

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия архитектуры
и строительных наук
Ассоциация строительных вузов
Правительство Белгородской области
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

**Международная научно-практическая
конференция, посвященная 65-летию
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ
(XXIII научные чтения)**



**Сборник докладов
Часть 6**

**29 апреля
Белгород 2019**

УДК 001.2
ББК 72+65.291
М 43

Наукоемкие технологии и инновации: эл. сб. докладов
М 43 Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2019.
– Ч. 6. – 50 с.

ISBN 978-5-361-00698-4

В сборнике представлены результаты исследований, направленных на совершенствование и разработку современных методов проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Материалы сборника предназначены для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и производственных организаций и могут быть полезны для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов вузов.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. А.М. Гридчин,
д-р техн. наук, проф. В.В. Ядыкина.

УДК 001.2
ББК 72+65.291

ISBN 978-5-361-00698-4

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Айзенштадт А.М., Тутыгин А.С., Шинкарук А.А., Бабаева В.А. Сравнение физико-механических характеристик щебеночно-мастичных асфальтобетонов с применением стабилизирующих добавок.....	4
Бишимбаев В.К., Исаева А.У., Исхаков Т.У., Сарсенбаев Б., Сауганова Г.Р. Влияние битумных эмульсий на улучшение свойств керамзита.....	9
Герасимов М.Д. Перспективное направление исследований для дорожного строительства.....	14
Дмитриева Т.В., Куцына Н.П., Безродных А.А. К вопросу о терминологии при разработке грунтобетонных оснований автомобильных дорог.....	21
Дмитриева Т.В., Ишмухаметов Э.М. Пылеулавливающие мероприятия на дорогах с переходным типом покрытия.....	25
Естемесов З.А., Барвинов А.В., Сарсенбаев Н.Б. Скрытые проблемы, связанные с использованием гранулированного фосфорного шлака в цементе.....	29
Естемесов З. А., Сарсенбаев Б. К., Орынова А. Т. Исследование совместимости суперпластификаторов с цементами методом осадки-мини конуса.....	31
Кожухова М.И., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Теоретическая модель формирования высокоразвитой иерархической структуры льдодобного покрытия бетона.....	36
Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Изучение влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на характеристики процесса распределения жидкого реагента.....	41
Траутвайн А.И., Евженков А.Г. Управление качеством производства асфальтобетонных смесей.....	46

СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК*

Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, профессор,
Тутыгин А.С., канд. техн. наук, доцент,
Шинкарук А.А., канд. хим. наук, доцент,
Бабаева В.А., аспирант
*Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова*

Аннотация. Представлены сравнительные результаты физико-механических характеристик щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с применением стабилизирующих добавок. Показано, что наилучшими характеристиками для Северо-Арктических регионов обладает добавка «Хризопро». Применение данной стабилизирующей добавки для изготовления щебеночно-мастичного асфальтобетона позволяет получить оптимальное сочетание нормируемых стандартом показателей.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, стабилизирующая добавка, дорожное покрытие, физико-механические характеристики.

Снижение качества и долговечности дорожных покрытий на северных территориях Российской Федерации обусловлено увеличением количества большегрузных транспортных средств, увеличением скоростного режима, невысоким качеством покрытия, а также повышением осевых нагрузок на дорожное полотно в сочетании с неблагоприятными природно-климатическими факторами. Вместе с тем, одним из основных материалов, применяемых в дорожном строительстве, является асфальтобетон, который представляет собой сложный многокомпонентный композит. Асфальтобетон обладает конгломератным типом структуры, характеризующейся наличием грубозернистой смеси, цементированной в искусственный конгломерат специально подобранным вяжущим веществом. Кроме того, свойства асфальтобетона во многом определяются значительным количеством факторов [1, 2]. Так, например, помимо температурного режима изготовления на его свойства большое влияние оказывают гранулометрический состав смеси, тип, сорт и качество битумного или иного вяжущего, качество уплотнения асфальтобетона в покрытии и т. д.

Одним из наиболее перспективных материалов с точки зрения качества дорожных покрытий является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА).

В отличие от горячих асфальтобетонных смесей щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси (ЩМАС) обладают повышенным содержанием щебня и битума (до 80 % и 7,5 % по массе соответственно). Кроме того, ЩМА обладает каркасно-щелевой структурой, благодаря чему имеет ряд преимуществ, а именно: высокие сдвигоустойчивость, устойчивость к разрушениям под действием транспорта и климатических факторов, повышенный срок службы покрытий, более высокие эксплуатационные характеристики, а также пониженный уровень шума при движении транспорта[3].

