строительства железной дороги за счет исключения дорогостоящих перевозок, связанных с доставкой дренирующего грунта.

В настоящее время для повышения качества земляного полотна, в зависимости от вида грунта применяют различные стабилизаторы (рис.1). В статье рассмотрено использование порошкообразного стабилизатора «Nicoflok»[5] результаты испытаний приведены в табл. 2.



Рисунок 1 – Классификация стабилизатор для дорожного строительства

Сравнительный анализ свойств образцов грунта комплексно укрепленных цементом совместно с «Nicoflok» (составы 1.2.3), приведенные в табл.2, указывает на практическое отсутствие капиллярного водонасыщения образцов и низкие значения этого показателя в условиях полного водонасыщения, что косвенно свидетельствует о низкой водопроницаемости применяемого материала.

Марка материала по прочности состава 1 (при полном водонасыщении) соответствует М40, состава 2 марки М60, а состава 3 - марке М80, что также позволяет применять такие составы композита в качестве верхнего слоя земляного полотна в II-V дорожно-климатических зонах.

Таблица 2 – Суглинок легкий пылеватый (K=0,56)

Наименование	Водо насы щени е, %	Прочность на сжатие, МПа		Модуль деформации, МПа		Модуль деформации в уровне основной площадки, МПа	
	полное	капиляр.	полное	капиляр.	полное	нормируемый для скоростных пассажирских и особогрузона-пряженных	Расчетный по результатам лабораторны х испытаний
1	2	3	4	5	6	7	8
Состав 1	0,6	5,7	4,7	330	320	100	92
Состав 2	0,4	7,1	6,1	395	385	100	97
Состав 3	0,2	8,8	8,0	500	485	100	112

Прочностные характеристики композита как при капиллярном, так и полном водонасыщении превышают показатели для песчано-гравийной смеси, а значения эквивалентных модулей деформации в уровне основной площадки, соответствует при 1 составе для строительства дорог I и II категории, при 2 и 3 составах для железных дорог всех категорий.

Обобщая вышесказанное можно сделать вывод, что положительный опыт применения грунтобетонного слоя с использованием современных стабилизаторов указывают на актуальность исследований по широкомасштабному применению комплексно укрепленных грунтов в качестве основной площадки земляного полотна.

Список литературы:

1. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. №877р.
2. Исаенко Э.П., Логвиненко А.А., Шарапов С.Н. Реконструкция железнодорожного земляного полотна // Современные методы проектирования гране портных магистралей как элементов природно-технической системы Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля наук

- РСФСР доктора технических наук, профессора А.К. Дюнина 2015. С. 44-50.
3. Спиридонов Э.С., Духовный Г. С. , Логвиненко А. А., Хоружая Н.В. Научные подходы к оценке качества продукции строительства транспортных объектов //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3м. С. 113-116.
 4. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. - М.: Инфор- мавтодор, 2001. - 145 с.
 5. ТУ 5743-003-13881083-2006 «Добавка укрепляющая для вяжущих растворов и сухих смесей Nisoflok»

ОЦЕНКА РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОГО ПЕРЕКРЕСТКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ УДОБСТВА

Дорохин С.В., д-р техн. наук, проф.,
*Воронежский государственный лесотехнический
университет им. Г.Ф. Морозова*

Новиков И.А., канд. техн. наук, доц.,
Кущенко Л.Е., канд. техн. наук, ст. преподаватель,
Шевцова А.Г., канд. техн. наук, ст. преподаватель
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Российская Федерация, являясь самой большой по площади страной в мире, имеет развитую дорожную сеть. Дороги напрямую влияют на экономику страны и ее развитие. Активный прирост автомобильного парка требует проведения соответствующих мероприятий по организации дорожного движения (ОДД) для обеспечения бесперебойного функционирования улично-дорожной сети (УДС)[1]. От качества ОДД зависят такие показатели как безопасность участников движения и потери времени в пути.

В РФ отмечается активное использование различных методов ОДД, как архитектурно-планировочных, к которым можно отнести устройство кольцевых пересечений. Практика показывает, что они могут применяться в различных условиях, при разных интенсивностях и их применение может преследовать различные цели.

Устройство кольцевого пересечения целесообразно, если наблюдается высокая аварийность на нерегулируемых пересечениях двухполосных дорог. Данная мера помогает повысить безопасность движения на участке УДС [2]. Преследуя цель повышения безопасности, рекомендовано устраивать кольца для снижения скоростей движения, где это необходимо, для организации разворотов, на пересечениях со сложными геометрическими параметрами.

В Германии при строительстве нерегулируемых пересечений приоритетным направлением считается строительство кольцевых развязок, так как они являются эффективной мерой для снижения скорости движения транспортных потоков. Вся классификация кругового движения в Германии согласно нормативной документации [3] включает в себя мини-кольца, малое круговое движение и большое круговое движение.

В Американской литературе [4,5] все кольцевые пересечения делятся на шесть видов:

- 1) mini-roundabouts – мини-кольца;
- 2) urbancompactroundabouts – городские компактные кольца;
- 3) urbansingle-laneroundabouts – городские кольца с одной полосой;
- 4) urban double-lane roundabouts – городские кольца с двумя полосами;
- 5) ruralsingle-laneroundabouts – внегородские кольца с одной полосой;
- 6) ruraldouble-laneroundabouts – внегородские кольца с двумя полосами.

Как известно, кольцевые пересечения являются наиболее эффективными, если расположены на пересечении более двух дорог, а так же менее затратными, по сравнению с другими видами организации дорожного движения, поэтому их применяют для снижения затрат на строительство и содержание.

Не рекомендуется устраивать кольца на пересечениях, где существует координированное светофорное регулирование, так как это может нарушить систему управления движением и привести к большим транспортным задержкам.

Не целесообразно использование кольцевых пересечений при большой разнице интенсивностей на пересекающихся дорогах, а так же высокой интенсивности пешеходного потока.

Ограничением так же может служить недостаточная площадь для устройства кольцевого пересечения, так как оно требует больше места, по сравнению с пересечениями со светофорным регулированием.

С использованием компьютерного моделирования выполним оценку работы кольцевого перекрестка на примере г. Белгорода с целью оценки его работы при различных уровнях удобства.

Пересечение ул. Щорса и ул. Костюкова (рис. 1) представляет собой кольцевое пересечение, имеющее три въезда. Центральный островок приподнят над проезжей частью, так же имеются островки безопасности, обеспечивающие движение пешеходов, которые так же приподняты, они обустроены по направлению ул. Щорса. Диаметр центрального островка составляет 55 м, геометрические характеристики проезжих частей представлены в табл. 1.



Рисунок 1 – Спутниковый снимок кольцевого пересечения ул. Щорса - ул. Костюкова (с обозначение направлений)

Таблица 1 – Геометрические характеристики кольцевого пересечения ул. Щорса и ул. Костюкова г. Белгорода

Направление движения	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения, шт	Ширина полосы движения, м
№1	11	2	5,5
№2	8	2	4
№3	11	2	5,5
По кольцу	11	2	5,5

По улице Щорса движение потоков противоположных направлений разделено разметкой 1.3, деление на полосы движение осуществлено с помощью разметки 1.5, далее 1.6, переходящей перед самим пересечением с кольцевым движением в разметку 1.1. У края пересечения с кольцевым движением нанесена разметка 1.13, требующая уступить дорогу конфликтующему направлению в сочетании со знаками 2.4 «Уступите дорогу», 2.2 «Конец главной дороги» и 8.13 «Направление главной дороги». Об изменении режима движения говорит знак 4.3 «Круговое движение. Край проезжей части обозначен разметкой 1.2.1. Разметка 1.16 показывает направляющие островки в местах разделения и слияния транспортных потоков. Зоны пешеходных переходов обозначены разметкой 1.14.1 в сочетании со знаками 5.19.1 и 5.19.2 «Пешеходный переход». На островках безопасности, расположенных по ул. Щорса установлены знаки 4.2.1 «Объезд препятствия» и 8.22.1 «Направление объезда препятствия».

Полосы движения в пределах перекрестка обозначены разметкой 1.7.

Полосы движения на ул. Костюкова обозначены разметкой 1.5, далее 1.6 и 1.1. Направление движения по полосам указано с помощью разметки 1.18 в сочетании со знаком 5.15.1. На въезде на пересечение установлены знаки 2.4 «Уступите дорогу» в сочетании с разметкой 1.13, 2.2 «Конец главной дороги», 8.13 «Направление главной дороги» и 4.3 «Круговое движение. Пешеходные переходы нанесены разметкой 1.14.1 и обозначены знаками 5.19.1 и 5.19.2. Разметкой 1.16 нанесены направляющие островки. На центральном островке напротив въезда с ул. Костюкова установлен знак 1.34 «Направление поворота», устанавливается на поворотах малого радиуса и ограниченной видимостью.

Основным методом получения данных о характеристиках пересечений и транспортных и пешеходных потоков является натурное исследование, которое и было проведено на анализируемом объекте[6].

Оценку эффективности функционирования кольцевого пересечения можно проводить на основе такого показателя, как уровни удобства движения. Это комплексный показатель, который включает в себя: коэффициент загрузки, коэффициентом насыщения и коэффициентом скорости. Существует четыре уровня удобства движения, каждому из которых соответствуют свои показатели коэффициентов (табл. 2).

Таблица 1 – Характеристика уровней удобства движения

Уровень удобства	Значение коэффициента загрузки (Z)	Значение коэффициента насыщения (p)	Значение коэффициента скорости (C)
А	$\leq 0,2$	$< 0,1$	$\geq 0,9$
Б	0,2-0,45	0,1-0,3	0,7-0,9
В	0,45-0,7	0,3-0,7	0,55-0,7
Г	0,7-1,0	0,7-1,0	0,55-0,4

Каждый уровень удобства движения обеспечивает определенную интенсивность, на которую необходимо ориентироваться при проведении расчетов для установления эффективности кольцевого и регулируемого перекрестков.

Таким образом, уровни удобства движения являются наиболее подходящим критерием при проведении анализа эффективности функционирования кольцевых пересечений, так как включают в себя другие коэффициенты и показатели транспортного потока (табл. 3).

Таблица 2 - Значения характеристик транспортных потоков при различных уровнях удобства на кольцевом пересечении

Критерий	А	Б	В	Г
Время задержки, с/км	37,04	1811,31	6727,1	8847,18
Время остановки, с/км	20,81	1778,04	6692,77	8812,92
Плотность, ТС/км	19,36	69,82	75,75	76,9
Скорость, км/ч	40,14	12,48	5,63	5,48
Средняя задержка одного автомобиля, с/км	0,02	0,46	1,09	1,00

Согласно выполненному моделированию реально существующего объекта – кольцевого перекрестка можно судить об его эффективности при увеличении интенсивности транспортного потока. Полученные данные позволяют определить изменение основных показателей транспортного потока, что позволяет предотвратить ухудшение дорожно-транспортной ситуации в целом.

Список литературы:

1. Шевцова А.Г., Кущенко Л.Е., Захаров В.М. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 6-1. С. 39-44.
2. Шевцова А.Г., Боровской А.Е., Остапко А.С. Транспортная проблема и различные сферы деятельности // Научные труды SWorld. 2012. Т. 1. № 2. С. 80-83.
3. Natzschka H. Strassenbau: EntwurfundBautechnik B.G. TeubnerVerlag, GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden. 2003, 469 p.
4. Florida roundabout guide. Florida department of transportation. October 2003, 109 p.
5. NCHRP Synthesis 264. Modern Roundabout Practice in the USA Synthesis of Highway Practice. Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. 1998, 82 p.
6. Семикопенко Ю.В., Шевцова А.Г., Дмитриев Д.В. Обзорметодовопределениясоставатранспортногопотокаприреализации транспортногопланирования. Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 5. № 7. С. 108-112.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЛАСТИЧНЫХ ГЛИН

**Дубинин Н.Н., канд. техн. наук, проф.,
Лагутин И.И., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Вопросы подготовки глиномасс при производстве изделий грубой керамики, к которым относится производство глиняного кирпича пластичным способом, является одной из важнейших задач.

При подготовки сырья решается сразу несколько задач: выделение каменистых и органических включений, придание глиномассе однородной структуры и влажности, а также усреднение ее состава. Степень обработки сырья влияет на качество кирпича сырца после сушки и на качество готового изделия после обжига.

Несмотря на примитивный способ обработки глины вылеживанием в буртах, такой способ остается наиболее эффективным. При вылеживании глины в течение года-двух происходит многократное замораживание-размораживание глины, что приводит к диспергации частиц, а перелопачивание буртов приводит к усреднению ее состава.

Однако постоянно увеличивающиеся объемы выпуска керамического кирпича пластического способа производства, не позволяют осуществлять долгое хранение подобных объемов и переработка глины осуществляется в различного рода перерабатывающих машинах.

Стремление осуществить качественную обработку глиномасс рабочие органы подготовительных машин выполняют таким образом, чтобы структура переработанных глиномасс приближалась к структуре естественной обработки.

Для предварительной грубой обработки глин, доставленных из карьера, их подвергают грубому дроблению в зубчатых валковых дробилках, глинорезках – стругачах и камневыделительных вальцах дезинтеграторного и винтового типа [1].

Тонкое измельчение производится в вальцах грубого и тонкого помола, при этом зазор в валках грубого помола составляе 3-4 мм, а в вальцах тонкого помола он составляет 1,5-0,5 мм, кроме того, валки вращаются с разной частотой вращения, что приводит к сдвиговым деформациям, которая способствует гомогенизации глиномасс.

Одной из наиболее эффективной машиной для тонкого измельчения пластичных глиняных масс являются бегуны мокрого помола в которых при обработке кусочки глины с формовочной влажностью многократно раздавливаются и истираются тяжелыми катками, что и обеспечивает тонкое измельчение глины.

При подготовке глиномассы, в технологических процессах, получения керамических изделий в последнее время получили глинорастиратели. Глинорастиратель представляет собой чашу внутри которой вращается крыльчатка с лопастями, протирающими глину через перфорированную боковую поверхность. Под чашей расположена тарель, на которую попадает перетертая глина и выгружается в бункер.

Технологические линии по подготовке глиномасс могут иметь самые разнообразные варианты установки перерабатывающих машин [2], которая связана с реологическими свойствами глин.

Создание оборудования с многократным воздействием на глину, способного заменить часть технологической линии подготовки сырья, была воплощена в институте ООО ИНТА-СТРОЙ разработкой установки «Каскад» [3].

Принцип работы установки состоит из двух известных воздействий на глину – срезание стружки с одной решетки и продавливание через другую решетку с отверстиями (глинорастиратель, бегуны).

Подобная машина многократного воздействия на глиномассу с последующей протирающей через фильеры разработана на кафедре ТКММ БГТУ им. В.Г. Шухова.

Двухвальный глинорастиратель содержит питающие валки протирающие роторы с валами, соединенных с приводом. Между боковыми дисками установлена перфорированная протирающая скоба, закрепленная на раме. Для приведения во вращение боковых дисков на них закреплены шестерни которые приводятся во вращение от промежуточного вала. В самом конце суживающегося канала к раме примыкает камнесборник с поворотной заслонкой.

Роторный глинорастиратель работает следующим образом: подготовленная глиномасса при помощи питающих валков 1 и раскатателя 8 подается в камеры перемешивания, образованными поверхностями барабанов с протирающими лопастями, боковых дисков, и протирающих скоб 3. Движущиеся поверхности вращающихся дисков и барабанов с протирающими лопастями продвигают массу вдоль камеры переменного сечения активно ее перемешивая, продавливая (протирая) через отверстия в скобах и постепенно продвигая к выходу.

По мере продвижения глиномассы, последняя растирается скобами и теряет свою первоначальную структуру, за счет частичного разрушения зерен и освобождение связей, для увеличения дальнейшей гидратации. Камни, органические включения и возможные отходы производства продвигаясь по камере сжатия переменного сечения попадают в камнесборник 6, где время от времени удаляются посредством поворотной заслонки 7.

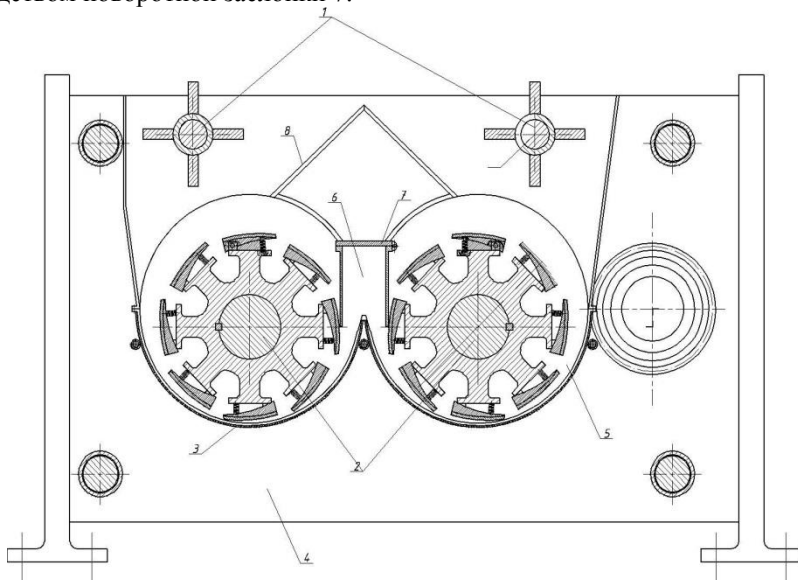


Рисунок – Роторный глинорастиратель: 1- питающие валки, 2- роторы с валами, 3- скоба, 4- рама, 5- камера переменного сечения, 6-камнесборник, 7- заслонка, 8- рассекатель

Роторы со сменными протирочными лопастями приводятся во вращение зубчатыми передачами, через промежуточный вал. Боковые диски являются частью приводных шестерен и активно участвуют в «затягивании» глины в камеру сжатия переменного сечения. Протирочные лопасти закреплены на роторах смесителя при помощи пальцев. Свободные конца лопастей подпружинены таким образом, чтобы создать между протирочной перфорированной скобой и лопастями клиновое пространство, с необходимым, регулируемым уклоном. Этот уклон способствует дополнительному перетиранию

глиномассы и регулирует производительность смесителя путем плавного понижения давления в камере между скобой и лопастью.

Список литературы:

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций, Машиностроение, 1975. – 360 с.
2. Романович А.А., Ильина Т.Н., Солопов Н.В., Варданын Г.Р. Технологический комплекс для утилизации техногенных волокнистых материалов// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.2005. №11. С.203-205
3. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Карабут Л.А., Пашкова Е.Б., Спитанов В.В. Установка «Каскад» для кирпичной промышленности / Строительные материалы. 2005. №2. С.18-19.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

**Духовный Г.С., канд. техн. наук, проф.,
Сачкова А.В., канд. техн. наук, ст. преподаватель,
Карпенко Д.В., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Введение: После введения санкций вопрос импортозамещения для России стал особенно актуален. О том, что необходимо усилить производство всего «своего», активно заговорили руководители на всех уровнях и в разных сферах. Дорожная отрасль – не исключение. Однако на деле выходит, что если в строительстве прямо сейчас начать использовать лишь отечественные материалы и технику, то страна рискует остаться без дорог. Исторически Россия богата собственными природными ресурсами, которые используются при строительстве дорог по всей территории страны. В частности, налажен выпуск битумных материалов, поставляемых нефтеперерабатывающими заводами. Однако, например, в сфере модификаторов, улучшающих свойства битумных вяжущих, на российском рынке продолжают использоваться зарубежные разработки.

1. Преимущество модификаторов на основе резиновой крошки.

К основным преимуществам модификаторов на основе резиновой крошки можно отнести [2]:

- низкая стоимость (в 2 раза и более по сравнению с полимерами типа СБС);
- возможность применения без установки дополнительного оборудования на асфальтобетонные заводы и внесения изменений в технологический процесс;
- значительная экономия на стабилизирующих добавках (их применение не требуется);
- увеличения срока службы покрытия и межремонтных сроков за счет улучшения характеристик асфальтобетона.

2. Опыт применения асфальтобетона, модифицированного резиновой крошкой.

Многочисленные исследования показали, что грамотное применение резиновой крошки в качестве модификатора асфальтобетона приводит к значительному расширению

температурного интервала работы покрытия и к увеличению срока его службы [1-3] (табл.1). Как следствие этого, значительно снижаются эксплуатационные расходы на обслуживание асфальтобетона, модифицированного резиновой крошкой [4].

Таблица 1 – Физико-механические показатели ЩМА-15

Наименование показателя	Значение показателя для			
	ЩМА-15 на БНД	ШМА-15 на ПБВ	ЩМА-15 на РБВ	ГОСТ 31015-2002
1	2	3	4	5
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее: при температуре 20 °С при температуре 50 °С	3,17	3,85	4,53	2,2
	1,10	1,28	1,44	0,65
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения, не менее сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа, не менее	0,94	0,97	0,97	0,93
	0,19	0,25	0,36	0,18
Трещиностойкость — предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа:	3,22	3,01	2,87	2,5-6,0
Показатель стекания, не более, %	0,14	0,12	0,10	0,20

Как видно из представленных данных резинобитумное вяжущее существенно расширяет температурный интервал надежной работы асфальтобетонного покрытия, увеличивает трещиностойкость при низких температурах, за счет повышенной эластичности, повышает стойкость покрытия к колееобразованию не только по сравнению с традиционным рецептом ЩМА с применением целлюлозной стабилизирующей добавки, но и по сравнению с ЩМА на полимерно-битумном вяжущем.

3. Технологические аспекты применения.

Применение модификаторов на основе резиновой крошки технологично за счет того, что:

- корректировка зернового состава асфальтобетонной смеси и количества вяжущего не производится;
- МРК подается в смеситель из бункера, предназначенного для стабилизирующей добавки или бункера с аналогичной шнековой подачей;
- корректировка температуры выпуска смеси не требуется и может варьироваться от стандартных настроек асфальтобетонного завода и дальности возки смеси;
- увеличение времени перемешивания смеси не требуется;
- укладка производится по технологии указанной в ГОСТ без изменения температурных и временных параметров.

Выводы: промышленное внедрение резиновой крошки в качестве модификатора асфальтобетона позволяет получить следующие преимущества:

- в рамках программы импортозамещения, получить качественный и дешевый модификатор;
- существенно улучшить физико-механические характеристики асфальтобетона;
- отказаться от технологического дооборудования завода (как в случае с применением полимеров).

Принимая во внимания, также экологический аспект и экономическую целесообразность производства, за счет существенной господдержки Федеральной программой, можно говорить о больших перспективах промышленного внедрения модификаторов на основе резиновой крошки.

Список литературы:

1. Селицкая Н.В., Духовный Г.С., Ядыкина В.В. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств эмульсионной мастики на основе композиционного наноструктурированного органоминерального вяжущего// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 20-24.
2. Сачкова А.В., Духовный Г.С. Композиционное резинобитумное вяжущее для дорожного строительства// LAP Lambert Academic Publishing. 2013. 60 с.

3. Хоружая Н.В., Духовный Г.С., Карпенко А.В. Влияние низкотемпературных свойств гидроизоляционной мастики на основе комплексного органоминерального вяжущего на долговечность транспортных сооружений // Двенадцатая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов», Москва: Изд-во МИИТ, 2011. С. 6-8.
4. Сачкова А.В., Карпенко Д.В. Экономическая эффективность внедрения резиноасфальтобетона// Успехи современной науки. 2015.№1. С12-14.

МЕТОД СНИЖЕНИЯ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА

Загородний Н.А., канд. техн. наук, доц.,
Болотов Р.А., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Ежегодно в России в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибают около 25 тысяч человек и свыше 250 тысяч получают ранения.

За период с 2011 по 2015 г. в России по данным Госавтоинспекции МВД России, произошло 991 249 дорожно-транспортных происшествий, в результате которых погибло 132 933, и был ранен 1 251 880 человек. Смертность при ДТП в РФ за 2015 г. составила 15,8 человек на 100 тыс. населения, а в Белгородской области (БО) этот показатель равен 13,3, что немного меньше, чем в целом по России. Правительство РФ уделяет большое внимание соблюдению ПДД, совершая административные наказания за несоблюдение пунктов правил дорожного движения (ПДД), нарушение которых может привести к аварии на дороге. За последние 5 лет количество ДТП в России снижается, но остается на довольно высоком уровне. А ввод только ужесточение штрафов за нарушение ПДД не дает желаемого результата, при этом ДТП как происходили, так и происходят. На основании этого, снижение тяжести последствий ДТП является актуальной и своевременной задачей

Основными причинами смерти пострадавших в ДТП являются следующие факторы: травмы, не совместимые с жизнью, – 20%; задержка скорой помощи – 10%; бездействие или неправильные действия очевидцев ДТП – 70%.

Для определения оптимального расположения станций скорой помощи, выявлены места концентрации ДТП (в самом расчете взяты 8 мест концентрации ДТП наиболее удаленные от станций скорой помощи), известно, что станции скорой помощи, в первую очередь, привязаны к определенной территории.

Рассмотрена, адаптирована и решена транспортная задача линейного программирования грузоперевозок. Задача заключается в следующем:

- необходимо распределить пункты скорой помощи, на расстоянии, ближайшем к местам концентрации ДТП, учитывая наименьшее время

прибытия автомобиля на каждое место ДТП. Условия: 8 станций скорой помощи, привязанных территориально к Белгородскому району и поделенных на 8 секторов, представленных на рисунке 1.

Решением задачи является поиск совокупность объемов перевозок между всеми пунктами (станциями) скорой помощи и местами концентрации ДТП (корреспонденций), обеспечивающей минимальный объем перевозочной работы (грузооборота) в минутах-километрах.

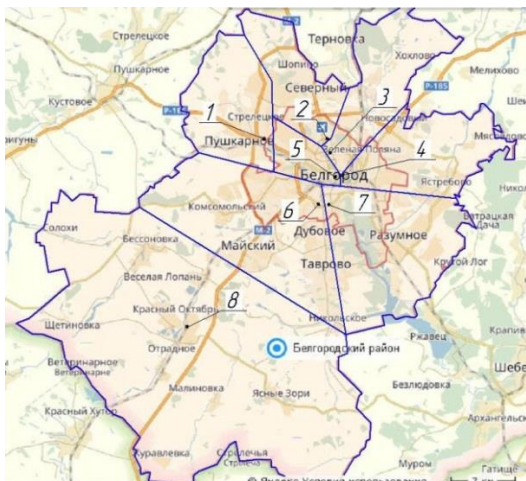


Рисунок 1– Территории обслуживания станций скорой помощи Белгородского района

1 сектор – Белгородская ЦРБ, ул. Королева 77; 2 сектор – Станция скорой помощи, ул. Железнякова 20; 3 сектор – ОГБУЗ ГОКБ св. Иосафа, ул. Некрасова 8/9; 4 сектор – Центральная скорая помощь, ул. Белгородский проспект 55; 5 сектор – ОГУЗ ГКБ № 1, ул. Народный бульвар 99; 6 сектор – МБУЗ ГКБ № 2, ул. Губкина 46; 7 сектор – Южная станция скорой помощи, ул. Шаландина 19а; 8 сектор – Октябрьская районная больница, ул. Чкалова 7.

Станции скорой помощи предлагается расположить, исходя из основных характеристик, таких как: большое количество точек концентрации ДТП с пострадавшими, большая территория

обслуживания, для одного пункта скорой помощи, в связи с чем, большое количество времени прибытия автомобилей скорой помощи.

В настоящее время в Белгородском районе 8 станций скорой помощи, которые территориально привязаны к больницам, существуют места концентрации ДТП удаленные от станций скорой помощи, соответственно прибытие бригад будет несвоевременным, поэтому предлагается дополнительно разместить 3 станции скорой помощи.

Одну станцию скорой помощи предлагается расположить по ул. Волчанская для обслуживания следующих населенных пунктов: пгт. Разумное, с. Крутой Лог, с. Беловское. Вторую станцию скорой помощи предлагается расположить по ул. Садовая в пгт. Северный, которая будет обслуживать преимущественно пгт. Северный и северную часть Белгородского района. Третий пункт скорой помощи предлагается расположить в 8 секторе и соответственно будет находиться по ул. Кирова с. Ясные Зори. Территория обслуживания будет следующая: с. Ясные Зори, с. Устинка, с. Ровенек, с. Черемошное, с. Салтыково.

Границы обслуживания проектируемых и уже существующих станций скорой помощи представлены на рисунке 2.

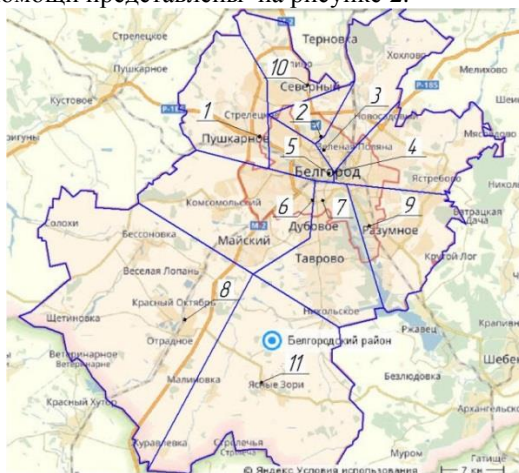


Рисунок 2 – Расположение станций скорой помощи, принятые к расчету

Для решения транспортной задачи принят алгоритм решения методом потенциалов, который относится к группе методов последовательного приближения. Вначале отыскивается исходный

допустимый план перевозок, который, как правило, не является оптимальным, а затем по определенной итеративной процедуре этот план доводится до оптимального варианта.

Транспортная задача линейного программирования решена с помощью двух вариантов, а именно по методу северо-западного угла и наименьшего элемента в матрице. Предложенная матрица, построенная по наименьшему элементу в матрице, считается рациональной, так как функционал транспортной задачи составил 1319 мин-км, по отношению к матрице, построенной по методу северо-западного угла, где функционал транспортной задачи равен 3546,3 мин-км.

Ввод 3 дополнительных станций скорой помощи к уже имеющим 8 позволит сократить время приезда бригад скорой помощи и расстояния от каждого пункта до места концентрации ДТП практически в 2 раза. Таким образом, бригады скорой помощи будут прибывать на место ДТП гораздо быстрее, что в свою очередь приведёт к снижению тяжести последствий ДТП в Белгородском районе.

Список литературы:

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. Госавтоинспекция. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru>. – Загл. с экрана.
2. Захарова А.Е. Азбука спасения при дорожно-транспортных происшествиях: 2011 Издание: Мир автокниг, 80 с.
3. Волошин Г.Я. и др. Анализ дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт. 1987. 240 с.
4. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента / Хикс Ч. – М.: Книга по Требованию. 2013. 203 с.
5. Чванов В.В. Методы оценки и повышение безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. – М.: ИНФРА-М. 2010. 416 с.
6. Касаткин Ф.П. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса [Электронный ресурс]: учебное пособие для высшей школы/ Касаткин Ф.П., Коновалов С.И., Касаткина Э.Ф. – Электрон. текстовые данные. – М.: Академический Проект, 2015. 352 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/36868>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

**Кобушко Е.А., магистрант,
Проскурин И.А., магистрант,
Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.,
Евженков А.Г., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

При производстве асфальтобетона для дорожного строительства важную роль играет дисперсная составляющая – минеральный порошок, представляющий собой продукт тонкого измельчения до удельной поверхности 2500 - 5000 см²/г известняков, доломитов, доломитизированных известняков и других карбонатных пород, металлургических шлаков, а также порошкообразных отходов промышленности. Основным способом улучшения свойств минеральных порошков является их физико-химическая активация, при которой процесс измельчения материалов сопровождается обработкой битума с поверхностно-активными веществами (ПАВ). В результате активации минеральных порошков они приобретают целый комплекс полезных свойств: – гидрофильная поверхность порошка становится гидрофобной, что облегчает его транспортирование и хранение; – активированные порошки не комкуются, предоставляя возможность снижения тонкости помола при их производстве; –улучшает условия взаимодействия с битумом при получении асфальтобетона; – возможность приготовления асфальтобетонов с повышенной плотностью, прочностью, водо- и морозостойкостью, а в некоторых случаях – с повышенной сдвигоустойчивостью и трещиностойкостью; – холодные асфальтобетонные смеси на активированном минеральном порошке не слеживаются при хранении; покрытия из таких смесей формируются быстрее, испытывая давление при движении автомобилей; – уменьшается расход битума для приготовления асфальтобетонных смесей; – приготовление, укладку и уплотнение асфальтобетонных смесей на активированном минеральном порошке осуществляют при сниженной по сравнению с обычным минеральным порошком, на 200С температуре; – при укладке и уплотнении асфальтобетона улучшается обрабатываемость смеси. Чаще всего в качестве исходного сырья для производства минерального порошка применяются: - карбонатные породы, к которым относится осадочная порода, состоящая более чем на 50% из одного или нескольких

карбонатных минералов, например известняков, доломитов и переходных между ними разновидностей; некарбонатные породы - осадочная или изверженная порода, состоящая более чем на 50% из минералов кремнезема, например опок, трепелов, туфов, песчаников, гранитов. Все большую популярность, в виду экономических и экологических преимуществ, набирает минеральный порошок полученный из вторичного сырья промышленной переработки(шлаки, перлитовый порошок и др.) [1]. Благодаря своей высокоразвитой поверхности, адсорбирующей большую часть битума, минеральный порошок становится активной составной частью асфальтобетона, оказывающей большое влияние на его свойства. Важнейшими особенностями минерального порошка являются его способность к хорошему взаимодействию с битумом и его удельная поверхность. [2,3]. Важнейшей особенностью минерального порошка, обуславливающей его активную структурообразующую роль в асфальтобетоне, является высокоразвитая удельная поверхность. Однако, очень высокая дисперсность порошков (неактивированных) часто не реализуется в асфальтобетоне вследствие агрегирования наиболее мелких частиц. Более того, образующиеся агрегаты не только снижают эффективную удельную поверхность порошка, но снижают плотность и коррозионную устойчивость асфальтобетона. Поэтому чрезмерно тонкое измельчение неактивированных порошков нежелательно. [4,5]. Большое значение имеет пористость зерен минерального порошка. Взаимодействие битума с минеральным порошком обусловлено не только весьма развитой внешней поверхностью зерен, но главным образом очень развитой внутренней поверхностью зерен, образуемой разветвленной системой микропор. В случаях, когда отсутствуют карбонатные породы, для производства минерального порошка могут использоваться кремнеземосодержащие породы (например, перлит, кварцит). Использование таких наполнителей способствует повышению тепло-, трещиностойкости и сдвигустойчивости асфальтобетона, а также снижению стоимости приготовления асфальтобетонной смеси. При этом достигается и положительный экологический эффект.

Перлит — горная порода вулканического происхождения. Для перлита характерна мелкая концентрически-скорлуповатая отдельность (перлитовая структура), по которой он распадается на округлые ядра (перлы), напоминающие жемчужины с характерным блеском. Дисперсный перлит по показателям свойств уступает традиционному известняковому наполнителю, однако он удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к минеральным порошкам марки МП-2

для асфальтобетонной смеси. Кроме того, к достоинствам вспученного перлита следует отнести низкую плотность, стойкость к гниению и характерное внутризерновое строение – совокупность тончайших пластинок, разделенных между собой заземленными воздушными слоями. Именно эти показатели должны будут оказать решающее влияние при формировании асфальтовяжущего – важнейшей структурной составляющей асфальтобетонов [6]. Гранулометрические составы наполнителей из перлита и известняка очень близки. Однако, при изучении удельной поверхности с использованием красителя метиленового голубого, определяющего ее с учетом пористости исследуемой поверхности, этот показатель у перлитового наполнителя оказался в 1,4 раза выше, чем у известнякового. На основании этого сделано предположение, что на перлитовом наполнителе можно получить эффективное асфальтовяжущее [7].

Пиритные или колчеданные огарки – отход производства серной кислоты имеет ряд преимуществ: он абсолютно инертен и при высокой дисперсности не слипается даже во влажном состоянии. Несмотря на то, что в прошлом были попытки (в том числе успешные) его использования в качестве минерального порошка, до настоящего времени остается ряд нерешенных проблем – вопросы сцепления с битумом и изменения свойств во времени. Один из наиболее перспективных путей повышения качества асфальтобетона – введение в его состав или в применяемый битум минеральных порошков из углеродистого известняка, улучшающих структурно-механические свойства этих материалов. Минеральный порошок (углеродистый известняк) также применяют и в виде латсексов.

Последние можно эффективно вводить в битумную эмульсию. Реже вводят порошок в виде латекса в горячий битум. В настоящее время разработан способ введения порошка в асфальтобетонную смесь путем его механо-химической прививки к свежесформированным поверхностям минеральных зерен. Применение минерального порошка (углеродистого известняка) существенно улучшает и показатели технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей; снижается температура выпускаемой смеси, улучшается качество и снижается продолжительность перемешивания, повышается обрабатываемость смеси при укладке и уплотнении [8]. Несомненно, для масштабного внедрения в составы строительных материалов на основе органических вяжущих пористых мелкодисперсных наполнителей необходимо проведение целой серии дополнительных исследований, которые позволят оценить и классифицировать образующееся

мелкодисперсное сырье и охарактеризовать область его применения. Но уже на основе существующих научных знаний можно заключить, что эти материалы позволяют получать эффективные асфальтобетоны, одновременно решая задачи утилизации мелкодисперсного техногенного сырья, что в свою очередь может снизить целый ряд экологических проблем, связанных с их хранением.

Список литературы:

1. Чериков С.Т., Баткибекова А.Т., Коенов М.Б. Разработка конструкции активатора-измельчителя ударно-инерционного действия // Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова. 2012. №4. С. 11-15
2. Жайлович И.Л., Яромко В.Н. К вопросу определения трещиностойкости асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. №4. С.22-25.
3. Кузнецов Д. А., Агамян Б.С. Устойчивость к образованию трещин при старении асфальтобетона с пористыми минеральными порошками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 43-45.
4. Готовцев В.М., Шатунов А.Г., Румянев А.Н., Сухов В.Д. Принципы формирования оптимальной структуры асфальтобетона // Издательский Дом "Академия Естественных наук". 2012. №11-1. С. 124-128.
5. Подольский В.П., Ковалев Н.С., Яковлев Е.В. Влияние металлизированных углеродных волокон на водостойкость асфальтобетона // Издательство журнала «Дороги» (Москва). 2015. №2. С. 25-28.
6. Солдатов А.А., Солдатова С.М., Борисенко А.Ю. Использование высокодисперсных отходов промышленности в качестве минеральных порошков асфальтобетона // Международный центр научно-исследовательских проектов. 2014. №4. С. 990 – 997.
7. Ковалев Н.С., Быкова Я.А. Исследование усталостной долговечности асфальтобетона с углеродсодержащим материалом при циклическом динамическом нагружении // Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. 2008. №12. С.62 – 66.
8. Каракулов Х.М., Хамракулов Р.Ж., Гуломов Д.И., Умирзоков З.А., Хазраткулов У.У. Методика получения минерального порошка из углеродистого известняка для повышения качества дорожного битума // Молодой ученый. 2016. №4. С. 54-56.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

**Конев А.А., канд. техн. наук,
Ченцов Д.В., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

На данном этапе развития мировой экономики автомобильный транспорт для большинства стран является основным видом внутреннего транспорта и ключевым элементом транспортной системы. На предприятиях России доля транспортных расходов при производстве продукции составляет в среднем от 2 до 15 процентов от стоимости товара [1].

Для эффективного использования транспорта за счет контроля и определения расхода по конкретной грузоперевозке были созданы системы мониторинга транспорта. При помощи встроенного навигационного приемника, принимающего сигналы спутников ГЛОНАСС или GPS, установленный на автомобиль терминал определяет координаты транспортного средства. Вместе с показаниями внешних датчиков, в том числе датчиков уровня топлива, эта информация через сеть GSM или Wi-Fi передается и обрабатывается в облачном сервисе, данные могут быть получены диспетчером в виде отчетов с любого компьютера, через обычный интернет браузер[2].

Система мониторинга транспорта позволяет в онлайн-режиме определять местоположение и направление движения ТС, контролировать перемещение ТС, контролировать соблюдение разрешенных маршрутов следования, выявлять несанкционированные рейсы и отклонения от маршрута, выявлять накрутки пробега и учитывать реальный пробег ТС, учет пройденного автомобилем расстояния и расхода горючего, отслеживание своевременного прохождения ТС процедуры очередного технического обслуживания, обоснования списания горюче-смазочных материалов и др.[3].

Мониторинговые системы позволяют составить отчет и в ручном режиме контролировать автотранспорт. При больших объемах используемых транспортных средств не всегда удастся проконтролировать простой в конкретное время. Зачастую о фактах нецелесообразного простоя становится известно лишь после составления отчета за определенный срок. Для усовершенствования

работы предприятия и сокращения расходов необходима online программа, позволяющая быстро увидеть свободный транспорт. Возможные варианты работы данной программы можно разобрать на примере предприятия ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ», г. Белгород.

ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» - крупнейшее машиностроительное предприятие г. Белгород. Для производства продукции используются различные производства и структурные подразделения, разделенные на две производственные площадки. Из-за географического расположения (площадки находятся на расстоянии 11 км друг от друга) и больших объемов выпускаемой продукции, а так же завоза товаро-материальных ценностей ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» использует собственный и наемный транспорт. Общее количество используемого транспорта в сутки составляет в среднем 30 единиц. Для контроля собственного транспорта предприятие использует мониторинговую систему «Omnicom-online». Данная программа позволяет делать еженедельный отчет по фактам простоя автотранспорта. Для контроля привлеченного транспорта используется службы охраны и лица, ответственные за использование автотранспорта, которые контролируют водителей для исключения фактов нецелесообразного простоя.

Все вышеперечисленные методы не позволяют увидеть диспетчеру свободный транспорт в данный момент времени. Об этом информация исходит либо от водителей, либо от лица, заказывающего автотранспорт. К сожалению, информация не всегда доходит до диспетчера.

Принцип распределения автотранспорта и решение о его выделении на ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» выглядит следующим образом: Мастер на производстве сообщает диспетчеру по кооперации о необходимости перевезти выпускаемую продукцию на обработку или доставке на склад для отправки заказчику. Диспетчер по кооперации не позднее 13:00 должен составить заявку о необходимом для производства количестве и наименовании транспортных средств на следующий день и направить ее специалисту по автоперевозкам. Специалист по автоперевозкам составляет общую заявку по всем производствам и распределяет автотранспорт в соответствие с заявкой. При внеплановой необходимости выделения транспортных средств на нужды производства диспетчер по кооперации связывается со специалистом по автоперевозкам и узнает о возможности выделения автотранспорта. Для этого специалисту необходимо узнать у каждого из водителей о возможности выполнения внеплановой заявки с помощью

сотовой связи. Данный процесс занимает определенное количество времени.

Одним из решений данной проблемы является установка дополнительного программного обеспечения на мобильное устройство водителей или ответственного лица за использование транспортного средства, работающего по принципу программ «Такси».

Упрощенная схема работы программы «Такси» представлена на рисунке 1.

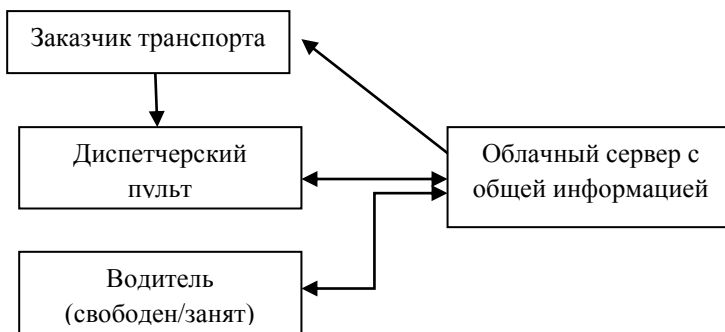
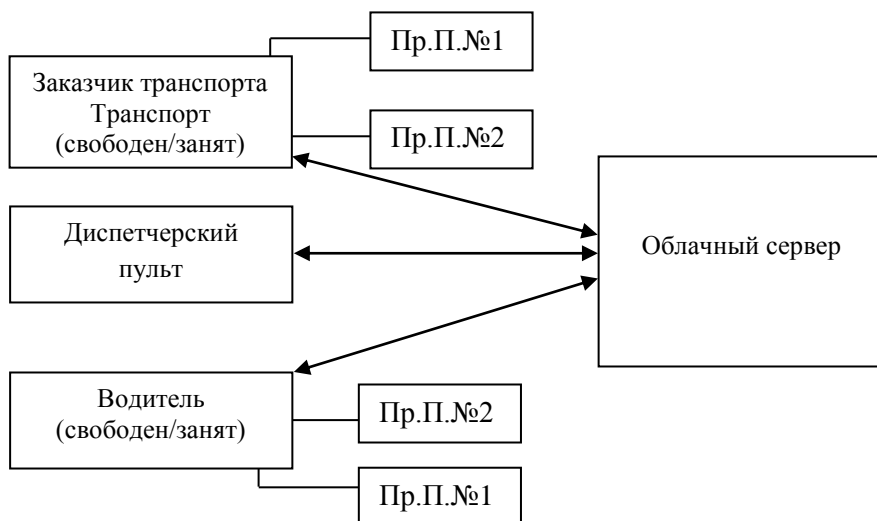


Рисунок 1 – принципиальная схема работы программы «Такси»

Исходя из схемы, представленной на рисунке 1 видно, что информация от заказчика приходит на диспетчерский пульт. Далее информация переходит на единый облачный сервер. Доступ к внесению и использованию информации есть у водителя и диспетчера. Водитель вносит информацию о степени свободности (свободен или буду свободен через) и месте предполагаемого забора пассажира. Диспетчер отправляет информацию, поступившую от клиента о месте и времени забора. Таким образом, сервер содержит информацию о заказчике, его месторасположении и цене заказа. Далее свободный водитель сообщает о возможности забора данного клиента. При создании такой возможности сервер посредством SMS-сообщения автоматически направляет информацию о марке, цвете транспортного средства и цене поездке по указанному маршруту.

Данная схема позволяет сократить количество звеньев и упрощает работу службы такси за счет своевременного предоставления доступа к информации, как диспетчеров, так и водителей транспортных средств.

Данную программу можно адаптировать под нужды производства. На рисунке 2 представлена схема работы данной программы на ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»



Пр.П.№1 - производственная площадка №1;

Пр.П.№2 - производственная площадка №2

Рисунок 2 – Схема работы адаптированной программы «Такси» на ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»

Отличием работы схемы, изображенной на рис. 2 от схему на рис. 1 является наличие информации от заказчика о степени занятости водителя. Данное отличие обуславливается тем, что водитель может быть не заинтересован в поиске дополнительной работы, так как способ оплаты основан на ежемесячной ставке, а не сдельный, как принято в службе такси. Таким образом, лицо, ответственное за использование автотранспорта должно сообщать о степени загруженности автотранспорта.

В условиях жесткой конкуренции современные компании должны рационально использовать все ресурсы своего предприятия. Для сокращения транспортных расходов необходимо исключать все виды нецелесообразного использования транспортных средств. Современные программы и устройства позволяют быстро получать и обрабатывать поступающую информацию [4]. Адаптированная программа для

предприятия, работающая по принципу «Такси» направлена на сокращение простоев и открытого доступа к имеющимся на заводе транспортным ресурсам.

Список литературы:

1. Налоговый кодекс Российской Федерации часть 2 (НК РФ ч.2) от 05.08.2000 №117-ФЗ ст.320 Порядок определения расходов по торговым операциям.// КонсультантПлюс. ВерсияПроф [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. - [М., 2005].
2. Основы логистики: [теория и практика] / [В. В. Щербаков и др.]. – Спб.: Питер Пресс, 2009. – 426 с.
3. Электронный ресурс: <http://www.omnicomm.ru> (14.09.2016)/
4. Конев А.А., Глаголев С.Н. Система электронного учета технических воздействий на автотранспортные средства // Автомобиль и Электроника. Современные Технологии. 2013. № 1 (4). С. 111-113.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Конев А.А., канд. техн. наук,
Шакалов И.П., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В современном мире трудно вообразить жизнь без автомобилей. Они позволяют нам с комфортом и минимальными затратами времени добираться практически в любое необходимое место. Но поскольку автомобиль является сложным техническим устройством, он или его составляющие могут выйти из строя. Когда такое происходит, необходимо точно определить какая деталь или система работает неправильно. Для этого прибегают к технической диагностике.

Технической диагностикой называется отрасль знаний, изучающая признаки неисправностей автомобиля, методы, средства и алгоритмы определения его технического состояния без разборки, а также технологию и организацию использования систем диагностирования в процессах технической эксплуатации подвижного состава [1]. Основной задачей технического диагностирования является обеспечение безопасности, функциональной надёжности и эффективности работы технического объекта, а также сокращение затрат на его техническое обслуживание и уменьшение потерь от простоев в результате отказов и преждевременных выводов в ремонт [2].

Для проведения диагностики используют специальные приборы и стенды. Они бывают внешние, которые не являются частью автомобиля, и встроенные, которые являются частью автомобиля. Также в простых случаях используются субъективные возможности человека: органы чувств, опыт, навыки.

Процесс диагностики происходит в следующем порядке:

- тестовое воздействие на объект;
- измерение диагностических параметров;
- обработка полученной информации;
- постановка диагноза.

Таким образом, мы получаем длительный и затратный алгоритм выявления неисправности. Поэтому обостряется потребность в оптимизации процесса технического диагностирования транспортных средств.

Оптимизация - это процесс максимизации выгодных характеристик, соотношений, и минимизации расходов [3].

Для того чтобы улучшить характеристики диагностики, а точнее повысить точность измеряемых параметров, необходимо использование современного оборудования и инструментов. На сегодняшний день все автомобили имеют электронные блоки управления (далее ЭБУ), что позволяет отслеживать процессы работы узлов и механизмов в реальном времени и на различных режимах. Также ЭБУ может сохранять ошибки и статистические данные, поэтому использование сканеров и соответствующих программ ускорит, облегчит и повысит точность технической диагностики автомобилей [4,5].

Однако, разнообразие транспортных средств так велико, что невозможно иметь сканер для каждой конкретной модели, да и к тому же, это очень дорого. Поэтому возникает вопрос о таких программах, которые подходили бы ко всем автомобилям. К сожалению, в условиях рынка производители избегают однотипности оборудования. Каждая марка автомобиля придерживается своих стандартов и не позволяет конкурентам использовать одинаковые технологии. Но данной проблеме нашли решение - электронные базы данных. Эти базы данных содержат информацию о нормах различных диагностических показателей для множества марок и моделей автомобилей. Использование таких баз позволяет диагностировать совершенно разные параметры практически на всех транспортных средствах.

Разработками в данной сфере деятельности активно занимается российская компания TEXA. Ее разработки являются передовыми на рынке диагностической продукции. Одними из последних устройств стали Nano Diag и Nano Service Clima. Они представляют собой маленькие и легкие приборы, которые подключаются к ЭБУ автомобиля через диагностический разъем и связываются по Bluetooth с обычным компьютером, на который устанавливается необходимое программное обеспечение. Nano Diag предназначен для решения сложных проблем с электронными системами современных машин. Он обеспечивает большое покрытие по маркам и моделям автомобилей и позволяет выполнять самые различные задачи, от отключения сервисных лампочек, считывания и удаления ошибок в системах автомобиля, до просмотра параметров и регулировки блоков управления и датчиков различных механизмов автомобилей. Nano Service Clima позволяет установкам Komfort осуществить полную самодиагностику с чтением ошибок и параметров и с возможностью регулировок систем кондиционирования.

Подводя итоги всего вышесказанного, хочется отметить, что для оптимизации технической диагностики транспортных средств необходимо использование современных технологий, таких как сканеры, диагностические программы и электронные базы данных.

Список литературы:

1. Техническая диагностика автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/1790598/>.
2. Техническая диагностика [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Техническаядиагностика>.
3. Оптимизация [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптимизация>.
4. Инновации ТЕХА для малой диагностики [Электронный ресурс]. URL: http://www.kuzov-media.ru/articles/innovatsii_texa_dlya_maloy_diaagnostiki.html.
5. Конев А.А. Самообслуживание в сфере автомобильного сервиса / Наука - промышленности и сервису. 2012. № 7. С. 502-503.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМА УПРАВЛЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Корчагин В.А., д-р техн. наук, проф.,
Липецкий государственный технический университет
Новиков И.А., канд. техн. наук, доц.,
Шевцова А.Г., канд. техн. наук, ст. преподаватель
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Транспортное планирование одно из важнейших направлений в обеспечении эффективности функционирования транспортной системы, основу которого составляют принципы стратегического и оперативного планирования и соответствующие им методы и концепции. Одним из основных направлений динной области является применение архитектурно-планировочных и технических средств организации дорожного движения.

При оценке эффективности применения каждого вида мероприятий, немаловажным является оценка экологической безопасности[1,2]. Используя в городской среде принципы принудительного управления транспортными потоками – светофорное регулирование, выполним анализ экологической безопасности, а именно оценим изменение основных показателей транспортного потока при изменении режима управления на перекрёстке.

Объектом исследования является один из наиболее нагруженных перекрестков г. Белгорода – пр. Б.Хмельницкого – пр. Белгородского (рис.1).



Рисунок 1 – Спутниковый снимок перекрестка
пр. Б.Хмельницкого – пр. Белгородского в г. Белгороде

Регулирование на исследуемом перекрестке осуществляется с помощью светофора, в 3 фазы (рис. 2).

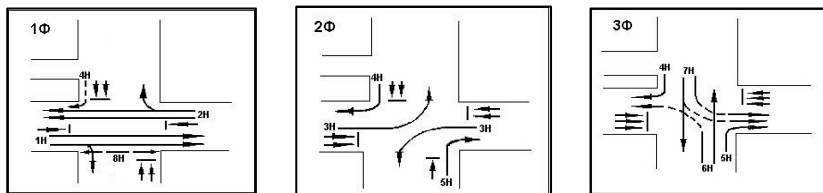


Рисунок 2 – Схема пофазного разъезда на перекрестке пр-та. Б.Хмельницкого-пр-та. Белгородского

Согласно схеме пофазного разъезда (рис.2) 1Ф – первая фаза регулирования, разрешено движение транспорта по проспекту Б. Хмельницкого (направления 1Н, 2Н) и пешеходам, пересекающим проезжую часть улицы Котлозаводской (направление 8Н); 2Ф – вторая фаза регулирования, разрешено движение транспорта по проспекту Б. Хмельницкого, осуществляющих левые повороты на проспект Белгородский и улицу Котлозаводскую (направления 3Н), а также правый поворот с улицы Котлозаводской на проспект Б.Хмельницкого (направление 5Н); 3Ф – третья фаза регулирования, разрешено движение транспорта по проспекту Белгородскому и улице Котлозаводской (направления 5Н, 6Н, 7Н). Зеленый сигнал для направлений движения транспорта по улице Котлозаводской прямо и налево (6Н) выключается на 4 с раньше, чем зеленый сигнал для направлений движения транспорта по проспекту Белгородскому (7Н). Данный режим «ранней отсечки» предусмотрен для обеспечения левого поворота с проспекта Белгородского на проспект Б.Хмельницкого.

Для направления правого поворота по пр. Белгородскому со стороны ул. 50-летия Белгородской области (направление 4Н) сигнал «Зеленая стрелка» действует во всех трех фазах.

Принятое обозначение направлений:

1Н – направление движения транспорта по пр. Б. Хмельницкого со стороны ул. Мичурина;

2Н – направление движения транспорта по пр. Б. Хмельницкого со стороны бульвара Народного;

3Н – направление левых поворотов транспорта по пр. Б. Хмельницкого;

4Н – направление правого поворота транспорта по пр. Белгородскому со стороны ул. 50-летия Белгородской области;

5Н – направление правого поворота транспорта по ул. Котлозаводская со стороны ул. Свободная;

6Н – направление движения транспорта по ул. Котлозаводская со стороны ул. Свободная;

7Н – направление движения транспорта по пр. Белгородскому со стороны ул. 50-летия Белгородской области;

8Н – направление движения пешеходов, пересекающих проезжую часть ул. Котлозаводской со стороны ул. Свободная.

В ходе натурного анализа установлено, что длительность используемого цикла составляет 88 сек., согласно ранее разработанной методике расчета длительности эффективного цикла, получено что длительность цикла должна составлять 96 сек.[3,4] Для оценки эффективности изменения существующего плана управления выполним анализ изменения экологических показателей.

Народнохозяйственные потери от загрязнения воздуха C_3 вредными веществами, поступающими в атмосферу с отработавшими газами от автомобилей в течение года на определенном участке магистрали согласно исследованиям Корчагина В.А [5], определяется с учетом удельного выброса вредных веществ (ВВ), и оценивается т/1000 км пробега или г/1 км пробега:

$$C_3 = \frac{0,365LN_{мик}m}{k_n} \sum D_{yoi} C_{yoi} b_i \quad (1)$$

где L - длина магистрали, км; $N_{мик}$ -интенсивность движения автомобилей определенного типа в час пик, авт/ч; m - коэффициент, учитывающий увеличение расхода топлива при движении с частыми остановками; k_n - коэффициент неравномерности движения ($k_n= 0,1$); D_{yoi} - удельный выброс i -го вредного вещества; C_{yoi} - удельный ущерб от выброса i -го вредного вещества, р/1 т вещества; b_i -коэффициент, учитывающий влияние технического состояния транспортного средства на выброс вредных веществ (при отсутствии данных можно принимать $b_i=1$).

Согласно инструкции по расчету вредных выбросов [6] при сгорании 1 кг бензина для легковых автомобилей экологического класса выше Евро 1, удельный выброс основных загрязняющих веществ составляет:

1. Оксид углерода (CO) – 21,5 г./кг.
2. Углеводороды в пересчете на $CH_{1,85}$ (включая VOC , содержащиеся в топливных испарениях) (VOC) – 2,4 г./кг.
3. Оксиды азота в пересчете на NO_2 (NO_x) – 5,8 г./кг.
4. Диоксид серы (SO_2) – 0,54 г./кг.
5. Диоксид углерода (CO_2) - 3120 г./кг.

Зная расход топлива на каждом из рассматриваемых пересечений и номинальное значение при сгорании 1 кг.топлива [7], определено значение вредных веществ при существующем и рассчитанном режиме регулирования.

Согласно полученным данным, на исследуемом перекрестке происходит снижение вредных выбросов, так при использовании полученного режимов в течение года, возможно, снизить выброс окиси углерода на 0,837 т., углеводорода на 0,093 т., окислов азота на 0,226 т. и сернистого ангидрида на 0,021 (рис. 3).

При использовании рассчитанных режимов работы светофорного объекта на всех РП, была снижена концентрация ВВ на 11% , что в целом улучшит экологическую ситуацию в г. Белгороде.



Рисунок 3 – Изменение количества выбросов основных вредных веществ

В ходе анализа экологической безопасности на регулируемом перекрестке г. Белгорода было установлено, что смена режима управления оказывает влияние на изменение основных экологических показателей. Применение выполненного анализа в рамках изменения планов управления на примере городской агломерации, позволит оценить масштаб экологического влияния автомобильного транспорта на экосистему города и разработать рекомендации по улучшению основных показателей экологической безопасности.

Список литературы:

1. Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н., Сухатерина С.Н. Биосферно-совместимый критерий оценки и сравнения экологической опасности автомобилей Автотранспортное предприятие. 2015. № 8. С. 51-53.
2. Корчагин В.А., Турсунов А.А., Ризаева Ю.Н. Улучшение экологической ситуации в городе и сокращение времени грузодвижения Вестник Таджикского технического университета. 2014. Т. 1. С. 124-128.
3. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей Наука и техника транспорта. 2016. № 1. С. 88-93.
4. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Методы определения потока насыщения автотрассы Мир транспорта. 2013. Т. 11. № 3 (47). С. 44-51.
5. Корчагин В.А. Оценка эффективности инженерных решений: учебное пособие / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева; под ред. В.А. Корчагина. Липецк: ЛГТУ, 2008. 160 с.
6. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. Изд-во: Автополюс-плюс, 2008. – 78 с.
7. Боровской А.Е., Шевцова, А.Г. Методика выбора рационального режима работы светофорного объекта на автомобильном транспорте Транспорт: наука, техника, управление. 2012. № 6. С. 50-53.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Кочнев В.И., инженер-исследователь

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук (ИФХЭ РАН)*

Котлярский Э.В., д-р техн. наук, профессор

*Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)*

Формирование структуры и свойств любого композиционного материала и технология его применения, в первую очередь, зависит от технологических свойств исходных смесей.

Мировой многолетний опыт применения асфальтобетонных смесей для устройства покрытий автомобильных дорог не учитывает этого обстоятельства и технология приготовления и укладки асфальтобетонных смесей базируется лишь на многолетнем практическом опыте.

Отсутствие в нормативных документах критериев количественной оценки их технологических свойств асфальтобетонных смесей, не позволяет обоснованно назначать регламент работы с материалом путем технологических расчетов с учетом погодно-климатических факторов для асфальтобетонных смесей имеющих различные классификационные признаки с различными технологическими свойствами при работе машин и механизмов с разными технологическими возможностями, хотя известно, что от этого существенно зависит требуемый комплекс показателей строительно-технических свойств асфальтобетона, уложенного в дорожное покрытие.

Формирование оптимальной структуры и свойств сложного композиционного полидисперсного битумоминерального материала со сложными нелинейными реологическими свойствами невозможно при неоптимальных технологических параметрах процессов перемешивания в асфальтосмесительных установках, случайных условиях доставки смеси, ее укладки и уплотнения.

Все это диктует назревшую необходимость еще на технологической стадии регламентировать требования к свойствам асфальтобетонных смесей.

Известно, что количественную оценку параметров высококонцентрированных дисперсных систем и свойств материалов с

реологическими свойствами можно получить с использованием основных положений различных разделов физико-химической механики.

Для изучения структурно-механических свойств высококонцентрированных дисперсных систем П.А. Ребиндер и Михайлов В.В. [2] рассмотрели процессы структурообразования в дисперсных системах с учетом аддитивности прочности элементарных контактов.

Предельное напряжение сдвига (прочность дисперсной системы) находится из выражения

$$P_m = k_1 \cdot F_c \cdot n^{2/3} = k_2 \cdot F_c \cdot \varphi \cdot S_{y\partial}^2 = k_3 \cdot F_c \cdot \varphi \cdot \delta_i^{-2} \quad (1)$$

где: P_m – предельное напряжение сдвига, Па;

F_c – средняя сила сцепления в контакте между частицами, Н;

n – среднее число контактов в единице объема (см^3);

φ_i – относительная плотность;

$S_{y\partial}$ – удельная поверхность минеральной части, $\text{см}^2/\text{г}$,

$\delta_{\text{эkv}}$ – эквивалентный (средневзвешенный) размер частиц дисперсной фазы.

$$n = 6,7373 \cdot e^{5,44 \cdot \varphi} \cdot \delta_i^{-2} \quad (2)$$

Ранее было установлено, что для анализа изменения структурно-механических свойств асфальтобетона с нормируемыми показателями физико-механическими свойствами разных типов и марок асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128 можно воспользоваться показателями предела прочности при сжатии при температуре 50 °С и скоростях испытания 3 и 50 мм/мин (R_{50}^3 , R_{50}^{50}), тангенс угла внутреннего трения ($\text{tg}\varphi$) и сцепление (c) [4].

По предлагаемой методике по формуле Кулона (5) можно находились значения предельного напряжения сдвига, а по выражениям (2) и (4) предельные значения средней силы сцепления в контакте между частицами и средней прочности единичного контакта.

$$P_m = R_{50} \cdot \text{tg}\varphi + c \quad (3)$$

где: - R_{50} предел прочности при сжатии при температуре 50 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, $\text{tg}\varphi$ - тангенс угла внутреннего трения, c – сцепление.

С использованием корреляционного регрессионного анализа были найдены зависимости предельных структурно-механических показателей в широком диапазоне эксплуатационных и технологических температур выражения (4, 5, 6) для всех типов, марок не зависимо от дорожно-климатических зон, реализация которых позволила сформулировать требования к предельному напряжению сдвига при нормируемых ГОСТ 9128 температурах испытания, которые показаны в табл. 1.

$$P_m^{50} = 0,994 \cdot R_{50} + 0,1365 \quad (\text{для асфальтобетона I марки}) \quad (4)$$

Коэффициент множественной корреляции 0,9772.

$$P_m^{50} = 0,9857 \cdot R_{50} + 0,1357 \quad (\text{для асфальтобетона II марки}) \quad (5)$$

Коэффициент множественной корреляции 0,9818.

$$P_m^{50} = 0,996 \cdot R_{50} + 0,1218 \quad (\text{для асфальтобетона III марки}) \quad (6)$$

Коэффициент множественной корреляции 0,9466.

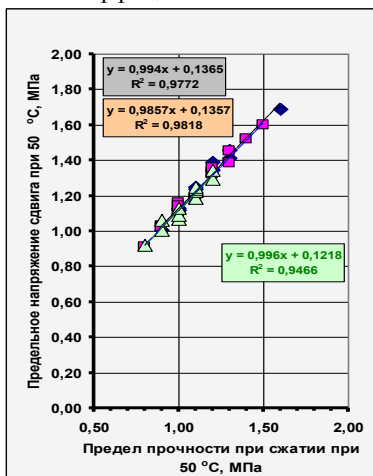


Рисунок 1 – Изменение предельного напряжения сдвига в зависимости от предела прочности при сжатии при 50 °С

Полученные эмпирические зависимости имеют близкие коэффициенты регрессии и коэффициенты множественной корреляции не для различных марок и с учетом нормируемых требований в различных дорожно-климатических зонах.

Большой практический интерес представляет показанный на рис. 5 прогноз изменения предела

прочности при сжатии и предельного напряжения сдвига в широком интервале (от 0 до 175 °С) эксплуатационных и технологических температур.

Таблица 1 – Требования к предельному напряжению сдвига (P_m) для марок

Температура испытания, °С	Предельное напряжение сдвига, МПа,		
	Марка асфальтобетона		
	1	2	3
0	<8	<9	<10
20	>3,0	>3,5	>4,0
50	>1,0	>1,0	>1,0

К эксплуатационным температурам может быть отнесен интервал в пределах от -20 °С до +50 °С. К технологическим - от +80 °С до + 160 °С. На рис. 5 представлены экспоненциальные регрессионные модели изменения предела прочности при сжатии в зависимости от температуры испытания. Анализ зависимостей позволяет сформулировать выводы, что коэффициенты регрессии с повышением марки асфальтобетона (от III к I) уменьшаются, что свидетельствует о меньшей температурной чувствительности асфальтобетонов марки I.

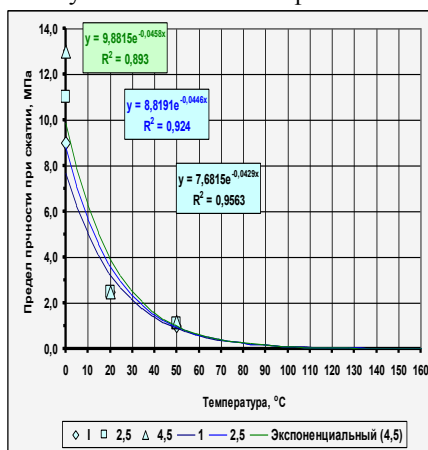


Рисунок 2 – Прогноз изменения предела прочности при сжатии и предельного напряжения сдвига в широком интервале эксплуатационных и технологических температур

В табл. 2 приведены результаты расчетов по определению изменения указанных механических и структурно-механических показателей для различных марок асфальтобетонов в различных дорожно-климатических зонах.

Анализ полученных результатов позволил сформулировать количественные требования к механическим и структурно-механическим свойствам асфальтобетонных смесей на технологических этапах уплотнения (табл. 2) и перемешивания (табл. 3).

Полученные значения позволяют более обоснованно разрабатывать технологические схемы приготовления асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах с учетом возможностей и технических параметров асфальтосмесительных установок с учетом их конструктивных особенностей и энергетических возможностей. Управлять технологическими процессами можно изменяя температуру приготовления смеси и варьируя продолжительностью перемешивания в смесителях периодического действия или темпом подачи исходных материалов – непрерывного.

Таблица 2 – Прогноз показателей предельного напряжения сдвига при различных температурах

Температура $t_a, ^\circ\text{C}$	Марка асфальтобетона			Дорожно-климатическая зона		
	1	2	3	I	II, III	IV, V
	Предельное напряжение сдвига, МПа			Предельное напряжение сдвига, МПа		
-20	18,1	21,4	25,2	10,2	12,5	16,3
-10	11,9	13,7	15,8	6,86	8,30	10,5
0	7,77	8,82	9,96	4,64	5,50	6,76
20	3,38	3,70	3,98	2,00	2,23	2,55
50	1,03	1,07	1,07	0,71	0,78	0,86
140	0,16	0,15	0,14	0,00	0,02	0,01
160	0,14	0,14	0,13	0,00	0,01	0,01
160	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
175	0,00	0,00	0,00	0,005	0,004	0,003

Таблица 3 – Требования к технологическим свойствам асфальтобетонных смесей при уплотнении

Уплотнение	Прочность, кПа	Окончание	250
		Начало	90
	Предельное напряжение сдвига, кПа	Окончание	390
		Начало	220

Таблица 4 – Требования к технологическим свойствам асфальтобетонных смесей при перемешивании

Перемешивание	Прочность, кПа	Окончание	20
		Начало	10
	Предельное напряжение сдвига, кПа	Окончание	20
		Начало	10

Были исследованы асфальтобетонные смеси, изготавливаемые на предприятиях дорожной отрасли. Результат испытаний приведен в таблице 5.

Таблица 5

Анализ предельного напряжения сдвига асфальтобетона								
n	X_{ср}	S	k_v	α	Δ	Δ%	X_{min}	X_{max}
200	1,23	0,161	0,131	0,05	0,049	3,96%	1,18	1,28

Полученные результаты подтверждают проведенный теоретический расчет. Это позволяет рекомендовать применение вышеописанной методики при разработке асфальтосмесительной и уплотняющей техники для дорожно-коммунального строительства.

Список литературы:

1. Котлярский Э.В. Формирование структуры высококонцентрированных дисперсных материалов с учетом контактных взаимодействий в процессе уплотнения (на примере асфальтового бетона). //Котлярский Э.В., Финашин В.Н., Урьев Н.Б., Черномаз В.Е. //Коллоидный журнал. № 1.1987. С.72-76.
2. Михайлов Н.В. /Михайлов Н.В., Ребиндер П.А. //Колл. ж., 1955, т.17, № 2, с.107.
3. Котлярский Э.В. Методика проектирования состава асфальтобетонных смесей с требуемыми структурно-механическими свойствами. / Котлярский Э.В. // Доклад на пленарном заседании межгосударственной Ассоциации исследователей асфальтобетон» 27 января 2004 г., М., МАДИ, 2000.
4. Кочнев В.И., Котлярский Э.В. Технологические свойства асфальтобетонных смесей //В сб. докладов ежегодной научной сессии Ассоциации Исследователей Асфальтобетона. М., МАДИ, 2016.
5. Кочнев В.И., Котлярский Э.В., Рамос А.Л. «Подбор смесей. Автоматизация процесса проектирования состава и управления качеством при производстве асфальтобетонных смесей с требуемыми структурно-механическими свойствами». Автомобильные дороги № 01(974) январь 2013. С. 68-70.

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

**Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.,
Кобушко Е.А., магистрант,
Проскурин И.А., магистрант,
Евженков А.Г., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время все чаще ставится задача укрепления земляного полотна автомобильных дорог, которую приходится решать дорожникам при строительстве и реконструкции. Современные транспортные сооружения требуют надежного основания, только вот грунт не всегда может обеспечить такие условия. В этом случае его необходимо укреплять, а сделать это можно множеством способов в зависимости от самих грунтов и условий их эксплуатации.

Для повышения несущей способности абсолютно всех грунтовых оснований необходимо применять определенные способы качественного искусственного закрепления грунтов [1]. К ним относят: химический, укрепление грунта цементом, битумизация, электрический, инъекционное укрепление грунта, термический, электрохимический и механический.

Цементация – способ, который часто применяется. Для того, чтобы сделать грунт крепче, в него добавляют раствор цемента, однако технологии могут отличаться [2].

Простая цементация, когда грунт просто перемешивается с цементным раствором: последний подают с помощью специального механизма, который вместе с тем сразу перемешивает грунт с раствором. Способ очень недорогой, часто применяется в тех районах, где грунты переувлажненные.

Струйная цементация – несколько усовершенствованный способ. Цементный раствор подается под большим напором специальным механизмом прямо в грунт. Под давлением образовывается отверстие и сразу идет смешение с цементом.

Инъекционное укрепление грунта помогает быстро решить многие проблемы, то есть, повысить всю несущую способность, устойчивость и прочность любого грунтового основания, стабилизировать оползни и заметно укрепить или же заместить торфяной, а также глинистый грунт в любой заболоченной местности [4,5].

Электромеханический способ отличается тем, что вместе с электрическим током через специальную трубу в грунт вводятся растворы химических добавок. Именно благодаря этому интенсивность такого процесса закрепления грунта существенно возрастает [3].

Механический способ - это устройство грунтовых свай и подушек, также вытрамбовывание котлованов. Чтобы качественно закрепить грунт, чаще всего песчаный по специальным трубам нагнетают раствор хлористого кальция и стекла. После завершения нагнетания данных растворов грунты начинают каменеть.

В настоящее время одним из широко используемых способов укрепления грунтов является внедрение вяжущего в грунт.

Физико-механические свойства грунтов, укрепленных органическими вяжущими, могут колебаться в широких пределах в зависимости от назначения конструктивного слоя, рода грунта, марки вяжущего и способа производства работ.

При использовании органических вяжущих применяют два основных способа приготовления смеси: смешивание на дороге и в установке. Эти способы различаются не только по типу применяемых механизмов для приготовления смеси, но и по марке вяжущего, рабочей температуре подогрева вяжущего и грунта.

Способ смешения на дороге широко применяют в дорожном строительстве. Он не сложен и позволяет использовать для смешения фрезы, однопроходные грунтосмесительные машины, автогрейдеры.

При устройстве оснований из грунтов, укрепленных органическими вяжущими, преимущество следует отдать способу смешивания на дороге как наиболее простому и производительному. При этом только в особых случаях, когда требуется повышенная прочность основания под капитальные типы покрытия, следует применить способ смешения в установке.

Однако независимо от способа производства работ в основе технологического процесса укрепления фунтов органическими вяжущими материалами лежат общие принципиальные положения, имеющие целью получить смеси с заданными свойствами и обеспечить нормальную работу конструктивного слоя в условиях эксплуатации дороги:

Применение более совершенных механизмов для измельчения грунта, перемешивания его с вяжущим и уплотнения обеспечивает получение более высоких качественных показателей смеси. Связные грунты перед введением вяжущего должны тщательно измельчаться. Чем выше степень измельчения грунта (чем меньше останется мелких

грунтовых комочков размером более 5 мм), тем эффективней и Равномерней будут протекать процессы взаимодействия частиц грунта с вяжущим с образованием поглотительных соединений, определяющих структуру смеси.

Чем больше содержит грунт глинисто-коллоидных частиц, тем выше Должна быть степень его измельчения, тщательнее процесс перемешивания.

Чем совершеннее качество уплотнения смеси, тем глубже происходит пропитка агрегатов грунта вяжущим и эффективнее проявляются клеящие свойства последнего, способствуя образованию устойчивой коагуляционной структуры. В этом отношении наиболее совершенным является виброуплотнение с последующей прикаткой тяжелыми катками на пневматических шинах. При таком способе уплотнения смесь будет обладать наименьшей пористостью и минимальным размером пор, что значительно повысит ее естественную водоустойчивость.

Чем более вязким будет вяжущее, применяемое для укрепления грунта, тем более устойчивой будет битумная или дегтегрунтовая смесь. Укрепленный грунт следует укладывать на поверхность, отвечающую в отношении ровности и плотности требованиям, предъявляемым к основаниям усовершенствованных покрытий [5].

Самым важным и принципиальным фактором, обеспечивающим эффективность технологического процесса и качество готовой смеси, является наличие в грунте оптимальной влажности перед укреплением его органическим вяжущим. Влажность грунта перед его смешением с органическим вяжущим должна быть в пределах между максимальной гигроскопичностью и максимальной молекулярной влагоемкостью грунта. Испарение влаги из слоя битумо- или дегтегрунта приводит к образованию усадочных трещин и увеличению пористости. При последующем увлажнении это может привести к накоплению влаги в количестве, превышающем оптимальное, и к резкому снижению прочности конструктивного слоя. Поэтому для сохранения свойств конструктивного слоя необходима защита от высыхания и увлажнения, что достигается устройством поверхностной обработки по слою укрепленного фунта.

В настоящее время необходимость прокладывать новые пути, через труднодоступные территории, строительство новых сооружений в заболоченных районах или речных поймах, диктуют необходимость разрабатывать все новые способы повышения устойчивости грунтов

несущую способность. За данным направлением в строительстве большое будущее.

Список литературы:

1. Укрепление грунтов: основные способы /<http://moscowsad.ru/>.- дата обращения 19.01.2015
2. Малинин А.Г, Гладков И.Л, Жемчугов А.А. Укрепление слабых грунтов в основании насыпи автодороги при помощи технологии струйной цементации Научно-техническая ассоциация ученых и специалистов транспортного строительства. 2013. №1. С.4-7.
3. Гришина В.А., Хританков В.Ф, Пичугин А.П. Использование комплексных добавок для укрепления грунтов в сельском дорожном строительстве "Стройматериалы". 2008. №8. С.36-39.
4. Алексеев А.П., Бембель В.М, Брагина З.А. Вяжущее для укрепления грунта Институт химии нефти СО РАН. 1998.№ 2106454.
5. Зубова О.В теоретические основы укрепления зологрунтовых смесей вяжущими материалами Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. 2005. №172. С.92-98.

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА БИТУМА. НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА НЕОКИСЛЕННОГО БИТУМА

**Литовченко Д.П., студент,
Ширяев А.О., студент,
Обухов А.Г., аспирант,**

Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время качеству дорожного покрытия уделяют большое внимание. Это связано с резким ростом численности авто парка и его разнообразием. За последние десятилетие так же возросла и нагрузка на дорожное покрытие, а вследствие этого проявились насущные проблемы: колее образование, трещины, ямы.

Основным дорожно-строительным материалом, используемый при устройстве асфальтобетонного покрытия является асфальтобетон

По данным центрконтроля РДА, около 50% ежегодно выпускаемого битума, основного вяжущего компонента, не соответствует ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные». На состояние и развитие битумного производства в России оказывает существенное влияние ряд специфических факторов:

1) сезонность выработки битумов основных марок — дорожных, связанная с четко определенными периодами выполнения дорожно-строительных работ и порождающая проблемы для не прерывно работающих нефтеперерабатывающих предприятий;

2) небольшое различие цены битума и сырья;

3) сложность проведения технологических операций с таким высоковязким и низкозастывающим продуктом, как битум;

4) физическое и моральное старение технологического оборудования битумных установок на большей части НПЗ;

5) Неконтролируемое различие качественных показателей поступающего на переработку сырья- нефти. Что негативно сказывается на качестве битума. [1,2]

Получают основное количество битумов путём окисления нефтяных остатков кислородом воздуха в окисленных реакторах, или процессом полимеризации. Основным недостатком не окисленного сырья является: высокое содержание асфальтенов что делает его более хрупким атмосферное старение и низкая деформационная стабильность в интервале температур. Эти напрямую связаны с качеством будущей дороги.

Для того что бы не отставать в качестве дорожного покрытия необходимо идти дальше и пробовать что-то новое, более современное.

Давно известно, что не окисленное сырье обладает высокой дуктильностью повышенной стойкостью против старения, которое будет весьма актуально в ближайшее время из-за выходящего ГОСТ в котором будет прописан пункт старение, так же можно отметить большое содержание ароматических углеродов и меньшее содержание парафино-нефтяных углеродов и асфальтенов. Это достигается с помощью специальных технологий.

Процесс производства не окисленных битумов

1. вакуумной перегонкой мазутов зачастую сопровождается газообразованием, что не позволяет отобрать с нужной глубиной вакуумный дистиллят и получить качественный остаточный битум. При этом также следует учитывать, что не каждое нефтяное сырье пригодно для получения битумов вакуумной перегонкой.[3]

2. Процесс компаундирования представляет собой целенаправленное регулирование соотношения объемов и природы дисперсной фазы и дисперсионной среды, которое позволяет изменять размер дисперсных частиц и тип самой структуры вяжущих. Частным случаем компаундирования является активирование сырья, поступающего на вакуумную перегонку с целью получения гудронов для последующего получения битумов, при котором происходит оптимизация дисперсности сырья. Преимущества процесса компаундирования заключается в том, что из различных, не подходящих для производства битума нефтей можно получить битум с необходимыми показателями.

3. Самым перспективным направлением в производстве битума является процесс деасфальтизации он является наиболее щадящим. Кроме того, процесс диасфильторизации позволяет избежать термического воздействия на тяжелые компоненты сырья, характерного для вакуумной перегонки и соответственно уменьшить влияние процессов термической полимеризации и компенсации

При деасфальтизации, позволяет проводить более селективное и глубокое экстракционное разделение сырья с высокой концентрацией полярных и поляризуемых (ароматических, полициклоароматических, гетероатомных и гетероциклических) соединений. В то же время следует отметить, что процесс деасфальтизации гудронов с целью получения битумных вяжущих недостаточно изучен, технологически более сложен и требует дальнейшего развития. [3,5].

Таблица 1 Показатели асфальтобетона на не окисленном и окисленном битуме

№п/п	Показатели	Результаты испытаний асфальтобетона на основе окисленного битума	Требования ГОСТ 31015-2002	Результаты испытаний асфальтобетона на основе не окисленного битума
1	Средняя плотность	2,37		2,53
2	Водонасыщение	2,75	1,5-4,0	4,0
3	Предел прочности при сжатии г/см ³ - при 20°С (R ₂₀)МПа - при 50°С (R ₅₀)МПа	3,8 1,4	Не менее 2,5 Не менее 0,7	4,35 1,46
4	Показатели стекания % массе	0,11	Не более 0,20	0,9
5	Водостойкость	0,92	Не менее 0,75	0,93

Для того что бы угнаться за высоким ростом численности автомобилей и, следовательно, нагрузкам нам необходимо двигаться вперед в направлении не окисленного сырья, переоборудовать заводы и наладить непрерывную постоянную подачу качественного стабильного битума

Многие зарубежные компании уже давно убедились в преимуществах такого битума. 70% всего производящего в Германии битума, для дорожного строительства, является не окисленный битум

Список литературы:

1. Ромишов Р Ф.// конгрес нефтепромышленников россии 2003г
2. Высоцкая М.А., Киндеев О.Н., Обухов А.Г Неокисленные битумные вяжущие – фантастика или назревшая необходимость Российской действительности //мир нефтепродуктов, 2016. 34с.
3. И.Ш. Хуснутдинов, А.Ю. Копылов, И.Н. Гончарова, В.И. Гаврилов, А.М. Ахметзянов, Г.В. Романов, Л.М. Петрова, П.И. Грязнов. Изучение свойств асфальтобетонов неокисленных остаточных битумов полученных процессом диасфальторизации природного битума//. (Казанский государственный технологический университет, Институт органической и физической химии им. Арбузова, Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья
4. Печёный Б.Г. Битумы и битумные композиции. / Б.Г. Печёный. -М. : Химия, 1990. -255с. 3. Гохман Л. М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блок сополимеров типа. / Л.М. Гохман. – ЗАО, Экон-информ“, 2004 – 585с
5. Козберг Д.О., Соболев Б.А. Деасфальтизация пропаном. М.: Химия. 1965. С. 104].

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ

Логвиненко А.А., канд. тех. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В последние годы в Российской Федерации наблюдается рост перевозки грузов из отдаленных регионов страны. Ожидается, что к 2025 году объем перевозок грузов по железнодорожной сети увеличится почти в 1,3 раза, причем наибольшая концентрация грузовых потоков сохранится на подходах к морским портам. Одним из способов увеличения пропускной и провозной способности на грузонапряженных направлениях российских железных дорог, является постепенное наращивание тяжеловесного движения.

Железнодорожная линия с тяжеловесным грузовым движением – это линия, по которой осуществляется движение грузовых поездов массой 6...6,3 тыс. т, состоящих из 71 условного вагона, при использовании вагонов с осевой нагрузкой 25 тс.

К 2030 г., согласно генеральной схеме развития сети железных дорог ОАО «РЖД», предусматривается создать полигон обращения тяжеловесных поездов массой 9 тыс. тонн на направлениях Кузбасс–Северо-Запад, Кузбасс–Центр и Кузбасс–Юг, а на направлении Кузбасс–Дальний Восток предельный вес грузового поезда будет увеличен до 7,1 тыс. т. Также в документе говорится о необходимости повышения осевых нагрузок для грузовых вагонов нового поколения до 27–30 тс.

Многолетний мировой опыт показал, что применение тяжеловесного движения позволяет сократить количество вагонов на линии при сохранении заданного грузооборота, повысить пропускную способность участков движения и снизить срок окупаемости капитальных вложений на 2–3 года. Однако для организации массового движения тяжелых поездов требуется четкое понимание того, как поведут себя земляное полотно, верхнее строение пути и искусственные сооружения железнодорожных линий под действием вертикальных и боковых сил, передаваемых от вагонов с повышенной осевой нагрузкой на путь. Особенно это значимо в кривых участках пути, на подъемах и спусках, а также на участках набора скорости при входе и выходе со станций.

Важность данного вопроса объясняется тем, что железные дороги в России состоят, как правило, из давно построенных линий, состояние и

параметры которых, зачастую, далеки от современных требований, предъявляемых к тяжеловесному движению.

Так в результате испытаний, проведенных ВНИИЖТом в 2014...2015 гг., «...было установлено, что вертикальные силы, действующие от колеса на рельс, в поезде массой 6 тыс. т при скорости движения 40–60 км/ч возрастают пропорционально осевой нагрузке» [1]. В результате действия значительных нагрузок, погодноклиматических факторов и тиксотропного разжижения грунтов в земляном полотне железных дорог, как в наиболее слабом элементе пути, наблюдаются просадки, перекосы и выплески. Чтобы путь был стабильным, его конструкция должна иметь прочные связи между всеми элементами и определенный запас прочности каждого элемента. Должно происходить плавное снижение напряжений от рельса до основания земляного полотна, все элементы пути должны работать совместно, а основная площадка земляного полотна должна быть достаточно прочной в любое время года [2].

В табл. 1 приведено фактическое и желательное распределение модулей упругости основных элементов железнодорожного пути.

Таблица 1 – Модули упругости основных элементов железнодорожного пути

Наименование элемента пути	Модуль упругости фактический, МПа	Модуль упругости необходимый, МПа
Рельсы	210000	210000
Железобетонные шпалы	30000	30000
Щебеночный балласт	500	500
Песчаная подушка	30	500
Верх земляного полотна	10...30	200
Земляное полотно	10...40	10...40

Для исключения ухудшения прочностных параметров и модуля упругости верхних слоев земляного полотна предлагается стабилизировать местные грунты. Существует, в том числе и в России, много добавок успешно применяемых для стабилизации грунтов [2].

Для пропуска тяжеловесного движения с необходимыми скоростями и должным уровнем обеспечения безопасности, согласно

опубликованных исследований российских ученых, изменения должны затрагивать и элементы верхнего строения пути.

Так в работе [3], говорится о необходимости отказа от резиновых и перехода на пластиковые подрельсовые и напальные прокладки меньшей толщины и большей динамической жесткости. Увеличение модуля упругости подрельсового основания приводит к снижению остаточной осадки пути, что подтверждено в ходе испытаний, выполненных ВНИИЖТом в 2015 г. с вагонами, рассчитанными на осевые нагрузки 25 и 27 тс. По мнению авторов [3] требуются изменения и в конструкции железобетонных шпал Ш1 для усиления их несущей способности, что предлагается достигать за счет увеличения высоты арматурных струнопакетов с 75 до 90 мм.

Таким образом, в области тяжеловесного движения, остается актуальным вопрос изучения и применения новых материалов и конструкций пути для повышения их жизненного цикла и безотказной работы в течение длительного времени.

Список литературы:

1. Гапанович В.А., Певзнер В.О., Суслов О.А., Третьяков В.В. Инфраструктура в условиях интенсификации перевозок // Железнодорожный транспорт. 2016. №3. С. 16 – 20.
2. Логвиненко А.А. Устройство защитного подбалластного слоя из грунтов для малообслуживаемого пути // Наукоемкие технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.1. С. 155-158.
3. Шарапов С.Н., Исаенко Э.П. Рекомендации по усилению пути на линиях с тяжеловесным движением // Путь и путевое хозяйство. 2016. №7. С. 2 – 7.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРИ СОЗДАНИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ БУЛЬДОЗЕРОВ

**Макридина М.Т.,
Макридин А.А.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Ежегодно в нашей стране увеличиваются объемы строительных работ - сооружаются новые линии железных и автомобильных дорог, возводятся новые заводы и фабрики, растут темпы жилищного строительства, развивается добыча полезных ископаемых и строительных материалов, строятся новые нефть и газопроводы. Интенсивное развитие промышленности требует проведения большого объема земляных работ механизированным способом.

Несмотря на быстрое развитие новых методов разработки грунтов и совершенствование конструкций специализированных машин, особое место при проведении земляных работ занимают бульдозеры. Механический способ разрушения, копания и перемещения с использованием бульдозеров в ближайшем будущем останется наиболее эффективным в большинстве эксплуатационных условий, что объясняется относительной простотой конструкции этих машин, широкой сферой и универсальностью применения, высокой производительностью и низкой стоимостью единицы продукции.

Помимо общих тенденций развития строительно-дорожных машин при создании и совершенствовании бульдозеров учитывают специфические особенности их применения и эксплуатации. В частности, с целью расширения области применения при различных климатических и грунтовых условиях широко применяют их различные исполнения (тропическое, умеренное и северное) и модификации (для подземных, подводных, горных работ и др.).

В последнее время с целью облегчения эксплуатации и удешевления производства широко используют единые, конструктивно подобные решения навесного оборудования во всех типоразмерных рядах бульдозеров. Создают семейства машин в смежных типоразмерах, принимают меры по улучшению технико-экономических показателей строительных машин и оборудования, повышению их единичной мощности, надежности, ресурса работы машин, в

том числе гидропривода, снижению трудоемкости технического обслуживания и ремонта.

Развитие конструкций современных бульдозеров предусматривает: увеличение мощности базовых машин; механизацию и автоматизацию управления базовой машиной и рабочим органом; создание машин специального назначения; совершенствование формы отвала и режущих ножей; применение отвалов с управляемыми режущими ножами и открылками; создание различного дополнительного оборудования, расширяющего область применения базовых машин бульдозеров и повышающего производительность при выполнении определенных работ.

Так например, группой ученых было разработано рабочее оборудование и получен патент 2018576 РФ.

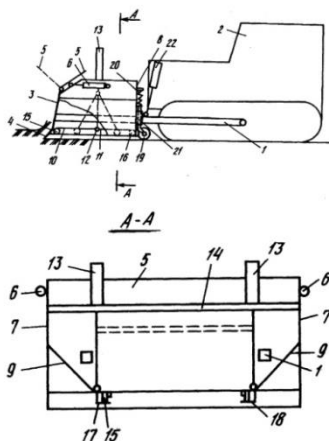


Рисунок 1 – 1- толкающие брусья, 2- ходовые тележки базовой машины, 3- отвал, 4- режущий нож, 5- подвижный козырёк, 6- гидроцилиндр, 7- боковая стенка, 8- задняя стенка, 9- днище ковша, 10 - 11-подвижные части днища ковша, 12 -соединительный шарнир, 13- дополнительный гидроцилиндр, 14- банка, 15-16- катки, 17-18- направляющие, 19- опорные колеса, 20- пружины, 21- корпус, 22- гидроцилиндры. Другие концы подвижных частей имеют опорные катки, перемещающиеся в направляющих.