Высокое содержание битума в составе ЩМАС предусмотрено с целью обеспечения требуемой долговечности защитного слоя покрытия, за счет максимального заполнения пустот в уплотненном слое. Таким образом, получение оптимальной структуры ЩМА связано с необходимостью создания как можно более толстых пленок битума на поверхности каждой отдельно взятой частицы щебня [3,4]. Для того чтобы такое количество горячего вяжущего в процессе приготовления, транспортировки и укладки находилось на поверхности щебня и не вытекало из смеси, необходимо присутствие в составе ЩМАС специальных стабилизирующих добавок.

Стабилизирующее (структурирующее) действие добавок проявляется в виде способности их гомогенизировать выпускаемые горячие асфальтобетонные смеси, т.е. препятствовать сегрегации и отслоению (стеканию) битумного вяжущего при высоких технологических температурах [5]. Вид и свойства применяемых добавок имеют определяющее значение для обеспечения требуемого содержания вяжущего и повышения качества смеси.

Первоначально в качестве стабилизатора использовались так называемые свободные целлюлозные волокна, подготовленные специальным образом. При переходе к массовому производству ЩМА, стали проявляться определенные дефекты смеси, в частности, сегрегация и появление битумных пятен различной величины (иногда обширной площади) на вновь уложенной дорожной поверхности непосредственно в процессе уплотнения.

В настоящее время промышленностью выпускаются стабилизаторы в виде гранулированных добавок, представляющие собой волокна, спрессованные в гранулы с их обработкой модифицирующими составами или без нее [6].

Целью исследования являлось сопоставление влияния различного рода стабилизирующих добавок на физико-механические характеристики ЩМА, а также выявление наиболее оптимальной добавки для северных условий эксплуатации, т.к. по территориальному делению Архангельская область относится ко второй дорожно-климатической зоне.

Характеристики применяемых в работе стабилизаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики стабилизирующих добавок

Наименование добавки	Состав
Хризопро АО «Оренбургские минералы»	Хризотиловое волокно с применением связующего на основе битумных компонентов спрессованные в виде гранул
Стилобит ООО «Производственная компания «Стилобит»»	Хризотиловое и базальтовое волокна с применением связующего на основе битумных компонентов спрессованные в виде гранул
Унирем ООО «Новые технологии строительства»	Активный порошок дискретно-девулканизированной резины, стабилизирующая добавка, адгезив и гелеобразователь
Гранулит-66 ООО «Риминвест»	Целлюлоза и поверхностно-активные вещества спрессованные в виде гранул

Для подбора асфальтобетона типа ЩМА-20 применялись следующие материалы:

- щебень и песок из отсевов дробления ООО «Булат-СБС» с карьера п. Булатово;
- минеральный порошок ООО «Добрятинский комбинат минеральных порошков» Владимирской области, п. Добрятино;
- битум БНД-У 100/130 «Битурокс» ОАО «Славнефть-Янос» г. Ярославль.

Перед смешиванием компонентов в лабораторных условиях гранулированную добавку подвергали ручному измельчению в лабораторной ступе до потери формы гранул. Минеральные материалы предварительно разогревали в сушильном шкафу до температуры 165-170 °С, после чего вводили добавку и смесь интенсивно перемешивали

в сухом состоянии. Далее в готовую смесь добавляли битум нагретый до температуры 155 °С и перемешивали его до получения однородной массы. Лабораторные испытания проводили в соответствии с методиками ГОСТ 31015-2002 и ГОСТ 12801-98.