Сущность этого изобретения заключается в следующем: рабочее оборудование бульдозера содержит толкающие брусья, отвал с шарнирно соединенным с ним козырьком и гидроцилиндрами его управления. За отвалом установлен ковш с днищем и боковыми стенками. К задней части ковша прикреплены подпружиненные опорные колеса. Днище ковша выполнено секционным: из неподвижных крайних секций и подвижной средней. Средняя секция

состоит из двух частей. Одни концы этих частей соединены между собой и со штоками дополнительных гидроцилиндров управления шарнирно.

Рабочее оборудование бульдозера действует следующим образом. В исходном, т.е. подготовленном для копания грунта, положении ковш опущен на грунт и опирается в него ножом 4 и колесами 19. Штоки дополнительных гидроцилиндров 13 опущены, а подвижные части 10 и 11 днища занимают горизонтальное положение, полностью перекрывая проем. Козырек 5 гидроцилиндрами 6 повернут в сторону ковша (на рис. 1 показано сплошными линиями).

При заглоблении ножа 4 посредством гидроцилиндров 22 и поступательном перемещении вперед базовой машины нож 4 срезает стружку грунта, которая поднимается по отвалу 3, а затем по козырьку 5 и попадает в ковш, заполняя его. Повернутый к ковшу козырек 5 и соответствующий угол наклона отвала 3 обеспечивают беспрепятственное движение срезанной стружки грунта в ковш с минимальным сопротивлением.

После заполнения ковша грунтом козырек 5 гидроцилиндрами 6 поворачивают против часовой стрелки в положение, (показано на рис. 1 прерывистой линией) В этом положении козырька 5 срезанный грунт поднимается по отвалу 3 до козырька 5, пересыпается вниз и образует перед отвалом призму волочения, так же как в традиционном рабочем оборудовании бульдозера. По окончании набора грунта перед отвалом производят его транспортирование. При транспортировании грунта часть его силы тяжести - в ковше, а часть силы тяжести рабочего оборудования воспринимается опорными колесами 19.

Отсыпку грунта, образующего призму волочения, производят обычным методом, т.е. путем подъема отвала 3 гидроцилиндрами 22 на необходимую высоту, определяющую толщину отсыпаемого слоя. Отсыпку грунта из ковша производят путем подъема штоков дополнительных гидроцилиндров 13, которые будучи соединенными через шарнир 12 с подвижными частями 10 и 11 днища поднимают средние части последних, а нижние части на катках 15 и 16 перемещают горизонтально по направляющим 17 и 18. В результате такого перемещения подвижные части 10 и 11 поворачиваются (на рис. 1 показано прерывистыми линиями) и открывают нижние проемы ковша, через которые грунт высыпается вниз. Толщину отсыпаемого слоя регулируют величиной открытия проемов, т.е. величиной втягивания штоков дополнительных гидроцилиндров 13. Наклонные части 9 обеспечивают полную разгрузку ковша.

После отсыпки грунта подвижные части 10 и 11 днища возвращают в исходное положение посредством гидроцилиндров 13, а козырек 5 - гидроцилиндрами 6.

Таким образом, применение данного рабочего оборудования бульдозера обеспечивает снижение затрат энергии при заполнении ковша грунтом за счет уменьшения сил трения. Одновременно повышается производительность за счет увеличения объема перемещаемого грунта. Объем перемещаемого грунта увеличивается, за счет лучшего заполнения ковша, а так же за счет образования перед отвалом призмы волочения во второй стадии копания грунта.

Бульдозеры получили широкое применение в строительстве. От общего объема земляных работ на долю бульдозеров приходится 35-40%. Их особенно применяют в дорожном, мелиоративном строительстве и в карьерах горнорудной промышленности. Ими производят планировочные работы, устройство автодорожных и железнодорожных насыпей высотой до 2м из боковых резервов, транспортировку грунта на расстояние до 100 м, рытье каналов и котлованов, засыпку траншей и ям, очистку дорог и строительных площадок от снега, валку деревьев и корчевку пней. Иногда бульдозеры используются в качестве толкачей для скреперов.

Список литературы:

1. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. 2-изд., перераб. - М.: Машиностроение, 2004. 432 с.
2. Пенчук В.А. Резервы повышения эффективности силового метода резания грунта. // Механизация строительства, 2000. №10. С. 13-16
3. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1998. 376 с.
4. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1998. 183 с.
5. Патент 2018576 РФ. Рабочее оборудование бульдозера/ Авторы: В.Д. Глебов, А.И. Тархов, В.М. Иванова, А.М. Ветлицин Опубл. Бюлл. №17, 1994

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРИТЕРИЕВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

**Макридина М.Т., доц.,
Макридин А.А., ст. преподаватель**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Одним из основных показателей процесса эксплуатации машин является такой критерий, как надежность. Надежность машин и оборудования – один из основных показателей процесса эксплуатации. По определению надежность это способность машин сохранять во времени в установленных пределах значения всех технических характеристик, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Повышение надежности машин достигается внедрением на всех этапах проектирования, начиная от исследования рабочего процесса создаваемой конструкции и до испытаний серийного образца, до комплекса согласованных воздействий на показатели надежности.

Первый этап включает в себя научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы, этот этап наиболее важен, так как для создания надежной машины закладывается фундамент ее технического и производственного потенциала.

Для высокой надежности на этом этапе необходимо: определить потребность народного хозяйства в этой машине, её предполагаемой климатической зоны использования, возможной поставки на экспорт, обосновать условия применения и экономическую целесообразность её создания. Исследовать рабочий процесс аналитически, а так же с применением компьютерных технологий, определить режимы нагружения и изготовить опытные образцы деталей и узлов, а так же провести испытания.

Одним из важнейших способов повышения надежности является: снижение материалоемкости, т.е. ограничение нагруженности машины, которое наряду с унификацией узлов и агрегатов, прошедших испытания, дает возможность повысить долговечность, безотказность и ремонтпригодность.

Следующий этап – технологический-производственный. Этот этап должен обеспечивать реализацию показателей надежности, заложенных в

проектных решениях. Проводят такие мероприятия, как: выпуск унифицированных узлов и агрегатов высокого качества для машин различного назначения, механизация и автоматизация производства на всех этапах изготовления и контроля, проведение стендовых и эксплуатационных испытания и т.д.

Важнейшее требование к технологическим мероприятиям обеспечения надежности – стабильность технологии изготовления при соблюдении заданной точности.

Основными мероприятиями по поддержанию надежности при эксплуатации машин являются: соблюдение технических условий по применению машины, правил технической эксплуатации, проведения технологического обслуживания и ремонта, организации статистического учёта и изучения причин отказов машин, а так же определение реальных показателей надежности и т.д.

При повышении надежности путем снижения нагруженности существенно повышается производственный и производственно-технический потенциал машины.

Для такого рабочего оборудования, как бульдозер, погрузчик, толкач эффективным способом ограничения нагрузок – введение в силовую цепь шарнирного четырехзвенника с включением в одну из диагоналей упругих элементов: гидроцилиндров и пружин (рис.1). При воздействии нагрузки, превышающей расчётную, открывается клапан, соединяющий штоковую полость гидроцилиндра с гидропневмоаккумулятором. Рычаги 2 и 4 перемещаются по часовой стрелке, отвал 1 поднимается и поворачивается, обходя препятствие. После снижения давления в гидроцилиндре 3 через обратный клапан рабочая жидкость перетекает из гидропневмоаккумулятора в гидроцилиндр, возвращая его в начальное положение.

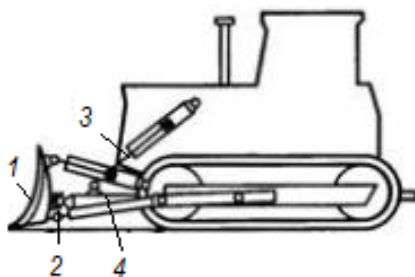


Рисунок 1 – Схема бульдозера с рабочим оборудованием:
1 – отвал; 2 и 4 – рычаги; 3 - гидроцилиндр

Данная система позволяет варьировать чувствительность гидросистемы ограничителя нагрузок.

Аналогичное устройство представлено на рисунке 2. Применено для оборудования толкача.

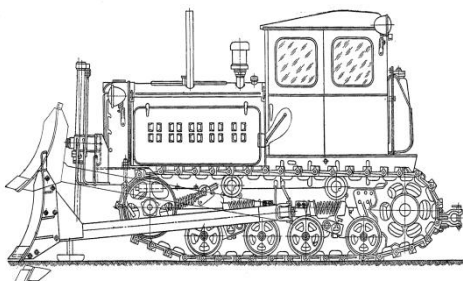


Рисунок 2 – Схема бульдозера с оборудованием толкача

Действие устройства для снижения динамической нагруженности скрепера при копании показано на рисунке 3. Основано на включении в работу упругого элемента (1), расположенного между частями (2) и (3) хобота. Этот элемент представляет собой набор амортизаторов, начальная затяжка которых регулируется винтом.

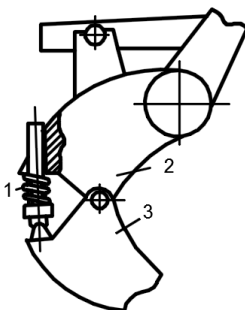


Рисунок 3 – схема устройством для снижения динамической нагруженности скрепера: 1 – упругий элемент; 2 и 3 части хобота

Для снижения нагруженности скреперов, имеющих в составе рабочего цикла значительную долю транспортных операций, применяется амортизирующее устройство, обеспечивающее эластичную подвеску ковша в транспортном режиме и отключающее эту подвеску в режиме копания (рис. 3). Для гашения резонансных

колебаний, которые могут возникнуть при совпадении частоты воздействия транспортных путей с частотой собственных колебаний машины, в устройстве применен принцип переменного демпфирования. Штоковая полость 12 гидроцилиндра 11 управления рабочим органом в транспортном режиме соединяется с гидропневмоаккумулятором 13 посредством распределительного органа. Последний выполнен в виде смонтированного на корпусе гидроцилиндра дросселя 17 с подпружиненным клапаном 18 и жестко связанным с ним толкателем 14. Амортизирующее устройство снабжено криволинейным брусом 20, который закреплен на штоке 21 гидроцилиндра, а надклапанная 16 – с гидропневмоаккумулятором 13.

В режиме копания криволинейный брус не взаимодействует толкателем 14, клапан закрыт и гидроцилиндр отсоединен от пневмогидроаккумулятора. В транспортном режиме криволинейный брус, перемещаясь со штоком, изменяет площадь проходного сечения дросселя и, следовательно, коэффициент демпфирования в колебательной системе.

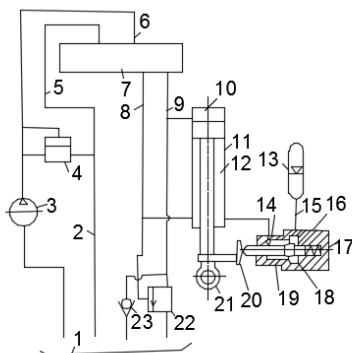


Рис. 4. Схема амортизирующего устройства:

- 1 – бак; 2,5,6,7,8,9,15 рукава высокого давления; 3 – насос; 4,22 – предохранительные клапаны; 23 – обратный клапан; 10 – полость с рабочей жидкостью; 11 – гидроцилиндр; 12 – штоковая полость; 13 – гидропневмоаккумулятор; 14 – толкатель; 16 – надклапанная полость; 17 – дроссель; 18 – подпружиненный клапан; 19 – полость дросселя; 20 – криволинейный брус; 21 – шток

Список литературы:

1. Артемьев К.Н. и др. Дорожные машины. М., Машиностроение, 1982.
2. Гарькави И.Г., Арюченков В.И. и др. «Машины для земляных работ». Учебник.- М.;
3. Бунин М.В., Ничке В.В., Богомолов А.А. // Эффективность и потенциалы строительных машин / - Х.: Высш. шк, 1987. 160 с.
4. Пампуров В.И.// Методологические основы информационного подхода к проблеме обеспечения надежности // надежность машин и сооружений / 1984. № 6. С. 21-32.
5. А.С. Пронинова // Основы надежности машин / М. Из-во стандартов, 1986.
6. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. // Надежность машин / М. Из-во стандартов, 1988.

УТИЛИЗАЦИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

**Макридина М.Т., доц.,
Макридин А.А., ст. преподаватель**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

На протяжении последнего десятилетия для России проблема утилизации отходов является чрезвычайно актуальной из-за растущего использования одноразовой продукции и упаковки, которые к настоящему времени составляют до 40 % всех отходов.

По оценкам экспертов, в России на каждого жителя приходится в среднем приблизительно 300 кг отходов ежегодно, т.е. около 1 кг/день.

Основным способом переработки бытовых отходов в РФ является захоронение смешанных отходов на полигонах или свалках.

Во многих странах ЕЭС сжигание отходов с использованием их энергетического потенциала имеет широкое распространение.

Одной из альтернатив захоронения отходов являются технологии термической утилизации. Использование энергетического потенциала отходов имеет ряд существенных экологических и экономических преимуществ и позволяет максимально повысить эффективность их утилизации.

Эта технология позволяет существенно уменьшить площади, необходимые для захоронения на свалках: пепел и зола составляют менее 10% от объема сжигаемых отходов.

Энергия полученная из отходов посредством сжигания, частично используется для работы установки, покрывая от 50 до 60% ее эксплуатационных затрат, а также для передачи в муниципальные электрические сети.

Твердые бытовые отходы могут рассматриваться как источник энергии.

Удаление инертных или чрезмерно влажных фракций путем предварительного отсева позволяет повысить теплопроводную способность ТБО, приближая их, таким образом, к топливу.

В настоящее время фактическая теплотворная способность ТБО составляет в среднем 2000-2200 ккал/кг, но после предварительной сортировки может достичь более 3000 ккал/кг.

Основные типы печей, применяемые в настоящее время для ТБО, - это печи с подвижной колосниковой решеткой, карусельные печи и печи с кипящим слоем.

В частности, для печей с кипящим слоем необходимо, чтобы подаваемые отходы были отсортированы по составу и по размеру. Поскольку при сгорании в таких печах необходимо поддерживать топливо во взвешенном состоянии посредством восходящего потока воздуха, размер отходов для правильной работы не должен превышать 100 мм.

В связи с большой неоднородностью состава ТБО предварительная фаза их размельчения и сортировки по составу являются весьма сложной, что приводит к использованию различных технологических решений для ее осуществления.

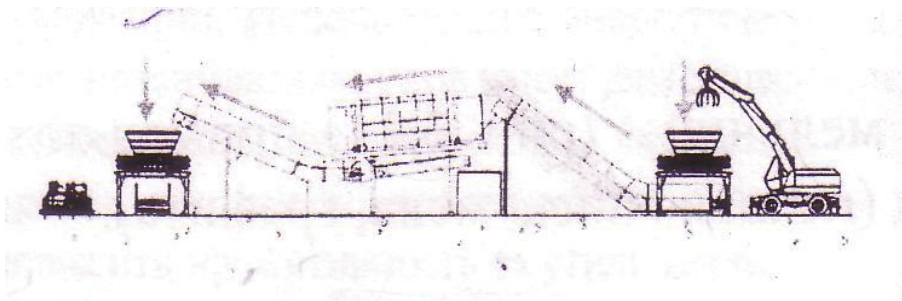
Одной из наиболее широко применяемых решений - использование большого однороторного измельчителя, который позволит осуществить процесс уменьшения размеров в один этап.

В качестве альтернативного решения может быть рассмотрена двухступенчатая система с использованием предварительного шредера и после грохочения второго измельчителя с быстровращающимся ротором. В этом случае промежуточная фаза сортировки позволяет достигнуть более высокого качества отходов, которые предназначены для сжигания, что обеспечивается оптимальной калибровкой последнего агрегата.

Фактически, в обоих случаях сохраняется риск контакта металлических предметов с ножами быстровращающегося ротора, что может вызвать, с отрицательными последствиями для производительности всей системы, большие повреждения режущих элементов и срочную остановку машины для ремонта.

Принимая во внимание сложность проблемы, необходимо найти всеобъемлющее решение, которое должно быть гибким и надежным.

Одним из возможных путей решения поставленной задачи является установка, изображенная ниже:



Она включает две стадии измельчения, отделенные фазой отсева.

Первичный измельчитель (шредер) без калибровочного сита загружается посредством грейферного крана. В его функции входит разрыв мешков с мусором и обеспечение первичного грубого уменьшения его размеров. В качестве такого агрегата могут быть использованы двух-, трех-, и четырехроторные шредеры. Далее по ленточному конвейеру ТБО поступают на промежуточную сортировку на барабанный грохот. Грохот отделяет органический и более тяжелый негорючий материал, который падает вниз, от более легкой фракции, которая может использоваться в качестве топлива. Для следующей стадии измельчения может быть использован трех-, или четырехроторный шредер с ситом. На этой стадии наличие сита у шредера позволяет снизить конечный размер материала до величины мене 100 мм.

Описываемый комплекс выделения горючих материалов из ТБО хорошо согласуется с использованием их энергетического потенциала. Для экономической эффективности работы мусоросжигательной установки на основе печи с кипящим слоем необходимо потребление топлива не ниже 240-300 т в сутки, что соответствует 10-12,5 т/час. В целом предлагаемое решение устраняет некоторые недостатки, свойственные предыдущим технологиям.

Использование низкооборотных шредеров позволяет избежать риска, что металлические остатки могут нанести повреждения агрегату и остановить работу установки. Эти машины могут резать даже крупные куски металла, и в худшем случае, достаточно выключить шредер на короткое время для извлечения материала, не поддающегося измельчению.

Список литературы:

1. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1980. 416с.
2. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. М., Metallurgizdat, 1959. 437 с.
3. АС №961756, В02С 13/04, Устройство для измельчения, авторы: Кочеев К.М., Черныш П.Г. и др.
4. Вердиян М.А., Кафаров В.В. Процессы измельчения твердых тел // Процессы и аппараты химической технологии. М. 1977. Т.5. С. 5-89.
5. Зубаков А.П. Михайличенко С.А. Ресурсо- и энергосберегающий комплекс для переработки отходов производства теплоизоляционных материалов. Сб. докл. Междунар. научно-практич. конф., «Наука и инновации в XXI веке», Пенза: изд-во ПГАСА, 2001. С.113.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

**Мардиросова И.В., канд. хим. наук, доц.,
Каклюгин А.В., канд. техн. наук, доц.,
Чернов С.А., канд. техн. наук,
Худоконенко А.А., студент**

*Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета*

Повышение эксплуатационных свойств дорожно-строительных материалов и увеличение долговечности дорожных покрытий в XXI веке становятся все более актуальной задачей. Это обусловлено, прежде всего, значительным увеличением интенсивности движения на автомобильных дорогах и резким повышением транспортных нагрузок на конструкции дорожных одежд, а также изменением климатических условий во многих регионах нашей страны, наблюдающимся в последние годы.

Одним из путей решения этой задачи является расширение применения полимерно-битумных вяжущих веществ (ПБВ), поскольку технические характеристики традиционных вязких нефтяных дорожных битумов в современных условиях являются уже явно недостаточными для обеспечения экономически оправданного безремонтного срока службы дорожных покрытий [1]. Согласно данным многих отечественных и зарубежных исследователей, срок безремонтной эксплуатации асфальтобетонных покрытий построенных с использованием ПБВ увеличивается в 2-3 раза. Однако на практике ПБВ применяют избирательно и в недостаточных количествах – около 5-8 % от общего объема дорожных вяжущих. В период с 2010 по 2015 г. доля применяемых ПБВ увеличилась все же более чем в 4 раза, а к 2017 планируется, что их потребление составит около 230 000 т. Тенденция развития применения ПБВ в дорожном строительстве нашла свое отражение в новой редакции ГОСТ 9128-2013 [2], в которой впервые установлены требования к физико-механическим свойствам полимерасфальтобетонных смесей и полимерасфальтобетонов, приготовленных с использованием дорожных битумов модифицированных блоксополимерами типа стирол-бутадиен-стирол (СБС).

Нормативными документами на территории РФ, регламентирующими требования к качеству и области применения ПБВ, являются ГОСТ Р 52056-2003, ОДН 218.3.007-2011 и ОДМ 218.2.003-2007. Каждый из данных документов отражает особенности и область применения вяжущих, приготовленных на полимерах типа СБС с пластификатором.

Однако, применение пластификаторов при приготовлении ПБВ, особенно индустриального масла, негативно сказывается на его устойчивости к расслаиванию и может привести к преждевременному образованию пластических деформаций и снижению деформативной жесткости асфальтобетонного слоя [3]. Этим можно объяснить и более низкие требования, установленные в ГОСТ 9128-2013, к пределам прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С полимерасфальтобетонов по сравнению с аналогичными требованиями, предъявляемыми к традиционным асфальтобетонам на основе обычных дорожных битумов.

На наш взгляд, значительный интерес представляет возможность получения ПБВ характеризующегося высокой вязкостью и обладающего широким интервалом пластичности, устанавливаемым как разность между температурой размягчения вяжущего и его температурой хрупкости. Это обеспечит повышение сдвигоустойчивости асфальтобетона при высоких летних температурах и трещиностойкости при низких температурах зимой, а, следовательно, позволит обеспечить высокую долговечность дорожного покрытия [4]. Одним из наиболее перспективных способов получения такого вяжущего является использование при его приготовлении резиносодержащих модификаторов.

Результаты наших исследований, выполненных в последние годы, показывают, что с целью повышения качества дорожно-строительных материалов и увеличения срока службы дорожных покрытий наиболее эффективно использовать комплексные модификаторы полимерно-дисперсно-армирующего (структурирующего) действия. Один из предлагаемых нами модификаторов [5] включает в себя вязкий дорожный битум марки БНД 60/90, резиновую крошку, вторичный полиэтилен, гидратную известь, а также адгезив «Азол-1003». Модификатор представляет собой неслипающиеся гранулы темно-коричневого цвета диаметром 3-4 мм, приготавливаемые в специальном смесителе-экструдере при температуре 140-150 °С. Технология производства модификатора предусматривает смешивание

предварительно нагретого битума с вторичным полиэтиленом в соотношении 1:1 до образования однородной массы, в которую затем вводят остальные компоненты.

Используемая в составе модификатора резиновая крошка представляет собой продукт дробления резиновых изделий, например изношенных автомобильных шин, и имеет вид темного порошка с размером зерен менее 1 мм. Эта составляющая модификатора способна частично расплавляться в битуме в процессе приготовления асфальтобетонной смеси и, равномерно распределяясь между зернами минеральных материалов, образовывать в формирующейся структуре асфальтобетона независимый пространственный каркас. Как уже отмечалось выше, это способствует повышению эксплуатационных свойств асфальтобетона.

Применяемый вторичный полиэтилен (полиолефиновый компонент) получали в результате переработки использованной упаковочной тары. Он представляет собой агломерат серого цвета, обладающий высокими прочностными и деформационными свойствами, а также эластичностью вплоть до температуры минус 70 °С. Этот компонент модификатора способен образовывать с вязким дорожным битумом единую однородную пространственную структуру, что обуславливает повышение температуры размягчения и стойкости к старению органического вяжущего вещества, а также увеличение его химической стойкости при действии кислот, щелочей, жидкого топлива и пр.

Порошкообразную гидратную известь-пушонку, образующуюся в результате гашения комовой строительной извести водой в составе модификатора можно рассматривать как нанодисперсный компонент (размер большинства зерен меньше 100 нм). При этом, являясь гидроксидом кальция, известь-пушонка способна вступать в химические реакции с асфальтогеновыми кислотами дорожного битума, оказывая положительное влияние на формирование коллоидной структуры ПБВ.

Используемая адгезионная добавка «Азол-1003» является эффективной жидкой композицией из продуктов лесохимических производств и фосфатидов растительных масел. Использование этого ПАВ катионного типа в составе разработанного модификатора позволяет повысить адгезию битума к минеральным составляющим асфальтобетонных смесей, особенно из кислых горных пород, например, к гранитному щебню.

Приготовленный модификатор битума, состоящий из вышеохарактеризованных компонентов, использовали для

модификации вязкого дорожного битума путем их совместного перемешивания при температуре 150 °С в течение 30 мин. Результаты испытаний показывают, что наиболее значительно свойства получаемого ПБВ улучшаются при содержании в нем модификатора в количестве 4-8 % по массе. При таких дозировках модификатора температура хрупкости ПБВ, по сравнению с исходным битумом марки БНД 60/90, понижается более чем в два раза, температура размягчения увеличивается на 20-40 %, изменение температуры размягчения после прогрева ПБВ (косвенный показатель склонности вяжущего к старению) улучшается на 20-30 %, сцепление ПБВ с гранитным щебнем увеличивается в два раза и более. Кроме этого, приготовленное с применением комплексного модификатора ПБВ, в отличие от ПБВ на основе СБС с пластификатором, не расслаивается при хранении, что обусловлено образованием устойчивых структурных связей между компонентами полимера и высокомолекулярными углеводородами битума.

Предлагаемый модификатор далее использовали для оценки возможности повышения качества горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А. Модификатор вводили одновременно с нагретым до 140-150 °С битумом на разогретую до 170-180 °С смесь минеральных составляющих асфальтобетона, состоящую из гранитного щебня, песка из отсевов дробления и карбонатного минерального порошка. Все компоненты смеси перемешивали в лабораторном асфальтосмесителе в течение 1 мин. Результаты испытаний контрольных асфальтобетонных образцов, изготовленных и испытанных по стандартным методикам, показывают, что использование предлагаемого модификатора в количестве 0,30-0,45 % от массы минеральной части асфальтобетонной смеси, обеспечивает повышение всех основных физико-механических свойств асфальтобетона, регламентируемых ГОСТ 9128-2013. В частности, предел прочности при сжатии асфальтобетона при температурах 20 и 50 °С увеличивается в 1,5-2,0 раза, водонасыщение снижается на 28-33 %, а водостойкость при длительном водонасыщении увеличивается от 0,87 до 0,95-0,97. При проведении сравнительных испытаний асфальтобетонов на устойчивость к колееобразованию путем прокатывания нагруженного колеса по одному и тому же следу за 20 000 циклов при температуре 60 °С выявлено преимущество асфальтобетона, содержащего комплексный модификатор, в 2,5-3,0 раза по сравнению с асфальтобетоном без добавки, и в 1,5 раза по сравнению

с асфальтобетоном, приготовленном на ПБВ на основе СБС с пластификатором. Одновременно существенно улучшаются устойчивость и жесткость асфальтобетона по Маршаллу, что обуславливает его высокую сдвигоустойчивость при высоких температурах в летний период.

Разработанный способ полимерно-дисперсно-армирующей модификации дорожных битумов и асфальтобетонов также можно с успехом использовать в ресурсосберегающих технологиях строительства и ремонта дорожных покрытий [6, 7]. В настоящей работе, с целью снижения энергозатрат на приготовление и уплотнение щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси вида ЩМА-15, в ее состав совместно с предлагаемым модификатором вводили энергосберегающую добавку EVOTERM[®]J-1 (США). В данном случае гранулы модификатора дополнительно выполняли функцию стабилизирующей добавки на щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь, обеспечивая ее устойчивости к расслоению, а поверхностно-активное вещество EVOTERM[®]J-1, за счет временного резкого разжижающего действия на вязкий дорожный битум, обеспечивало снижение температуры приготовления смеси на 30-50 °С и увеличивало ее подвижность и удобоукладываемость вплоть до температуры 80-90 °С. Как показали результаты испытаний контрольных образцов, комплексно-модифицированный ЩМА не только превосходит по прочностным и эксплуатационным показателям ЩМА без добавок, но еще и выгодно отличается от него высокой энергоэффективностью.

Таким образом, применение комплексного резино-полимерного модификатора позволяет получать ПБВ с высокими и стабильными при хранении физико-механическими свойствами, а также полимерасфальтобетоны, обладающие повышенной жесткостью и сдвигоустойчивостью, что обеспечит увеличение срока службы дорожной одежды.

Список литературы:

1. Худякова Т.С. Полимерно-битумные вяжущие в дорожной отрасли страны: проблемы и решения // Дорожная держава. 2014. № 55. С. 68-76.
2. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 56 с.

3. Чернов С.А., Еременко Е.А., Проценко Н.А. и др. Предложения по нормированию свойств модифицированных вяжущих с учетом зарубежного опыта // Дороги и мосты. 2015. Т. 2. № 34. С. 321-338.
4. Руденский А.В., Смирнов Н.В. Для всех климатических зон. Композиционные резиноподобные материалы широкого применения // Дороги России XXI века. 2002. №3. С. 86-88.
5. Мардиросова И.В., Чернов С.А., Каклюгин А.В. и др. Модификатор битума для дорожного строительства: пат. 2559508 Рос. Федерация. № 2014133608/05; заявл. 14.08.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22. 9 с.
6. Мардиросова И.В., Чернов С.А., Каклюгин А.В. и др. Ресурсосберегающая щебеночно-мастичная смесь для строительства и ремонта дорожных покрытий: пат. 2524081 Рос. Федерация. № 2013132069/03; заявл. 10.07.2013; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. 9 с.
7. Чернов С.А., Каклюгин А.В., Максименко М.В. Вопросы энергосбережения при использовании щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси повышенной долговечности // Дороги и мосты. 2013. Т. 1. № 29. С. 268-276.

ОБЗОР ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Новиков А.Н., д-р техн. наук, проф.,

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

Новиков И.А., канд. техн. наук, доц.,

Шевцова А.Г., канд. техн. наук, ст. преподаватель

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время каждый знает о проблемах на дорогах: это вездесущие заторы и дорожно-транспортные происшествия. К сожалению, темпы роста автомобилизации значительно превышают рост дорожного строительства, из-за чего дорогам не хватает пропускной способности, движение становится плотным, даже колонным. В таких условиях всё более сложно становится проезжать перекрёстки, почему и используется светофорное регулирование. Однако, оно несовершенно. Зачастую светофорные объекты и образуют заторы. Что негативно сказывается и на рабочем времени организаций, и на экологической обстановке городов. Сегодня уже нельзя обходиться жесткими режимами, светофорное регулирование должно быть гибким, адаптивным к условиям движения транспортных потоков, проще говоря – «умным». Гибкое регулирование позволяет мгновенно перестраивать работу светофоров в зависимости от количества и скорости автомобилей, в масштабах как одного перекрёстка, так и целого города, что позволяет значительно снижать задержки в движении и экологическую нагрузку, одновременно повышая безопасность движения.

С транспортной проблемой сегодня столкнулись многие развитые страны. Ежегодно при планировании распределения государственного бюджета, на решение данной проблемы выделяются большие средства, но в связи с быстрыми темпами роста автомобилизации, которые уже сегодня во много раз превышают развитие транспортного планирования, решение данной проблемы остается одной из важнейших задач. Во многих городах, где явно выражена транспортная проблема, одной из причин ее возникновения, является то, что их транспортная инфраструктура формировалась в среде не готовой к нынешним показателям автомобилизации. Именно такие города можно характеризовать высокими значениями задержек автомобилей, низкой скоростью сообщения, значительной длиной очереди на подходах к

перекресткам, что сказывается и на косвенных показателях, таких как снижение пропускной способности, перерасходе топлива, психоэмоциональном состоянии участников дорожного движения.

В Российской Федерации для решения транспортной проблемы разработана транспортная стратегия и транспортная программа, которые рассчитаны на долгосрочный период до 2030 года и 2020 года соответственно, в связи с тем, что решение определено не локальными действиями, а направленными поэтапными стадиями[1,2]. Цели государственной программы отражают конечные результаты решения транспортных проблем социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года.

Ключевой основой разработанных программ является повышение безопасности и устойчивости транспортной системы, с этой целью особое внимание уделяется интеллектуальным транспортным системам (ИТС). В директиве ЕС ИТС определена как система, в которой применяются информационные и коммуникационные технологии в сфере автотранспорта (включая инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование), и имеющую наряду с этим возможность взаимодействия с другими видами транспорта.

Данным системам в Российской Федерации уделяется особое внимание, на их развитие направлена основная программа по повышению безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах. Внедрение данных систем в региональных центрах должно осуществляться комплексно с использованием микро-моделирования, что позволит оценить положительные и отрицательные аспекты от их использования.

В рамках использования данных систем научным коллективом установлена основная цель исследования - определение адаптивности режимом управления светофорного объекта к расширенным характеристикам транспортного потока, в связи, с чем определен основной предмет исследования - влияние основных характеристик транспортного потока на величину пропускной способности регулируемого перекрестка.

В практике организации дорожного движения существует только два пути повышения эффективности. Это дорожное строительство и эффективное управление движением. Интенсификация первого пути проводится уже много лет, однако угнаться за стремительным ростом количества автомобилей в стране очень трудно. Более применимый путь для городов – это переход на сложные аппаратные комплексы в

регулировании движения на перекрестках. И этот путь требует большого количества исследований, в том числе и в выработке универсальной методики учета разнородных «расширенных» характеристик транспортных потоков, возможностей применения того или иного оборудования для достаточного уровня адаптивности в различных условиях движения.

Сегодня авторским коллективом уже проведены исследования в данной области и выполнено обоснование применения такого рода систем, что позволяет во многом повысить качество дорожного движения, а именно:

- пропускная способность перекрестка;
- задержки транспорта;
- экологическое влияние;
- и экономическая составляющая[3,4].

Определено внедрение разработанной методики, которое должно осуществляться комплексно, что позволяет снизить влияние непреднамеренных остановок транспортных средств. Реализованный подход заключается в интеграции подсистемы транспортного мониторинга по расширенным характеристикам транспортного потока в структуру ИТС (рис. 1).

Основными составляющими такой подсистемы являются: информационно-измерительные устройства (различные датчики и измерительные приборы, детекторы транспорта, системы видеонаблюдения, системы ГЛОНАСС-GPS, мобильные устройства); центр мониторинга (сбор и обработка информации о расширенных характеристиках транспортного потока, взаимодействие с автоматизированной системой управления дорожным движением).

Построение подсистемы транспортного мониторинга по расширенным характеристикам транспортного потока проводится вместе с основными объектами инфраструктуры, поскольку управляемыми параметрами, используемыми для мониторинга, являются расширенные характеристики транспортного потока: интенсивность, процент наличия автомобилей каждого класса, коэффициенты присутствия, скоростной режим, состав, а также характеристики качества регулирования дорожного движения (наличие и тип пересечений, остановочных пунктов, количество перекрестков с регулируемым движением, соотношение длительности различных фаз работы светофоров, уровень использования проезжей части, а также наличие автоматизированных средств управления движением).



Рисунок 1 – Сегмент интеллектуальной транспортной системы

В условиях региональных центров, где затруднено проведение технических и градостроительных мероприятий, наиболее перспективным направлением борьбы с задержками автотранспорта является построение ИТС с обязательным наличием подсистемы транспортного мониторинга по расширенным характеристикам транспортного потока.

В результате внедрения таких систем решаются основные проблемы региональных центров:

1. снижаются задержки автотранспорта;
2. уменьшается количество непреднамеренных остановок на перекрестках;
3. улучшаются экологические показатели;
4. частично или полностью ликвидируются заторы в наиболее загруженных участках автодорожных сетей;
5. снижается число дорожно-транспортных происшествий.

Использование усовершенствованного метода при внедрении интеллектуальных транспортных систем в частности – адаптивного

управления транспортными потоками позволит повысить эффективность организации дорожного движения при внедрении принудительного управления. Постоянный мониторинг транспортной сети при помощи детекторов транспорта и накопление базы данных, позволяет определить значения предлагаемых к использованию коэффициентов присутствия и адаптировать управление к реальным условиям.

Список литературы:

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 11 июня 2014 года № 1032-р., 110 с. [Электронный ресурс] / Сайт Минтранса РФ. Режим доступа: http://www.mintrans.ru/documents/#document_22371, свободный
2. Федеральная целевая программа «повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.fcp-pbdd.ru/>, свободный
3. Боровской А.Е., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения / Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2013. № 61-62. С. 279-283.
4. Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Using of a new method of calculation of a stream of saturation at definition of a cycle of svetoforny regulation. «European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches»: Papers of the 1st International Scientific Conference. December 17-19, 2012, Stuttgart, Germany. 488 p. pp. 473-479

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Носов О.А., д-р техн. наук, проф.,

Ткаченко Е.С., аспирант,

Демушкин Н.П., магистрант,

Толстолицкий С.М., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

В последние десятилетия все чаще происходят техногенные катастрофы, в том числе, связанные с ядерной энергией (Чернобыль, Фукусима и ряд локальных аварий на атомных электростанциях Европы). Ликвидация последствий этих аварий представляет опасность для персонала, возникающую вследствие вредного воздействия радиоактивного излучения.

Решением проблемы работы в условиях радиоактивного заражения является применение мобильных роботов, оснащенных различными рабочими органами. Проектирование таких роботов – весьма сложная задача. Дело в том, что, во-первых, им приходится зачастую передвигаться по чрезвычайно пересеченной местности (завалы, расщелины, рвы и т.п.). Во-вторых, машины подвергаются мощным радиоактивному и электромагнитному излучениям, что приводит к сбоям управляющей электроники.

Современные роботы являются полностью автоматическими и оснащены системами управления, в состав которых входят ЭВМ или иные устройства, осуществляющие обработку цифровой информации. Управление роботом осуществляется через данные системы, в которых реализуются алгоритмы, заранее записанные в виде программного обеспечения на различные носители. Кроме того, носители могут работать в адаптивных системах, где на них записывается некоторая информация с датчиков в процессе работы системы, и в последствии проходят специальную обработку – «декодирование». Запись на носители в таких системах порой бывает затруднительна, ведь работы могут происходить в различных условиях.

Носителями информации в современной вычислительной и коммуникационной технике являются электронные элементы, накопители и каналы передачи данных (рис. 1). По материалу носителя и принципу записи/считывания их можно разделить на: магнитные

(магнитные диски – гибкие и жесткие), оптические (CD, DVD, Blu-ray) и флеш-память (карты памяти и флеш-винчестеры).

Флеш-память имеет ряд недостатков: флеш-память работает существенно медленнее (средняя скорость считывания данных с флеш-накопителя составляет 5 Mb/s, а записи - 3 Mb/s; ограничение по количеству циклов перезаписи, предел колеблется от 10 000 до 100 000 циклов для разных типов микросхем; чувствительность к электромагнитному воздействию; неплотно закреплённый USB-штекер (самая частая поломка – замыкание или потеря контакта в распайке порта). Для магнитных носителей характерна высокая чувствительность к внешним электромагнитным воздействиям. Они также подвержены физическому старению, изнашиванию поверхности с нанесённым магнитным рабочим слоем (так называемое “осыпание”).

Виды носителей информации



Рисунок 1 – Виды носителей информации

По сравнению с магнитными носителями оптические диски более долговечны, поскольку срок их службы определяется не механическим износом. Ограничения на их применение в настоящее время накладывают технические особенности считывающих и записывающих устройств (УЗХС), представляющих из себя жесткие, с механической точки зрения, конструкции. Вибрации в них передаются ко всем частям, зачастую приводя к нарушению взаимного позиционирования

оптических лучей, носителя, линзы и считывающей головки, что ведет к сбою работы устройств.

Возникает необходимость в применении высокоадаптивных решений и, следовательно, активной виброзащиты. Одним из таких решений является использование пневмоустановок с несущей воздушной прослойкой в качестве виброизолирующего элемента.

Предлагается сочлененная модульная конструкция мобильного робота-ликвидатора техногенных катастроф (рис.2).

Робот состоит из трех модулей: двух активных-головных и одного пассивного-кузовного. Движущим органом является гусеничный движитель. Кузовной модуль так же оборудован гусеничной платформой и используется для транспортировки каких-либо объектов. Робот является полностью автоматизированным. Головные модули идентичны. Они оснащены универсальными манипуляторами 11, камерами 8, датчиками для считывания информации, а так же устройством для записи, считывания и хранения (УЗСХ) информации, которое является важнейшей частью конструкции «мозга» робота [2].

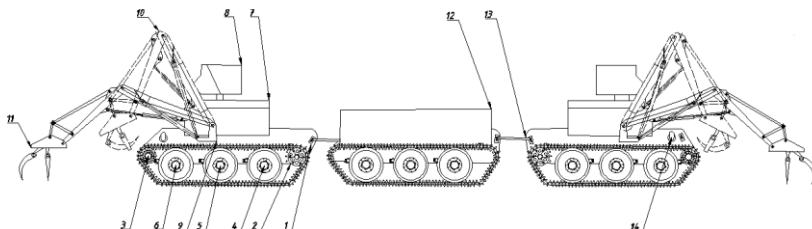


Рисунок 2 - Мобильный робот для ликвидации техногенных катастроф:
1-гусеничная лента; 2- ведущие колеса; 3-направляющие колеса; 4,5,6-опорные катки; 7-двигатель; 8-камера; 9-крепёжная часть манипулятора; 10-манипулятор; 11-захват манипулятора; 12-кузов; 13-сцепка; 14-аварийный знак.

Один из важнейших элементов робота является устройство для записи, хранения и считывания (УЗСХ) информации.

Конструкция УСЗХ информации на оптический диск представлена на рис 3.[3]. УСЗХ информации на оптический диск включает несущую панель 1, механический привод, систему загрузки диска, состоящую из механизма позиционирования, который состоит из трех опор 12, системы рычагов с приводами и системы пневмозахвата оптического диска 3, систему оптической считывающей головки, состоящую из

самой головки 9 и механизма быстрого произвольного доступа, например, электродвигатель с высоким КПД, платы электроники. Механический привод состоит из электродвигателя 2, на валу которого установлена полумуфта 4 с закрепленными на ней рабочими пальцами 5 и ремень 6, охватывающий цилиндрический шкив 7, при этом ремень выполнен эластичным, но жестким в продольном направлении. Питание системы оптической считывающей головки, предназначенное для создания лазерного пучка и для передачи отраженного сигнала на электронную плату (на рис. 3 не показано), а также для корректировки положения головки по отношению к оптическому диску 3 и быстрого произвольного доступа к информации, размещенной на нем, осуществляется посредством устройства коммутации 11.

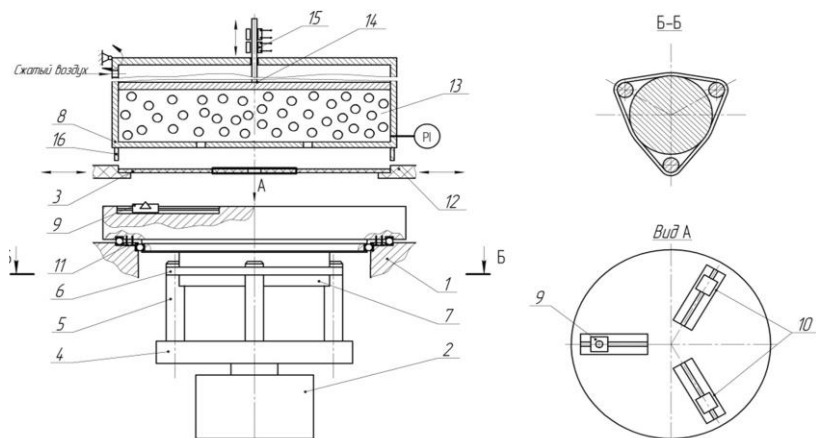


Рисунок 3 – УСЗХ информации на оптический диск: 1 – несущая панель; 2 – электродвигатель; 3 – оптический диск; 4 – полумуфта; 5 – рабочие пальцы; 6 – ремень; 7 – цилиндрический шкив; 8 – пневмокамера; 9 – оптическая головка; 10 – противовесы; 11 – устройство коммутации; 12 – опоры механизма позиционирования; 13 – слой сферических упругих зёрен; 14 – поршень со штоком; 15 – электромагнитный привод; 16 – упоры крайнего положения.

УСЗХ информации на оптический диск работает следующим образом. Перед включением оптический диск 3 устанавливается на опоры 12 механизма позиционирования. Сверху над диском помещается пневмокамера 8, в которую подается сжатый воздух. Воздух, проходя

через слой сферических упругих зерен 13 и кольцевое питающее сопло в рабочей поверхности пневмокамеры 8, за счет создаваемого эффекта пневмозахвата притягивает к последней оптический диск 3. После этого опоры 12 механизма позиционирования, включающего также систему рычагов и приводов, отводятся в стороны из-под диска. Далее включается электродвигатель 2 и вращательное движение с вала электродвигателя 2 передается через полумуфту 4 и рабочие пальцы 5 на цилиндрический шкив 7 с помощью эластичного, но жесткого в продольном направлении ремня 6, охватывающего рабочие пальцы 5 и цилиндрический шкив 7. При этом ремень 6 неподвижен относительно рабочих пальцев 5 и цилиндрического шкива 7. Одновременно с началом работы двигателя посредством устройства коммутации 11 подается напряжение на систему оптической считывающей головки 9. При этом головка 9 и противовесы 10 позиционируются в соответствии с заданной дорожкой оптического диска 3. В результате исключаются негативное влияние вибраций, возникающих при движении робота и вызванных работой электродвигателей.

Давление газа в несущей прослойке между поверхностью диска и газораспределительной решеткой камеры можно считать постоянным по направлению осей X и Y , если:

$$U_{\text{ч}} \geq U_{\text{с}}$$

Эти величины связаны между собой зависимостями [1]:

$$\begin{cases} U_{\text{чx}} = U_{\text{zx}} + K \frac{\partial p f}{\partial x}; \\ U_{\text{чy}} = U_{\text{zy}} + K \frac{\partial p f}{\partial y}. \end{cases}$$

Коэффициент пропорциональности:

$$K_{np} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{(\rho_3 - \rho) g (1 - \varepsilon) H_0}{\Delta P_p}}$$

Скорость огибающего агента:

$$U_{\text{с}} = K_{np} \sqrt{\frac{2 p f}{\rho}}$$

Давление в камере:

$$P_{\kappa} = P_a + \Delta P_0 + \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_p.$$

Расход среды на удержание объекта:

$$Q = \pi \eta_i R_0^2 \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho a}}$$

Данная конструкция системы виброзащиты для устройства записи, хранения и считывания информации позволяет мобильному роботу-ликвидатору работать в условиях радиоактивного заражения максимально стабильно и без потери информации.

Список литературы:

1. Борозденко Д.А. Поле давления внутри зернистого слоя / Д.А. Борозденко, А.А. Бочкарев / Физ., радиофиз. – нов. поколение в науке. – 2002. – № 2. – С. 5–10.
2. Севостьянов В.С., Носов О.А., Бережной О.Л., Ткаченко Е.С. Автоматический робот для ликвидации техногенных катастроф / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 23-24 сент. 2015 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. Воронеж, 2015. С 326-329.
3. Сергеев К.А. Воздушный буфер как средство виброзащиты приборов на транспорте / К.А. Сергеев, Н.В. Стоянова, О.А. Носов, М.А. Васечкин, // Наука и техника транспорта. М.: 2012. №1. С. 80-86.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ВАКУУМ - СМЕСИТЕЛЬ

**Носов О.А., д-р техн. наук, проф.,
Бережной О.Л., ст. преподаватель,
Курганский А. А., магистрант,
Курганский Е. В., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Проблема разработки новых типов высокотемпературных вакуум - смесителей, несмотря на уже существующее их многообразие, остается достаточно актуальной, что объясняется особенностями ожидаемого качества готовой смеси, зависящего не только от реологических и физико-механических свойств смешиваемых компонентов, их агрегатных состояний, но и от условий протекания процесса перемешивания.

При производстве 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 [1].

Предлагается оригинальная конструкция высокотемпературного вакуум – смесителя (рис.).

Смеситель снабжен двумя смесительными камерами 1 и 13, установленными вместе с приводными электродвигателями на общей сварной раме 8. Для удобства чистки обе камеры имеют откидные крышки, на которых располагаются смотровые люки с подсветкой. Обогрев верхней камеры осуществляется тенами, установленными в рубашке 2. Верхняя камера закрывается откидной крышкой 17, на которой расположен загрузочный люк 18. В этой камере на валу 4 установлена мешалка пропеллерного типа 3. Привод ротора осуществляется от двухскоростного электродвигателя 7 через клиноременную передачу 5, обеспечивающую снижение частоты вращения ротора. Для управления направлением потоков смешиваемого материала в верхней камере установлена направляющая лопатка 19 с рукояткой 20. Внутри полый оси лопатки расположена термопара, контролирующая температуру массы.

Выгрузка смеси из верхней камеры производится через разгрузочный люк, перекрываемый затвором 16. Нижняя камера 13 также имеет рубашку 12. Перемешивание смеси в нижней камере осуществляется двухлопастным смесительным органом 10, для привода которого используется двухскоростной электродвигатель 8, соединенный с ним клиноременной передачей и редуктором. Готовая смесь выгружается через разгрузочный люк, перекрываемый затвором 11.

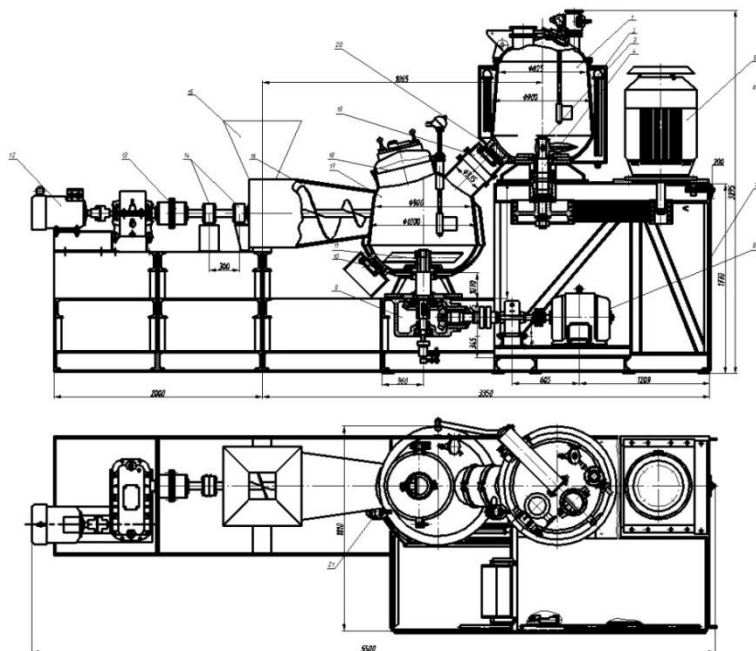


Рисунок 1– Двухкамерный высокотемпературный вакуум смеситель:
 1,13 – смесительная камера; 2,12 – рубашка; 3 – мешалка пропеллерного типа;
 4 – вал; 5 – клиноременная передача; 6 – рама; 7,8 – электродвигатель;
 9 – редуктор; 10 – двухлопастной смесительный орган; 11,16 – затвор;
 14,17 – крышка; 15 – разгрузочный люк; 18,23 – загрузочный люк,
 19 – направляющая лопатка, 20 – рукоятка лопатки, 21 – шнек,
 22 – привод шнека

Во время загрузки двухлопастной смесительный орган вращается с малой скоростью. Стадия загрузки занимает 1–3 мин. Через 30 с после

окончания загрузки электродвигатель привода смесительного органа камеры 13 автоматически переключается на большую скорость, и материалы в камере смешивания переходят в состояние интенсивного вихревого движения. В процессе смешивания материал разогревается за счет трения частиц друг о друга и за счет тепла, подводимого от стенок корпуса. При достижении заданной температуры термопара подает команду на выгрузку смеси в нижнюю камеру. Одновременно двигатели обеих камер переключаются на меньшую скорость вращения. Открывается заслонка разгрузочного окна, и горячая смесь по патрубку перетекает в нижнюю камеру.

Когда расплав полиэтилена из верхней камеры полностью перетек в нижнюю, заслонка вновь закрывается, а двигатель нижней камеры переключается на максимальную скорость вращения. Подача измельченных пищевых отходов перемешанных с измельченной и распушенной вторичной целлюлозой осуществляется шнековым дозатором. Готовая смесь выгружается на транспортер или в приемный бункер для дальнейшего движения по технологическому циклу.

Данные смесители могут быть использованы для решения широкого круга задач, связанных с перемешиванием компонентов с ярко выраженным отличием физико – химических свойств и, в частности, при производстве композитов из различных видов отходов [2, 3, 4].

Список литературы:

1. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А.С. Клинков, М.В. Соколов, В.Г. Однолько, П.С. Беляев. –М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 196 с.
2. 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.
3. Носов О.А., Бережной О.Л., Курганский А.А., Курганский Е.В. Двухкамерный вакуум – смеситель/ Молодежь и научно – технический прогресс: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Том 3 (г.Губкин, 14 апреля 2016) Старый оскол: ООО «Ассистент плюс», 2016 с. 255 -257.
4. Носов О.А., Бережной О.Л., Карцев Д.С., Кизилова О.М. Композиционные материалы на основе вторичного полиэтилена из переработанных бытовых отходов// Молодежь и научно – технический прогресс: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Том 3 (г. Губкин, 14 апреля 2016) Старый оскол: ООО «Ассистент плюс», 2016. С. 233 -235.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОРГАНИЗОВАННЫХ СТРУКТУР

**Носов О.А., д-р техн. наук, проф.,
Ткаченко Е.С., аспирант,
Демушкин Н.П., магистрант,
Толстолицкий С.М., магистрант**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Создавая любую организованную структуру, мы запускаем процессы её деструкции. Это утверждение абсолютно справедливо для любых систем: механических, электрических, пневматических и т.д. Проявление Всемирной Энтропии, если хотите. Результат - как минимум снижение эффективности функционирования.

Попробуем обмануть природу. Все знают, о свойстве инерционности систем, то есть о том, что действие порождает противодействие с определенной задержкой (реакция не моментальна). Однако, что произойдет, если время действия чрезвычайно мало? Приведем пример: не смотря на аналоговый характер восприятия зрительных сигналов человеческим мозгом, отдельные кадры плёнки, перемещаемой относительно линз кинопроектора с большой скоростью, превращаются в отображение недискретного действия на экране (реакция на дискретность отсутствует). Известны и "сюрпризы" импульсных блоков питания электронных устройств...

В названных случаях реакция не просто запаздывает (тогда мы видели бы отдельные кадры плёнки с определённой задержкой), а фактически не следует.

Напрашивается гипотеза о том, что любой системе, в том числе специально организованной структуре присущи пределы параметров, в которых она функционирует. Все, что не в данных пределах, реакции не вызывает.

Рассмотрим газодинамическую систему с несущей газовой прослойкой, образованной за счёт истечения рабочей среды сквозь отверстия газораспределительной решетки под опорную поверхность твердого тела. Течение газа описывается системой уравнений Навье-Стокса, неразрывности, энергии и состояния [1]. На вид зависимости, описывающей поле давления газа, полученной при их совместном решении, огромное значение оказывают инерционные члены. В реальных устройствах это подтверждается присутствием так

называемого эффекта пневмозахвата, неизбежно возникающего при установившемся режиме течения и связанного с возникновением зон пониженного давления, место расположения и форма которых зависят от расходно-перепадных характеристик системы, качества поверхностей решётки и удерживаемого на прослойке тела, его формы и размеров [2]. При этом в значительной мере снижается эффективность функционирования системы (до 35% энергии в реальных устройствах мы тратим на преодоление пневмозахвата).

Время, за которое устанавливается течение газа T_y , крайне невелико. Это десятые или даже сотые доли секунды. Но что произойдёт, если менять расходно-перепадные характеристики очень быстро? Для простоты рассмотрим случай с одним питающим отверстием (рис. 1). Твёрдое тело 1 массой m имеет форму диска радиусом R и опирается на несущую прослойку. Питающее отверстие периодически перекрывается вращающейся плоской перфорированной заслонкой 3.

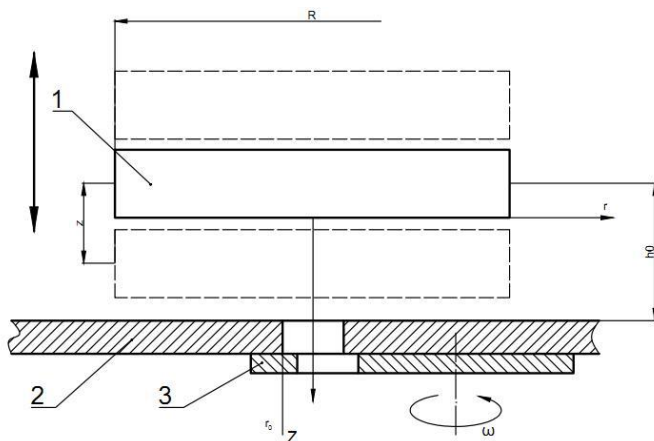


Рисунок 1 – Система с несущей прослойкой: 1 – твердое тело, 2 – распределительная решетка, 3 – заслонка

Необходимо получить выражение распределения давления в системе "цилиндрическое сопло - дискретно запитываемая несущая прослойка-твердое тело".

Площадь открытой части питающего отверстия:

$$S_{откр} = S_{ср} + S_{ср} \sin(\alpha t) \quad (1)$$

где S_{cp} - среднее значение открытой площади отверстия за один период перекрытия, м²; ω - циклическая частота колебаний, Гц; t - время, с.

Для определения давления в несущей прослойке переменной толщины воспользуемся системой уравнений Навье-Стокса в цилиндрической системе координат для случая осесимметричного течения.

Из закона Пуазейля следует, что распределение скорости по высоте несущей прослойки носит параболический характер. Тогда выражение, описывающее распределение скорости по высоте прослойки, можно записать в следующем виде [3]:

$$V_r = \frac{C_1}{r}(z^2 - hz), \quad (2)$$

где h - толщина несущей прослойки, м.

В результате некоторых математических преобразований получена следующая система уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{p\rho_a}{p_a} \frac{h}{r} \frac{\partial(hC_1)}{\partial t} - \frac{h^4}{30} \frac{p\rho_a}{p_a} \frac{C_1^2}{r^3} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{2\mu C_1}{r}; \\ \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{h^2}{6} \frac{C_1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

где p_a - атмосферное давление, Па; μ - динамическая вязкость газа, Па·с; ρ_a - плотность газа, кг/м³.

Тогда в общем виде решение второго уравнения системы (3):

$$F\left(\int h^2 dt + \frac{3r^2}{C_1}, p\right), \quad (4)$$

Так как один интеграл зависит от неизвестной функции, а другие нет то решение (4) можно записать в виде:

$$p = f\left(\int h^2 dt + \frac{3r^2}{C_1}\right), \quad (5)$$

Полученное решение полностью удовлетворяет второму уравнению системы (3).

Для нахождения частного решения уравнения (5) разложим в степенной ряд полученную функцию в окрестности точки $x_0 = 3r^2$.

В ходе некоторых математических преобразований получим:

$$\left(\frac{P_2'}{1!}(x)\right) - \left(\frac{P_2}{1!}(x)\right) \left(\frac{h^4 \rho_a C_1^2}{10 p_a x^2} + \frac{\rho_a}{p_a} \frac{1}{2x} \frac{\partial(h^2 C_1)}{\partial t}\right) =$$

$$= P_1(x) \left(\frac{3h^3 \rho_a C_1^2}{10 p_a x^2} + \frac{\rho_a}{p_a} \frac{1}{2x} \frac{\partial^2(h^2 C_1)}{\partial t^2}\right) + \frac{2\mu}{x} \frac{\partial C_1}{\partial t}$$

$$P_2 = e^{-\int \left(\frac{h^4 \rho_a C_1^2}{10 p_a x^2} + \frac{\rho_a}{p_a} \frac{1}{2x} \frac{\partial(h^2 C_1)}{\partial t}\right) dx} \times$$

$$\times \left(\int \left(\frac{1}{h^2 C_1} \left(P_1(x) \left(\frac{3h^3 \rho_a C_1^2}{10 p_a x^2} + \frac{\rho_a}{p_a} \frac{1}{2x} \frac{\partial^2(h^2 C_1)}{\partial t^2} \right) \frac{C_1^2}{x^2} + \frac{2\mu}{x} \frac{\partial \bar{N}_1}{\partial t} \right) \times \right) dx + C_3 \right)$$

$$\times e^{\int \left(\frac{h^4 \rho_a C_1^2}{10 p_a x^2} + \frac{\rho_a}{p_a} \frac{1}{2x} \frac{\partial(h^2 C_1)}{\partial t}\right) dx} \quad (8)$$

Постоянную C_1 можно найти из граничных условий (7).

Корректно оценивая порядок малости слагаемых уравнения (3), ограничивается линейными членами. В таком случае уравнение легко решить любым из приближенных методов, получив частоты перекрытия отверстий, при которых организация структуры (действие) не приводит к появлению эффекта пневмозахвата (противодействию), что значительно повышает ее эффективность.

Результаты подтверждены экспериментально. Кроме того, в расчетных режимах запитывания не зарегистрированы колебания тела на прослойке, то есть имеет место некая квазистационарность системы. Таким образом, справедливость приведенной выше гипотезы подтверждается, во всяком случае, для всего класса подобных пневматических устройств. Можно предположить, что данный подход к повышению эффективности можно распространить и на прочие организованные структуры.

Список литературы:

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газов / Л.Г. Лойцянский. - Учеб. для вузов. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.- 840с.
2. Носов О.А. Эффект пневмозахвата при удержании пшеничного теста на тонкой газовой прослойке / О.А. Носов, М.А. Васечкин, Д.С. Щербаков // Теоретические основы проектирования технологических

- систем и оборудования автоматизированных производств. Сб. науч. тр.; Воронеж, гос. технол. акад. Воронеж, 2001. Вып. 4. С. 106-112.
3. Колодежнов В.Н. Об одном подходе к решению задач гидродинамики в тонких несущих прослойках / В.Н. Колодежнов // Прикладные задачи механики сплошных сред. Воронеж: изд-во ВГУ. 1988. С. 85 - 89.

ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ВЛИЯНИЯ ГАЗОВЫХ СТРУЙ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВЕРХНЕГО СЛОЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ

**А. Рамос М., инженер,
Котлярский Э.В., д-р техн. наук, проф.,
Иванов И.Е., д-р техн. наук, проф.**
*Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ).*

Свойства асфальтобетона существенно зависят от температуры. Условия работы асфальтобетона в покрытиях автомобильных дорог существенно отличаются от температурных условий работы асфальтобетонных аэродромных покрытий.

Вопросами оценки температурного режима работы покрытий на аэродромах посвящены работы многих ученых и специалистов в России и за рубежом, в результате чего получены различные эмпирические выражения, достаточно адекватно описывающие исследуемые процессы в конкретных погодно-климатических и географических условиях.

Однако, при изменении этих условий результаты, полученных при непосредственных измерениях могут существенно отличаться от расчетных.

Так, например, в государствах Южной Америки температура асфальтобетонного покрытия определяется по эмпирическим формулам американских социалистов (по системе Supergrave).

Опыт эксплуатации аэродромных покрытий в Республике Перу свидетельствует, что реальные измерения отличаются от расчетных значений в силу не учета реальных географических и природно-климатических особенностей страны (в частности, широтно-высотного расположения регионов государства).

В отличие от температурных условий работы дорожных покрытий, как уже отмечалось, дополнительно происходит нагрев от работы реактивных двигателей воздушных судов. Формулы, используемые в системе Supergrave не учитывают периодическое воздействие высокотемпературных струй отработанных газов реактивных двигателей воздушных судов на отдельных участках аэродромов [7]. .

Газовые струи реактивных двигателей при натекании на покрытие распространяются по поверхности эллипсоидной формы, оказывая

тепловое и силовое воздействие в зоне контакта. Происходит совместное действие скоростных и температурных полей. Струя реактивного двигателя имеет турбулентную структуру характеризующуюся скоростью, температурой, давлением и плотностью потока. Эти факторы испытывают хаотические колебания, нерегулярно изменяющиеся от точки к точке во времени. [1]

Истечение газовой струи реактивного двигателя воздушного судна на поверхность аэродромного покрытия принято рассматривать как натекание под углом до 6° к горизонту [1] осесимметричной струи, распространяющейся в относительно неподвижной воздушной среде, ограниченной с одной стороны поверхностью аэродромного покрытия.

При разработке теории расчета в качестве исходных положений принято, что основными факторами, влияющими на формирование поля газовой струи и его характеристик являются:

1. Тип воздушного судна по способу взлета и посадки (вертикальный, вертикальный с разбегом, короткий, укороченный и нормальный).

2. Особенности компоновки двигателей, количество двигателей и их расположение (рис. 1), отчего зависят геометрические размеры поля струи, температура и скорость на уровне покрытия.

3. Мощность силовой установки - чем больше номинальная тяга силовой установки, тем выше скорость и температура истечения газов на срезе сопла, линейные размеры поля струи, максимальные скорость и температура на уровне покрытия.

4. Режим работы двигателей, так как при изменении режима работы двигателей меняется скорость и температура истечения газов на срезе сопла, линейные размеры поля струи, максимальные скорость и температура на уровне покрытия [1].

5. Величина начального угла наклона оси струи к покрытию. Повышение температуры струи на уровне покрытия при прочих равных условиях происходит при увеличении угла наклона его оси по отношению к покрытию.

6. Высота расположения двигателей над поверхностью покрытия - при прочих равных условиях, поскольку, чем больше расстояние от оси сопла двигателя до поверхности покрытия, тем ниже температура и скорость струи на уровне покрытия.

7. Диаметр выходного среза сопла двигателя, так как при прочих равных условиях, чем больше выходной диаметр сопла двигателя, тем выше температура, скорость и геометрические размеры поля струи.

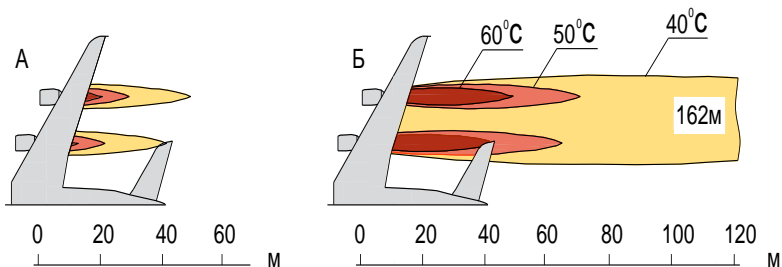


Рисунок 1 – Распределение изотерм от 60 С0 до 40 С0 в газовых струях реактивных двигателей воздушного судна А380 на режиме руления – «А» и на режиме взлета – «Б», при температуре окружающего воздуха 300С и скорости ветра равной 0-1м/сек. (изотермические поля более высоких температур на рисунке не показаны).

Согласно теории турбулентных струй и проведенным исследованиям [1,3] наиболее высокие температуры газовая струя имеет на своей оси, по мере удаления от оси струи в стороны температура и скорость снижаются.

Интенсивность теплопереноса зависит от разницы температур газовой струи и поверхности покрытия, теплофизических свойств конструктивных материалов аэродромных одежд, состояния покрытия и продолжительности протекания процесса.

Возникновение пограничного турбулентного слоя около поверхности покрытия происходит тем раньше, чем выше турбулентность набегаемого воздушного потока. При этом сначала возникает ламинарный подслей (рис. 2), который затем переходит в турбулентный (при этом число Рейнольдса (Re) меняется от 10^5 до $3,5 \cdot 10^6$ [2]).

При числе Рейнольдса $Re \leq 10^7$ толщина пограничного слоя h вдоль поля струи (по оси X) определяется по формуле [6]:

$$h = 1,25 \sqrt{\left(0,29 \cdot \left(\frac{V}{W_0} \right)^{0,25} \right) \cdot X} \quad (1)$$

Толщина ламинарного подслоя в пограничном турбулентном слое определяется из соотношения:

$$\frac{h_n}{h} = \frac{194}{\text{Re}_x^{0.7}} \quad (2)$$

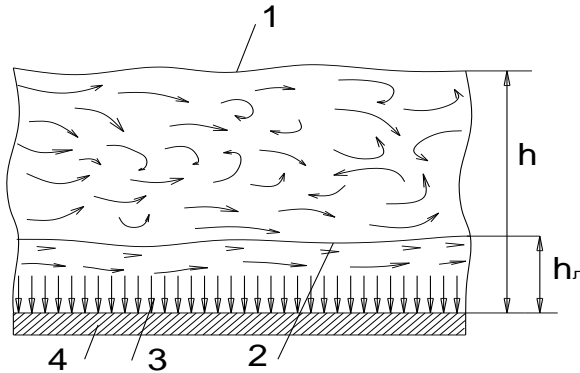


Рисунок 2 – Структура газового потока по толщине в пограничном слое: 1 - граница пограничного слоя h ; 2 - граница ламинарного подслоя h_n ; 3 - поток тепла идущий в поверхность верхнего конструктивного слоя аэродромной одежды; 4 – аэродромное покрытие

Теоретическим исследованиям теплообмена газовых струй с поверхностью покрытия посвящено ограниченное число работ. В них, по нашему мнению, анализируются, достаточно условные схемы теплообмена, позволяющие получать лишь приближенные решения.

Существующие, теоретически не обоснованные схемы не учитывают, что при нагревании поверхности конструкции с ростом температуры теплофизические свойства материала покрытия также изменяются.

При распределении температурных и скоростных полей в пограничном слое струи процесс конвективного теплообмена в общем случае описывается уравнением Ньютона [2] согласно которому, тепловой поток Q от газовой струи идущий к поверхности покрытия пропорционален площади поверхности теплообмена F и разности температуры газовой струи T_c и температуры поверхности покрытия T_n .

$$Q = \alpha F (T_c - T_n) \quad (3)$$

Где α - коэффициент теплоотдачи, зависящий от физических свойств поверхности покрытия (плотности, теплоемкости, теплопроводности), размеров поверхности, природы возникновения движения среды, скорости движения).

В математический аппарат описания процессов теплоотдачи газовой струи входят различные уравнения: (уравнение Фурье, описывающее процесс теплоотдачи на границе покрытия и струи [2], дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности, дифференциальное уравнение неразрывности среды, и др.)

Считается, что в настоящее время точный расчет температурных полей в аэродромных покрытиях от газовых струй пока еще не возможен из-за сложности теплофизической задачи, что связано с необходимостью количественного учета особенностей условий разогрева покрытия.

Температурные поля газовых струи определяются на основе теории газовой струи Г.Н. Абрамович [3] и теории теплообмена [2], и их расчет сводится к решению дифференциального уравнения теплопроводности Фурье-Кирхгофа при граничном условии на внешней поверхности, выражающем условие теплового баланса, а на внутренней поверхности – условие полной тепловой изоляции.

Теплопроводность асфальтобетона относительно не велика, а нагрев от струи носит кратковременный характер, градиенты

температур $\frac{dt}{dx}$ и $\frac{dt}{dy}$ в направлениях параллельных поверхности

нагрева малы по сравнению с градиентами температур $\frac{dt}{dz}$ по толщине слоя конструкции. В силу этого уравнение теплопроводности целесообразно упростить и свести задачу о распространении температур в полупространстве к задаче о распространении тепла в полуограниченном теле.[1].

Температура поверхности покрытия зависит от термодинамических характеристик газовой струи и ее поля, теплотехнических и физико-механических свойств материала верхнего конструктивного слоя покрытия и его температуры до воздействия струи, определяемой климатическими условиями местности.

Газовая струя реактивного двигателя, натекающая на поверхность покрытия, имеет турбулентную структуру и скорость распространения, температура, давление и плотность в поле струи непостоянны и

неодинаковы в различных точках, то температура поверхности покрытия в зоне контакта с газовой струей также имеет различные значения в разных точках поверхности.

В поле турбулентной газовой струи выделяется зона наибольшего воздействия струи на покрытие, где действует, центральная часть пристеночного слоя газового потока со скоростью $V_i = (1 \div 0,5)V_m$, радиус этой зоны (а) составляет 0,441 радиуса струи в зоне контакта оси струи с поверхностью покрытия. [1,5]

Температура нагрева поверхности аэродромного покрытия от газовой струи реактивного двигателя в зоне наибольшего воздействия можно определить из условия равенства количества теплоты q_1 , передаваемой поверхности покрытия от газовой струи путем вынужденной конвекции за время работы двигателя количеству теплоты q_2 , передаваемой от поверхности покрытия в глубину слоя покрытия за время τ [2].

$$q_1 = \alpha_c \cdot F \cdot (T_{\text{ср.с}} - T_{\text{п}}) \cdot \tau \quad (4)$$

где: $T_{\text{п}}$ – температура поверхности покрытия до воздействия струи;

τ – время воздействия струи;

F – площадь нагреваемой поверхности .

$$q_2 = 2\tau(T_w - T_h) \sqrt{\frac{\lambda_n \rho_n c_n}{\pi \tau}} \quad (5)$$

где: T_w – температура поверхности покрытия от воздействия струи;

T_h – температура покрытия на глубине h от поверхности до воздействия струи (h - толщина рассматриваемого слоя);

$$\sqrt{\frac{\lambda_n \rho_n c_n}{\pi \tau}} \text{ - коэффициент теплоусвоения слоя покрытия;}$$

$\lambda_{\text{п}}$ - коэффициент теплопроводности асфальтобетона; $\rho_{\text{п}}$ - плотность асфальтобетона; $c_{\text{п}}$ - теплоемкость асфальтобетона.

Теплота от высокотемпературной газовой струи, передаваемая поверхности покрытия за счет вынужденной конвекции, далее распространяется по глубине слоя конструкции путем теплопередачи за счёт теплопроводности.

Распределение температуры по глубине слоя от поверхности покрытия в зависимости от времени действия струи можно определить по формуле:

$$T(z, \tau) = T_0 + (1 - \operatorname{erf}X) \cdot (T_w - T_0) \quad (6)$$

z – координата по толщине покрытия, м;

a – коэффициент теплопроводности материала слоя покрытия;

T_0 – температура на нижней границе рассматриваемого слоя покрытия при отсутствии теплового воздействия газовой струи.

$$\left(\frac{z}{2\sqrt{a\tau}}\right) = X$$

На основании предложенных теоретических положений разработана методика и теория расчета влияния газовых струй реактивных двигателей воздушных судов на температуру верхнего слоя асфальтобетонного аэродромного покрытия.

Расчеты для условий республики Перу показали удовлетворительную сходимость с многочисленными произведенными измерениями.

Установлено, что при прочих равных условиях при многократном воздействии газовых струй на асфальтобетонные аэродромного покрытия существенно изменяется температурный режим его работы как на поверхности, так и по глубине. Это зависит от глубины, от времени воздействия, температуры окружающей среды, и режима работы двигателя и других факторов. Таким образом, реальные температурные условия на отдельных участках летного поля не соответствует тем, которые были в настоящее время используются при проектировании конструкции аэродромного покрытия и состава асфальтобетонной смеси. Это способствует сокращению сроков службы покрытий.

Список литературы:

1. Тригопи В.Е. Струйная эрозия аэродромов. М: Транспорт. 1981. 248 с.
2. Луканин В.Н., Шатров М.Г. и др. Теплотехника, Высшая школа 1999, 671 с.
3. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М., Физматгиз. 2011, 715 с.

4. Шатров М.Г., Иванов И.Е., Пришвин С.А. Теплотехника. М.; Издательский центр «Академия», 2012. 288с.
5. Руководство по проектированию аэродромных покрытий. М.; Аэропроект, 2004. 250с.
6. Горецкий Л.И. Аналитический способ определения максимальной суммарной температуры нагрева поверхности аэродромный. Труды ГПИ и НИИ ГА Аэропроект, выпуск 18. Эксплуатация аэродромов гражданской авиации. М . ГПИ и НИИ ГА Аэропроект 1975, С. 54-67.
7. Jorge Rodolfo Escalante Zegarra, Msc. Dr. Applied Universidad de Sao Paulo – Brasil, Clasificación de ligantes asfálticos por desempeño para las diferentes regiones climáticas del Perú. Construyendo CASMINO № 5, Lima-Peru. 2012, 32-36 p

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФУТЕРОВКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛКОВ

Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Апухтина И.В., ассистент

БелГУ

В настоящее время над созданием надежных конструкций ПВИ высокого давления наиболее плодотворно работают такие немецкие фирмы, как «KRUPP Polysius AG», «KHD Humboldt Wedag AG» и «Корреп» [1-5]. При создании пресс-валковых измельчителей специалистами этих фирм наибольшее внимание уделяется снижению эксплуатационных затрат и повышению надежности агрегатов. Основными направлениями при этом являются разработка конструкции рабочих поверхностей валков и технология их изготовления. Ими предложены следующие конструктивные исполнения валков, позволяющие повысить их срок службы:

- валки с установкой на их рабочей поверхности литых бандажей, выполненных из износостойкого металла, которые используются при не больших рабочих давлениях измельчения и температуры;

- стальные валки с наплавленным слоем износостойкого материала на рабочей поверхности, толщина которого достигает до 10–12 мм, причем повторная наплавка может производиться на валке без его демонтажа с агрегата;

- цельнолитые валки, которые используются при высоких давлениях измельчения, толщина изнашиваемого слоя металла при этом достигает 160 мм, а срок службы доходит до 40 тысяч часов.

- сегментные конструкции валков, которые разработаны для небольших рабочих давлений. Надежность работы такого валка зависит от удельных давлений в рабочей зоне и температуры исходного материала, а срок службы сегментных валков достигает 9000 часов.

Практика применения ПВИ показала, что значительное влияние на работоспособность рабочей поверхности валков оказывают условия их эксплуатации. Например, высокая температура исходного материала может представлять существенную опасность для валков с бандажами с небольшой толщиной. Поэтому помимо широко принятого конструктивного исполнения валка с бандажом была разработана технология получения цельнолитого валка. Такая технология

изготовления валков предусматривает защиту основного материала износостойким слоем или применением термообработки. В зависимости от специальных требований поверхность валков может быть профилированной для улучшения способности захватывать материал в рабочую зону. Средняя твердость поверхности валка – от 57 до 60 HRC при высоком содержании карбидов. Разработанная технология наплавки поверхностного слоя улучшает износостойкость валков.

Альтернативным решением сплошной наплавке поверхностного слоя является нанесение на поверхности валков по специальной схеме выступов или профилированием его рабочей поверхности. В этом случае средством борьбы с износом валков является не соответствующее увеличение толщины защитного слоя, а непосредственная защита поверхности валка слоем измельчаемого материала.

Применение в последние годы пресс-валковых измельчителей, имеющих эксцентриковые или конические валки, позволяющие создавать интенсивное сдвиговое деформирование измельчаемых шихт между валками, и тем самым снизить удельный расход электроэнергии [6-8], но это влечет за собой повышенный износ их рабочих поверхностей. Поэтому, возникает необходимость разработки технических решений, для защиты поверхности валков от интенсивного износа, позволяющих повысить срок их службы.

Одним из наиболее просто реализуемых в условиях производства является, разработанное нами на уровне изобретения, техническое решение, позволяющее защитить поверхность валков от интенсивного износа за счет наплавки из износостойкого материала сетки, ячейки которой в процессе работы заполняются измельчаемым материалом и, удерживаясь в них, предохраняют поверхность валков от износа [9].

Для обеспечения футеровки поверхности валков, наплавку сетки необходимо выполнить так, чтобы измельчаемый материал запрессовался в ячейках в момент измельчения и после снятия напряжений не выходил из них и тем самым образовывался слой материала (запрессованный в ячейках), который предохранял бы рабочую поверхность валков от интенсивного износа.

Из вышесказанного следует, что условия футеровки рабочей поверхности валков во многом зависят от геометрического профиля и размеров ячеек, а также от свойств материалов в частности коэффициента трения.

Рассмотрим условия запрессовки материалов в ячейках эксцентриковых валков на рабочей поверхности, которых нанесена сетка прямоугольной формы (рис. 1).

Пройдя зону максимальных давлений, спрессованный материал подвергается резкому снятию усилий измельчения, что вызывает его упругое расширение и, в зависимости от формы ячейки и величины сил упругого расширения материала возможен его выход или заклинивание в ячейке, нанесенной на рабочей поверхности валков.

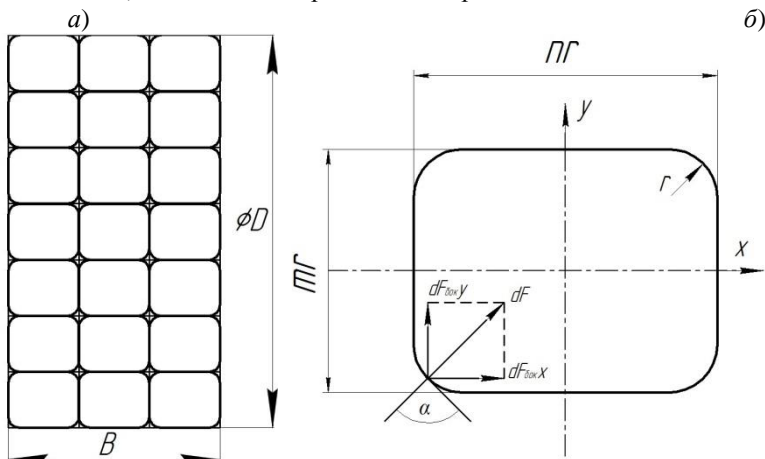


Рисунок 1 – Рабочая поверхность бандажа валка с наплавленной футерующей сеткой:
 а - общий вид, б - форма ячейки

Учитывая, что при наплавке сетчатой поверхности валков получаются ячейки со скругленными углами по радиусу r (рис.1,б) за счет пристенного эффекта в углах ячейки, и предположив, что усилие F , возникающее за счет сил упругого расширения, в ячейке равно по всей ее боковой поверхности $S_{бок}$.

Рассмотрим силу, действующую на бесконечно малую площадку боковой поверхности ячейки с длиной по периметру l_{σ} и высотой r , которая равна:

$$dF = F dS_{бок} = F r \cdot d\alpha \cdot l_{\delta} . \quad (1)$$

Величина силы, действующей на всю боковую поверхность ячейки равна:

$$dF_{бок} = cr \cdot d\alpha(2nr + 2mr) \times F d\alpha . \quad (2)$$

где n и m - числа, кратное радиусу скругления r , соответственно, по высоте, ширине и длине ячейки.

Суммарная сила на ось «z», приходящая на всю сферическую поверхность, состоящую из угловых полусфер радиусом r , определяем по выражению:

$$\sum F_{cfz} = r^2 F \int_0^{2\pi} d\xi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \alpha \cos \alpha d\alpha . \quad (3)$$

$$\text{или} \quad \sum \bar{F} = 2r^2(n+m)F \cdot \sin \alpha + \pi r^2 F + F \cdot mn r^2$$

Выходу спрессованной шихты из ячейки препятствует сила трения материала о её боковую поверхность. Боковая поверхность состоит из сферической части в углах ячейки, скругленной поверхности между ними и параллельной поверхности по периметру высотой «с».

Суммарная проекция сил, действующих на бесконечно малых участках боковой поверхности по радиусу скругления ячейки на ось z, равна:

$$F_{mp.б} = \int fdF_{бок} \sin \alpha = -f 2r^2(n+m) \cdot F \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

$$(\ 2r^2(n+m)F \cdot \cos \alpha + frc(n+m) \cdot F + f\pi r^2 F$$

Условия запрессовки измельчаемого материала в ячейки на рабочей поверхности валков будут обеспечены в том случае, если $\sum F_{mp.} \geq \sum F$, сделав преобразования получим:

$$f \geq \frac{2r((n+m) \cdot \sin \alpha + nm/2 + \pi/2)}{2r(n+m) \cdot \cos \alpha + \pi r + c(n+m)} \quad (5)$$

Применение на практике сетчатой поверхности с размерами ячеек, удовлетворяющих вышеизложенным условиям, позволит уменьшить износ рабочей поверхности валков и тем самым повысить срок их службы. Однако поверхность валков с ячейками, заполненными мелкими частицами материала имеет твердость ниже, чем исходный металл, что приводит к возникновению упругопластических деформаций при обработке материалов давлением.

С целью изучения влияния давления измельчения на степень измельченности материалов, осуществляемых в ПВИ с наплавленной футерующей сеткой и без нее были проведены сравнительные испытания (рис.2).



Рисунок 2 – График зависимости степени измельченности от давления измельчения: а- не футерованными валками; б- футерованными; 1-известняк органогенный; 2- клинкер;

Анализ графической зависимости, построенной по результатам исследований при измельчении материалов цементного производства (клинкера, известняка) позволил подтвердить теоретические предположения о том, что нанесение на поверхности валков ячеек, обеспечивает не только лучшие условия для захвата измельчаемых материалов, доставку их в зону силового воздействия с меньшим проскальзыванием, но и запрессовку в них мелких частиц измельчаемого материала.

Как видно из графика расхождения между полученными значениями невелики, при этом срок службы валков, как показали, проведенные промышленные испытания при измельчении абразивных материалов увеличится в 1,5-2 раза.

Список литературы:

1. Мельница POLYCOM фирмы KRUP Polysius AG – революция в области дробильного оборудования// Горная промышленность. 1996. №4. С.20.
2. *Tratner R. Modernisierung von Production – sanlaqen Guttbett Walzenmuhlen fur Rohmaterial und Klinker // Zement – Kalk – Gips – 1987 - № 7. P. 354 – 359.*
3. *Wustner H. Energy – saving with the roller press comminution process. // World Cement. 1986. №3. P.94-96.*
4. Биннер Й. Технология измельчения и классификация шлака / Й. Биннер, Р. Ассмус, Е.В. Щеголяев // Цемент и его применение. 2006. № 5. С.31-36.
5. Романович А.А. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов / А.А. Романович, Е.С. Глаголев, А.Н. Бабаевский // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 102–105.
6. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69–71.
7. Патент SU № 2522799 С1 В02С 4/02. Пресс-валковый / А.А. Романович, С.А. Мещеряков, Л.Г. Романович, Н.В. Черкашин, М.А. Романович // от 09.01.2014г.
8. Rudychev A.A., Romanovich L.G., Romanovich M.A. Incentives for innovative activity of young scientists on the basis of higher educational institutions in Russia . Experience of belgorod state technological university named after V.G. Shukhov / World applied sciences journal. 2013. т. 25. № 12. с. 1754-1757.
9. Romanovich A.A. PERFORMANCE REVIEW AND PRINCIPAL DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF A GRINDING EQUIPMENT IN CEMENT FACTORY / ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 2367-2370.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,

Глаголев Е.С., канд. техн. наук,

Романович М.А., канд. экон. наук,

Бабаевский А.Н., канд. техн. наук,

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

Ежегодно в мире из недр планеты извлекается около 30 млрд. тонн горной массы, перерабатывается около 4,5 млрд. тонн различных полезных ископаемых, из которых только от 2 до 10% становится полезным продуктом, а значительная её часть переходит в разряд промышленных отходов рациональные области использования, которых, как правило, не определены [1-3]. Разработка полезных ископаемых сопровождается накоплением миллиардов кубических метров отвальных пород, которые занимают сотни тысяч гектар земель.

К началу XXI века человечество накопило такое количество техногенных отходов, что их можно условно назвать новыми месторождениями. Поэтому на сегодня остро стоит задача по их использованию с минимальными затратами на переработку.

Например, только запасы отходов в виде шлаков электросталеплавильных печей Оскольского электрометаллургического комбината составляют более 4 миллионов тонн, при ежегодном пополнении около 500 тысяч тонн.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов, но наиболее эффективным решением является внедрение безотходной технологии. Рациональное комплексное использование минеральных природных ресурсов, вовлечение в производство техногенных отходов и вторичных продуктов различных отраслей промышленности для производства строительных материалов позволит существенно снизить нагрузку на окружающую среду и привести к ресурсо- и энергосбережению. Максимальное использование отходов в качестве сырьевой базы должно стать основой для ускорения развития промышленности строительных материалов Российской Федерации.

Сегодня проблема сокращения отходов тесно связана с вопросами устойчивого экономического развития: в условиях постоянно растущего

спроса на сырьё, при одновременном сокращении доступных запасов и конечной исчерпаемости природных ресурсов.

В нашей стране с учетом выпускаемых мощностей цементных предприятий, наблюдается острая нехватка вяжущих материалов. По прогнозам Минрегионразвития, разработавшего стратегию развития промышленности стройматериалов до 2020 г., потребность строительной отрасли в цементе через десять лет увеличится почти вдвое (до 98 млн. т). Одним из способов увеличения объема его производства является получение композиционных вяжущих веществ (КВВ). Применение КВВ с использованием отходов промышленности приведет не только к сокращению расхода клинкерной составляющей в вяжущем, но и получению высокоэффективных строительных материалов на их основе.

Известна также технология получения минеральных вяжущих с использованием шлаковых отходов доменных печей металлургических производств, одной из основных составляющих которой, является тонкое измельчение её компонентов, в том числе и шлаков [4-5].

Однако исходный продукт - шлак, представляет собой достаточно твердый материал с пределом прочности зерен $P = 300 - 320 \text{ кг/см}^2$, абразивными свойствами и имеет более значительные размеры чем требует конечный продукт, что требует производить его измельчение и помол для получения необходимого продукта.

В настоящее время существует большое разнообразие помольных агрегатов и систем, применяемых для измельчения материалов и техногенных отходов, которые имеют различные прочностные характеристики.

Проведенный анализ технико-экономической эффективности от использования существующих и разрабатываемых помольных систем [6-9], позволил выявить как наиболее эффективные те системы, у которых реализуется принцип постадийного измельчения материалов с выносом стадии грубого помола в отдельный агрегат - пресс-валковый измельчитель (ПВИ), осуществляющий более экономичный способ разрушения шихт (объемно-сдвиговое деформирование) чем, например, удар и истирание.

Учеными БГТУ им. В.Г. Шухова разработана промышленная технология и энергосберегающее оборудование для получения композиционного вяжущего со снижением энергоемкости процесса до 50% за счет синергетического эффекта при механоактивации сырьевой смеси с замещением клинкерной составляющей минеральной гидроактивной добавкой. Технологический процесс (рис.1) построен

на последовательном вводе компонентов в дисперсных фазах в сырьевую смесь в тракте помола и на сепарации продукта с определенными дисперсными характеристиками.

Используемый на стадии предварительного помола пресс-валковый измельчитель (рис. 2) имеет следующие технические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика пресс-валкового измельчителя

№ п/п	Технические характеристики	Значение параметров
1.	Геометрические размеры валков, $D \times B$	0,5x0,3 м
2.	Величина конусности валков, K	0,3 м
3.	Зазор между валками,	$(3-8) \times 10^{-3}$ м
4.	Окружная скорость вращения валков	0,8 м/с
5.	Установочная мощность привода валков	2x7,5 кВт
6.	Максимальное усилие противодействия	90×10^4 Н
7.	Производительность агрегата, т/ч	5-8 т/ч

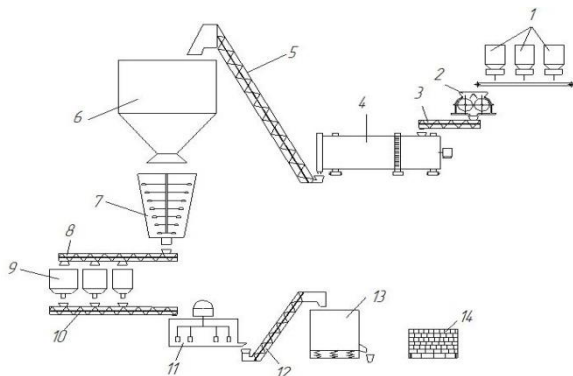


Рисунок 1 – Технологическая схема производства композиционных материалов:
 1,2,3 – бункера исходных материалов; 2 – ПВИ; 3,5,8,10,12- шнековый питатель;
 4- сушильный барабан; 6 – накопительный бункер; 9- бункера добавок;
 11- смеситель; 13-упаковочная машина; 14- склад готовой продукции

Применение ПВИ в технологической линии получения минеральных вяжущих обеспечивает, в зависимости от свойств, измельчаемых материалов, снижение удельного расхода электроэнергии на 25-40% и повышение производительности агрегата, используемого на стадии помола, на 30-40%.

Это достигается за счет использования конических валков, в которых осуществляется объемно-сдвиговое деформирование частиц измельчаемого материала, а, также, эффекта самоизмельчения, реализуемого в слое материала при высоком давлении между валками. Сжатие минеральной частицы между двумя рабочими органами приводит к измельчению только ее самой, тогда как сжатие частицы между другими приводит к измельчению всех находящихся в контакте частиц, при этом для достижения необходимой крупности продукта требуется менее половины энергии, расходуемой шаровыми мельницами.