При проведении исследований было установлено оптимальное соотношение битума и стабилизирующей добавки по показателю стекания вяжущего. Для дальнейших исследований из подобранного состава формовались образцы диаметром 71,4 мм для определения физико-механических характеристик ЦМА. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнительная таблица физико-механических характеристик ЦМА-20

Контролируемый параметр	Нормы по гост 31015-2002	Хризопро – 0,6 % (от массы смеси); битум – 5,6 % (в 100 %)	Унирем – 14 % (от массы битума); битум – 5,2 % (сверх 100 %)	Стилобит – 0,6 % (от массы мин. части); битум – 5,8 % (в 100 %)	Гранулит-66 – 0,6 % (от массы смеси); битум – 5,2 % (сверх 100 %)
Стекание вяжущего В, % по массе	0,07-0,15	0,11	0,10	0,11	0,13
Водонасыщение W, %	1,0-4,0	2,49	2,95	3,78	3,55
Водостойкость $K_{вд}$	не менее 0,85	0,87	0,95	0,98	0,85
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ при 20 °С, МПа	не менее 2,2	2,84	3,06	2,66	2,44
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ при 50 °С, МПа	не менее 0,65	1,11	1,45	0,66	0,96
Коэффициент внутреннего трения асфальтобетона $tg\phi$	не менее 0,93	0,95	0,96	0,97	0,97

Продолжение табл. 2

Сцепление при сдвиге C_d , МПа	не менее 0,18	0,35	0,32	0,18	0,26
Предел прочности на растяжение при расколе R_p , МПа	2,5-6,0	3,2	2,9	3,2	3,2

По результатам испытаний стабилизирующая добавка «Хризопро», показав наилучшие результаты, определена как наиболее оптимальная для применения в северных условиях. Таким образом, волокна хризотил-асбеста, адсорбирующие на своей поверхности значительно большее количество битума, позволяют получить ЦМА с высокими физико-механическими характеристиками, в особенности повышая сдвигустойчивость (0,35 МПа) и предотвращая поступление влаги в структуру асфальтобетонного покрытия по результатам определения водонасыщения (2,49 %).

*Работа выполнена в рамках государственного контракта от 26 июня 2017 г. №399/08

Список литературы:

1. Арутюнов В.Г., Кирюхин Г.Н., Юмашев В.М. Первый опыт строительства покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона в России // Дороги России XXI века. – 2002. – № 3. – С. 58–61.
2. Котлярский, Э. В. Научно-методические основы оценки структурно-механических свойств композиционных материалов на основе органических вяжущих // Э. В. Котлярский. – М. : Строительные материалы, 2011. – С. 36 – 41.
3. Борисенко Ю.Г., Казарян С.О., Ресть Е.В. Эффективность применения стабилизирующих добавок из порошковых пористых материалов в щебеночно-мастичном асфальтобетоне // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – №3. – С. 50–56.
4. Стебаков А.П., Кирюхин Г.Н., Гопин О.Б. Щебеночно-мастичный асфальтобетон – будущее дорожных покрытий // Строительная техника и технологии. – 2002. – №3. – С. 25–29.
5. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий: учебн. пособие. – Н. Новгород, издание ННГАСУ, 2009. – 65 с.
6. Ядыкина В. В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Юрьев П.С. Влияние стабилизирующих добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона // Строительство и архитектура. – 2013. - №6. – С. 7-11.

ВЛИЯНИЕ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМЗИТА

**Бишимбаев В.К., д-р техн. наук, профессор,
Исаева А.У., д-р биол. наук, профессор,
Исхаков Т.У., д-р техн. наук, профессор,
Сарсенбаев Б., д-р техн. наук, профессор,
Сауганова Г.Р., магистр ест. наук**
*Южно-Казахстанский государственный
университет им.М.Ауэзова*

Аннотация. Установлен механизм действия битумных эмульсий на казахстанские глины различных типов, который сводится к адсорбции органической части эмульсий на поверхности частиц глин, где наличие полярных асфальтенов приводит к эффективной гидрофобизации поверхности частиц с последующим уменьшением гидратации и упрочнением системы. Выявлены пределы концентрации битума в водно-битумных эмульсиях из нефтебитумных пород, стабилизирующие размеры частиц битума. Показано, что вязкость возрастает вследствие увеличения контактных взаимодействий между шариками эмульсии и с преобладанием когезионного взаимодействия над адгезионным в результате склеивания однородных поверхностей.

Ключевые слова: битумные эмульсии, керамзит, когезия, адгезия.