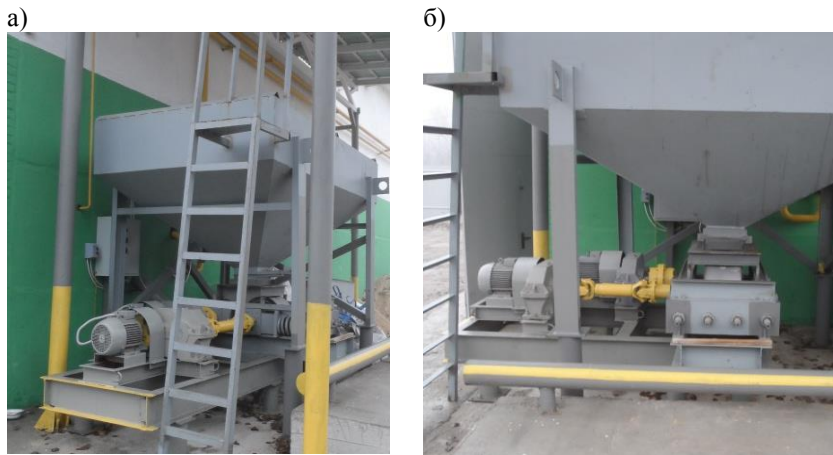


Рисунок 2 – Пресс-валковый измельчитель:
а- общий вид, б - вид на валки

Кроме того материал после обработки давлением имеет товарную форму в виде спрессованных пластин и микродефектную структуру (рис.3), что позволяет осуществлять его помол на последующих стадиях с меньшими энергозатратами. Возможность создания широкого спектра сдвиговых деформаций, за счет формы валков и большого диапазона давлений, создаваемых в ПВИ, предопределяет его

использование для переработки материалов с различными физико-механическими характеристиками.

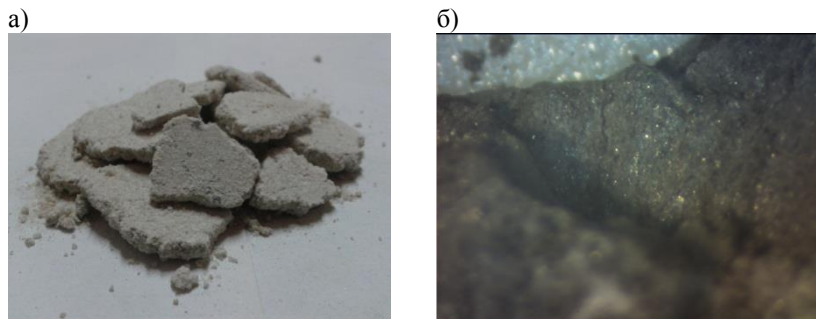


Рисунок 3 – Шлак измельченный в ПВИ: *а* - товарная форма; *б* - микродефектная структура (x 80)

На стадии окончательного помола предварительно измельченных материалов используется роторно-вихревая мельница сверхтонкого помола, которая в позволяет получить синергетический эффект, за счет механоактивации частиц при их помоле до удельной поверхности $4000 \dots 4500 \text{ см}^2/\text{г}$.

Таким образом, использование промышленной технологии и энергосберегающего оборудования для получения композиционного вяжущего со снижением энергоемкости процесса до 50% не только позволяет утилизировать техногенные отходы металлургических производств, но и способствует получению более дешевых строительных, теплоизоляционных и других материалов. Данная технология также может быть использована в дорожном строительстве для получения минеральных добавок с высокой активностью.

Список литературы:

1. Будников П.П., Значно-Яровский И.Л. Гранулированные шлаки и шлаковые цементы. М.: Промстройиздат. 1983. -223с.
2. Пироцкий В.З. Совершенствование техники и технологии измельчения портландцементного клинкера: Оценка эффективности помольных систем. // Со тр. НИИцемента. 1986. Вып.90. С. 3-23.
3. Богданов В.С. Оптимизация процесса помола в производстве цемента/ В.С. Богданов, Р.Р. Шарапов, Ю.М. Фадин // Междунар. конгресс производителей цемента 9-12 октября 2008г. БГТУ им. В.Г. Шухова в Белгороде: сб. докл. – М: Европейский технич. ин-т, 2008. – С. 20-39.

4. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 102-105.
5. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69–71.
6. Романович М.А., Евтушенко Е.И., Романович Л.Г., Оспищев П.И. Государственная поддержка инновационного предпринимательства молодых ученых на базе вузов России и Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 117.
7. Romanovich A.A. DEFINICION OF RATIONAL CONDITIONS OF MATERIALS GRIDING IN ENERGY-SAVING MILLING COMPLEX / World Applied Sciences Journal. 2013. T. 25. № 2. С. 214.
8. Romanovich A.A. PERFORMANCE REVIEW AND PRINCIPAL DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF A GRINDING EQUIPMENT IN CEMENT FACTORY / ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 11. С. 2367-2370.

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ДЕЗАГРЕГАЦИИ СПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,

Мешеряков С.А., аспирант,

Романович М.А., канд. экон. наук,

Кудинова Д.В., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время многие зарубежные и отечественные ученые занимаются разработкой и совершенствованием технологий получения тонкодисперсных материалов. На сегодня разработана энергосберегающая технология получения цемента в помольном комплексе, состоящем из двух агрегатов пресс-валкового измельчителя и шаровой мельницы (ПВИ-ШМ) [1-3] .

Известно, что использование пресс-валковых измельчителей в технологической линии помола цемента позволяет повысить производительность помольной линии и снизить удельные энергозатраты. Однако, выходящий из ПВИ материал имеет структуру в виде спрессованной ленты, что требует особых условий его дезагломерации и окончательного помола (рис. 1).

Наиболее распространенными являются технологические схемы, включающие в себя ПВИ, молотковую дробилку, используемую для дезагрегации спрессованного материала, и традиционную трубную мельницу для окончательного помола шихт, работающую в открытом или замкнутом цикле измельчения [4,5]. Реализация такой схемы позволяет повысить производительность шаровой мельницы на 30% и на 15-18% снизить удельный расход электроэнергии.

Известны также способы секционированного помола материалов, при которых материал сначала измельчается рабочими валками под высоким давлением, а затем разрушается образованный агломерат во вращающемся дисковом питателе или в элеваторе с центробежной разгрузкой [3,4], а помол осуществляется в шаровой мельнице. Приведенные способы помола материалов позволяют повысить производительность конечного агрегата и снизить энергозатраты. Однако применение дополнительного агрегата для дезагломерации спрессованного материала влечет за собой повышение затрат на содержание и эксплуатацию помольного оборудования.

Фирмой «HumboldtWedag» разработан способ измельчения материалов, в котором дезагломерация и окончательный помол шихты осуществляется в одном агрегате – ШМ [6]. Мельница в этом случае имеет две камеры, первая из которых служит для разрыхления агломерата без мелющих тел, а во второй осуществляется окончательный помол. Однако, при реализации этого способа не эффективно используется объем помольного агрегата. Поэтому целесообразно проводить исследования, связанные с созданием оборудования и способа помола, который позволяет производить предварительное измельчение и дезагломерацию шихты в одном агрегате.

а)



б)



Рисунок 1 – Измельчаемый материал клинкер:
а) – исходный продукт; б) - после обработки в ПВИ

Нами разработана конструкция ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и дезагломерации спрессованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 2).

Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации включает в себя загрузочный бункер 2, установленные на раме конические валки 1 и дезагломерирующее устройство, которое состоит из щечкового механизма 4 и дополнительных валков 3.

Агрегат для измельчения анизотропных материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер 2 подается исходный материал, например, клинкер который захватывается коническими валками, между которыми осуществляется его разрушение.

Выходя из межвалкового пространства в виде спрессованных пластин материал, предварительно разрушается между двух подвижных

щек и окончательно между дополнительными валками дезагломерирующего устройства.

Дополнительные валки имеют обратный конус с основными коническими валками и тем самым осуществляют противоположное направленное воздействие на спрессованный в валках материал, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц. Как показали исследования, в зависимости от измельчаемого материала и режима его измельчения в ПВИ в нем содержится около 30% готового продукта с размерами зерен менее 80×10^{-3} мм. Удаление готового продукта перед агрегатом окончательного помола позволит не только значительно снизить удельные энергозатраты, но и повысить эффективность его работы.

На процесс измельчения материалов оказывает влияние множество факторов: давление измельчения, условия деформирования разрушаемых частиц, кратность приложения силовой нагрузки, содержание тонкоизмельченных фракций в готовом продукте, технологический режим дезагломерации спрессованных частиц и другие.

Все эти факторы требуют более глубокого изучения, для определения рациональных параметров ПВИ.

В настоящее время проводятся работы по внедрению опытно-промышленной установки (рис.3) в технологическую линию для производства строительных смесей.

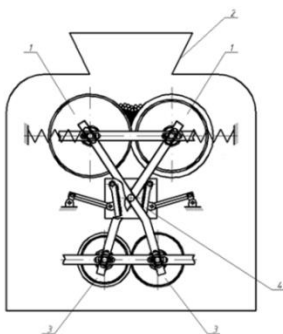


Рисунок 2 –
Схема пресс-валкового измельчителя
с устройством для дезагломерации
материалов



Рисунок 3 –
Пресс-валковый измельчитель
с дезагломерирующим устройством

С целью отработки технологических режимов работы пресс-валкового агрегата были проведены исследования по изучению влияния давления измельчения и кратности его приложения на выходные показатели процесса.

В качестве исследуемых материалов были приняты: известняк органогенный, метаморфический сланец трещиноватый и кварцито-песчаник полосчатый, которые имели следующий исходный средневзвешенный размер частиц: $7,3 \cdot 10^{-3}$ м; $4,9 \cdot 10^{-3}$ м; $1,9 \cdot 10^{-3}$ м, соответственно.

Изучение влияния давления измельчения на тонкость помола материалов (рис. 4) показывает, что независимо от исходной гранулометрии, прочности частиц и других характеристик в диапазоне давлений $P = 10 \dots 250$ МПа наблюдается снижение средневзвешенного размера частиц, т.е. фактор давления является эффективным технологическим приемом, воздействующим на процесс разрушения материалов.

При превышении предельных значений прочности частиц на начальном этапе наблюдается интенсивное разрушение частиц, в дальнейшем (выше $\bar{P} \geq (50 \div 100) \text{ МПа}$) – эффективность процесса разрушения снижается. Последнее обусловлено наиболее плотной упаковкой измельченных частиц, а, следовательно, ограничением степени их свободы (перемещения) в прессуемом конгломерате при повышенных давлениях. При этом силовое воздействие воспринимают в большей степени не сами частицы, а спрессованный образец – монолит. Концентрация напряжений в точках соприкосновения частиц снижается, что приводит к уменьшению интенсивности процесса измельчения.

В этой связи можно сделать вывод, что эффективная величина давления при измельчении материалов находится в определенных пределах. В зависимости от исходных физико-механических характеристик материалов (прочности зерен, их анизотропии, гранулометрического состава и др.) различен и характер процесса их разрушения.

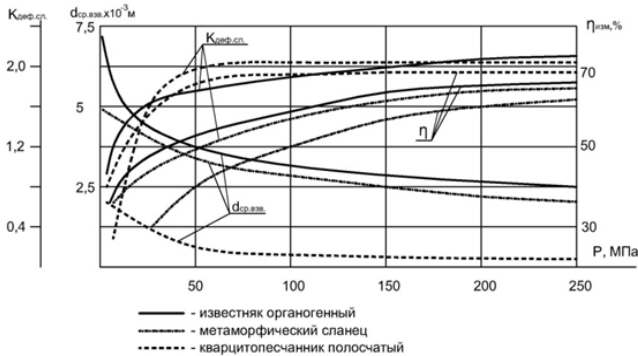


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента деформации слоя измельчаемых частиц ($K_{def.cl.}$), степени измельченности ($\eta_{изм.}$) и средневзвешенного размера частиц ($d_{ср.взв.}$) от давления измельчения \bar{P}

Так, для анизотропных частиц кварцито-песчаника характерен более пологий вид кривой $d_{ср.взв.} = f(\bar{P})$, что обусловлено как достаточно высокой прочностью зерен, так и незначительным их исходным размером

($d_{ср.взв.} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$). Это подтверждается также и кривой $K_{def.cl.} = f(\bar{P})$, имеющей для кварцито-песчаника более пологий характер (при $\bar{P} \geq 50 \text{ МПа}$). Для известняка органогенного и метаморфического сланца, имеющих большие размеры исходных зерен ($d_{ср.взв.} = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$), процесс интенсивной деформации (разрушения) зерен наблюдается вплоть до $\bar{P} = 150 \text{ МПа}$. Аналогичная закономерность для исследуемых материалов наблюдается у кривых $\eta_{изм.} = f(\bar{P})$.

Учитывая достаточно энергонапряженный процесс измельчения материалов при высоких давлениях, целесообразен поиск путей снижения энергозатрат за счет рационального приложения силовой нагрузки.

Для этого нами проводились исследования процесса разрушения анизотропных материалов в пресс-матрице со скошенными под

различными углами ($\alpha_{\text{пуанс.}} = 10 - 50^\circ$) рабочими поверхностями прессующих пуансонов (рис.5).

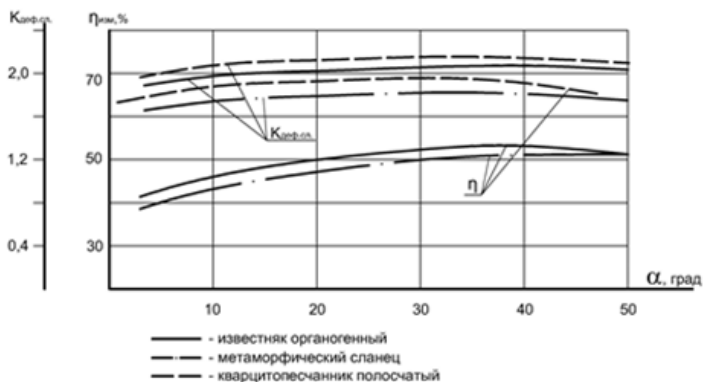


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента деформации слоя измельчаемых частиц ($K_{\text{деф.сл.}}$) и степени их измельченности ($\eta_{\text{изм.}}$) от угла скоса рабочих поверхностей пуансонов α ($P = 150 \text{ МПа}$)

Анализ полученных зависимостей показывает, что при увеличении сдвиговых деформаций (угла наклона рабочих поверхностей пуансонов) эффективность процесса разрушения частиц возрастает.

При этом, чем мельче измельчаемый продукт (например, кварцито-песчаник), тем влияние сдвигового деформирования частиц более существенно.

Поэтому в конструкции ПВИ приняты рабочие поверхности валков, имеющие конический профиль, что позволило реализовать объемно-сдвиговое деформирование частиц. Однако, как показывает практика, увеличение давления измельчения материалов в ПВИ является не единственным способом повышения эффективности процесса помола.

При использовании технологического приема по увеличению кратности приложения силовой нагрузки (до 4 – 5 раз) существенно повышается эффективность процесса измельчения. Это связано с тем, что после дезагломерации спрессованных частиц происходит их переориентация с направлением части слоев микротрещин в направлении силового воздействия, что без существенного увеличения энергозатрат повышает эффективность процесса измельчения.

Наиболее эффективно кратность силового воздействия проявляется для хрупких частиц, в нашем случае – для метаморфического сланца и кварцито-песчаника полосчатого.

Таким образом, применение ПВИ разработанной нами конструкции позволяет:

- уменьшить энергозатраты на содержание оборудования, за счет осуществления двух операций (измельчение и дезагломерации) в одном агрегате;

- реализовать процесс повторного силового воздействия на измельченные частицы после их дезагломерации, что является эффективным технологическим приёмом для снижения энергозатрат и повышения дисперсности материалов;

- более полно удалить готовый продукт после каждой стадии его измельчения и тем самым снизить энергозатраты на последующих стадиях помола;

- повысить эффективность работы ПВИ, за счет использования конических валков, реализующих объемно-сдвиговое деформирование материала, и использования дезагломерационного устройства имеющего валки с обратным конусом.

Список литературы:

1. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Масловская А.Н., Пензев П.П. Дезинтегратор с узлом высокоскоростной подачи измельчаемого материала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 101-103.
2. Романович Л.Г., Евтушенко Е.И., Романович М.А. Малый бизнес сферы инноваций в условиях глобализации / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 287-290.
3. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов /Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 102-105.
4. Romanovich A.A. PERFORMANCE REVIEW AND PRINCIPAL DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF A GRINDING EQUIPMENT IN CEMENT FACTORY / ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 2367-2370.
5. Шонерт К., Кноблех О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материал//Zement-kalk-gips 1986.Т.37. №11. p.1-9.

РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ШИХТЫ В ФИЛЬЕРАХ ПЛОСКОЙ МАТРИЦЫ

Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

Важным процессом при компактировании техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками является процесс формования материалов в пресс-валковых экструдерах. От давления экструдирования, которое непосредственно влияет на энерго-силовые параметры агрегата, зависит конечное качество производимой продукции. Для его расчета необходимо учитывать различные физико-механические параметры, такие как: P – усилие со стороны прессующего вала на уплотняемый слой материала, Н; $F_{\text{тр}}$ – силу трения между уплотняемым материалом и рабочей поверхностью вала; f_0, f_i – соответственно, коэффициенты внешнего и внутреннего трения материала в фильере; σ – напряжение в деформируемом слое материала и др., а также технологические и реологические параметры.

Рассмотрим процесс экструдирования уплотненной шихты в фильерах пресс-матрицы при воздействии прессующего вала, а именно напряженное состояние элементарного слоя толщиной $dh_{\text{сл}}$ (рис.1).

При нагнетании предварительно уплотненного слоя шихты прессующим валком в фильеру под действием усилия $P_{\text{экстр.}} = P \cdot \cos \alpha_{\text{упл}}$ в конической и цилиндрической части фильеры возникают усилия бокового распора $q_{\text{к}}$ и $q_{\text{ц}}$, соответственно.

В конической части фильеры $q_{\text{к}} = q_{\text{гор.}} \cdot \cos \beta$,

где $q_{\text{гор.}}$ – боковой распор в горизонтальной плоскости, Н;

β – угол наклона боковых граней фильеры в конической части, град.

Уплотнению и перемещению слоя материала в фильерах препятствуют силы трения:

в конической части $F_{\text{тр.к.}} = q_{\text{гор.}} \cdot \cos \beta \cdot f_0$,

а в цилиндрической $F_{\text{тр.ц.}} = q_{\text{ц.}} \cdot f_0$,

где f_0 – коэффициент внешнего трения уплотняемого слоя материала о стенки фильеры.

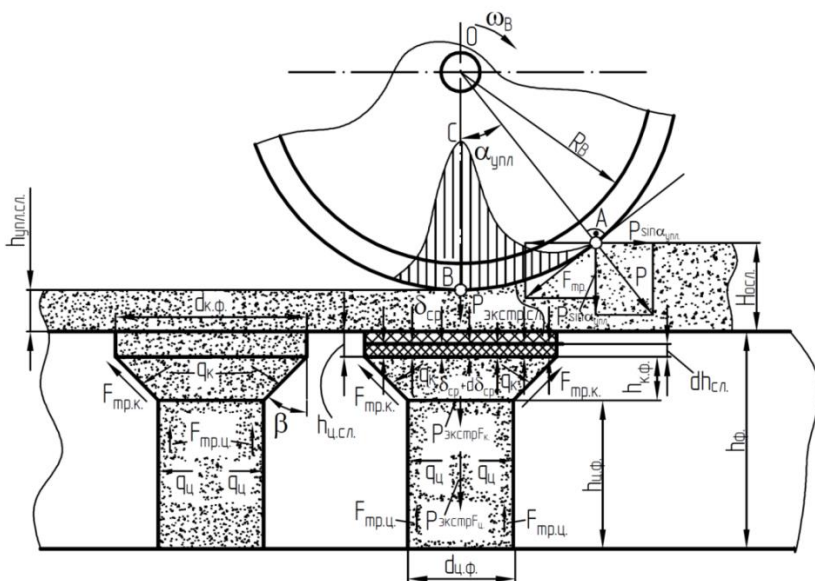


Рисунок 1 – Схема к расчету давления экструдирования гранул в фильерах плоской матрицы

Давление в слое между валком и матрицей возрастает по кривой АС и достигает своего максимального значения при толщине уплотненного слоя $h_{упл.сл.}$ на линии ВС, а в фильере – при переходе конической части ($d_{к.ф.}$) в цилиндрическую ($d_{ц.ф.}$). По мере перемещения гранулы в фильере к выходу давление уменьшается и достигает минимального значения на границе выхода гранулы из пресс-матрицы.

Усилие, действующее со стороны прессующего валка P раскладывается на усилие, выдавливающее слой материала из под валка $P_{гор.} = P \cdot \sin \alpha_{упл.}$ и на усилие, уплотняющее слой материала $H_{0сл.}$ до величины $h_{упл.сл.}$ нагнетающее его в коническую часть фильеры $P_{экстр.} = P \cdot \cos \alpha_{упл.}$. Захват материала и его уплотнение обеспечивается за счет силы трения $F_{тр.} = P \cdot f_0$, где f_0 – коэффициент внешнего трения между уплотняемым материалом и рабочей поверхностью валка.

Внешнее давление $P_{экстр.сл.}$ со стороны пресс-валка расходуется на уплотнение и деформацию материала в конической части фильеры

$\bar{P}_{\sigma \text{ к.ф.}}$, на преодоление сил трения в конической $\bar{P}_{F_{\text{тр.к.ф.}}}$ и цилиндрической $\bar{P}_{F_{\text{тр.ц.ф.}}}$ частях фильеры:

$$\bar{P}_{\text{эстр.сл.}} = \bar{P}_{\sigma \text{ к.ф.}} + \bar{P}_{F_{\text{тр.к.ф.}}} + \bar{P}_{F_{\text{тр.ц.ф.}}} \quad (1)$$

Уплотнение и деформация материала в конической части фильеры осуществляется при лобовом сопротивлении конической части фильеры, а также за счет сил трения материала о боковые стенки конической части фильеры. При создании напряжений в конической части фильеры происходит сдвиговая деформация частиц с последующим истечением материала в цилиндрическую часть фильеры. Величина внешнего давления со стороны пресс-валка определяется физико-механическими характеристиками техногенного материала (дисперсностью, влагосодержанием, пластичностью и др.), а также его реологическими характеристиками.

При этом пластическая деформация уплотняемого материала не превышает предельно допустимых напряжений $\sigma_{\text{т}}$, разрушающих структуру деформируемого материала.

Указанные значения сопротивлений (напряжений) в конической и цилиндрической частях фильеры, согласно проведенных исследований [1], равны

$$\bar{P}_{\sigma \text{ к.ф.}} = k_{\phi} \bar{P}_{\sigma} f_i, \quad \bar{P}_{\sigma F_{\text{тр.к.ф.}}} = k_{\text{к}} \bar{P}_{\sigma} f_0, \quad \bar{P}_{\sigma F_{\text{тр.ц.ф.}}} = k_{\text{ц}} \bar{P}_{\sigma} f_0 \xi, \quad (2)$$

где k_{ϕ} – коэффициент формы, равный отношению площадей конической части фильеры к цилиндрической,

$$k_{\phi} = \frac{S_{\text{к.ф.}}}{S_{\text{ц.ф.}}} = \frac{a_{\text{к.ф.}}^2}{a_{\text{ц.ф.}}^2}; \quad (3)$$

\bar{P}_{σ} – максимальное давление, необходимое для преодоления сопротивлений, возникающих при перемещении гранулы в фильере, Н/м^2 ;

f_0, f_i – соответственно, коэффициент внешнего и внутреннего трения материала в фильере;

$k_{\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий величину конусности конической части фильеры [2].

$$k_{\text{к}} = \cos \beta (\xi + tg \beta) / \xi \quad (4)$$

Угол наклона боковых граней конической фильеры составляет $\beta = 50 \div 80^\circ$.

Для цилиндрической части фильеры $k_{\text{ц}} = 1$.

Максимальное значение \bar{P}_{σ} в фильере определяем, рассматривая напряженное состояние элементарного слоя толщиной $dh_{\text{сл.}}$ (рис.1).

При этом считаем, что величина нормального напряжения, действующего на элементарный слой, не превышает величину давления вязко-пластического истечения материала при его перемещении из конической части фильеры в цилиндрическую, а также, что давление по сечению фильеры распределяется равномерно.

Равновесие элементарного слоя материала можно представить в виде дифференциального уравнения

$$\sigma_{\text{ср}} S_{d_{\text{к.ф.}}} - (\sigma_{\text{ср}} + d\sigma_{\text{ср}}) S_{d_{\text{к.ф.}}} = \sigma_{\text{ср}} L f_0 \xi dh_{\text{сл.}}, \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{ср}}$ – среднее напряжение, действующее на элементарный деформируемый слой $dh_{\text{сл.}}$, Н/м²;

$S_{d_{\text{к.ф.}}}$ – площадь сечения конической части фильеры по диаметру $d_{\text{к.ф.}}$, м²;

L – периметр конической части фильеры по $d_{\text{к.ф.}}$, м;

f_0 – коэффициент внешнего трения материала о поверхность фильеры.

После проведенных преобразований получим

$$d\sigma_{\text{ср}} S_{d_{\text{к.ф.}}} + \sigma_{\text{ср}} L f_0 \xi dh_{\text{сл.}} = 0 \quad (6)$$

Из теории прессования вязко-пластичных материалов [3, 4] известно, что при деформировании материала значение коэффициента бокового распора $\xi = \frac{q}{P_{\sigma}}$ возрастает с соответствующим снижением значения коэффициента внешнего трения, т.е. значение ξf_0 – величина постоянная. Кроме того, давление на деформируемый слой высотой $h_i = h_{\text{экстр.сл.}}$, передается равномерно по сечению, площадь которого не превышает площадь с диаметром $D = d_{\text{к.ф.}}$.

После интегрирования и потенцирования последнего полученного уравнения оно примет вид

$$\sigma_{\text{ср}} = \sigma_0 \exp\left(-\frac{f_0 \xi L}{S_{d_{\text{к.ф.}}}} h_i\right) \quad (7)$$

Полученное выражение показывает, что текущее (среднее) напряжение в деформируемом слое материала зависит от предельного напряжения σ_0 , при превышении значений которого наблюдается вязко-пластическое течение материала. Учитывая, что основное деформирование материала осуществляется в конической части фильеры, после соответствующих преобразований получим

$$\bar{P}_{\sigma} = \sigma_{\text{ср}} \exp\frac{4f_0 \xi h_{\text{к}}}{d_{\text{ц.ф.}} + 2h_{\text{к}} \text{tg } \beta}, \quad (8)$$

т.е. в цилиндрической части фильеры под действием нормального напряжения \bar{P}_{σ} преодолеваются силы трения материала о поверхность

фильеры. Причем с увеличением диаметра цилиндрической части фильеры необходимы меньшие значения напряжений, чем для фильеры с малым диаметром цилиндрической части. По мере выхода сформованной гранулы из фильеры наблюдается вязко-пластическое течение материала с резким снижением напряжения в фильере. При выходе гранулы происходит упругое вязко-пластическое последствие, величина которого определяется скоростью экструдирования, а, следовательно, при заданной высоте фильеры, временем релаксации. Данное явление, на практике, проявляется иногда появлением микроскопических трещин на поверхности гранул, что свидетельствует о несоответствии геометрических параметров фильер и скоростного режима экструдирования гранул.

Таким образом, при расчете давления экструдирования необходимо учитывать как физико-механические характеристики материалов и конструктивно-технологические параметры агрегатов, так и реологические показатели формующей шихты.

Список литературы:

1. Осокин А.В., Севостьянов М.В. Анализ конструкционно-технологических параметров формующих матриц пресс-валковых экструдеров. Молодежь и научно-технический прогресс: сб. докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14 апреля 2016 г. В 4 т., Т.3., г.Губкин. С.95 – 100.
2. Осокин А.В., Севостьянов М.В. Исследование кинематических параметров формующих валков плоскоматричного гранулятора. Молодежь и научно-технический прогресс: сб. докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14 апреля 2016 г. В 4 т., Т.3., г.Губкин. С.100 – 106.
3. Рындин Н.И. Краткий курс теории упругости и пластичности. Изд. Ленинград. ун-та. Л.,1974. 134с.
4. Ничипоренко С.П. Основные вопросы теории процессов обработки и формования керамических масс. Изд. АЕ УССР. Киев, 1960. 112 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕСС-ВАЛКОВЫХ ЭКСТРУДЕРОВ С ПЛОСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,
Шинкарев Л.И., канд. техн. наук, доц.,
Осокин А.В., аспирант,
Горягин П.Ю., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

При изучении процесса экструдирования техногенных материалов с низкой насыпной массой в плоскоматричном грануляторе важным аспектом в области расширения его технологических возможностей является исследование кинематических параметров агрегата [1,2]. Для наглядного изучения этого процесса необходимо рассмотреть механизм взаимодействия рабочих органов – пресс-матрица – формирующий валок, а именно распределение сил, возникающих в момент прессования экструдруемой шихты.

На рисунке 1 представлены кинематические параметры формирующих валков ПВЭ с плоской матрицей.

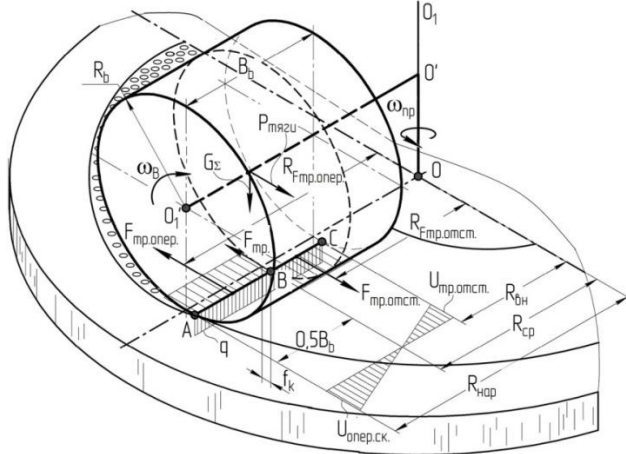


Рисунок 1 – Схема движения вала пресс-валкового экструдера с плоской матрицей

При вращении прессующего вала вокруг вертикальной оси OO_1 от приводного вала (води́ла) под действием силы $P_{пр}$ с угловой скоростью $\omega_{пр}$ каждая точка вала по его ширине $B=AC$ имеет различную окружную скорость.

$$U_C = \omega_{пр.B} R_{BH}; U_B = \omega_{пр.B} R_{ср.}; U_A = \omega_{пр.B} R_{нар.}, \quad (1)$$

где $\omega_{пр.B}$ – угловая скорость приводного вала (води́ла), рад/с;

$R_{BH}, R_{ср.}, R_{нар.}$ – соответственно, расстояния от центра пресс-матрицы (оси OO_1) до соответствующих точек C , B и A по ширине вала, м.

Минимальные значения скорости соответствуют наименьшему значению радиуса в точке C – R_{BH} , наибольшие – в точке A – $R_{нар.}$. Средние значения U_B – в точке B при радиусе $R_B = R_{ср.}$

При этом точки, расположенные по ширине вала за её серединой имеют окружные скорости большие, чем точки, расположенные от середины вала в сторону оси OO_1 .

Каждая же точка вала радиусом R_B по его ширине, вращающаяся вокруг горизонтальной оси $O'O'_1$ с угловой скоростью ω_B , имеет постоянную окружную скорость $U_i = \omega_B R_B$.

В центральной части прессующего вала (точка B) значения окружных скоростей вокруг осей OO_1 и $O'O'_1$ совпадают

$$U_B = \omega_{пр.B} R_{ср.} = \omega_B R_B, \quad (2)$$

Указанная кинематика распределения скоростей вокруг вертикальной оси OO_1 обеспечивает опережающее движение крайних наружных точек вала и отстающее движение точек, расположенных от середины вала к оси OO_1 , что приводит к проскальзыванию вала – истирающему воздействию на экструдруемый материал и повышенному износу рабочих поверхностей: «валок – пресс-матрица».

Максимальные значения скорости скольжения вала определяются разностью значений окружных скоростей наружной (т. A) и внутренней (т. C) точек относительно нейтрального сечения (т. B).

Отстающее скольжение

$$U_{отст.ск.} = U_C U_B = \omega_{пр.B} (R_{BH} - R_{ср.}) \quad (3)$$

В средней части ширины вала скорость скольжения равна нулю (см. эпюру скоростей, рис.1).

При вышеуказанных условиях на различных участках ширины вала $B=AC$ под воздействием распределенной нагрузки q (Н/м) от суммарной силы прижатия вала к пресс-матрице (от действия силы тяжести вала G_B или еще от дополнительной силы прижатия вала к

поверхности пресс-матрицы G_{Σ}) возникают силы трения, противоположно направленные движению (скольжению) вала: при опережении скольжения - $F_{\text{тр.опер.}}$ и при отставании скольжения $F_{\text{тр.отст.}}$.

Сила трения $F_{\text{тр.}}$, возникающая от действия усилия прижатия вала G_{Σ} , $F_{\text{тр.}} = G_{\Sigma} f_k$ (где f_k – коэффициент трения качения, $f_k = 10^{-5}$ м), совпадает с направлением вращения вала и способствует этому. Аналогично сила трения $F_{\text{тр.опер.}}$ совпадает с направлением вращения вала и способствует опережению его скольжения и вращению.

Сила же трения $F_{\text{тр.отст.}}$ противоположно направлена вращению вала и, соответственно, способствует отставанию его скольжения и препятствует вращению пресс-вала.

Перекачивание прессующего вала осуществляется под действием силы тяги $P_{\text{тяги}} = G_{\Sigma} \mu$, где $\mu = 0,05 \div 0,10$ – коэффициент тяги [3].

Момент для приведения в движение прессующего вала $M_{\text{пр.дв.}} = P_{\text{тяги}} \cdot R_{\text{ср.}}$ уравнивается моментом трения качения пресс-вала о пресс-матрицу $M_{\text{тр.к.}} = F_{\text{тр.}} \cdot R_{\text{ср.}}$, т.е.

$$P_{\text{тяги}} \cdot R_{\text{ср.}} = F_{\text{тр.}} \cdot R_{\text{ср.}} = G_{\Sigma} \mu R_{\text{ср.}} \quad (4)$$

При движении формующего пресс-вала вокруг вертикальной оси OO_1 преодолевается момент сопротивления трению скольжения. Уравнение равновесия моментов сил трения представим в виде

$$F_{\text{тр.отст.}} \cdot 0,5(R_{\text{ср.}} - R_{\text{ВН}}) - F_{\text{тр.опер.}} \cdot 0,5 \cdot (R_{\text{нар.}} - R_{\text{ср.}}) - F_{\text{тр.}} \cdot R_{\text{ср.}} = 0 \quad (5)$$

Решая уравнение равновесия моментов, момент сопротивления трению скольжения будет равен

$$M_{\text{тр.ск.}} = G_{\Sigma} f_{\text{ск.}} B_B = 0,25 B_B (F_{\text{тр.отст.}} - F_{\text{тр.опер.}}) \quad (6)$$

Суммарную силу прижатия вала G_{Σ} к пресс-матрице можно представить в виде распределенной по ширине вала нагрузки $q = \frac{G_{\Sigma}}{B_B}$ или для распределенной силы трения скольжения

$$q_{\text{ск}} = \frac{G_{\Sigma} f_{\text{ск.}}}{B_B} \quad (7)$$

Тогда для сил трения имеем

$$F_{\text{тр.отст.}} = q_{\text{ск}}(R_{\text{ср.}} - 0,25 B); \quad (8)$$

$$F_{\text{тр.опер.}} = q_{\text{ск}}(R_{\text{ср.}} + 0,25 B)$$

или после подстановки значений $F_{\text{тр.отст.}}$ и $F_{\text{тр.опер.}}$ (8)

$$|M_{\text{тр.ск.}}| = 0,125 B_B^2 \cdot q_{\text{ск}} \quad (9)$$

Таким образом, проведенный нами анализ кинематических параметров пресс-валкового экструдера с плоской матрицей позволил установить основные закономерности процессов движения пресс-валков по поверхности матрицы и разработать конструкцию агрегата с улучшенными условиями нагнетания шихты в фильеры за счет снижения проскальзывания материала относительно поверхности плоской матрицы.

Список литературы:

1. Севостьянов М.В., Осокин А.В., Сабитов Р.А. Исследование процесса гранулирования материалов с малой насыпной плотностью в плоскоматричном грануляторе. Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. Т. II. С. 204 – 209.
2. Севостьянов М.В., Осокин А.В., Гиенко Е.А., Лагутин И.И. Основные направления конструктивно-технологического совершенствования пресс-валковых агрегатов с плоской матрицей для экструдирования волокнистых материалов. Научный журнал «Молодой ученый». №12(92). 2015. С. 288 – 293.
3. Осокин А.В., Севостьянов М.В. Исследование кинематических параметров формующих валков плоскоматричного гранулятора. Молодежь и научно-технический прогресс: сб. докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14 апреля 2016 г. В 4 т., Т.3., г. Губкин. С.100 – 106.

ВИБРОВАЛКОВЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ

Сиваченко Л.А., д-р техн. наук, проф.,
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Богданович И.А., канд. техн. наук, доц.,
Сотник Л.Л., аспирант
Барановичский государственный университет,
г. Барановичи

Измельчение является центральной операцией многих современных технологических процессов, что обусловлено большими объемами производства, влиянием процесса измельчения на свойства обработанных материалов, высокой энергоемкостью, большим износом рабочего оборудования и рядом других.

Стоимость продукции и соответственно ее конкурентоспособность на современном рынке, напрямую зависит от сокращения расходов на измельчение материалов.

Анализ исследований процессов измельчения и изменения физико-химических свойств материалов показывает, что с ростом тонкости помола этот процесс резко замедляется. И в свою очередь, с увеличением дисперсности готового продукта возрастают энергозатраты с одновременным снижением производительности помольного агрегата. [1].

Достаточно перспективными в этом отношении являются помольные агрегаты с повышенными скоростями движения рабочих органов, это установки на базе среднеходных и быстроходных мельниц, а так же вибрационные машины различных конструкций. [2, 3]. Они отличаются более высокой интенсивностью процесса измельчения, а следовательно и большей удельной производительностью.

В последнее время в промышленности широко применяется метод измельчения путем сжатия слоя материала между цилиндрическими измельчающими поверхностями, где развивается сжимающее усилие, превосходящее предел прочности материала на сжатие. Этот метод измельчения используется в валковых измельчителях и мельницах. Однако наряду с положительными качествами такие измельчители и мельницы имеет и ряд недостатков, ограничивающих их применение. Это, во-первых то, что подобным образом измельчаются материалы только низкой и средней прочности, во-вторых, такие конструкции боятся возможного попадания недробимых включений в рабочую область, в-третьих, несовершенства конструктивных элементов,

нуждающихся в доработке. Кроме этого, в теории таких измельчителей и мельниц имеется ряд вопросов, которые недостаточно раскрыты, существующие теории расчета имеют незавершенный характер, в них недостаточно учитываются конструктивные особенности машины и их влияние на свойства перерабатываемых материалов.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод об актуальности исследования различных вариантов валковых измельчителей.

В данной работе представлена конструкция вибровалкового измельчителя (рисунок 1). В этом агрегате вибрационное воздействие на материал осуществляется приданием одному из валков дополнительного движения по круговым траекториям эксцентрично относительно его центральной оси и создание в структуре измельчаемого материала сложного объемного нагружения, осуществляемого с большой частотой приложения внешних нагрузок.

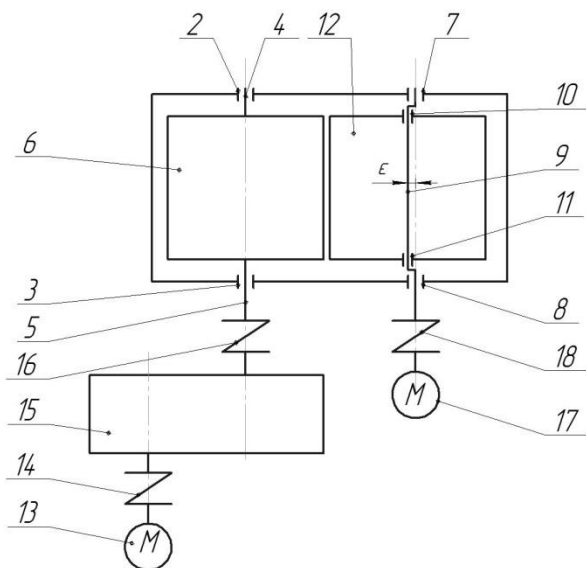


Рисунок 1 – Схема вибровалкового измельчителя
(вид сверху)

Такое воздействие возможно осуществить, установив один из валков на эксцентриковом валу с возможностью свободного вращения, причем вращение эксцентрикового вала осуществляется в направлении, противоположном вращению второго валка.

Свободная установка одного из валков на эксцентриковом валу позволяет этому валку совершать сложное движение, причем с большой частотой, что способствует хорошему захвату кусков исходного материала и их интенсивному разрушению не только путем сжатия, но и за счет значительных сдвиговых усилий, создающих сложное напряженное состояние и приводящих, кроме чистого измельчения, к механоактивации всего массива продукта, проходящего через межвалковую зону (см. рисунок 2).

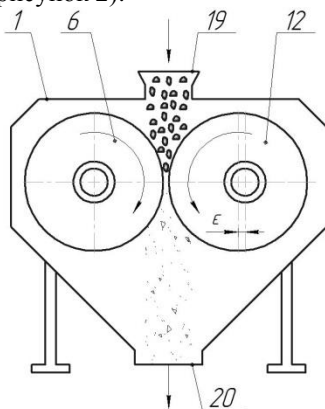


Рисунок 2 – Схема вибровалкового измельчителя (вид сбоку)

Предложенное исполнение агрегата позволяет за счет меньшего числа элементов, образующих простые кинематические связи между собой, реализовать значительно более простую конструкцию, уменьшив при этом шум и вибрацию и повысив эксплуатационную надежность. Параметры и режимы работы, вибровалкового измельчителя, определяются исходя из конкретных исполнений оборудования.

Вибровалковый измельчитель содержит раму 1, на которой в соответствующих опорах 2,3 посредством цапф 4,5 смонтирован неподвижный валок 6, а в опорах 7,8 установлен эксцентриковый вал 9, опирающийся на опоры 10,11 подвижного валка 12. Привод неподвижного валка 6 осуществляется от электродвигателя 13 через муфту 14, редуктор 15 и муфту 16, а подвижного валка - от электродвигателя 17 через муфту 18. Для загрузки и выгрузки материала предусмотрены устройства, выполненные в виде люков 19, 20. Эксцентриковый вал 9 устанавливается в опорах 7, 8 на раме 1

эксцентриситетом ε относительно центральной оси подвижного валка 12.

Рабочий процесс вибровалкового измельчителя осуществляется следующим образом. Одновременно включаются электродвигатели 13 и 17 и приводят во вращение соответствующие элементы конструкции, причем неподвижный валок 6 и эксцентриковый вал 9 вращаются навстречу друг другу. При этом эксцентриковый вал 9 через опоры 10, 11 сообщает подвижному валку 12 круговые колебания с амплитудой 2ε . Через загрузочный люк 19 в межвалковое пространство непрерывным потоком подается подлежащий обработке исходный продукт и подвергается интенсивному разрушению путем динамического высокочастотного сжатия со сдвигом.

В процессе работы агрегата собственно подвижный валок 12 за счет сил трения, возникающих в процессе разрушения частиц материалы и их протягивания внешней поверхностью неподвижного валка 6 и реактивного момента, создаваемого силами трения эксцентрикового вала 9 в опорах 10, 11 приводит во вращение подвижной вал 11 в направлении, противоположном вращению валка 6, что способствует захвату материала и его принудительному перемещению через межвалковое пространство. Обработанный таким образом материал удаляется из рабочей зоны агрегата через выгрузочный люк 20.

Использование предлагаемого вибровалкового измельчителя в сравнении с известными устройствами аналогичного назначения позволяет существенно интенсифицировать процесс измельчения и упростить конструкцию агрегата. Одновременно расширяется диапазон практического использования валкового агрегата, который дополнительно обеспечивает хорошие условия для механоактивации и комплексной переработки многих материалов, в том числе путем селективного разрушения ряда горных пород или композиционных материалов.

С практической точки зрения реализация предлагаемого устройства может быть легко осуществлена путем модернизации серийно выпускаемых валковых аппаратов, что говорит о их несомненной реализуемости. При этом имеется реальная возможность путем изменения ряда параметров и режимов работы подвижного валка, создавать такой вид технологической обработки материала, который соответствует наиболее рациональным условиям ее проведения.

Таким образом, обеспечение эксцентричного положения оси быстрходного валка в валковом измельчителе позволяет увеличить

объемное нагружение на частицы материала, при этом нагрузки на измельчаемый материал носят циклический характер, частицы материала подвергаются интенсивному истирающему воздействию, что приводит к повышению эффективности процесса измельчения и увеличению производительности измельчителя.

Список литературы:

1. Богданов В.С., Процессы в производстве строительных материалов и изделий /В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко. Белгород, «Везелица».2007. 512 с.
2. Севостьянов В.С. Технические основы переработки и утилизации техногенных материалов /В.С. Севостьянов, Л.И. Шинкарев, М.В. Севостьянов и др., Белгород, БГТУ, 2011. 263 с.
3. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия /Л.А. Сиваченко [и др.], Изд. центр БГУ Минск, 2008. 375 с.

ПЕРЕДОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сиваченко Л.А., д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,

Сиваченко Т.Л., соискатель

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Мировое разделение труда предопределяет необходимость поиска и освоения производства новой продукции, которой либо нет у других, либо она конкурентоспособна и востребована, но, главное, обеспечивает высокую прибавочную стоимость и устойчива в любых перипетиях рынка.

Процесс модернизации нашей экономики следует рассматривать как цепь форсированных преобразований, имеющих своей целью сократить отставание от мировых лидеров, а лучше – в чем-то их превзойти. Ядром прогресса здесь является машиностроение. Эта отрасль промышленности решает ключевые задачи перехода на более высокую степень развития и нам жизненно необходима.

За 25 лет своей независимости наши страны не продвинулись в своем технологическом развитии, СССР за 30 лет довоенных и послевоенных пятилеток, несмотря на огромные потери во время войны, впервые в отечественной истории вошел в список мировых лидеров в сфере науки и техники. Мы сдружились с Западом, но новых технологий они нам не дадут! Отсюда простое правило: надо жить своим умом и рассчитывать только на себя и свои возможности [1].

С учетом поставленных задач заслуживает внимания оценка современной политики ведущих стран, прежде всего США и ФРГ по развитию так называемых передовых производственных технологий (ППТ). Так, в [2] сделан вывод о переходе всех ведущих стран к более активному стимулированию ППТ как важному фактору не только выхода из глобальной рецессии, но и обеспечению долгосрочного устойчивого развития. По нашему мнению, анализ формирования ППТ заслуживает внимания потому, что это направление технологического развития является прообразом формирования новой отрасли промышленности – технологического машиностроения [3].

Имеется ряд ограничений и даже препятствий в развитии ППТ, но наиболее многоплановым из них является конвергентная составляющая, диктующая необходимость одновременного развития различных институтов национальных инновационных систем и диверсифицированной долгосрочной государственной политики, а для нас также и внешняя конкуренция. Вполне понятно, что базой ППТ должны являться смежные отрасли экономики (техники), различные группы технологий и информационные системы. Учитывая, что еще в 1990-2000-е гг. наметился своего рода водораздел между двумя основными моделями не только инновационного, но и экономического развития передовых стран и обеспечивающими их механизмами государственной политики их наиболее ярких представителей США и ФРГ, является важной оценка их отличительных особенностей и сравнение между собой. При этом важно иметь в виду волнообразный характер экономического развития и наличие в нем периодических турбулентностей, а порой и очевидных бифуркаций.

Не вдаваясь в подробности определенного «отката» от политики деиндустриализации и практическому интересу к политике реиндустриализации, что обосновано в [2] и где на примере США фиксировалось отмирание целых сегментов инновационной промышленности: производство полупроводниковой продукции, электроники, машиностроения и др., а также снижение уровня жизни по причине более низкой заработной платы в сфере услуг, рост торговых дефицитов и, добавим от себя, потеря кадрового потенциала. Следствием деиндустриализации является угроза снижения инновационной активности США и других ведущих развитых стран.

По нашему мнению, в промышленности строительных материалов в качестве передовых производственных технологий можно считать работы по созданию принципиально новых технологических комплексов, агрегатов, линий и заводов, к которым, в частности, можно отнести:

1. Комплексы для производства малотоннажных материалов и изделий, например, модифицированных продуктов, специальных наполнителей или добавок, антикоррозийных составов, наноструктурных композиций и многих других.

2. Универсальных комплексов для первичной переработки влажных сырьевых материалов, например, мела или глины.

3. Набор оборудования для полномасштабной массоподготовки при производстве силикатных материалов, керамических изделий, извести и ряда других материалов.

4. Многофункциональные энергоэффективные агрегаты для помола сырьевых материалов и прошедших операции обжига продуктов.

5. Принципиально новые агрегаты для тепловой подготовки и обжига строительных материалов, прежде всего, цемента, извести, и керамических изделий.

6. Технологические комплексы для производства листовых материалов, трубной продукции, волокон, пленок и других.

7. Бетоносмесительные заводы нового поколения.

8. Заводы по производству теплоизоляционных материалов повышенной энергоэффективности.

9. Универсальные транспортные системы.

Это далеко не полный перечень возможных направлений развития ППТ, но для их реализации требуются не только ресурсы, но и конкретные организационные действия. К сожалению, в наших странах эти планы пока не входят в круг интересов правящих элит.

С позицией приоритетов начала создания ППТ в промышленности строительных материалов, по нашему мнению, целесообразно остановиться, например, на комплексах для малотоннажных производств на комплексах для первичной переработки влажных сырьевых материалов, на оборудовании для массоподготовки и агрегатах для тепловой обработки. Перечисленное оборудование в полной мере перекрывает те основные технологические ниши производства стройматериалов, которые достаточно успешно могут быть решены в ближайшее время. В других приложениях ППТ многие задачи могут быть решены чисто конструкторскими решениями, для транспортных систем целесообразно кооперироваться со смежниками и т.д.

Особого внимания требуют к себе комплексы для помола и обжига материалов в крупнотоннажных производствах. Это базовые передель крупнейших предприятий, но инновационный прорыв в их модернизации в ближайшие 10-15 лет вряд ли можно прогнозировать по известным причинам и основываясь на высокой инерционности их развития [4].

Отталкиваясь от современной научно-технологической базы необходимо понимать, что ППТ в области производства строительных материалов должны впитать в себя все достижения в области материаловедения и базироваться на таких фундаментальных областях науки, как физико-химическая механика, технологическая вибротехника, термодинамика, комплексное моделирование, теории волновых процессов и т.д. Непременным дополнительным условием

при этом уже наяву становится промышленная мехатроника и автоматизация всех процессов. Иными словами, требуются «умные» машины встроит в технологический процесс.

Создание ППТ вообще, а для производства строительных материалов, в частности, требует наличия соответствующей машиностроительной базы и квалифицированного персонала, особенно проектировщиков новых технологий и необходимого оборудования для их реализации. Эти функции наиболее эффективно может выполнить новая отрасль промышленности - технологическое машиностроение.

Обоснованием необходимости ускоренного становления технологического машиностроения можно считать прогноз глобального мирового развития многих авторов, например, Шамрая Ф.А. [5] Главным выводом из представленных им циклограмм как 40-летних, так и 100-летних технологических циклов является тот факт, что в 2020-2050г.г. в экономике будут доминировать материалы, в 2040-2100 г.г. – машины, а неоспоримым лидером будет Китай. Это практически историческая данность и комментарии здесь не требуются.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что технологическое машиностроение органически вписывается в концепцию создания передовых производственных технологий и индустриализации промышленности, а ее неизбежное формирование и выделение в самостоятельную отрасль может произойти в ближайшее десятилетие. Следствием из всего сказанного выше является необходимость ускоренного развития отечественных ППТ, в том числе в промышленности строительных материалов, что тактически, и стратегически соответствует нашим национальным интересам.

Список литературы:

1. Смирнов С. Экономический рост и экономические кризисы в России: конец 1020-х годов-2014 год. / С. Смирнов. Ж-л Вопросы экономики, Москва, №5, 2015. С. 28-47.
2. Данилин И. Новая промышленно-технологическая политика развитых стран: ждет ли нас IV индустриальная революция? /И. Данилин. Год планеты. Ежегодник, Экономика, политика, безопасность, 2014, Москва, Идея-пресс., 2014. С. 65-76.
3. Сиваченко Л.А. Современное технологическое машиностроение: основные положения / Л.А. Сиваченко, ж-л Инженер-механик. Минск, №4, 2010. С. 10-20.
4. Сиваченко Л.А. Технологические переделы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л.А. Сиваченко, У.К. Кусебаев, И.А.

- Реутский, А.М. Ровский, Энергоэффективность, Минск, №10, 2015. - С.24-30.
5. Шимов В.Н. Инновационное развитие экономики Беларуси: движущие силы и национальные приоритеты / В.Н. Шимов, Л.М. Крюков-Минск. БГЭУ, 2014. -199с.

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЕМ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Сиваченко Т.Л., соискатель

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В последнее время проводится достаточно интенсивная глобализация промышленного производства, что выражается, например, в формировании широко разветвленных кластеров, охватывающих крупные функционально целостные системы оборудования, машин, технологий, материалов или интеллектуальных продуктов. В научную литературу это вошло под названием передовые производственные технологии (ППТ) [1]. Лидерами здесь являются США и ФРГ, а сферы их интересов распространяются не только на развитие новых сегментов рынка, но и к переходу к политике так называемой «реиндустриализации». [2].

Опириание ряда передовых стран на ППТ означает начало процесса «балансировки» их экономик, что связано с очередным этапом функционального расширения Мирового рынка товаров, включением в него изделий нового технологического уклада, т.е. комплексного производства и поставок продукции и экономическим отлучением из этой сферы стран с более низким уровнем развития. Это хорошо продуманная стратегия и она будет активно реализовываться упомянутыми государствами вплоть до следующего интеллектуального прорыва в человеческой цивилизации. [3].

Отечественной экономике требуется активный поиск новых инновационных направлений развития, среди которых создание новых ППТ является одним из основных и наиболее востребованным для промышленного производства. Однако, в существующих условиях самым главным является эффективная организация процессов управления их формированием, что требует оценки наиболее простых и эффективных механизмов их реализации.

Оценка возможных направлений инновационного развития производственных систем складывается из ряда базовых компонентов, однако важнейшим и определяющим из них является организационно–управленческий. Особенно актуально такое положение для нашей страны о чем Президент Лукашенко А.Г. в своем обращении

с ежегодным Посланием к Белорусскому народу и Национальному собранию отметил: «у нас в Беларуси высшие должностные лица Правительства, губернаторы и прочие руководители не могут сформировать нормальный портфель проектов под эти инновации!» «Но это отдельный разговор» [4].

Сложившаяся ситуация требует поиска действенных механизмов управления крупными проектами инновационного развития. В качестве аргументов для обоснования правильного выбора управленческих решений остановимся на двух моделях, которые способны логически и статистически оправдать выбор конкретного плана действий. Первая из них – это модель организованного управления различного рода процессами, вторая – система плановой экономики развития отечественной промышленности.

Заслуживает внимания незаслуженно забытая плановая система управления народным хозяйством. Четкий ответ о ее жизнеспособности в прошлом и перспективности в будущем дает график изменения индекса промышленного производства в РСФСР – России и США в период с 1960 по 2014гг. [5], который убедительно показывает, что выход из планового управления производством привел к резкому спаду производства и не позволяет в настоящее время успешно конкурировать с США (см. рисунок 1).

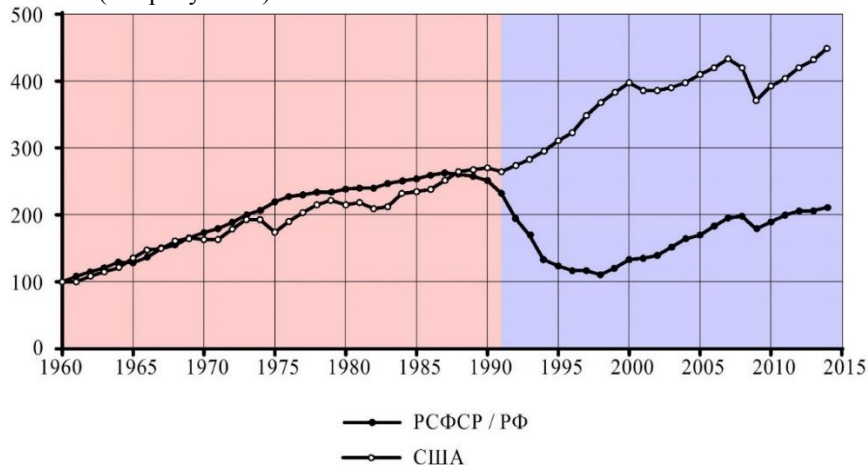
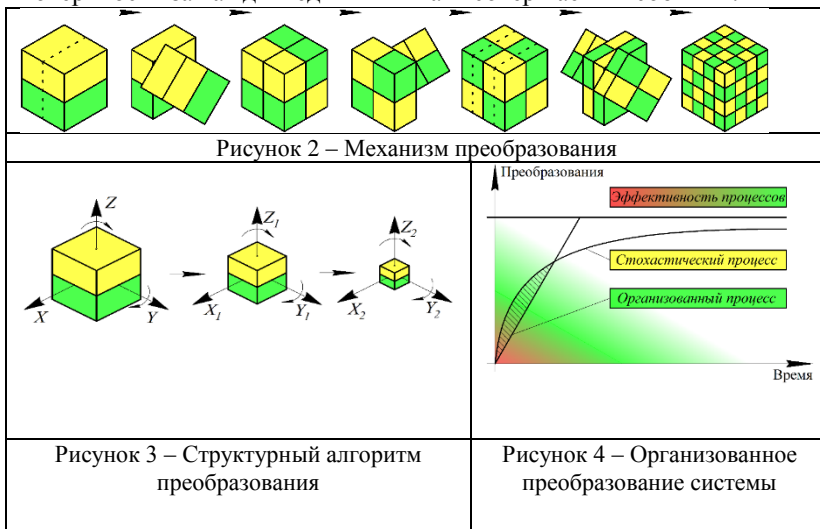


Рисунок 1 – Индекс промышленного производства в России и США, 1960-2014 гг. (1960г. = 100)

Пояснению закономерностей управления сложными системами может служить модель организованного преобразования объекта. Первоначально такая модель разрабатывалась для анализа процессов смесеобразования, тепло- и массообмена. Сейчас мы предлагаем ее для объяснения поведения и управления сложными системами при долгосрочном планировании. За главную целевую функцию изменения свойств объекта условно примем поверхность взаимодействия между его составляющими – темными и светлыми компонентами. Кинетика и энергетика таких взаимодействий и есть искомая функция, определяющая весь комплекс свойств и особенностей поведения исследуемой системы.

Рассмотрим соответствующие рисунки: на рис. 2 приведен алгоритм организованного преобразования объекта. Исходная задача – организовать процесс с минимумом издержек. Издержки – дополнительные финансовые и энергетические затраты, увеличение времени проведения процесса, перерасход сырья и материалов и т.д. Их можно минимизировать путем условного максимального обоснования поверхности за каждый единичный акт совершаемых событий.



Достигается это тем, что реально производится развитие системы по закону минимальных объемов (см. рис.3), когда за каждый цикл управляемых преобразований вновь образованные соседние объемы

рациональных компонентов становятся геометрически подобными исходным. По сути этот механизм прямо противоположен тому, который выполняется в популярном кубике Рубика. Более подробно со всеми пояснениями это описано в работе [6]. На основе приведенных механизмов управления разработана кинематическая модель функционирования сложной системы (см. рис. 4). Главным ее следствием является то, что организованный по целевому алгоритму процесс управления гораздо более эффективен по сравнению со стохастическим, как это сейчас происходит в нашей экономике.

Сложившаяся система инновационного развития, предметно описанная на примере Беларуси в работе [7], показывает, что серьезный прорыв здесь возможен при соблюдении ряда условий, в том числе поиск точек эффективного роста экономики, создания венчурных механизмов финансирования и консолидация научных исследователей и производителей для формирования мощных научно–производственных структур по типу, например, института электросварки имени Е.О. Патона, КБ Туполева, ОАО «Сормово» или концерн «Сименс».

Следствием выполненного анализа является необходимость так организовать процесс создания ППТ, чтобы максимально сократить сроки, стоимость, зависимость от квалифицированных кадров и одновременно подготовить производство к выпуску новой продукции. Упование на возможности использования творческих коллективов, разбросанных по различным КБ, НИИ или университетам является в данном случае тупиковым или, в лучшем случае, догоняющим направлением. Успех за мощными фирмами, которые последовательно и целенаправленно работают над крупными проектами и не распыляют свои ресурсы на мелкие разработки.

Для государств ЕАЭС требуется найти свой глобальный приоритет в формировании кластера новых ППТ. По нашему мнению, основу их может составить новая отрасль промышленности – технологическое машиностроение [2, 6], которая в полной мере решает задачи нашего инновационного развития и позволяет по многим параметрам войти в число мировых технологических лидеров.

Список литературы:

1. Данилин И. Новая промышленно-технологическая политика развитых стран: ждет ли нас IV индустриальная революция? Год планеты. Ежегодник, Экономика, политика, безопасность. 2014. Москва. Идея-пресс. 2014. С. 65-76.

2. Сиваченко Л.А. Технологические пределы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л.А. Сиваченко, У.К. Кусебаев, И.А. Реутский, А.М. Ровский, Энергоэффективность, Минск, №10, 2015. С.24-30.
3. Сиваченко, Л. А. Энерготехнологическая концепция национальной безопасности / Л. А. Сиваченко, Б. А. Унаспеков. Минск: Энергоэффективность, 2013. №5. С. 28-31.
4. От уверенного старта – к успеху нового поколения «выступление Президента Александра Лукашенко при обращении с ежегодным Посланием к Белорусскому народу и Национальному собранию» / С.Б. Беларусь сегодня, 22.04.2016. С.2–6.
5. Смирнов С. Экономический рост и экономические кризисы в России: конец 1020-х годов-2014 год. / С. Смирнов. Ж-л Вопросы экономики, Москва, №5, 2015.–С. 28-47.
6. Сиваченко Л.А. Современное технологическое машиностроение: основные положения / Л.А. Сиваченко, ж-л Инженер-механик. Минск, №4, 2010.–С. 10-20.
7. Шимов В.Н. Инновационное развитие экономики Беларуси: движущие силы и национальные приоритеты / В.Н. Шимов, Л.М. Крюков- Минск. БГЭУ, 2014. -199с.

ПРЯМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сиваченко Л.А., д-р техн. наук, проф.,
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,
Сиваченко Т.Л., соискатель
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Одной из основных проблем в промышленности строительных материалов является огромный расход энергоресурсов. Прежде всего, это касается производства цемента, извести, керамики, силикатных изделий, наполнителей и добавок всех видов, пигментов и ряда других [1-3]. Неуклонный рост возобновляемых источников энергии в качестве энергетической базы многих сфер деятельности человека является закономерным историческим этапом развития. Именно по этой причине попытаемся обосновать перспективы использования энергии ветра в технологиях производства строительных материалов.

Хорошо известно, что кинетическая энергия потока воздуха выражается классической зависимостью:

$$\mathcal{E}_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (1)$$

где m - масса воздуха; v - скорость воздушного потока.

При этом мощность воздушного потока определяется следующим выражением:

$$N = p \cdot F \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

где p - плотность воздуха; F - площадь сечения потока воздуха.

Даже простейшей оценки потоков атмосферного воздуха достаточно, чтобы определить его высокие энергетические возможности. Однако возникает ряд серьезных вопросов, касающихся того как преобразовать эту энергию и куда направить. В качестве технической гипотезы, способной на них ответить, может быть преобразование энергии воздушного потока в механическую в конфузормом аппарате и использование ее с минимальными

преобразованиями для непосредственного воздействия на перерабатываемые материалы или проведению смежных процессов [4].

Анализ различных стадий производства строительных материалов дает нам основания выделить целый ряд возможных применений энергии ветра для его нетрадиционного использования. В их числе можно назвать следующие: подготовка и проведение холодной сушки влажных материалов, струйное, вибрационное измельчение зернистых материалов, барботаж, пневмотранспорт сыпучих материалов, пневмоклассификация материалов, охлаждение клинкера, гранулирование в воздушном потоке, обезвоживание нерудных и других материалов, пневматическое смешивание, питание пневмосетей, как вентиляторные установки и т.д.

В качестве конкретных технических решений приведем несколько их возможных вариантов. Особого внимания здесь заслуживает осуществление холодной сушки влажных сырьевых материалов - мела, мергеля, глины, торфа, цеолитов, доломита и других, что целесообразно выполнять на первом этапе их переработки. Местом ее реализации может быть, как карьер непосредственно, так и площадка завода, где после его транспортировки сырье вводится в технологическую цепь, что требует некоторые корректировки в процесс. По нашему мнению, более предпочтителен второй вариант, так как он обладает устойчивостью проведения и в меньшей степени зависит от климатических условий.

В качестве подтверждения реальности холодной сушки влажных сырьевых материалов можно привести известный эффект срыва влаги с угольных частиц газовым потоком [5]. Суть его сводится к тому, что потоком газа механически происходит срыв влаги с поверхности угольных частиц с интенсивной диспергацией «сорванной» влаги и с частичным удалением ее из сушильного аппарата в виде жидкой фазы (тумана). т.е. без перевода ее из жидкой фазы в парообразную.

При этом эффекте в несколько раз увеличивается поверхность раздела фаз и тем самым резко интенсифицируется сушка. Удаление значительной части свободной влаги, содержащейся в материале, без затрат энергии на ее фазовое превращение дает значительную экономию тепловой энергии. Технически это обеспечивается продувкой слоя частиц холодным воздухом со скоростью 30-160 м/сек и позволяет снижать влажность по абсолютному показателю на 5-25%. Расход воздуха при этом составляет порядка $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 кг.

Учитывая свойства капиллярно-пористых структур, к которым относятся мел, мергель, глина, трепел и другие, характеризующиеся тем, что движение жидкости в ее капиллярах зависит от их диаметра и

сила сопротивления этому движению тем больше, чем меньше диаметр капилляров, выскажем предположение, что активизировать процесс движения такой жидкости к поверхности твердых частиц можно путем интенсивных механических воздействий, приводящих к их разрушению и образованию новой поверхности. Этот механизм движения жидкости в капиллярах можно назвать эффектом ударного вывода жидкости из капилляров и удаления воздушным потоком.

Сущность метода холодной сушки поясняется рисунком 1, на котором представлена принципиальная схема реализации процесса [6].

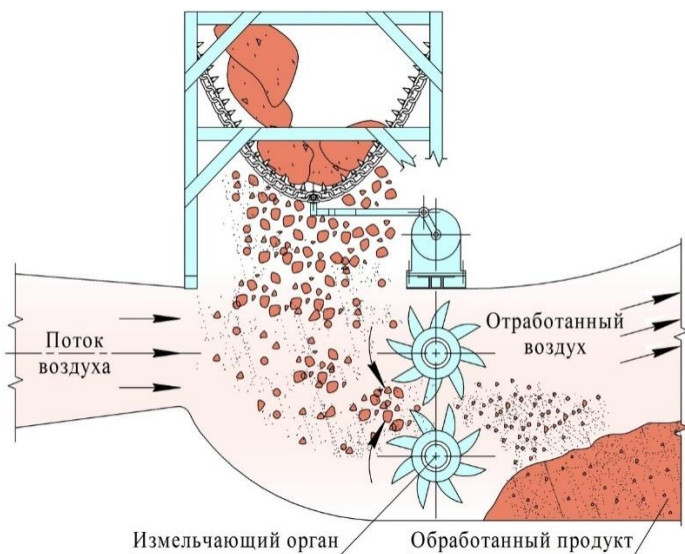


Рисунок 1 – Принципиальная схема проведения процесса холодной сушки

В состав операций процесса холодной сушки входит подача сырьевого материала, его предварительное измельчение фрезерным рабочим органом с просеиванием через подвижное цепное полотно, подача, доизмельчение частиц материала с одновременной его продувкой холодным воздухом, осаждение обработанного продукта, удаление отработанного воздуха и его обеспыливание.

Создание промышленного агрегата, основанного на предложенном способе подготовки и проведения холодной сушки влажных

материалов, планируется выполнить совместно с ОАО «БЕЛАЗ» г. Жодино Минской области.

В качестве варианта кардинального повышения эффективности преобразования энергии ветра для ее технологического использования можно привести ветроэнергетический агрегат для получения сжатого воздуха производственного назначения для измельчения, пневмотранспорта, смешивания, барботаж и т.д. (см. рисунок 2). Приведенная конструкция является развитием работы [7].

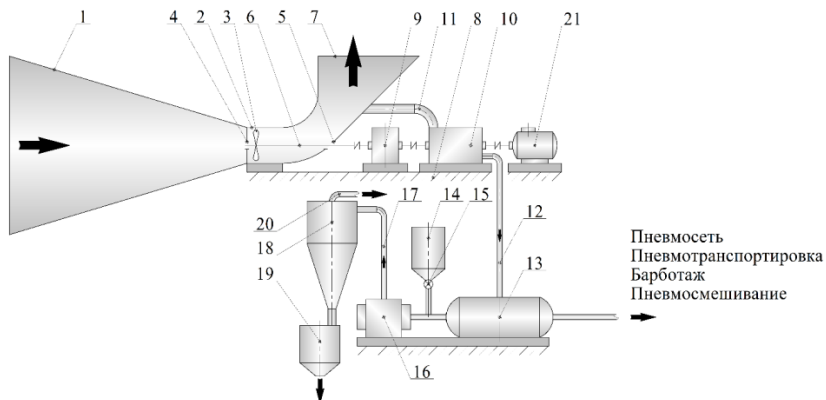


Рисунок 2 – Ветроагрегат для получения сжатого воздуха

Ветроагрегат для струйного измельчения содержит конфузор 1 для концентрации воздушного потока, в горловине которого в цилиндрическом корпусе 2 установлено турбинное колесо 3. Ротор 6 турбинного колеса закреплён на опорах 4 и 5, а для выпуска отработанного воздуха предусмотрен патрубок 7. Вся ветроэнергетическая часть смонтирована на несущей конструкции 8, на которой установлены мультипликатор 9 и компрессор 10, кинематически соединённые с ротором 6 турбинного колеса 3. Забор воздуха в компрессор 10 и его подача под давлением в систему измельчения осуществляются соответственно через патрубок 11, соединённый с патрубком 7 для выпуска отработанного после турбинного колеса 3 и через напорный трубопровод 12.

Технологическая цепь струйного измельчителя включает в себя ресивер 13, бункер 14 с исходным материалом, подлежащим измельчению, питатель 15, струйную мельницу 16, отводящий

трубопровод 17, осадительную камеру 18 и выходную трубу 20 для удаления отработанного газового агента.

Включение в состав ветроагрегата обратимой электрической машины 21 выводит её на новый функциональный уровень, т.к. система может работать в режиме прямого использования энергии, её накопления или отдачи уже накопленной на другие технологические цели.

Кроме описанных вариантов прямого использования энергии ветра в технологиях производства строительных материалов возможны и другие решения, например, применение свободно стоящих ветроагрегатов с встроенными в них компрессорами, создание ветророторов, соединенных непосредственно с рабочими модулями, совмещение ветроагрегатов с солнечными коллекторами и т.д.

Список литературы:

1. Богданов В.С. Процессы в производстве строительных материалов и изделий / В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко // Белгород: «Везелица», 2007. 512 с.
2. Романович А.А., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Технология получения вяжущих с использованием техногенных отходов Т / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 102-105.
3. Romanovich A.A. DEFINICION OF RATIONAL PERFORMANCE REVIEW AND PRINCIPAL DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF A GRINDING EQUIPMENT IN CEMENT FACTORY / ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 11. С. 2367-2370.
4. Сиваченко Л.А. Использование энергии ветра в технологиях производства строительных материалов / Л.А. Сиваченко, Ю.К. Добровольский, Энергоэффективность, Минск, №8, 2014. С. 29-31.
5. Филиппов В.А., Технология сушки и термоаэроклассификации углей / В.А. Филиппов, М., Недра, 1987. 287с.
6. Инновационный патент на изобретение Республики Казахстан № 29108 «Способ подготовки и проведения сушки влажных материалов». Заявка №2013/1214.1 от 17.04.2013. Оpubл. 21.08.2014. Авторы: Сиваченко Л.А., Унаспеков Б.А., Сиваченко К.Л., Голбан Е.Г.
7. «Турбинный ветроагрегат для струйного измельчения». Заявка №2013/485.1 от 5.04.2013. Оpubл. 21.01.2014. Авторы: Сиваченко Л.А., Унаспеков Б.А., Голбан Е.Г.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО- МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Соломенцев А.Б., канд. техн. наук, доц.,
Баранов И.А., канд. техн. наук, ст. преподаватель**
*Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева*

Чтобы удерживать горячий битум на поверхности зерен минерального материала во время промежуточного хранения, транспортирования и укладке щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, в их состав вводят специальные структурирующие (стабилизирующие) добавки, позволяющие повысить толщину пленок вяжущего [1-3]. Вид и свойства этих добавок имеют большое значение для обеспечения требуемого содержания вяжущего и повышения качества смеси. Стабилизирующее действие проявляется в способности препятствовать сегрегации и стеканию битумного вяжущего при высоких технологических температурах.

Каждый вид добавок оказывает свое влияние на структуру и свойства ЩМАС, а также на щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) и далее на слой покрытия ЩМА.

Технологические свойства характеризуют поведение материала при технологических процессах обработки и переработки. По технологическим свойствам судят о возможности переработки и получения доброкачественной продукции из исходных материалов по принятой технологии и имеющемуся технологическом оборудовании. Технологические свойства стабилизирующих добавок при их хранении, транспортировании, перегрузке, дозировании могут быть охарактеризованы гигроскопичностью, набухаемостью, влажностью, сыпучестью (транспортирующей способностью), агрегируемостью, аутогезией и липкостью при повышенной температуре, агломерацией, термостойкостью.

Гигроскопичность определялась для целлюлозных и минеральных волокнистых добавок, набухаемость и термостойкость для целлюлозных волокнистых добавок, сыпучесть для волокнистых порошковых и полимерных гранулированных, липкость и аутогезия – для полимерных гранулированных, агломерация – для добавок на основе резинового порошка (таблица 1).

Таблица 1 – Определение технологических свойств добавок

№ п/п	Название технологического свойства	Показатель, характеризующий технологические свойства	Наименование нормативного документа или источника по методике определения показателей	Для какого вида добавок определяются технологические свойства
1	2	3	4	5
1	Гигроскопичность	Относительная влажность, ее изменение при выдерживании во влажной среде	ГОСТ 16483.32-77	Целлюлозные и минеральные волокнистые
2	Набухаемость	Степень набухания, линейное расширение	ГОСТ 7516-75	Целлюлозные волокнистые
3	Сыпучесть	Скорость истечения	ГОСТ 25139-93	Волокнистые, порошковые и полимерные гранулированные
4	Термостойкость	Изменение массы при прогреве	ГОСТ 31015-2002	целлюлозные
5	Липкость и аутогезия	Температура проявления свойств	-	Полимерные гранулированные
6	Агломерация	Индекс агломерации	СТО 61595504-002-2010 ООО «Уником»	Для добавок на основе резинового порошка

Гигроскопичность (сорбционная влажность) – свойство материала поглощать водяные пары из воздуха и удерживать их вследствие капиллярной конденсации. Относительная влажность целлюлозных и минеральных волокнистых добавок определялась согласно ГОСТ 16483.32-77 «Древесина. Метод определения предела гигроскопичности». Гигроскопичность волокнистых стабилизирующих добавок с естественной влажностью определяли путем выдерживания в течение суток в герметично закрытом эксикаторе при относительной влажности 98% и температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$. Измерение массы образцов добавок находящихся в эксикаторе производилось через сутки. В

таблице 2 приведены значения относительной влажности волокнистых добавок.

Таблица 2 - Относительная влажность волокнистых добавок

Время, сут.	Относительная влажность, %					
	Viatop 66	Хризото п	Topcel	Antrocel	СД-1	СД-3
1	2	3	4	5	6	7
1	1,329	0,275	1,838	1,192	1,851	1,275
2	1,597	0,296	2,044	1,434	2,572	1,563
3	1,666	0,312	2,206	1,776	2,574	1,712
4	1,838	0,322	2,273	1,833	2,601	1,876
5	1,917	0,327	2,281	1,852	2,623	1,928

Из данных таблицы 2 можно сделать вывод, что добавки Viatop 66 [4] и Antrocel, в меньшей степени поглощают влагу, что объясняется наличием адсорбированного битума на поверхности. Наибольшая гигроскопичность у добавок СД-1[5] и Topcel, так как гранулы СД-1 не имеют обработки, Topcel имеет слабую спрессованность гранул переработанной целлюлозы и не полноценную парафиновую обработку поверхности волокон.

Степень набухания и линейное расширение целлюлозных добавок определялись по ГОСТ 7516-75 «Целлюлоза. Метод определения набухания». Степень набухания определялась по изменению массы образцов добавок после выдерживания в воде при $20 \pm 3^\circ\text{C}$, весовым методом взвешиванием образца до и после набухания. В таблице 4 приведены данные по степени набухания целлюлозных добавок.

Таблица 3 - Степень набухания целлюлозных добавок

Время, час	Степень набухания, % по массе				
	Viatop 66	Topcel	Antrocel	СД-1	СД-3
1	2	3	4	5	6
1	10,6	14,3	11,8	14,9	10,8

Из таблицы 3 видно, что максимальную степень набухания за 1 час имеют добавки Topcel[6] и СД-1. Обоснование полученных данных приведено выше при определении относительной влажности.

Линейное расширение целлюлозы – это показатель качества технической целлюлозы, характеризующий способность ее к

набуханию. Линейное расширение целлюлозы определялось по приращению высоты образцов целлюлозных добавок в воде и выражаемый в процентах, измеряли одновременно с определением степени набухания целлюлозы по массе. Для этого замеряли высоту цилиндра добавки. В таблице 4 приведены данные по линейному расширению гранул целлюлозных добавок.

Таблица 4 - Линейное расширение гранул целлюлозных добавок

Время, час	Линейное расширение, %				
	Viator 66	Topcel	Antrocel	СД-1	СД-3
1	2	3	4	5	6
1	43,2	71,9	58	54,7	46,5

Из таблицы 4 видно, что наибольшее линейное расширение у добавок Topcel, СД-1, минимальное у добавки Viator 66. Обоснование полученных данных приведено выше при определении относительной влажности.

Сыпучесть (транспортирующая способность) – состояние материала, при котором между его частицами отсутствует сплошная материальная связь. Сыпучесть исследуемых добавок определялась по ГОСТ 25139-93 «Пластмассы. Методы определения сыпучести». Сыпучесть характеризовалась количеством материала, проходящего через единицу площади выпускного отверстия в единицу времени, т.е. скоростью истечения. Скорость истечения определялась на разработанной модели приемного бункера для стабилизирующих добавок (рис. 1). Был изготовлен бункер из пластика с выходным отверстием, через которые проходят добавки. Бункер закрепляли в вертикальном положении на штативе. Выходное отверстие закрывалось закладываемым устройством.

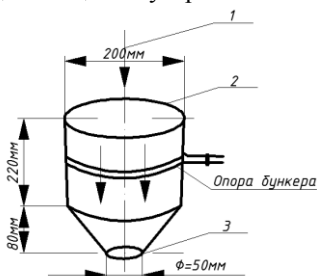


Рисунок 1 – Модель приемного бункера для стабилизирующих добавок.
1 – направление загрузки добавок;
2 – входное бункерное отверстие;
3 – выходное бункерное отверстие

В таблице 5 приведены результаты определения скорости истечения добавок через бункерное отверстие в зависимости от массы добавок.

Таблица 5 - Скорость истечения добавок через бункерное отверстие

Масса добавок, кг	Время, сек.								
	Viator 66	Хризотоп	Topcel	Antrocel	СД-1	СД-3	РТЭ П	УНИРЕМ-001	Воксил 100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	0,4	0,6	1,0	0,4	0,8	0,5	1,0	1,0	0,9
1	1,2	1,2	1,8	1,1	1,8	1,3	1,5	1,6	1,7
1,5	1,5	1,8	2,6	1,6	2,8	1,6	2,4	2,5	2,4
2,0	2	2,4	3,2	2,1	3,2	2,2	3,1	3,4	3,6
2,5	2,4	3,0	3,8	2,6	4,2	2,7	3,4	4,5	4,6
3,0	2,9	3,6	4,7	3,0	4,9	3,1	4,8	5,2	5,1
3,5	3,2	4,2	5,5	3,3	5,7	3,4	5,4	5,9	5,8
4,0	3,7	4,8	6,2	4,1	6,4	3,9	6,1	6,5	6,4

Скорость истечения определяется не только свойствами добавки, но и массой материала, размерами и формой выпускного отверстия и другими факторами. По этой причине скорость истечения является относительной величиной. По результатам испытаний можно отметить, что гранулированные добавки Viator 66, Хризотоп[7], Topcel, Antrocel, СД-1, СД-3 текут равномерно. Добавки РТЭП[8] и порошки УНИРЕМ-001[9], Воксил 100 текут прерывисто.

Термостойкость характеризовалась изменением массы стабилизирующей добавки при повышении температуры. Определение термостойкости волокон производилось согласно ГОСТ 31015-2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные». Значения термостойкости стабилизирующих добавок представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Термостойкость целлюлозных стабилизирующих добавок

Термостойкость при t 220 °С по изменению массы при прогреве, %				
Viator 66	Topcel	Antrocel	СД-1	СД-3
1	2	3	4	5
6,50	7,0	6,75	7,05	6,63

Согласно ГОСТ 31015-2002 термостойкость при температуре 220°С по изменению массы при прогреве должна быть не более 7%. Все испытываемые добавки соответствуют требованиям.

Липкость – способность добавки при соприкосновении прилипнуть к поверхности твёрдого материала. Липкость характеризует адгезионную активность при взаимодействии с поверхностью инородного твёрдого материала. Аутогезия – способность материалов, одинаковых по химическому составу, при контакте, под давлением или без него, образовывать прочные соединения на молекулярном уровне. Аутогезия в значительной степени зависит от температуры. Однако повышение температуры влияет на аутогезию только до достижения температуры перехода материала в вязкотекучее состояние. Добавка РТЭП уже при температуре 30°С проявляют склонность к аутогезии и слипанию, что ухудшает её способность к транспортированию. Температура, при которой проявляются свойства липкости и аутогезии полимерных гранул добавки РТЭП определялась пирометром OPTRIS SIGHT MS. Агломерация – стихийное или направленное сближение частиц тонкодисперсных материалов, благодаря которому увеличиваются размеры зерен, и повышается плотность структуры массы. Индекс агломерации для добавок УНИРЕМ-001 определялся по СТО 61595504-002-2010 «Материал композиционный УНИРЕМ-001 на основе активного резинового порошка. Технические условия», п. 7.1 методика оценки индекса агломерации. Добавка УНИРЕМ-001 получила качественную оценку индекса агломерации в 8 баллов – блок разрушается при легком нажатии пальцами, что соответствует требованиям СТО 61595504-002-2010.

В производственных условиях при введении добавки ведут себя следующим образом. При пневмоподаче добавки УНИРЕМ-001 периодически происходит уплотнение порошка в зоне действия сжатого воздуха в нижней части приемного бункера, т.е. добавка перестает поступать в трубопровод пневмоподачи. В этом случае приходится механическими средствами разуплотнять уплотнившийся порошок. Применение гранулированного резинового порошка УНИРЕМ-002 вместо УНИРЕМ-001 устраняет это нежелательное явление.

При использовании шнековой подачи стабилизирующих добавок из приемного бункера в дозатор уплотнения резинового порошка УНИРЕМ-001 не происходит, транспортировка осуществляется без сбоев. Однако следует отметить, что при шнековой подаче происходит распушивание необработанной целлюлозной добавки СД-1, что приводит к зависанию СД-1 в дозаторе и сбоям в его работе. Таким

образом, использование необработанных целлюлозных добавок при шнековой подаче нежелательно.

При использовании полимерной добавки РТЭП, обработанной битумом, в летний период, когда температура воздуха поднимается выше 30°C, наблюдается слипание сферических гранул добавки в таре для транспортировки и хранения, а при шнековом транспортировании наблюдается налипание гранул РТЭП на стенки транспортирующей трубы и шнек, возникновение и увеличение реологических сопротивлений при транспортировании и остановка шнека. В этом случае следует использовать совместно с добавкой РТЭП минеральную гранулированную добавку ХРИЗОТОП для уменьшения реологических сопротивлений при транспортировании и увеличения битумоудерживающей способности РТЭП.

Список литературы:

1. Соломенцев, А.Б. Оценка битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовязущем / А.Б. Соломенцев, И.А. Баранов // Строительство и реконструкция. Орел: Госуниверситет. УНПК. 2010. №5 (31). С.45-51.
2. Ядыкина В.В. Применение волокнистых отходов промышленности в производстве щебеночно-мастичных асфальтобетонов / В.В. Ядыкина, Н.П. Куцына // Строительные материалы. 2007. №5. С.28-29.
3. Ядыкина В.В. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона из отходов промышленности / В.В. Ядыкина, А.М. Гридчин, С.С. Тоболенко // Строительные материалы. 2012. №8. С. 64-65.
4. ТУ 5718-001-18268513-01. Стабилизирующая добавка VIATOR 66. Технические условия .
5. СТО 77142208-001-2007. Стабилизирующая добавка СД-1 ГБЦ для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Стандарт организации.
6. ТУ 5711-001-38956563-2003. Добавки стабилизирующие «TECHNOCEL 1004» и «TOPCEL» для смесей щебеночно-мастичных асфальтовых. Технические условия.
7. ТУ 5718-011-0281476-2004. Гранулированный стабилизатор «Хризотоп». Технические условия.
8. ТУ 5718-001-79259416-2006. Термоэластопласт резиновый «РТЭП». Технические условия.
9. СТО 61595504-002-2010. Материал композиционный «УНИРЕМ-001» на основе активного резинового порошка. Технические условия .

СВОЙСТВА ДОРОЖНОГО БИТУМА С АДГЕЗИОННЫМИ ДОБАВКАМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Соломенцев А.Б., канд. техн. наук, доц.,
Мосюра Л.С., аспирант
*Орловский Государственный Университет
им. И.С. Тургенева*

Адгезионные добавки широко применяются для улучшения сцепления битума с поверхностью минерального материала [1-3], их можно классифицировать по эффективности, по вещественному составу и по их влиянию на свойства битумного вяжущего и асфальтобетона [4]. По эффективности можно выделить добавки высокоэффективные, средней эффективности и малоэффективные. По вещественному составу, содержанию активных компонентов и веществ можно выделить добавки с катионными азотсодержащими ПАВ, с амфотерными ПАВ амфолитного типа, фосфорсодержащие, добавки с полимерными компонентами.

Для определения свойств дорожного битума с адгезионными добавками использовались добавки Адгезол №6 на основе амидов и STARDOPE 510 на основе силанаминов, относящиеся к катионным азотсодержащим ПАВ, добавка Старфос 04 на основе полифосфорной кислоты из группы фосфорсодержащих и добавка Honeywell Titan 7686 представляющая собой окисленный полиэтилен низкого давления с молекулярной массой 5000-15000.

Добавка Адгезол № 6 по внешнему виду – однородная жидкость от коричневого до черного цвета, маслорастворимая (здесь и далее сведения о добавках приводятся из информационных материалов и презентаций компаний-производителей). Добавка STARDOPE 510 представляет собой вязкую жидкость темного цвета, рН – нейтральное, плотность – 0,89 кг/л при $t=15^{\circ}\text{C}$, низкая растворимость в воде. Добавка Старфос 04 жидкость бесцветного цвета, рН – 2, плотность 2,06 кг/м³ при $t=25^{\circ}\text{C}$, растворима в воде. Добавка Honeywell Titan 7686 по внешнему виду – порошок средней крупности белого цвета, температура размягчения – 115-140^oC, плотность – 0,9 г/см³, рекомендуемая дозировка – 0,8-3,0% от массы битума.

Для определения свойств дорожного битума с добавками использовался вязкий дорожный битум БНД 60/90 Московского НПЗ и вышеназванные добавки. Смешивание адгезионных добавок с битумом проводилось при температуре 160^oC в лабораторной мешалке для приготовления жидких смесей МЛ-2-01 в течении десяти минут для однородного распределения в

битуме. Дорожный битум с добавкой Старфос 04 термостатировался при температуре 160°C в течении одного часа.

Сцепление дорожного битума с минеральным материалом определялось по ГОСТ 11508-74 «Битумы нефтяные. Метод определения сцепления битума с мрамором и песком». Ввиду того, что для устройства верхнего слоя дорожного покрытия в большинстве случаев используются минеральные материалы из кислых горных пород, а природный песок не используется, вместо мрамора при оценке сцепления применялся гранитный материал ОАО «Павловск Неруд» фракции 2-5 мм. Результаты оценки сцепления битума с добавками приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сцепление дорожного битума с гранитным минеральным материалом

№ п/п	Наименование добавки	Показатель сцепления, выдерживает по образцу №, при расходе добавок в % от массы битума						
		0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Адгезол №6		3→2	3→2	2→1	2→1	2→1	
2	STARDOPE 510	2	2→1	2→1	1	1	1	3
3	Старфос 04	3	2→1	1	1	1	1	1
4	Honeywell Titan 7686	3	2	2	2→1	2→1	2→1	2→1

Как видно из таблицы 1, в соответствии из классификации приведенной в [4], используемые добавки относят к группе высокоэффективных.

Физико-химические свойства дорожного битума с адгезионными добавками различного состава определялись в соответствии с действующими нормативными документами: ГОСТ 11506 – 73 определение температуры размягчения по кольцу и шару, ГОСТ 11501 – 78 определение глубины проникания иглы, ГОСТ 11505 – 75 метод определения растяжимости. Результаты определения физико-химических свойств приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2 добавка Honeywell Titan 7686 увеличивает температуру размягчения битума по кольцу и шару с 50°C до 66°C на 32 %, уменьшает пенетрацию при 25°C с 70 до 56 на 20% и при 0°C с 27 до 22 на 18,5%. Растяжимость при 25°C уменьшает до 30 см. Добавка Адгезол №6 уменьшает температуру размягчения битума по кольцу и шару с 50°C до 46°C на 8%, увеличивает пенетрацию при 25°C с 70 до 83 на 18,6%, при 0°C с 27 до 31 на 14,8%. С добавкой Старфос 04

уменьшилась температура размягчения битума по кольцу и шару с 50°C до 49°C на 2%, уменьшилась пенетрацию при 25°C с 70 до 53 на 32% и увеличилась при 0°C с 27 до 31 на 14,8% уменьшилась растяжимость при 25°C до 40 см.

Таблица 2 - Физико-химические свойства дорожного битума с добавками

№ п/п	Название добавки	Концентрация добавки в битуме, % от массы битума	Температура размягчения по кольцу и шару, °С	Пенетрация при температуре		Растяжимость при 25°C, см
				25°C	0°C	
1	2	3	4	5	6	7
1	Битум БНД 60/90	-	50	70	27	Более 150
2	Адгезол №6	1,5%	46	83	31	Более 150
3	STARDOPE 510	0,5%	45	85	31	112
4	Старфос 04	0,5%	49	53	31	40
5	Honeywell Titan 7686	1,5%	66	56	22	30

Добавка STARDOPE 510 уменьшает температуру размягчения битума по кольцу и шару с 50°C до 45°C на 10%, увеличивает пенетрацию при 25°C с 70 до 85 на 21,4%, при 0°C увеличивает с 27 до 31 на 14,8%. Растяжимость при 25°C уменьшилась до 112 см.