Глины большинства месторождений Казахстана отличаются неудовлетворительными технологическими свойствами, что влияет на эффективность их использования. В то же время в регионе ощущается острая нехватка строительных материалов, что затрудняет решение социальных проблем. Учитывая все это, нефтебитумные породы (НБП) и эмульсии на их основе можно использовать в качестве вспучивающих, корректирующих и топливосодержащих добавок при производстве искусственных пористых заполнителей и стеновых материалов из этих глин. В настоящее время, мировые запасы НБП в пересчете на органическую часть составляют 630-1050 млрд.т, запасы в Казахстане оцениваются в 30-33 млрд.т, в том числе, только в Западном Казахстане их более 1,5 млрд.т, где породы залегают на небольшой глубине, что создает благоприятные условия для успешного применения НБП в качестве нового доступного и дешевого сырья. Характеристика мировых запасов НБП представлена в ряде аналитических данных (1-4).

В исследовании была использована битумная эмульсия, полученная из нефтебитумных пород месторождения Иман-Кара следующего состава, % (мас.): масла - 51.1, в т.ч.: парафино-нафтеновые - 30.05, моноциклические ароматические- 13.3, смолы -7.3, в т.ч.: петролейно-бензолные -14.0, спирто-бензолные -22.4, асфальтены – 12.5. было установлено, что капельки битумной эмульсии представлены сложными структурными единицами с ядрами, основа которых составлена асфальтенами, карбонами и карбоидами. К ядрам закреплены диспергированные в маслах смолы, следующие слои представлены ароматическими углеводородами.

Для получения керамзита было использовано глинистое сырье, применяемое на одном из керамзитовых заводов юга Казахстана (5). Глинистое сырье, его формовка и обжиг в лабораторных печах готовились путем высушивания глины до влажности 3-6% с последующим измельчением. После введения расчетного количества водобитумной эмульсии формовались образцы - шарики с диаметром 16 мм, которые подсушивались до постоянного веса и подвергались термической обработке в лабораторных электрических печах. В результате этого, получались образцы керамзитового гравия с насыпной плотностью 200-260 кг/м³ (6). В настоящее время выпускаемый в Казахстане керамзитовый гравий имеет насыпную плотность 600 кг/м³ но используемые для улучшения свойств керамзита различные нефтепродукты как соляровое масло, керосин, мазут, лигроин и др., в связи с возрастающим энергодефицитом, являются дорогостоящими. Поэтому применение водобитумных эмульсий дает возможность решить данную проблему.

Установлено, что использование эмульсий позволяет снизить среднюю плотность керамзита на 0,10-0,20 г/см³. При этом, различие в химическом и минеральном составе глинистых пород влияет на изменение средней плотности керамзита в зависимости от количества добавки. Выявлено, что оптимальное количество вводимых НБП колеблется в пределах от 1,5 до 8 мас. %, эмульсии - от 0,25 до 1,5 мас. % от объема органического вещества. Оптимальная температура обжига - 1150-1170⁰С. Улучшение качества керамзита основывается совместном воздействии неорганической и органической части НБП в ходе термообработки минерала. С одной стороны, минеральная часть улучшает гомогенное распределение НБП в сырьевой смеси, повышает пиропластическую вязкость, расширяет температурный интервал вспучивания глин и формирует

пористую структуру керамзита. С другой стороны, органическая часть породы с повышением температуры расщепляется, парафиновые и нафтенновые углеводороды разрушаются с накоплением ароматических углеводородов. Кроме того, высокие температуры способствуют интенсивному коксообразованию, что также способствует созданию условий для формирования структуры керамзита. Было установлено, что наибольший эффект вспучивания достигается при введении в глинистое сырье 0,75 мас. % органической части НБП, при этом средняя плотность керамзита доходит до 0,392 г/см³. При введении в глинистый материал органических веществ фракций, выкипающих в интервале температур 190-350⁰С, при диапазоне температур более 350 и 450⁰С получается керамзит со средней плотностью 0,456, 0,432 и 0,428 г/см³ соответственно.

В результате проведенных исследований выявлено, что введение НБП в глину повышает вязкость пиропластической массы, при этом эмульсия, из-за отсутствия в ней минеральной части, оказывает меньшее влияние на данный показатель. Совокупность газообразования с плавным снижением вязкости способствует началу образования пор в температурном интервале 900-1000⁰С, при этом вязкость изменяется в пределах 1·10¹⁰-2·10⁹ Па·с. В интервале температур 1000-1075⁰С вязкость пиропластической массы снижается до 2·10⁸ Па·с с ростом количества открытых и закрытых пор. Наиболее полно и интенсивно процесс парообразования протекает при температуре выше 1100⁰С.