Определения динамической вязкости дорожного битума с добавками проводилось с помощью ротационного вискозиметра BROOKFIELD RVDV-II+PRO, техническое описание которого приведено в [5]. В таблице 3 приведены значения динамической вязкости битума с добавками при различной температуре. Дорожный битум с добавками Адгезол № 6 и STARDOPE 510 при температуре от 160°C до 50°C уменьшают вязкость битума. Добавка Honeywell Titan 7686 уменьшает вязкость битума при температуре от 160°C до 110°C и увеличивает вязкость при температуре от 110°C до 50°C. Добавка Старфос 04 увеличивает вязкость при температуре от 160°C до 50°C.

С увеличением расхода добавки Адгезол № 6 динамическая вязкость дорожного битума снижается при 160°C с 0,16 до 0,11 Па·с на 31%, при 110°C с 1,62 до 1,37 Па·с на 18,3%, при 50°C с 1100 до 933 Па·с на 17,9%. С увеличением расхода добавки STARDOPE 510

динамическая вязкость дорожного битума снижается при 160°C с 0,16 до 0,12 на 25%, при 110°C с 1,62 до 1,38 Па·с на 15%, при 50°C с 1100 до 733 Па·с на 66,6%.

Таблица 3 - Динамическая вязкость дорожного битума с добавками при различной температуре

№ п/п	Кол-во добавки в битуме, % от массы битума	Динамическая вязкость, Па·с, при температуре, °С						
		160	140	110	80	70	60	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Без добавок	0,16	0,3	1,62	21,43	61,5	225	1100
2	Адгезол № 6 - 0,5%	0,12	0,27	1,45	16	47,8	184	963
3	Адгезол № 6 - 1,0%	0,12	0,27	1,41	15,88	47,85	182	958
4	Адгезол № 6 - 1,5%	0,11	0,26	1,37	14,68	44,9	170	933
5	STARDOPE 510 - 0,5%	0,12	0,27	1,42	16,27	49,05	181	953
6	STARDOPE 510 - 1,0%	0,12	0,28	1,48	15,15	43,9	160	824
7	STARDOPE 510 - 1,5%	0,12	0,26	1,38	14,27	40,9	146	733
8	Старфос 04 - 0,5%	0,23	0,58	4,12	121	243	1100	-
9	Старфос 04 - 1,0%	0,35	1,07	11,86	348	1700	-	-
10	Старфос 04 - 1,5%	0,44	1,45	19,56	1300	-	-	-
11	Honeywell Titan 7686 0,5%	0,12	0,28	1,5	19,28	58,17	209	1070
12	Honeywell Titan 7686 1,0%	0,12	0,28	1,51	21,73	66,92	248	1360
13	Honeywell Titan 7686 1,5%	0,13	0,3	1,64	61,33	166	625	2370

С увеличением расхода добавки Старфос 04 динамическая вязкость битума увеличивается при 160°C до 0,44 Па·с в 2,75 раза, при 110°C до 19,56 Па·с в 12 раз. При расходе добавки Старфос 04 0,5% вязкость при 60°C увеличивается с 225 до 1100 Па·с в 4 раза, при расходе добавки Старфос 04 1,0% вязкость при 70°C увеличивается с 61,5 до 1700 Па·с в 27,6 раза, при расходе добавки Старфос 04 1,5% вязкость при 80°C увеличивается с 21,43 до 1300 Па·с в 60,7 раза. С увеличением расхода добавки Honeywell Titan 7686 динамическая вязкость дорожного битума снижается при 160°C с 0,16 до 0,13 Па·с на 18,8%, при 110°C с 1,62 до 1,51 Па·с на 6,7% при расходе добавки 1,0% от массы битума, и

увеличивается с 1,62 до 1,64 Па·с на 1,2% при расходе добавки 1,5%, при 50°C увеличивается с 1100 до 2370 Па·с в 2,15 раза при расходе 1,5%.

Как видно из вышеприведенных данных, введение в битум адгезионных добавок различного вещественного состава по-разному влияют на свойства битума. Так, при введении добавок, содержащих катионные азотсодержащие ПАВ Адгезол №6 и STARDOPE 510, снижение динамической вязкости, температуры размягчения и увеличение пенетрации вызвано процессами взаимодействия ПАВ со сложными структурными единицами (ССЕ) битума, которые приводят к уменьшению их размеров и разрушению некоторой части ССЕ [6]. Окисление полиэтилена низкого давления для получения добавки Honeywell Titan 7686 может, например, под действием ионизирующих излучений в воздушной среде, приводить к повышению адгезионной способности полиэтилена в результате образования в поверхностном слое полярных кислородсодержащих групп [7], которые способствуют укрупнению ССЕ битума, созданию более однородного и плотноупакованного поверхностного слоя ССЕ и улучшению сцепления битума с минеральным материалом. Взаимодействие полифосфорной кислоты, содержащейся в добавке Старфос 04, с компонентами битума приводит к образованию насыщенных структур [8], к укрупнению и снижению активности ССЕ, что также способствует при адсорбции ССЕ на минеральной поверхности образованию более однородного, плотного и способного противостоять отслаивающему действию воды поверхностного слоя ССЕ в ориентированном слое битума.

Список литературы:

1. Соломенцев А.Б. Использование азотсодержащих адгезионных ПАВ в органических вяжущих и в асфальтобетоне / А.Б. Соломенцев // Наука и техника в дорожной отрасли. 2002. №2. С. 24-26.
2. Ядыкина В.В. Эффективность применения адгезионной добавки ДАД-1 / В.В. Ядыкина, А.М. Гридчин, М.А. Высоцкая, И.В. Якимович // Строительные материалы. 2009. №7. С. 14-17.
3. Ядыкина В.В. Влияние энергосберегающих добавок на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона на примере EVOTHERM, АЗОЛ 1007 и АДГЕЗОЛ 3-ТД / В.В. Ядыкина, А.М. Гридчин, А.И. Траугвайн, Ю.П. Чистяков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. - №6. С. 149-153.
4. Соломенцев А.Б. Классификация, номенклатура и свойства адгезионных добавок для асфальтобетона / А.Б. Соломенцев, Л.С. Мосюра // Полимерно-битумные вяжущие в дорожном строительстве:

- материалы V Международной конференции 26-27 марта 2015 года. М.: МАХConference, 2015 г. С. 115-121.
5. Куликова А.В. Реологические свойства дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона / А.В. Куликова, А.Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. Орел: Госуниверситет-УНПК. 2013. №5. С.73-78.
 6. Соломенцев А.Б. Реологические свойства дорожного битума с адгезионными добавками на основе азотсодержащих катионных ПАВ [Текст]/ А.Б. Соломенцев, Л.С. Мосюра // Строительство и реконструкция. Орел: Госуниверситет-УНПК. 2015. №6. С. 120-127.
 7. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов / А.Г. Сирота. Л.: Химия. 1984. 152 с.
 8. Gaylon L. Baummyardner, J-F. Masson, John R. Hardee, Andy M. Menapace, Austin G. Williams, «Poliphosphoric Acid Modified Asphalt: Proposed Mechanisms», Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, 2006, vol.74.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

Соломенцев А.Б., канд. тех. наук, доц.,
Ревякин С.Л., аспирант
*Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева*

В европейских стандартах особенностью является раздельные требования к битумам, модифицированным эластомерами (термоэластопластиками) и пластиками (термопластами). Полимермодифицированные битумы — это предварительно приготовленные вяжущие, которые могут использоваться без дополнительной обработки при производстве асфальтобетонной смеси. Их получают смешением битума с термоэластопластиками и некоторыми термопластами. Некоторые термопластичные полимеры, например, полиолефины, характеризуются низкой реакционной способностью, смесь битума с ними нестабильна. В этом случае модифицируется не битум, а асфальтобетонная смесь. То есть полимерная добавка вводится в процессе производства асфальтобетонной смеси непосредственно в асфальтосмеситель.

Исходные условия для применения полимерных добавок в асфальтобетоне заключались в том, что эффект применения от полимерных добавок должен заключаться в увеличении модуля упругости (жесткости) асфальтобетона в покрытии и слоях основания, сдвигоустойчивости при повышенных температурах и не снижать при этом его трещиностойкость при отрицательных температурах. Эффект от введения полимерных добавок будет более заметным на среднещебенистых плотных асфальтобетонах, чем на высокощебенистых плотных и щебеночно-мастичных асфальтобетонах.

Ожидаемых от применения полимерных добавок изменений свойств асфальтобетона можно достичь только при расходе добавок не менее 5% от массы битума. Как отмечалось в отчете Всемирному дорожному конгрессу 1999 года [1], при содержании полимеров типа SBS до 5% температура хрупкости и глубина проникания иглы при 0°C остаются практически равными значениям этих показателей для исходного битума. Для битумов, модифицированных термопластами, при содержании полимера более 5% происходит более быстрое нарастание температуры размягчения, уменьшение пенетрации.

Исходя из вышесказанного, для оценки влияния полимерных

добавок на свойства асфальтобетона была использована среднезернистая асфальтобетонная смесь типа Б следующего состава: гранитный щебень фр. 5-15 мм — 44%, гранитный отсев — 50%, минеральный порошок - 6%, битум — 5% от массы минеральных материалов. Использовались следующие материалы: щебень гранитный фр. 5-10 и 10-15 мм ПАО «Кировоградгранит» с содержанием зерен пластинчатой и игловатой формы 6%, песок из гранитных отсевов дробления ОАО «Павловск Неруд» с модулем крупности 2,94, доломитовый минеральный порошок ОАО «Доломит», вязкий дорожный битум БНД 60/90 Московского НПЗ.

Для модифицирования битума использовались термоэластопласты на стирольной основе производства Южнокорейской компании Kumho Petrochemical марок KTR 101 (S-Bx2) и KTR 103 (S-B-S) линейной структуры блоксополимеров, синтезированных мономерами бутадиеном и стиролом в органическом растворителе. Добавки представляют собой пористые гранулы. Для модификации асфальтобетонной смеси использовались гранулированная российская добавка РТЭП ООО НПП «ЮжДорНИИ», представляющая собой многокомпонентную композицию на основе полиолефинового носителя, содержащую битум; гранулированная добавка Superplast итальянской компании ITERNIMICA из смеси переработанных из вторичного сырья полимеров этилена, а также добавка КМА КОЛТЕК, состоящая из смеси резинового порошка, минерального порошка, гелеобразователя, адгезива и сшивающего агента [2].

Расход термопластичных добавок в составе битума составлял 6-10%, термоэластопластов от 4 до 8%, для КМА КОЛТЕК расход составил 8-15%. Для определения свойств битума с добавками был принят расход 6-10% (таблица 1). В битуме добавка РТЭП расплавляется при 200° С в течении 60 минут. Добавка Суперпласт расплавляется в битуме при 190° С в течении 50 минут и образует с битумом желеобразную подвижную массу. Добавки КТР 101 и 103 расплавляются в битуме при 200° С в течении 40 минут и образуют с битумом однородную массу без сгустков, комков и крупинок. Показатель сцепления битума с добавками по ГОСТ 11508-74 по сравнению с чистым битумом улучшается незначительно. С битумом наблюдается полное отслаивание, а у битума с добавками более ¾ поверхности после кипячения отслаивается т. е. это сцепление по образцу №3. Показатели глубины проникания иглы при 25° С для битума с добавками снижаются более чем в 2 раза, т. е. вязкость возрастает существенно. Показатели глубины проникания иглы при 0° С

незначительно снижается для термоэластопластов и термопластов, т. е. битум становится более жестким. Температура размягчения для РТЭП увеличивается на 15%, для Суперпласта и КТР на 65%, а для КМА КОЛТЕК практически не изменяется по сравнению с чистым битумом.

Самый высокий показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения $\text{tg } \varphi$ получился у асфальтобетона с добавкой РТЭП (таблица 2) 0,93 (у асфальтобетона без добавок-0,92); с Суперпластом от 0,85 до 0,92; с КТР от 0,77 до 0,92, а с КМА КОЛТЕК от 0,89 до 0,91.

Самый высокий показатель по сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50°C (таблица 2) получился у асфальтобетона с добавкой Суперпласт 10%-0,64 МПа, что выше показателя сдвигоустойчивости асфальтобетона без добавок в два раза. У асфальтобетона с добавками КМА КОЛТЕК и РТЭП самые низкие значения сдвигоустойчивости 0,35 и 0,37 МПа соответственно. Среднее значение показателя сдвигоустойчивость наблюдается у асфальтобетона с добавками КТР.

О жесткости асфальтобетона при повышенных температурах можно судить по показателю прочности при 50°C . Самой высокой жесткостью обладают добавки РТЭП и Суперпласт предел прочности которых при 50°C при концентрации 10% составил 2,56 и 2,77 МПа соответственно, что в 2,4 и 2,6 раза больше у асфальтобетонной смеси. Добавки КТР и КМА КОЛТЕК в среднем увеличивают жесткость по отношению к асфальтобетону без добавок в 1,4-1,75 раза.

Жесткость при низких температурах и, следовательно, склонность к образованию трещин, можно оценить по прочности при сжатии при 0°C .

Наличие добавок термопластов в асфальтобетоне приводит к увеличению жесткости асфальтобетона, наличие добавок термоэластопластов и КМА КОЛТЕК увеличивает жесткость незначительно.

Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0°C (таблица 2) самая низкая у асфальтобетона с РТЭП, т. к. прочность увеличивается при 10% добавки на 40% по сравнению с асфальтобетоном без добавок (т. е. стойкость к образованию трещин в асфальтобетоне снижается). Для асфальтобетона с добавками КТР трещиностойкость близка к трещиностойкости асфальтобетона без добавок или выше. Введение добавки Суперпласт не оказывает влияния на показатель трещиностойкости. У асфальтобетона с добавкой КМА КОЛТЕК при 8% показатель трещиностойкости чуть хуже чем у асфальтобетона без добавок, а при 15% жесткость асфальтобетона

снижается, т. е. трещиностойкость увеличивается.

Судя по прочности при сжатии при 20° С (рисунок 6) модуль упругости асфальтобетона с добавками при расходе термопластов добавок 6 и 10% и расходе термоэластопластов от 5 до 8% увеличивается с увеличением расхода добавок. Для асфальтобетона с добавкой КМА КОЛТЕК модуль упругости близок к модулю упругости асфальтобетона без добавок.

В заключении можно сказать, что добавки термопластов ведут себя в асфальтобетоне предсказуемо, т. е. увеличивают сдвигоустойчивость и жесткость при высоких температурах и модуль упругости, но снижают трещиностойкость при отрицательных. Рассмотренные добавки термоэластопластов увеличивают сдвигоустойчивость асфальтобетона при высоких температурах и не снижают, или снижают незначительно трещиностойкость. Добавка КМА КОЛТЕК в асфальтобетоне увеличивает жесткость при повышенных температурах, незначительно увеличивает жесткость при 0оС и трещиностойкость при 15% добавки.

Таблица 1 – Свойства дорожного битума с полимерными добавками

№ п / п	Название полимерной добавки	Вид полимерных или полимерного	Расход добавки, % в составе битума		Температура, °С и время, мин	Показатель сцепления битума с добавкой по ГОСТ 11508-74	Свойства битума с добавками		
			В асфальтобетоне	Принятый для определения свойств битума			Глубина проникания иглы, 0,1 мм		Температура размягчения по КИШ °С
							при 25 °С	при 0 °С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Битум без добавок	-	-	-	-	Полное отслаивание	67	24	48
3	РТЭП	Термопласты	6-10	6	200/60	По 3-му образцу	32	22	57
4	Суперпласт		6-10	6	190/50	По 3-му образцу	30	21	71
5	КТР 101	Термоэластопласты	4-8	6	200/40	По 3-му образцу	32	19	72

№ п / п	Название полимерной добавки	Вид полимерных или полимерного	Расход добавки, % в составе битума		Температура, °С и время, мин распределения добавки в битуме	Показатель сцепления битума с добавкой по ГОСТ 11508-74	Свойства битума с добавками		
			В асфальтобетоне	Принятый для определения свойств битума			Глубина проникания иглы, 0,1 мм		Температура размягчения по КИШ °С
							при 25 °С	при 0 °С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	КТР 103		4-8	6	200/40	По 3-му образцу	31	20	71
7	КМА КОЛТЕК	Дробленая резина с добавками	8-15	10	180/30	По 3-му образцу	45	21	61

Таблица 2 – Свойства асфальтобетона типа Б с полимерными добавками

№ п / п	Состав вяжущего, %: битум+добавка	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщенные, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа			Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0°С, МПа	Водоустойчивость
				при температуре, °С			по коэффициенту сцепления при сдвиге при температуре 50°С, МПа	по коэффициенту внутреннего трения,		
				20	50	0				
1	Битум БНД 100% без добавок	2,40	1,5	3,18	1,06	6,81	0,92	0,31	4,47	0,96
2	Битум БНД 96% +4% КТР 101	2,39	2,3	3,23	1,65	6,27	0,77	0,4	4,58	0,99
3	Битум БНД 95% +5% КТР 101	2,41	2,2	4,01	1,48	7,2	0,88	0,38	3,81	0,91
4	Битум БНД 94% +6% КТР 101	2,39	2,2	3,2	1,5	7,3	0,91	0,34	3,8	1,05
5	Битум БНД 92% +8% КТР 101	2,38	2,9	4,3	1,8	7,8	0,87	0,46	4,15	1,03
6	Битум БНД 96% +4% КТР 103	2,39	1,75	3,04	1,47	6,79	0,92	0,31	4,03	0,91
7	Битум БНД 95% +5% КТР 103	2,39	2,3	4,16	1,48	7,00	0,9	0,38	3,64	0,91
8	Битум БНД 94% +6% КТР 103	2,38	2,7	4,01	1,75	7,19	0,86	0,42	4,38	0,93
9	Битум БНД 92% +8% КТР 103	2,39	2,7	4,30	1,73	7,03	0,9	0,42	4,20	0,92

№ п/п	Состав вяжущего, %: битум+добавка	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщенность, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа			Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0°С, МПа	Водоотстойность
				при температуре, °С			по коэффициенту внутреннего трения,	сцепление при сдвиге при температуре 50°С, МПа		
				20	50	0				
10	Битум БНД 94% + РТЭП 6%	2,36	2,2	3,72	1,04	8,09	0,93	0,24	4,93	1,07
11	Битум БНД 90% + РТЭП 10%	2,35	2,18	4,84	2,56	8,85	0,92	0,37	6,25	0,95
12	Битум БНД 94% + Суперпласт 6%	2,36	3,2	4,46	1,38	8,63	0,92	0,3	4,24	1,03
13	Битум БНД 90% + Суперпласт 10%	2,36	3,5	4,94	2,77	9,64	0,85	0,64	4,62	1,01
16	Битум БНД 92% +8% КМА	2,38	1,8	3,29	1,6	5,04	0,91	0,32	5,93	1,00
17	Битум БНД 88% +12% КМА	2,39	1,35	3,32	1,87	7,63	0,89	0,35	5,27	1,17
18	Битум БНД 85% +15% КМА	2,37	1,7	3,58	1,05	7,04	0,89	0,32	3,96	0,95
	Требования ГОСТ 9128-2013		1,5-4,0	не менее 2,2	не менее 1,0	не более 12,0	не менее 0,81	не менее 0,35	не менее 3,0 не более 6,5	не менее 0,85

Список литературы:

1. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. PIARC-AIPCR / пер. с франц. В. А. Золотарева, П. А. Беспаловой под общей редакцией В. А. Золотарева, В. И. Братчуна. Харьков: Изд-во ХНАДУ. 2003. 229с.
2. Комплексный модификатор асфальтобетона «КМА» КОЛТЕК. Стандарт организации: СТО 17423242-009-2010.-Москва: ООО «КОЛТЕК ИНТЕРНЭШНЛ». 2010. 29с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА БИТУМА *

**Траутвайн А.И., канд. техн. наук, доц.,
Саввин Н.Ю., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Помимо общих эксплуатационных требований по прочности, ровности и шероховатости, покрытие должно противостоять пластическим деформациям при высоких положительных температурах и быть трещиностойким при низких отрицательных температурах [1]. Обеспечение сдвигоустойчивости асфальтобетона (одного из основных видов покрытий) относится к важнейшим задачам, которые необходимо решать незамедлительно, поскольку они напрямую связаны с безопасностью движения автомобильного транспорта. В образовании термостойких асфальтобетонов, помимо создания в них жесткого каркаса из щебня износостойких прочных пород камня, большого его содержания (до 80 %) и максимального количества дробленых зерен в минеральной части (до 100 %), обеспечивающих требуемый показатель коэффициента внутреннего трения $\text{tg}\varphi$, должны играть битумные композиции с широким диапазоном пластичности, обеспечивающим как трещиностойкость асфальтобетона (нижняя граница), так и показатель сцепления асфальтобетона при сдвиге при температуре +500 °С (верхняя граница) [2].

Способность асфальтобетонных покрытий сопротивляться как деформациям [3], возникающим под силовым воздействием колес автомобилей (касательные напряжения, количество циклов, частота и продолжительность нагружения), так и последующему разрушению, обусловлена прежде всего структурой асфальтобетона, и во многом зависит от реологических свойств упруго-вязкопластичной среды, которой является сам асфальтобетон. Именно упругость, вязкость и пластичность связаны с усталостной прочностью и долговечностью асфальтобетона, они являются важнейшими показателями, определяющими его сдвигоустойчивость (способность сопротивляться необратимому пластическому деформированию при многократном приложении нагрузки от колес автомобильного транспорта). При этом основным критерием сдвигоустойчивости асфальтобетона является предельно допустимая необратимая деформация, определяемая из условий долговечности и безопасности движения автомобильного

транспорта, которую принято считать глубиной колеи.

Улучшение битумов используемых в производстве асфальтобетонов, заключается в основном, в разжижении, повышении их адгезионной способности, теплостойкости, упруго-эластичных свойств при высоких и пониженных температурах.

Традиционно, для повышения деформативных характеристик битума, приготавливают на его основе полимер-битумное вяжущее, в состав которого входят полимер и пластификатор. Введение пластифицирующих веществ в исходный битум объясняется необходимостью снизить вязкость исходного битума, а введение в битум полимеризирующих веществ приведет к увеличению интервала пластичности органического вяжущего.

Физико-механические характеристики, используемого в ходе научного исследования, битума марки БНД 60/90 «Московского НПЗ» показали, что пенетрация при +25 и 0 °С исходного битума находятся на нижнем пределе по ГОСТ 22245-90. Более того, исходный битум характеризуется высокой вязкостью, температурой хрупкости и будет способствовать трещинообразованию асфальтобетонного покрытия на его основе.

При проведении исследования в качестве пластификаторов использовали индустриальное масло И-20, стеариновую кислоту Т-18, и масло Т.

Составы композиций комплексных вяжущих представлены в таблице 1. В связи с тем, что разрабатываемые составы комплексного полимер-битумного вяжущего будут проходить государственную регистрацию, как объект интеллектуальной собственности, то содержание и название некоторых компонентов не разглашается.

Изменение физико-механических характеристик исходного битума БНД 60/90 с использованием пластификаторов представлено в таблице 2 и на рисунках 1-2.

При испытании композиционных вяжущих № 1 – 5 было выявлено, что такой показатель как эластичность отсутствует.

Из представленных данных в таблице 2 и на рисунке 1 видно, что введение пластификатора в битум существенно отражается на его вязкости. Так при введении 8 % индустриального масла И-20 пенетрация композиции №1 по сравнению с исходным битумом БНД 60/90 при +25 °С увеличилась в 3,5 раза данное значение составило 205 единиц, при 0 °С – в 3 раза – 79 единиц. Температура размягчения уменьшилась на 18 %. Также наблюдается рост растяжимости как при

+25 °С – на 20 %, так и при 0 °С – на 32 %. В 2 раза снизилась и температура хрупкости – до -23 °С.

Таблица 1 - Составы композиционных вяжущих

№ композиционного вяжущего	Состав компонентов
1	1. Битум БНД 60/90 = 92% 2. Индустриального масла И-20 = 8%
2	1. Битум БНД 60/90 = 92% 2. Масло Т = 8%
3	1. Битум БНД 60/90 = 97% 2. Индустриального масла И-20 = 3%
4	1. Битум БНД 60/90 = 97% 2. Масло Т = 3%
5	1. Битум БНД 60/90 = 97 % 2. Стеариновая кислота Т-18 = 3 %

Таблица 2 – Результаты испытаний композиционных вяжущих различных составов

Наименование показателя	Значение для состава					
	БНД 60/90	1	2	3	4	5
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при: 25 °С	61	205	178	77	84	112
0 °С	28	79	68	33	44	30
Температура размягчения по «КиШ», °С	49	40	40	46	46	45
Растяжимость, см, при: 25 °С	65	78	80	100	86	70
0 °С	3,8	5	5	5	14,7	9,6
Температура хрупкости, °С	-11	-23	-20	-16	-17	-16

В композиции № 2 в качестве пластификатора использовалось масло Т. Его введение в количестве 8 % в исходный битум также существенно снизило вязкость вяжущего. Так согласно результатам испытаний, пенетрация композиции №2 по сравнению с исходным битумом БНД 60/90, при +25 °С увеличилась в 3 раза, при 0 °С – в 2,5

значения которых составили 178 и 68 единиц соответственно. Температура размягчения уменьшилась на 18 %. Также наблюдается рост растяжимости как при +25 °С – на 23 %, так и при 0 °С – на 32 %. Температура хрупкости снизилась на 82 %.

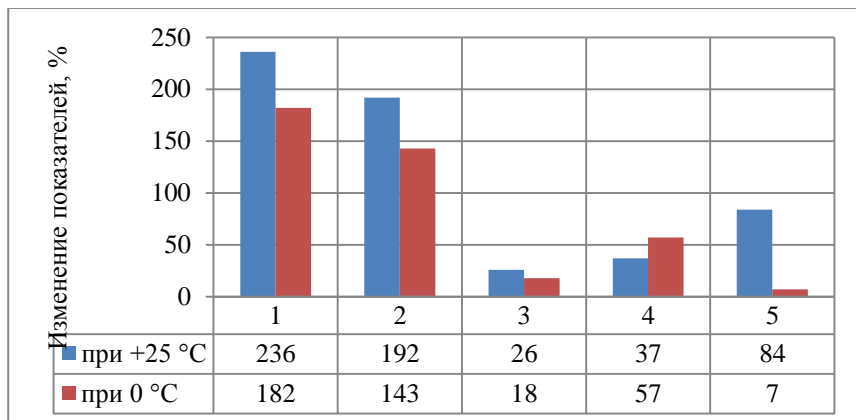


Рисунок 1 – Изменение глубины проникания иглы композиционных вяжущих различных составов

При исследовании композиции с меньшим содержанием пластификатора, было выявлено, что при введении 3% индустриального масла (композиция № 3) также снижает вязкость битума. Из полученных данных видно, что глубина проникания иглы, по сравнению с исходным битумом БНД 60/90, при +25 °С возросла на 26 %, а при 0 °С – на 18 %. Температура размягчения снизилась на 6 %, а прирост растяжимости при +25 °С составил 54 %, а при 0 °С – 32 % . Температура хрупкости у композиции №3 уменьшилась на 45 % до -16 °С.

Испытания композиции № 4 с содержанием масла Т в количестве 3 % показали, что по сравнению с исходным битумом, вязкость данной композиции при +25 °С увеличилась на 37 %, а при 0 °С – на 57 %. Наблюдается снижение температуры размягчения данной композиции на 6 %. Растяжимость выросла при +25 и 0 °С на 32% и в 3,9 раза соответственно (данные показатели составили 86 и 14,7 см). Температура хрупкости снизилась на 55 % до -17 °С.

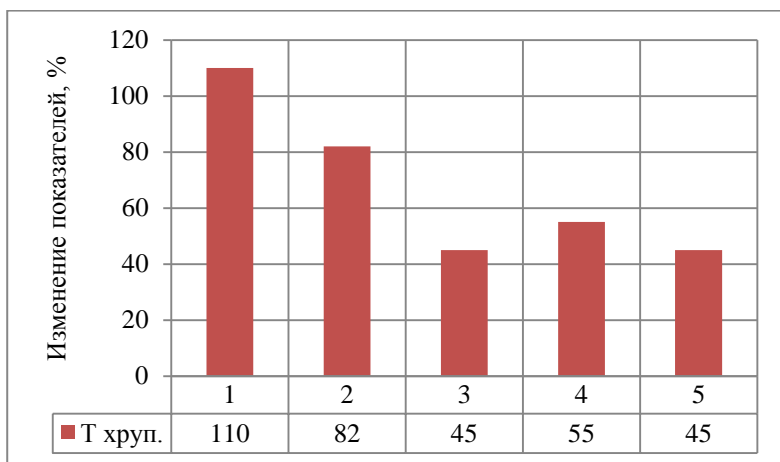


Рисунок 2 – Изменение температуры хрупкости композиционных вяжущих различных составов

При приготовлении композиции № 5 в качестве пластификатора использовалась стеариновая кислота Т-18. Так из результатов испытаний видно, что данный пластификатор также как и предыдущие снижает вязкость битума. Пенетрация, по сравнению с исходным битумом, при +25 °С выросла на 84 %, а при 0 °С практически не изменилась. Температура размягчения упала, а растяжимость при +25 °С увеличилась на 8 %, а при 0 °С – в 2,5 раза. Температура хрупкости снизилась на 45 %. Исходя из этого видно, что стеариновая кислота придает битуму пластичность при положительных температурах, а при отрицательных – наоборот, увеличивает его хрупкость.

Таким образом, при введении используемых пластификаторов в состав исходного битума можно сделать следующие выводы:

- введение пластификатора в битум не придает вяжущему эластичности;
- при увеличении глубины проникания иглы, т.е. снижения вязкости органического вяжущего, происходит одновременное снижение показателей растяжимости и температуры хрупкости;
- наибольшей разжижающей способностью обладает индустриальное масло;
- минимальная температура хрупкости наблюдалась при использовании в качестве пластификатора индустриального масла в

количестве 8%, а максимальная температура размягчения и интервал пластичности при введении 3 % масла Т в исходный битум;

– применение стеариновой кислоты в качестве пластификатора является менее целесообразным, т.к. ее введение привело к получению органического вяжущего обладающего минимальной температура размягчения, растяжимости при +25 °С и максимальной температуры хрупкости.

** Статья подготовлена в рамках выполнения НИР по государственному заданию Министерства образования и науки РФ №1950 и программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова №2011-ПР-146.*

Список литературы:

1. Строкин А.С. Повышение сдвигоустойчивости дорожных покрытий путем применения асфальтобетона каркасной структуры на основе модифицированных битумов / А.С. Строкин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. Воронеж. 2008. № 2. С. 134-139.
2. Ядыкина В.В. Оценка сдвигоустойчивости щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием стабилизирующих добавок разработанных составов на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности / В.В. Ядыкина, С.С. Тоболенко, А.И. Траутвайн // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2015. С. 117-120.
3. Ядыкина В.В. Повышение устойчивости асфальтобетона к колееобразованию / В.В. Ядыкина, О. Ашыров, А.С. Хороших // В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 771-774.
4. Ядыкина В.В. Исследование влияния различных полимеров и пластификаторов на свойства битума БНД 60/90 и асфальтобетона на его основе / В.В. Ядыкина, А.М. Гридчин, А.И. Траутвайн, В.И. Вербкин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 40-45.

РЕМОНТ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ ХОЛОДНЫХ БИТУМОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ *

**Траутвайн А.И., канд. техн. наук, доц.,
Шевцов В.С., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Для приготовления холодных асфальтобетонных и ремонтных смесей применяют вязкие дорожные нефтяные битумы по ГОСТ 22245 и жидкие битумы по ГОСТ 11955, а также модифицированные, полимерно-битумные вяжущие и другие битумы и битумные вяжущие с улучшенными свойствами по технической документации, согласованной в установленном порядке.

Для холодных смесей марки I следует применять жидкие битумы только класса СГ и модифицированные жидкие битумы. Допускается применение битумов классов МГ и МГО при условии использования активированных минеральных порошков или предварительной обработки минеральных материалов смесью битума с поверхностно-активными веществами или активаторами.

Для холодных асфальтобетонных смесей марки II следует применять жидкие битумы классов СГ, МГ, МГО.

Состав жидкого битума подбирается специализированной лабораторией. В работе использовался жидкий битум производства ООО «ВЭП» г. Пермь. Ориентировочный состав жидкого битума марки СГ 70-130 представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Ориентировочный состав жидкого битума марки СГ 70-130 производства ООО «ВЭП»





Компонент	Содержание, % по массе
Битум нефтяной дорожный БНД 90/130	80-85
Разжижитель (керосин)	15-20

Для улучшения сцепления вяжущего с поверхностью минерального материала и обеспечения заданных свойств холодного асфальтобетона в процессе приготовления смесей использовали ПАВ «Амдор-9».

При использовании битума с указанной добавкой для приготовления ремонтных смесей должно обеспечиваться сцепление с

фракцией 2,5-5,0 мм применяемого щебня по контрольному образцу № 1 по ГОСТ 11508 (метод А), таблица 2.

Таблица 2 – Изменение сцепления битума марки СГ 70/130 с каменным материалом в присутствии адгезионной добавки

Материал	Контрольный образец	Битум с добавкой «Амдор-9» в количестве 0,5 %
Песок		
Мрамор		

Проектирование состава холодных асфальтобетонных смесей видов ХС, ХСП-1, ХСП-2 и асфальтобетона осуществляют в несколько этапов:

- определяют качество минеральных материалов, органического вяжущего и соответствие их свойств установленным требованиям;
- устанавливают соотношение минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка);
- осуществляют подбор состава жидкого битума марок СГ 70/130 согласно ГОСТ 11955;

- определяют оптимальное содержание жидкого битума марок СГ 70/130 для приготовления холодной асфальтобетонной смеси вида ХС

Подбор состава минеральной части асфальтобетонных смесей видов ХС, ХСП-1, ХСП-2 осуществляется в соответствии со СНиП 3.06.03-85 и ГОСТ 9128-2009.

Необходимо подобрать состав мелкозернистого асфальтобетона типа Б I марки с использованием жидкого битума марки СГ 70/130, предназначенного для устройства верхнего слоя покрытия, уплотняемого в холодном состоянии.

Зерновой состав исходных минеральных материалов на рисунке 1. Необходимо провести комплекс исследований по изучению свойств холодных битумоминеральных смесей. Для проведения данного исследования были изготовлены и испытаны по стандартным методикам согласно ГОСТ 12801–98 образцы из асфальтобетонной смеси непрерывного гранулометрического состава типа Б, подобранного в соответствии с ГОСТ 9128–2009.

Ориентировочное количество вяжущего для холодной асфальтобетонной смеси типа Б I марки составляет 3,5-5,5% согласно ГОСТ 9128-2009. Для определения необходимого количества жидкого битума, были заформованы три смеси с различным ее содержанием.

В качестве щебня использовали гранитный щебень Павловского карьера, песчаной фракции - отсев дробления гранита того же карьера, минерального порошка – доломитовый минеральный порошок производства ООО «Недра». Изменение физико-механических характеристик образцов асфальтобетона типа Б с использованием холодной битумной эмульсии представлено на рисунках 2-4.

График зернового состава минеральной части

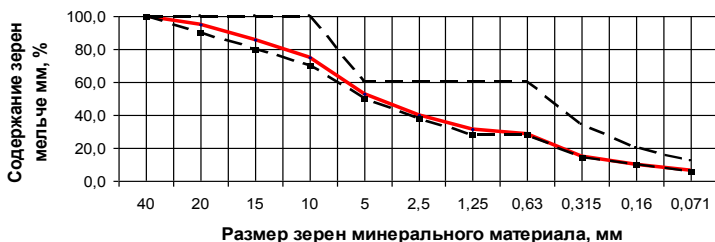


Рисунок 1 – Гранулометрический состав подобранной минеральной части асфальтобетонной смеси типа Б

Влияние окружающей среды: микроклимата, химического воздействия выхлопных газов автомобилей, содержащих значительное количество агрессивных по отношению к строительным композитам веществ, на сегодняшний день является наиболее трудно поддающимся традиционному моделированию фактором, от которого зависит важный эксплуатационный показатель асфальтобетона – долговечность.

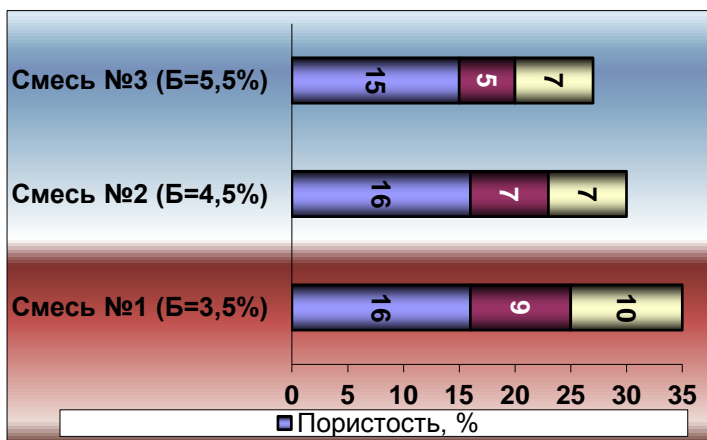


Рисунок 2 – Показатель пористости, остаточной пористости и водонасыщения асфальтобетона типа Б с различным содержанием жидкого битума

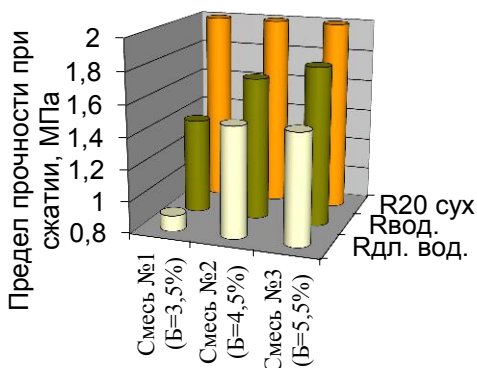


Рисунок 3 – Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов типа Б с различным содержанием жидкого битума

Судя по представленным данным, самыми высокими прочностными характеристиками в водонасыщенном состоянии и водостойкостью обладают образцы асфальтобетона состава №3, несмотря на то, что прочность сухих образцов максимальна для смеси №1. При этом остаточная пористость смеси №3 не входит в пределы ГОСТ 9128-2009 и составляет 5 %. Более того, слеживаемость асфальтобетонной смеси

также высока в сравнении со смесями двух других составов и составляет 7 ударов против 3 и 5 ударов для смеси №1 и №2 соответственно.

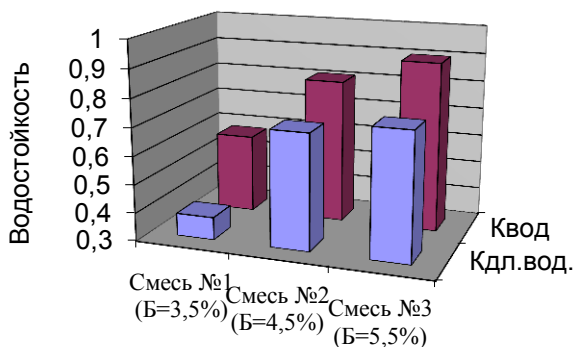


Рисунок 4 – Водостойкость образцов типа Б с различным содержанием жидкого битума

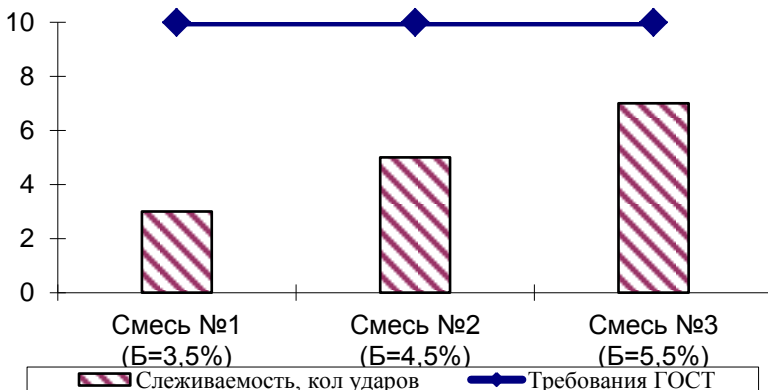


Рисунок 5 – Слеживаемость асфальтобетонной смеси типа Б с различным содержанием жидкого битума

Водонасыщение асфальтобетона имеет минимальное значение для смеси №2 и 3 и составляет 7%, при этом для смеси №1 это значение превысило нормативное значение.

Исходя из представленных данных, наиболее оптимальными физико-механическими характеристиками обладает асфальтобетонная смесь №2, где содержится 4,5 % жидкого битума.

** Статья подготовлена в рамках выполнения НИР по государственному заданию Министерства образования и науки РФ №1950 и программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова №2011-ПР-146.*

Список литературы:

1. Вагнер Я. Применение инновационных технологий при ремонте автомобильных дорог в Забайкальском крае / Я. Вагнер // Транспортная стратегия XXI век. 2014. № 27. С. 60-61.
2. Зяблов С.Ф. Технология ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / С.Ф. Зяблов, С.П. Ереско // Наука и техника в дорожной отрасли. 2011. № 1. С. 28-30.
3. Горяев Н.К. Технологии и материалы, используемые при реконструкции и ямочном ремонте автомобильных дорог в Уральском регионе / Н.К. Горяев, З.В. Альметова // В сборнике: Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации Сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета. 2015. С. 79-86.
4. Траутвайн А.И. Проектирование покрытий с повторным использованием (ресайклингом) материалов / А.И. Траутвайн, А.В. Нефедов // В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 660-665.
5. Высоцкая М.А. Холодные технологии дорожно-ремонтных работ / М.А. Высоцкая, Е.В. Чевтаева, А.О. Ширяев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2015. № 6. С. 30-34.
6. Траутвайн А.И. Выбор адгезионных добавок для повышения термостабильности битума / А.И. Траутвайн, В.В. Ядыкина, Д.В. Землякова // Дороги и мосты. 2014. №1(31). С. 225-240.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОМОЛЬНОГО АГРЕГАТА И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ

Уральский В.И., канд. техн. наук,
Уральский А.В., канд. техн. наук,
Синица Е.В., канд. техн. наук,
Уральская Л.С.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

С развитием новых наукоемких технологий особое внимание уделяется тонкому и сверхтонкому помолу материалов. Тонкое и сверхтонкое измельчение представляет собой одну из наиболее важных и наиболее энергоемких технологических операций в химической, металлургической, горнорудной строительной и других отраслях промышленности.

Одним из направлений повышения эффективности помольного оборудования является создание энергосберегающих центробежных измельчителей с различными траекториями движения рабочих камер для обеспечения избирательного динамического воздействия на измельчаемый материал на всех стадиях его помола, а также с расширенными технологическими возможностями в соответствии с требованиями технологического процесса.

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова коллективом авторов разработан и создан центробежный помольный агрегат (ЦПА)[1, 2, 3].

Особенностью конструкции помольного агрегата является наличие в его структуре рычажного механизма, обеспечивающего различные траектории движения помольных камер. Рычажный механизм состоит из подвижных звеньев: кривошипа 1, шатуна 2 и ползуна 3 (рис. 1). Кривошип 1 связан со стойкой вращательной кинематической парой А; шатун 2 связан с кривошипом 1 вращательной парой В, а с ползуном 3 – вращательной парой С; ползун 3 связан со стойкой поступательной парой D.

Точка В механизма при вращении звена 1 движется по окружности; точка К, расположенная на звене 2, движется по эллиптической траектории; точка С совершает возвратно-поступательное движение.

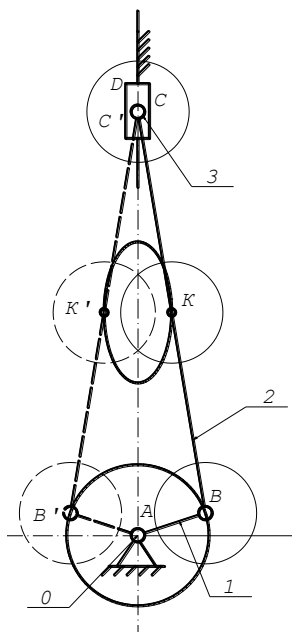


Рисунок 1 – Структурная схема рычажного механизма центробежного помольного агрегата

Соответственно, при расположении помольных камер в точках B , K и C получаем: верхняя помольная камера совершает возвратно-поступательное движение; средняя помольная камера движется по эллиптической траектории; нижняя помольная камера перемещается по круговой траектории.

Исходя из принятой структуры рычажного механизма, определена кинематическая схема привода ЦПА (рис. 2).

Узлы агрегата смонтированы на станине 1. Вращение от электродвигателя 2 через клиноременную передачу 3 передается на эксцентриковый вал 4. Для предотвращения упругих деформаций эксцентрикового вала вследствие его значительной длины используются зубчатые передачи 5 и промежуточный вал 6. Подвижная рама 7, являющаяся шатуном в кривошипно-ползунном механизме, шарнирно связана с эксцентриковым валом и ползунами 8. На эксцентриковом валу расположены противовесы 9, уравнивающие рычажный

механизм. Ведомый шкив клиноременной передачи, закрепленный на эксцентриковом валу, выполняет также роль маховика.

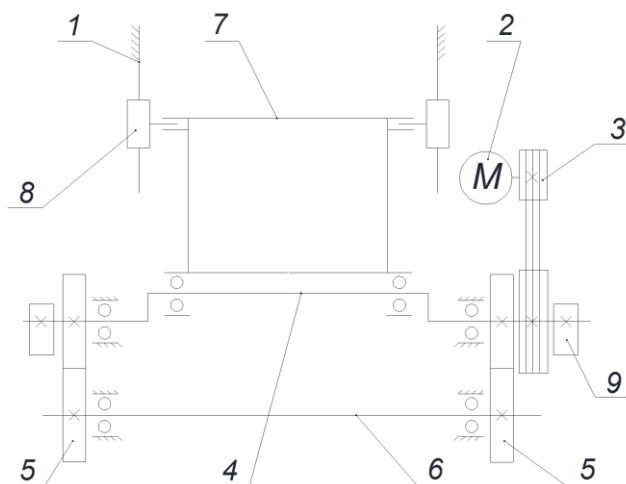


Рисунок 2 – Кинематическая схема привода ЦПА

Противовесы имеют возможность ручного перемещения и установки в требуемое положение, которое определяется в зависимости от массы подвижных частей агрегата, включая мелющую загрузку в рабочих камерах. Такой принцип уравнивания позволяет обеспечить статическую балансировку рычажного механизма, которая малоэффективна, так как при работе агрегата подвижные части движутся с достаточно большими скоростями, изменяющимися по величине и направлению. Возникают значительные ускорения и инерционные нагрузки, следствием которых является вибрация конструкции, что негативно сказывается на прочностных характеристиках агрегата (возникновение усталостных явлений, дополнительных напряжений и т.п.).

Кроме этого, в процессе измельчения материалов с различными физико-механическими свойствами может появляться необходимость изменения параметров режимов работы агрегата, например, изменение

коэффициентов загрузки рабочих камер. Следовательно, меняется величина массы и положение центра масс помольного блока. Все это приводит к появлению дополнительной вибрации, что влечет за собой снижение ресурса работы узлов и деталей помольного агрегата и отрицательно сказывается на его работе в промышленных условиях в целом.

Проведенные ранее исследования динамики механической системы агрегата [4, 5, 6] позволяют количественно оценить динамические характеристики конструкции.

В результате становится очевидной необходимость создания для агрегатов подобного типа двух систем уравнивания. Одна система, основная, уравнивает непосредственно рычажный механизм; вторая, дополнительная, уравнивает действие мелющей загрузки в помольном блоке. Причем, дополнительная система должна иметь возможность автоматического регулирования в зависимости от изменения величины массы и расположения центра масс помольного блока.

Исходя из поставленной задачи, разработано модульное уравнивающее устройство, обеспечивающее в процессе работы агрегата дополнительное уравнивание механизма и снижение уровня вибрации [7]. Схема привода ЦПА с модульным уравнивающим устройством представлена на рис. 3.

Модульное уравнивающее устройство, представляющее собой дифференциальный зубчатый механизм, содержит шестерни 10 для передачи крутящего момента от эксцентрикового вала 4 на дополнительный полый вал 13, который соединен с водилом 14 дифференциального механизма. Внутри вала 13 расположены полуоси 15, связанные с коническими зубчатыми колесами полуосей дифференциального механизма и электромагнитными муфтами 11. Противовес 12 через ходовой винт и передачу «винт-гайка» связан с сателлитом дифференциального механизма и осуществляет поступательное перемещение по направляющим, закрепленным на водиле, в одну или другую сторону при изменении частоты вращения одной из полуосей. Электромагнитные муфты управляются системой управления, в состав которой входят программируемый контроллер, датчик положения противовеса и блок питания.

Работает модульное уравнивающее устройство следующим образом. При установленном допустимом уровне вибрации стойки агрегата (заданной точки) муфты отключены и сателлиты неподвижны по отношению к зубчатым колесам полуосей 15. Полуоси 15 и

промежуточный вал 13 вращаются с одной угловой скоростью. При изменении уровня вибрации система управления включает одну из муфт, угловая скорость полуоси уменьшается, в результате чего получает относительное вращение сателлит дифференциального механизма и связанный с ним ходовой винт. Противовес 12 перемещается вдоль оси ходового винта до тех пор, пока уровень вибрации не достигнет установленной величины. Следует отметить, что масса противовеса 12 (2 кг) существенно меньше массы основных противовесов 9, т.к. рассчитывается, исходя из величины номинальной массы мелющей загрузки в рабочих камерах.

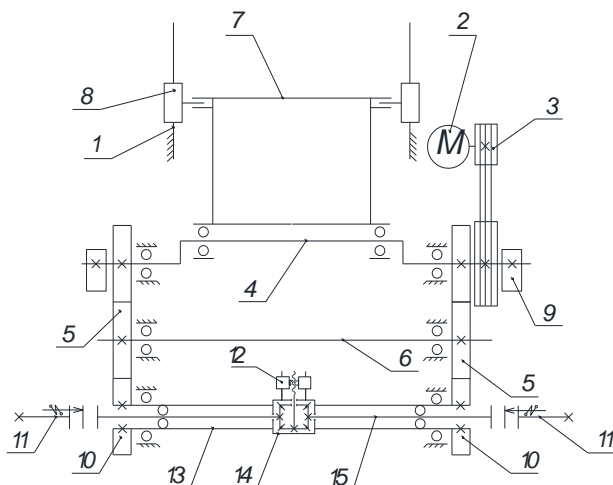


Рисунок 3 – Схема привода ЦПА с модульным уравнивающим устройством

Таким образом, разработанная система автоматического снижения вибрации, содержащая модульное уравнивающее устройство, может поддерживать заданную амплитуду вибрации или периодически ее изменять в зависимости от условий технологического процесса без остановки агрегата.

Введение в конструкцию помольного агрегата дополнительного модульного уравнивающего устройства позволяет существенно уменьшить воздействие вибрационных нагрузок на узлы агрегата, повысив тем самым эксплуатационную надежность оборудования.

Список литературы:

1. Пат. 2381837 Российская Федерация, В 02С 17/18. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет, ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.02.2010, Бюл. №5.
2. Уральский В.И. 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.
3. Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками / А.В. Уральский, В.С. Севостьянов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112.
4. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей // Известия вузов. Строительство. 2009. №5. С. 68–79.
5. Сеница Е.В., Уральский А.В., Плетнев А.В. Влияние движения мелющей загрузки на динамику центробежного помольно-смесительного агрегата // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докладов Международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. С.188-192.
6. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Вопросы динамического исследования центробежного помольно-смесительного агрегата // Вибрационные машины и технологии: Сборник науч. тр. / редкол: С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Курский гос. техн. унив-т. Курск, 2008. С. 596-601.
7. Патент РФ №2012117656/13, 27.04.2012. Глаголев С.Н., Рубанов В.Г., Севостьянов В.С., Уральский В.И., Стативко А.А., Стативко С.А., Бушуев Д.А. Помольно-смесительный агрегат с автоматической балансировкой // Патент России № 2494813. 2012. Бюл. №28.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Уральский В.И., канд. техн. наук,
Уральский А.В., канд. техн. наук,
Синица Е.В., канд. техн. наук,
Уральская Л.С.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

В связи с широким использованием керамических материалов и изделий в строительстве, химической, энергетической, металлургической и др. отраслях промышленности и перспективным развитием в них наукоемких технологий все большее внимание учеными и практиками уделяется вопросам тонкого и сверхтонкого измельчения измельчения материалов.

Получение тонкодисперсных порошков с размерами частиц 1-10 мкм, может служить последней стадией предизмельчения материалов для получения нанодисперсных частиц (<0,1 мкм) по сухому или мокрому способам производства.

Решение поставленной задачи с использованием известных помольных систем весьма затруднительно. В этой связи необходимы новые конструктивно-новые технологические решения по созданию высокоэффективных энергосберегающих помольных агрегатов.

Особое значение это имеет для перспективных наукоемких технологий, к которым относится технология получения высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) на основе стабилизированных кристаллических материалов и метастабильного стекла. В качестве сырья при помоле традиционно используются кварц и кварцевое стекло, корунд, обожженный при высоких температурах шамот различного состава [1].

Разработанная конструкция центробежного помольно-смесительного агрегата (ЦПСА) [2, 3, 4], который относится к классу ударно-истирающих машин центробежного типа (рис. 1), позволяет измельчать сыпучие материалы различной прочности до удельной поверхности $S_{уд} = 500-800 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Помольно - смесительный агрегат состоит из станины 1, содержащей две пары вертикальных цилиндрических направляющих 2 и 3 с двумя парами ползунов 4, 5 и две пары опорных стоек 6 и 7. В

каждой паре опорных стоек противонаправленно расположены эксцентриковые валы 8 и 9. Каждый вал снабжен регулируемым противовесом 10 и 11.

Агрегат также содержит две рамы 12 и 13 прямоугольной формы из швеллеров, снабженные кронштейнами для шарнирного соединения с эксцентриковыми валами 8, 9 и ползунами 4, 5. Рамы выполняют роль шатунов в кривошипно-ползунных механизмах, образованных из станины, эксцентриковых валов-кривошипов, рам-шатунных и ползунных, что необходимо для обеспечения требуемых траекторий движения помольных камер, закрепленных на рамах. Верхние 14, средние 15 и нижние 16 помольные камеры связаны между собой соединительными патрубками 17.

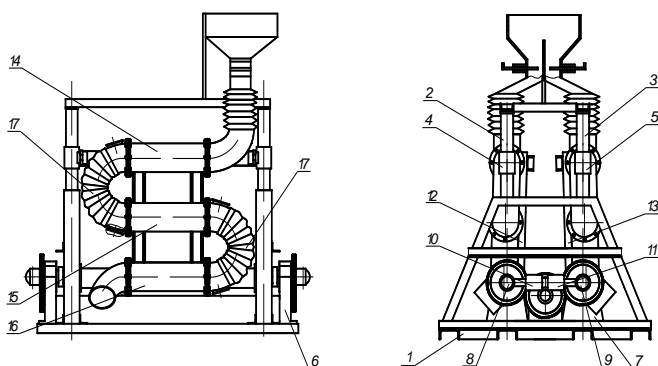


Рисунок 1 – Центробежный помольно-смесительный агрегат

Выполнение противовесов эксцентриковых валов регулируемыми дает возможность организации различных схем процесса измельчения материала в помольно-смесительном агрегате, что существенно расширяет его технологические возможности.

При продвижении от загрузочного патрубка к выходному материал через три помольные камеры последовательно подвергается интенсивному ударному, ударно-истирающему и истирающему воздействию мелющих тел.

Благодаря конструкции помольного агрегата, включающей два параллельных кривошипно-ползунных механизма с противонаправленными кривошипами, обеспечивается уравновешивание динамических нагрузок, возникающих при движении

рычажных механизмов, что значительно уменьшает требуемую для функционирования агрегата мощность.

На рис. 2 представлен опытно-промышленный образец ЦПСА с одной технологической ветвью помольных камер.



Рисунок 2 – Опытно-промышленный образец ЦПСА

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что процесс измельчения различных материалов в ЦПСА проходит более интенсивно по сравнению с шаровыми мельницами. Из графиков видно (рис 3.), что при измельчении кварцевого песка до $S_{уд} = 480 \text{ м}^2/\text{кг}$ использование только верхней камеры ЦПА позволяет сократить время измельчения в 2,5 раза, а средней и нижней камер – в 4 раза.

С использованием ЦПСА были получены тонкомолотые материалы различных генетических типов кварцевых пород (кварцитопесчаника и песка осадочных пород). Из анализа дисперсности измельченного кварцевого песка и кварцитопесчаника, представленного на рис. 4 и рис. 5. видно, что в ЦПСА возможно получение тонкодисперсных материалов со средневзвешенным размером частиц до 10 мкм.

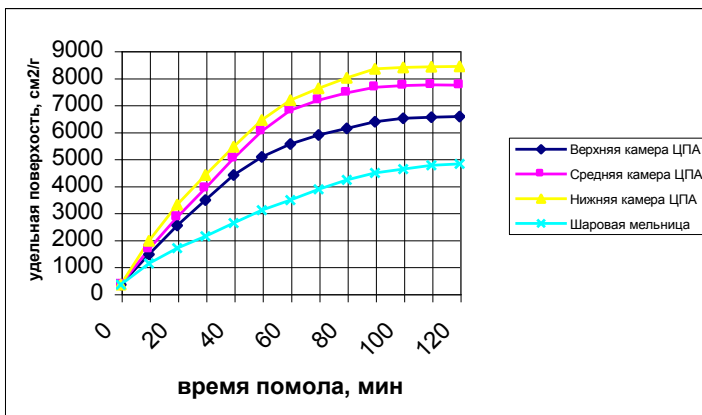


Рисунок 3 – Графические зависимости процесса измельчения кварцевого песка в камерах ЦПСА и шаровой мельнице $S = f(\tau)$

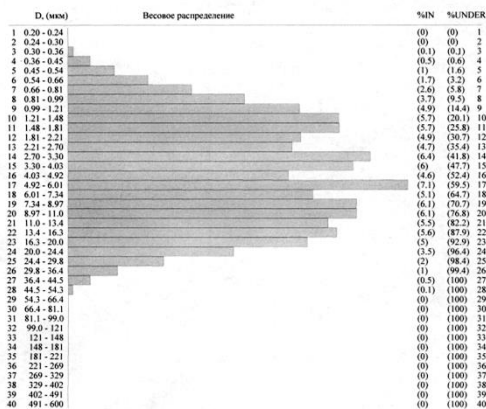


Таблица соответствия размеров частиц (D, мм) заданным значениям весовой доли

	1.01	1.48	2.14	3.13	4.47	6.10	8.77	12.3	17.7	600
P, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица весовой доли частиц (P, %), соответствующих заданным значениям размеров частиц

D, (мм)	5	10	20	50	80	100	150	200	400	600
P, %	52.9	74.1	92.9	100	100	100	100	100	100	100

В таблицах приводятся значения весовых долей, содержащихся в интервалах размеров меньше указанного диаметра

Рисунок 4 – Гистограмма полученных фракций измельченного кварцевого песка

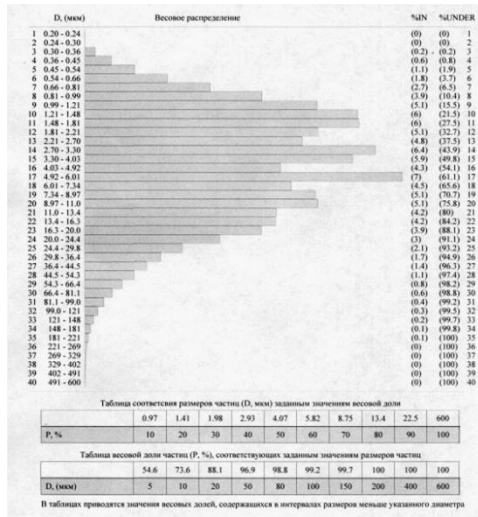


Рисунок 5 – Гистограмма полученных фракций измельченного кварцитопесчаника

Аналогичные результаты получены также при измельчении других материалов: стеклобоя, мелкозернистого клинкера, перлита и др.

При предразрушении хрупких материалов перед ЦПСА в пресс-валковом измельчителе, обеспечивающем микродефектную структуру измельчаемых частиц при их раздавливающем-сдвиговом деформировании, достигается снижение удельных энергозатрат помольной системы до 30 -40 %.

Список литературы:

1. Пивинский Ю.Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. М.: Металлургия. 1990. 270 с.
2. Пат. № 2277973 Российская Федерация, В 02С 17/18. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Лесовик В.С., Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В. Оpubл. 20.06.2006 г., Бюл. №17.
3. Севостьянов В.С., Уральский В.И. Центробежный помольно-смесительный агрегат // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. №11. С 157-160.
4. Пат. 2381837 Российская Федерация, В 02С 17/18. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В. Оpubл. 20.02.2010, Бюл. №5.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

Хардигов И.П.,

Гончаров В.Б.,

Харламов Е.В., канд. техн. наук

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Изобретение (RU № 2018574 МПК E02F3/60 «Ковш экскаватора-драглайна») относится к экскаваторостроению, а именно к ковшам экскаваторов-драглайнов, предназначенных для производства вскрышных и других видов землеройных работ.

Используется в землеройных машинах типа экскаваторов-драглайнов. Сущность изобретения: ковш экскаватора-драглайна содержит корпус, подъемные и тяговые цепи. На боковых стенках ковша наклонно закреплены направляющие. В направляющих перемещаются по высоте боковых стенок ползуны, подвешенные на пружинах растяжения. Тяговые цепи шарнирно присоединены к ползунам [1-6].

Цель изобретения – повышение производительности работы ковша-драглайна за счет саморегулирования угла резания и толщины снимаемой стружки в зависимости от усилия в тяговых цепях.

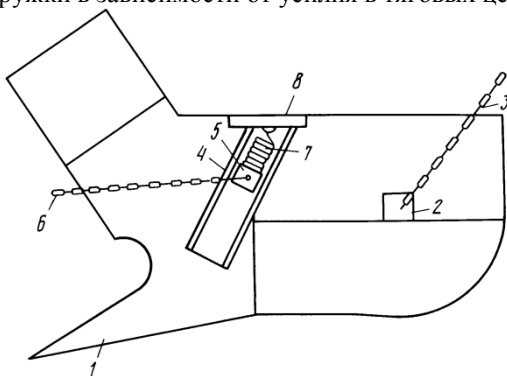


Рисунок 1 – Ковш экскаватора-драглайна

Цель достигается тем, что на боковых стенках ковша под углом к направлению тяговых цепей неподвижно закреплены направляющие, в пазах которых размещены ползуны-шарниры с прикрепленными к ним

тяговыми цепями и пружинами растяжения, второй конец которых закреплен неподвижно на корпусе ковша.

Недостатком такой конструкции ковша-драглайна является значительный износ ползунов и пружин растяжения, которые при подъеме грузов большой массы, способны к растяжению и отрыву от опоры на корпусе ковша.

Изобретение (RU № 2055122 МПК E02F3/48 «Рабочее оборудование экскаватора-драглайна») относится к землеройным машинам, в частности к рабочему оборудованию экскаваторов-драглайнов, предназначенных для производства вскрышных и других видов горных работ.

Цель изобретения упрощение и повышение надежности рабочего оборудования.

Цель достигается тем, что тормозной механизм выполнен в виде установленных с возможностью относительного вращения на выходном валу тяговой лебедки посредством зубчатой втулки зубчатого тормозного барабана и зубчатой тормозной тяги, связанных с зубчатой обоймой, установленной с возможностью осевого перемещения, при этом выходной вал тяговой лебедки выполнен с внутренней полостью и снабжен размещенным в ней пневматическим цилиндром, соединенным с зубчатой обоймой посредством равноплечих тяг и имеющим упругий элемент, установленный на штоке [7-13].

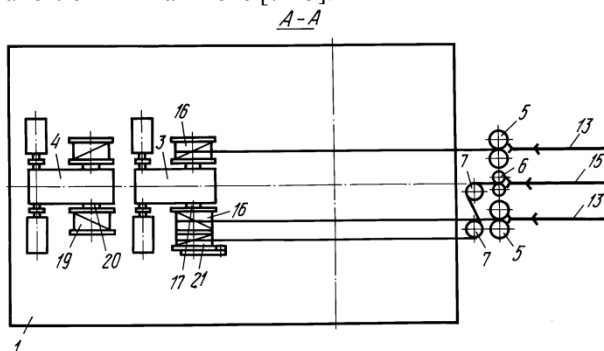


Рисунок 2 – Рабочее оборудование экскаватора-драглайна

Недостатком данного изобретения является сложность конструкции и усложнение технического обслуживания данного устройства.

Изобретение (RU № 2099474 МПК E02F3/48 «Устройство для принудительной разгрузки ковша драглайна») относится к землеройной технике для горной промышленности и массовых земляных работ.

Целью изобретения является повышение производительности серийных экскаваторов-драглайнов путем выгрузки без поворота платформы в транспортные средства, устанавливаемые в подстреловой зоне драглайнов. Эта цель достигается тем, что в подстреловой зоне драглайна размещается передвижное устройство для разгрузки ковша, состоящее из ловителя ковша, горизонтального несущего ролика, опирающегося концами оси на вершины двух А-образных опор на полозьях, а ковш снабжен двумя опорными роликами для взаимодействия с направляюще несущими рельсами, заканчивающимися углублениями для посадки опорных роликов ковша.

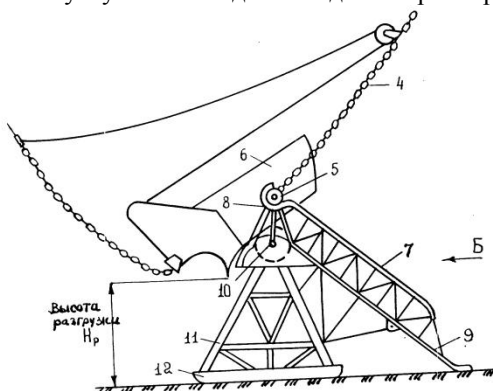


Рисунок 3 – Устройство для принудительной разгрузки ковша драглайна

Недостатком данного изобретения является значительный износ загруженного ковша при скольжении по отбойному листу.

Список литературы:

1. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1399–1403.
2. Sharapov R.R., Shrubchenko I.V., Agarkov A.M. Determination of the optimal parameters of the equipment to obtain fine powders // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 12. С. 31341–31348.

3. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // «Интерстроймех–2015» материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. г. Казань, 2015. С. 7–11.
4. Агарков А.М. Совершенствование аспирационных систем // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сб. научн. трудов Междунар. науч.–практ. конф., (Тамбов 31 янв. 2015 г.), Тамбов: Изд-во ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. Ч.5. С. 14–15.
5. Агарков А.М., Чеховской Е.И. Модернизация корчевателя непрерывного и позиционного действия с целью повышения качества корчевания // Научный альманах. 2016. № 4-3 (18). С. 19–21
6. Агарков А.М., Чеховской Е.И., Тихонов А.А. Обзор конструкций рабочего оборудования бульдозера с поворотным отвалом // Научный альманах. 2016. № 3-3 (17). С. 18–22.
7. Агарков А.М., Шарапов Р.Р. Влияние ширины камеры рабочей зоны инерционного концентратора на гидравлическое сопротивление // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 19-21.
8. Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Бойчук И.П., Прокопенко В.С. Гидравлическое сопротивление концентратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 160-163.
9. Романович А.А., Харламов Е.В.. Строительные машины и механизмы: лабораторный практикум. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 145 с.
10. Уваров В.А., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В. Обоснование кривой разделения воздушного сепаратора // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 13-15.
11. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Харламова В.В., Прокопенко В.С. Сепаратор кипящего слоя для разделения минерального сырья // Механизация строительства. 2015. № 8 (854). С. 37-39.
12. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Моделирование процесса разделения в магнитно-аэродинамическом сепараторе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 91–95.
13. Шарапов Р.Р. Энергетические параметры работы шаровых мельниц замкнутого цикла измельчения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2007. № 3. С. 82-86.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТЫКОВ И СОПРЯЖЕНИЙ
ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

**INCREASE RELIABILITY OF JOINTS ASPHALT CONCRETE
PAVEMENT**

Черкасов В.Г., инженер-технолог
ООО «НОВА-Брит»,
Котлярский Э.В., проф., д-р техн. наук
МАДИ

Аннотация

В статье представлены результаты проведенной опытно-производственной работы по применению стыковочных битумно-полимерных лент «БРИТ» на участках транспортного строительства в г. Москва.

The summary

The article presents the results of the development and production work on the use of Joint tape brand "BRIT" in the areas of transport construction in Moscow.

Характерными и наиболее распространенными видами дефектов в асфальтобетонных покрытиях являются дефекты трещинообразования. Согласно принятой классификации трещины принято разделять на эксплуатационные и технологические.

В качестве основных причин развития эксплуатационных трещин отмечают температурные воздействия, характер и величину транспортных нагрузок, свойства материалов слоев дорожной одежды и саму конструкцию дорожной одежды.

В свою очередь, предпосылка к развитию технологических трещин в покрытии закладывается непосредственно на стадии производства работ по укладке и уплотнению асфальтобетонной смеси. Связано это с неизбежными технологическими перерывами и невозможностью производить укладку на всю ширину проезжей части, привлекая при этом для производства работ большой парк дорожной техники и полностью перекрывая трафик дорожного движения на участке производства работ. В крупных городах и трассах Федерального значения это практически невозможно, что обуславливает наличие холодных продольных и поперечных технологических стыков (швов) в покрытии.

Причинами возникновения технологических трещин являются недостаточная плотность и избыточная пористость асфальтобетона непосредственно в зоне стыка и обусловлено это тем, что в процессе уплотнения невозможно достичь однородности битумоминерального материала слоя в зоне стыка.

Дефекты трещинообразования не носят критического характера лишь на начальных стадиях своего развития, а непринятие своевременных ремонтно-эксплуатационных мероприятий по ремонту (например, путем проведения работ по санации трещин), приводит к дальнейшему их развитию и образованию локальных более серьезных дефектов в покрытии в виде сколов, ям и выбоин.

Основные технологические приемы, направленные на повышение качества сопряжения стыкуемых поверхностей, применяемые в процессе технологических операций укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей, представлены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1. – Основные технологические приемы, направленные на повышение качества сопряжения стыков (спаек)

Из представленных технологий наибольшую эффективность и распространение на территории России получили:

- прогрев кромки ИК-разогревателем;
- обработка кромки холодной полосы покрытия жидкими битумами или битумной эмульсией.

Применение стыковочной битумно-полимерной ленты относительно новая технология, которая только набирает свою популярность в России. Стоит отметить, что в развитых странах Европейского союза технология устройства покрытий с применением стыковочной ленты известна уже более 30 лет. В Германии применение лент регламентировано нормами TL Fug StB 01.

Производство и технология применения стыковочных лент впервые были адаптированы для условий нашей страны в 2008 году компанией ООО «НОВА-Брит», при участии ФГУП «Ростехнология» и «МАДИ».

Использование стыковочных лент характеризуется повышенным удельным расходом полимербитумного вяжущего, составляющего в среднем около 250 г/пог.м. Традиционно широко применяемые для обработки кромки горячий битум и битумная эмульсия в силу недостаточной вязкости имеют меньший расход - в среднем 70 г/пог.м. и 20 г/пог.м соответственно.

Повышенный расход вяжущего ленты позволяет предупредить развитие дефектов в зоне технологических стыков и сопряжений и минимизировать расходы на проведение преждевременных ремонтов покрытий в зоне технологических швов на протяжении всего жизненного цикла дорожного асфальтобетонных покрытий.

В мае 2016 г. по заданию ГБУ «Автомобильные дороги» была разработана программа опытно-производственных работ по устройству участков асфальтобетонных покрытий с применением стыковочных битумно-полимерных лент «БРИТ» в г. Москва на участках с тяжелым, грузонапряженным, интенсивным движением транспорта.

Участки опытных работ по применения стыковочных лент в устраиваемых верхних слоях покрытия были определены на ул.1905 года и Краснопресненском путепроводе. Работы по устройству верхнего слоя покрытия выполнялись с применением щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси марки ЩМА 20 на ПБВ.

Работы по устройству технологических продольных и поперечных стыков производились с двумя типоразмерами ленты марки «Брит-А» [50x5 мм] и [50x8 мм]. Стыковочная лента была также применена на локальных участках сопряжения асфальтобетонного покрытия с бордюрным камнем и металлическими элементами конструкций дорожного полотна: ливневыми водоотводными решетками, люками смотровых колодцев и деформационными швами на Краснопресненском путепроводе.

После формирования уложенного покрытия, лабораторией МАДИ были выполнены отборы образцов-керна, для последующего

определения значения показателей физико-механических свойств плотности и водонасыщения. Отбор производился на участках контрольных секций с применением стыковочных лент и без применения. Испытания отобранных образцов проводились по методикам ГОСТ 12801.

Полученные результаты каждой серии образцов-кернов обрабатывались статистически с определением среднего значения показателя, стандартного отклонения, коэффициента вариации, абсолютного и относительной величины доверительного интервала при 95% надежности и его границ.

Полученные результаты определения физических показателей приведены в табл. 1 и на рис. 1-3.

Таблица 1.

№ серии образцов	Параметр	n	X_{cp}	s	k_v	α	Δ	$\Delta\%$	X_{min}	X_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X - Старый асфальтобетон без ленты и стыка	Высота керна h , см	3	5,40	0,79	0,15	0,05	0,90	17%	4,95	5,85
	Средняя плотность ρ , г/см ³	3	2,48	0,05	0,02	0,05	0,06	2,4%	2,45	2,51
	Водонасыщение W , %	3	5,87	0,32	0,05	0,05	0,36	6,1%	5,69	6,05
VII - Новый асфальтобетон без ленты и стыка	Высота керна h , см	3	5,92	0,33	0,06	0,05	0,37	6,2%	5,74	6,11
	Средняя плотность ρ , г/см ³	3	2,93	0,05	0,02	0,05	0,06	2,1%	2,90	2,96
	Водонасыщение W , %	3	2,96	0,42	0,14	0,05	0,48	16%	2,72	3,19
I - Продольный стык без ленты	Высота керна h , см	3	5,17	0,06	0,01	0,05	0,07	1,3%	5,13	5,20
	Средняя плотность ρ , г/см ³	3	2,92	0,15	0,05	0,05	0,17	5,9%	2,84	3,01
	Водонасыщение W , %	3	3,18	0,38	0,12	0,05	0,43	13%	2,97	3,40
II - Лента [50x5] мм продольный стык	Высота керна h , см	6	6,47	0,67	0,10	0,05	0,54	8,3%	6,20	6,73
	Средняя плотность ρ , г/см ³	6	2,99	0,24	0,08	0,05	0,19	6,4%	2,90	3,09
	Водонасыщение W , %	6	2,41	0,24	0,10	0,05	0,19	7,9%	2,32	2,51

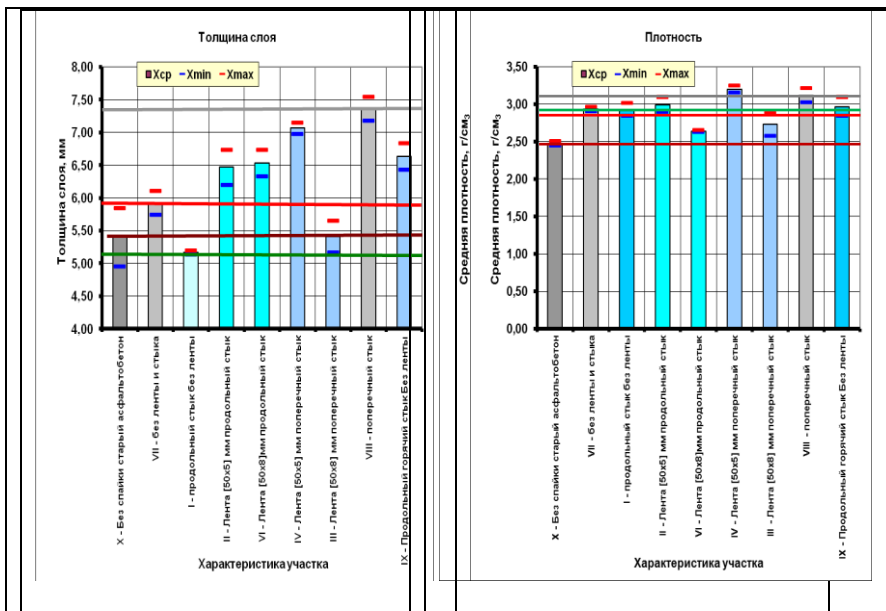


Рисунок 1

Рисунок 2

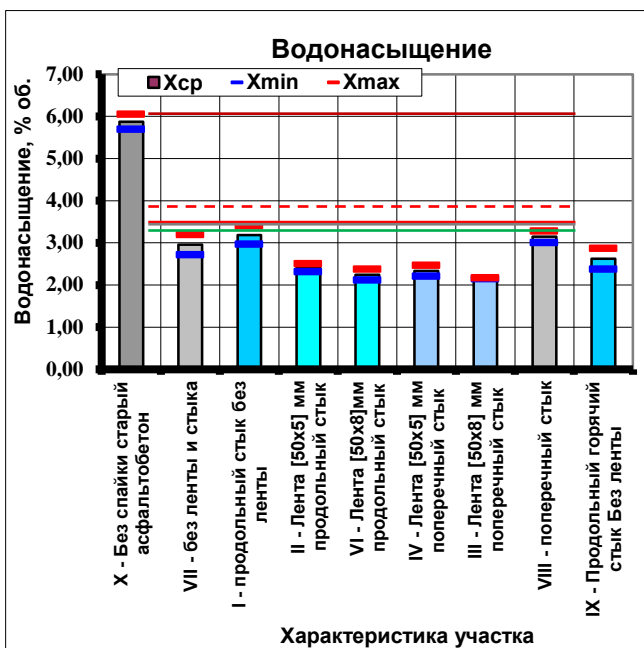


Рисунок 3

Полученные в результате испытаний значения по показателю водонасыщения для образцов-кернов, отобранных на опытных участках с применением стыковочных лент и без применения, являются наиболее информативными данными, отражающими эффективности применения стыковочных лент.

При проведении сравнительного анализа было выявлено, что снижение значений показателя водонасыщения в области продольного стыка с применением стыковочной ленты типоразмером [50x5 мм] в среднем составляет – 24,2 %, для типоразмера ленты [50x8 мм] – 29,2 %, по отношению к значениям, полученным для образцов из стыка без применения лент. В зоне поперечного стыка процент снижения показателя водонасыщения для лент типоразмером [50x5 мм] составляет – 25,8%, для типоразмера ленты [50x8 мм] – 31,2 %.

Полученные результаты снижения показателя водонасыщения в зонах технологических стыков достигнуты на начальном этапе эксплуатации покрытия.

Особый интерес представляют систематические наблюдения за построенными опытными и контрольными секциями в течение

расчетного срока эксплуатации асфальтобетонного покрытия и повторное определение показателей после первого осенне-зимнего периода, что позволит оценить характер развития дефектов трещин в зоне стыков.

Для определения надежности герметизации стыков и сопряжений в асфальтобетонном покрытии с применением стыковочных лент, существует необходимость проведения сравнительной оценки механических свойств асфальтобетонных образцов отобранных в зоне технологических стыков, путем проведения испытаний по определению показателей устойчивости, пластичности и работы по Маршаллу.

Выводы:

1. Применение стыковочных лент уже на начальной стадии эксплуатации покрытия позволяет понизить показатель водонасыщения в продольных и поперечных стыках на 25-30%.

2. Для оценки характера развития дефектов трещинообразования в технологических стыках необходимо провести повторные испытания после первого осенне-зимнего периода.

3. Для определения надежности герметизации необходимо провести сравнительные испытания по определению механических свойств показателей устойчивости, пластичности и работы по Маршаллу.

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПБВ НА КАЧЕСТВО ЩМА-15

Шеховцова С.Ю., ассистент,

Ширяев А.О., студент,

Обухов А.Г., аспирант,

Киндеев О.Н., аспирант,

Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Многочисленные исследования во всем мире направлены на создание новых современных дорожно-строительных материалов, характеризующихся совокупностью улучшенных характеристик и технологий. Актуальным направлением в данной области является модифицирование битума различными полимерными добавками. Наибольшее применение находят полимеры типа СБС, что связано не только с улучшением стандартных свойств битумов, но и приданием вяжущему эластичности.

В настоящее время в РФ большая популярность, при устройстве покрытий автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения, принадлежит щебеночно-мастичному асфальтобетону (ЩМА), приготовленному с использованием ПБВ. Активное использование ЩМА обусловлено рядом преимуществ, таких как высокая устойчивость к разрушениям под действием транспортных средств и природных климатических условий, улучшенная сдвигоустойчивость, что способствует снижению возникновения дефектов при увеличенных нагрузках.

В отличие от традиционных асфальтобетонных смесей, ЩМА характеризуется малой остаточной пористостью и повышенным содержанием щебня и вяжущего. Учитывая, определяющую роль битума в процессе структурообразования асфальтобетона, использование качественного вяжущего является важным звеном в цепочке факторов, способствующих повышению сроков службы асфальтобетонных покрытий.

Ассортимент вяжущих на рынке РФ достаточно широк, поэтому для оценки влияния исходного битума на свойства ПБВ и ЩМА на его основе в работе были выбраны БНД 90/130 «Янос» и БНД-У 100/130 «Битурокс» производства ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез». Для изучения влияния компонентного состава на свойства ПБВ было

приготовлено четыре состава модифицированного вяжущего (ПБВ-60). Показатели свойств, полученные в результате испытаний, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Составы и физико-механические показатели битума и ПБВ

Вяжущее		Наименование показателей				
		Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее, при температуре		Температура размягчения по "КиШ", °С, не ниже	Растяжимость, см, не менее, при температуре	
		25°С	0°С		25°С	0°С
БНД 90/130		97	28	45	102	5
БНД-У 100/130		113	28	44	105	5
Компонентный состав ПБВ-60		-	-	-	-	-
1	БНД 90/130 + 3,2 SBS + 1,4 Nt	70	33	68	56	13
2	БНД 90/130 + 3,0 SBS + 1,5 Nt	73	35	65	58	14
3	БНД-У 100/130 + 2,9 SBS + 1,3 Nt	81	34	60	65	11
4	БНД-У 100/130 + 3,2 SBS + 1,5 Nt	78	35	61	68	14

Как видно, все составы ПБВ соответствуют требованиям ГОСТ [2]. Анализ полученных результатов, показал, что введение полимера увеличивает температуру размягчения на 40%, и улучшает пластичность вяжущего при 0°С.

Таким образом, введение в битум незначительного количества полимера оказывает положительное влияние на качество вяжущего, однако характер и эффективность его модифицирующего действия зависят от структуры образующейся полимерно-битумной композиции [1].

На следующем этапе изучалось влияние различного содержания полимера и пластификатора в составе ПБВ на физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Для оценки изменения физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона в зависимости от используемого вяжущего

было приготовлено четыре ЦМАС на исследуемом ПБВ и 2 контрольных состава на исходных битумах. Компонентный состав соответствует данным, представленным в табл. 1.

Минеральная часть ЦМАС была подобрана в соответствии с требованиями ГОСТ 31015-2002 [3]. Во всех исследуемых асфальтобетонных образцах рецептура и содержание ПБВ идентично. Испытание стандартных образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона так же производили в соответствии с требованиями ГОСТ 31015-2002 [3]. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица №2 – Физико-механические свойства ЦМА-15

Наименование показателей	ЦМА-15 на основе						Требования ГОСТ 31015-2002
	БНД 90-130	БНД-У 100/130	1	2	3	4	
Средняя плотность, г/см ³	2,38	2,37	2,37	2,38	2,36	2,36	не норм.
Предел прочно-сти при сжатии, МПа – при 50°С – при 20°С	1,10 2,70	1,10 2,65	1,60 3,90	1,80 4,00	1,30 3,00	1,60 3,02	не менее 0,65 2,2
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,88	0,87	0,91	0,90	0,87	0,89	не менее 0,85
Сдвигоустойчивость, МПа – по коэффициенту внутреннего трения – по сцеплению при сдвиге при 50°С	0,82 0,28	0,81 0,26	0,94 0,53	0,93 0,53	0,93 0,54	0,90 0,42	не менее 0,93 не менее 0,18
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0°С	5,31	5,30	4,30	4,60	3,79	4,41	не менее 2,5 не более 6,0
Водонасыщение по объему, %	2,92	2,90	2,3	2,5	2,4	2,6	от 1,0 до 4,0

Как видно все образцы соответствуют требованиям ГОСТ [3], при этом полученные результаты свидетельствуют о значительном вкладе ПБВ в улучшение физико-механических характеристик ЩМА.

Так предел прочности при сжатии при температуре 50°C увеличился в среднем на 40% относительно предела прочности исходного битума БНД-У 100/130 и БНД 90/130. Это отразилось и на пределе прочности при сжатии при температуре 20°C, который увеличился в среднем на 30% .

Значения водостойкости при длительном водонасыщении у всех образцов приблизительно равны, однако образцы асфальтобетона приготовленные на основе ПБВ, показали в среднем увеличение водостойкости на 1-2%.

Показатель сдвигоустойчивости так же улучшился, так коэффициент внутреннего трения увеличился на 12%, а сцепление при сдвиге при 50°C на 80%.

Показатель трещиностойкости у образцов асфальтобетона на основе ПБВ несколько ближе к середине нормируемого интервала, что также свидетельствует об улучшении этого показателя.

Таким образом, анализируя всю проделанную работу, можно сделать вывод о том, что модифицирование битумов полимерами оказывает положительный эффект, однако следует учитывать, что вяжущее работающее в составе асфальтобетонна, может иначе проявить себя при воздействии с другими материалами. Исходный битум БНД-У 100/130, и приготовленные на его основе ПБВ, отличаются более высокими показателями, однако в составе ЩМАС проявили себя хуже, чем БНД 90/130 и соответствующее ему вяжущее №2. Это связано прежде всего с такими процессами, как адсорбция, хемосорбция и адгезия, которые во многом зависят не только от качества вяжущего, но и от того, как компоненты этого вяжущего взаимодействуют в общей структуре асфальтобетона. Таким образом, при выборе ПБВ для приготовления эффективных асфальтобетонов, в том числе ЩМА, необходимо ориентироваться не только на соответствие вяжущего требованиям ГОСТ, но и на совместимость его с конкретным, используемым минеральным материалом.

Список литературы:

1. Громова А. Полимеры на дорогах // The Chemical Journal. 2011. N 3. С. 66-69.

2. ГОСТ Р 52056-2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2007. 8 с.
3. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. М.:ГУП ЦПП, 2003. 23 с.

БОРЬБА С ПРЕВЫШЕНИЕМ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ

Щетинин Н.А., канд. техн. наук, доц.,

Щетинина И.А., канд. техн. наук, доц.,

Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.,

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Выхлопные газы, содержащие в избытке вредные примеси (СО и СН), - бедствие нашего времени. Необходимо приблизить наши стандарты, нормирующие выбросы токсичных веществ автомобилями, к международным стандартам.

Важнейшая роль в реализации этой задачи принадлежит конструктивному фактору. Некоторые изменения в конструкции автомобиля, например, оборудование нейтрализаторами, могут дать нужные результаты, сведя к минимуму количество токсических составляющих. Конструкционные модификации должны обеспечить стехиометрическое соотношение кислорода и топлива, чтобы оно сгорало полностью.

Каталитические конвертеры привлекательны тем, что могут использоваться и с традиционным топливом, и с альтернативными его видами. В этой области достигнуты выдающиеся успехи: тройные системы нейтрализации позволяющие не только дожигать оксид углерода и углеводороды (включая полиядерные ароматические, алканы и бензолы), но и восстанавливать оксиды азота. В этих реакциях, осуществляемых на платиновых или родиевых катализаторах, загрязнители превращаются в обычные компоненты атмосферного воздуха. Однако, тройную систему можно применять только в двигателях с тщательно контролируемым стехиометрическим составом горючей смеси и при отсутствии в топливе соединений свинца.

Появляются небольшие, но весьма полезные технические новшества. Адсорбционная ловушка, например, поглощает углеводороды при низкой температуре и десорбирует их при нагреве двигателя, когда они дожигаются до углекислого газа. Этой новинкой удастся уменьшить количество углеводородов, выбрасываемых во время запуска холодного двигателя.

Другим фактором является качество моторного топлива. От его вида и качественных характеристик зависит степень полноты сгорания, состав отработавших газов, количество и состав углеводородов,

попадающих в атмосферу за счет испарения, утечек и т.д. Рассмотрим с этих позиций традиционные виды топлива. Теоретически при сгорании бензина и дизельного топлива в присутствии кислорода должны образовываться лишь диоксид углерода и вода. В действительности же продуктов сгорания в выхлопных газах гораздо больше. Причина этого – неравновесные условия горения топлива, присутствие в нем разных примесей, остающихся при перегонке нефти, а также добавление в качестве антидетонатора тетраметил-тетраэтилсвинца.

Уменьшить загрязнение окружающей среды можно снижением концентрации в бензинах высокотоксичных антидетонаторов - тетраметил- и тетраэтилсвинца. В нашей стране планировалось полностью отказаться от этилированного бензина, для чего требовалась модернизация технологических процессов переработки нефти. Однако из-за трудностей подобных изменений планы пока не выполнены.

Состав и свойства токсичных веществ, поступающих в атмосферу города с выхлопными газами, существенно зависят не только от вида топлива, но и от типа, модели, технических параметров автомашин, в том числе и от степени их изношенности.

Кроме непосредственно попадающих в атмосферу загрязнителей в них могут превращаться в ходе фотохимических реакций и безобидные вещества, содержащиеся в выхлопных газах. Например, оксид азота под действием света дает атомарный кислород, который вступает в реакцию с атмосферным кислородом, и в результате образуется озон.

При окислении углеводородов и дальнейшем взаимодействии с диоксидом азота образуется пероксиацетилнитрат, вызывающий, как и озон, слезотечение и раздражение дыхательных путей.

Из приведенных характеристик выхлопных газов и их действия на человека напрашивается вывод: нужно искать другое, более экологически чистое топливо. Пока в этом качестве используется лишь метиловый спирт CH_3OH в смеси с бензином и природный газ.

Метиловый спирт дешев, сгорает полнее, не содержит примесей, как в бензине, поэтому в атмосферу попадает гораздо меньше оксида углерода. Кроме того, он менее взрывоопасен при столкновении автомобилей – не зря его применяют в гонках «Формула-1». Для замены традиционного топлива на спирт нужны небольшие конструктивные изменения в двигателе и топливном насосе. Но это топливо не лишено недостатков. Основной – это плохое смешивание неполярного бензина с высокополярным спиртом, а также гигроскопичность горючей смеси. Метиловый спирт, насыщенный парами воды вызывает коррозию деталей двигателя. И, наконец, при сгорании образуется на 40% энергии

меньше, следовательно, чаще необходимо заправлять автомобиль. Нельзя не учитывать то, что метиловый спирт – сильный яд, действующий на нервную систему и кровеносные сосуды.

Переход от бензина к природному газу позволит существенно снизить вредные выбросы в виде оксидов азота, серы, бензола и его производных, многоядерных ароматических углеводородов. Но природный газ высоко летуч, взрывоопасен, его утечки усиливают парниковый эффект, а при работе на этом топливе снижается мощность двигателя на 10-15%. Имеющиеся сейчас данные по эксплуатации автомобилей на газовом топливе позволяют считать, что будущее за ним.

Казавшаяся когда-то близкой перспектива перехода к электромобилям все еще далека от реальности. Основные их недостатки – малая скорость и необходимость ежедневной заправки аккумуляторных батарей. Важен и экономический фактор – стоимость бензиновых двигателей существенно ниже. И поскольку альтернативы автомобилю, увы, пока нет, необходимо снижать уровень вредных выхлопов отходящих газов.

Список литературы:

1. Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л.: Недра, 1984. 238с.
2. Дубровкин Н.Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания. М.: Госэнергоиздат, 1982. 288 с.
3. Щетинков В.Н. Физика горения газов. М.: Наука, 1995. 739 с.