Результаты электронно-микроскопического анализа и метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей показали изменения микроструктуры керамзита в зависимости от вида вводимых добавок. Установлено, что Сарыагашские глины характеризуются наличием крупных пор, стенки которых представляют остеклованную матрицу, состоящую из мелких пор. Из-за незначительной толщины стенок между крупными порами каркас получается слабым. Было установлено, что наиболее эффективный радиус микропор 30 нм, при максимальном разбросе по размерам пор- 7,9 нм. При введении НБП эффективный радиус пор уменьшается до 27,6 нм с увеличением их количества до 83 %, при снижении разброса по размерам до 7,6 нм с параллельным качественным изменением микроструктуры. Поры приобретают размеры одного порядка сферической формы, происходит их усреднение. Наблюдается увеличение количества остеклованной массы, формирующей прочную

матрицу керамзита. Введение эмульсии формирует более крупную пористую и матричную структуру центра образца с незначительным увеличением количества остеклованной массы.

Изучение реологических свойств керамзитовых глин месторождений Бештюбинское и Сарыагашское показало, что при введении НБП водопотребность и пластическая прочность шихты снижаются, что способствует ускорению процесса сушки гранул, снижению величины усадки и повышению их прочности. Введение оптимальных количеств НБП оказывает влияние на снижение пластической деформации при равном развитии эластических деформаций, снижение величины условной мощности деформации 11_E , что влияет на уменьшение расхода энергии на переработку и формование глин с интенсификацией работы формовочного оборудования. За счет присутствия НБП в сырьевой смеси компенсируются возникающие при формовке краткосрочные деформации без нарушения структуры и контакта между частицами полученного материала.

Установлено, что глины месторождений Саздинское и Хромтауское являются пластичными с высокими показателями оптимальной формовочной влажности (ОФВ) до 30 %, а глины месторождений Аусар, Джалагашское, Чаганское и Акжарское менее пластичны, показатели их оптимальной формовочной влажности колеблются в пределах от 20 до 24 %, при этом Хромтауская и Акжарская глины характеризуются очень низкой прочностью структуры $P_m = 3-5$ кПа, значения P_m для глин Чаганского, Аусарского и Саздинского месторождений находятся на уровне 16 кПа. Введение в эти глины НБП месторождения Мортук способствует снижению P_m при слабом изменении ОФВ, а их добавление в глины с малым P_m - к значительному снижению ОФВ при слабом изменении P_m . Аналогичное действие оказывает НБП месторождения Донгелексор, при этом введение НБП Мортукского месторождения значительно сильнее снижает ОФВ глин месторождения Хромтауское, чем НБП месторождения Донгелексор. Введение НБП месторождения Иман-Кара снижает пластическую прочность глин с высокой прочностью структуры с одновременным уменьшением ОФВ и незначительному повышению пластической прочности глин с исходной слабой прочностью структуры. Добавление в Саздинскую глину 30 % НБП месторождения Мортук приводит к снижению коэффициента чувствительности к сушке с 1,61 до 1,02, формовочной влажности - с 24,45 до 19,8 %, линейной

воздушной усадке -с 5,5 до 4,7 %, общей усадки -с 9,2 до 8,4 %. При этом механическая прочность образцов повышается с 20,4 до 36,5 МПа.

Заключение

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

Установленный механизм действия битумных эмульсий на казахстанские глины различных типов сводится к адсорбции органической части эмульсий на поверхности частиц глин, где наличие полярных асфальтенов приводит к эффективной гидрофобизации поверхности частиц с последующим уменьшением гидратации и упрочнением системы. Процесс осуществляется за счет полифункциональных молекул асфальтенов, которые образуют мостики между частицами глины.

Установлены пределы концентрации битума в водно-битумных эмульсиях из нефтебитумных пород, способствующих стабилизации размеров частиц битума. Выявлено, что вязкость возрастает вследствие увеличения контактных взаимодействий между шариками эмульсии и с преобладанием когезионного взаимодействия над адгезионным в результате склеивании однородных поверхностей.

Список литературы:

1. Motta Cabrera, S.C., Bryan, J. and Kantzas, A. Estimation of Bitumen and Clay Content in Fine Tailings. CIM 2007-074 presented at the 58th Annual Technical Meeting of the Petroleum Society held in Calgary, June 12-14, 2007. DOI: 10.2118/2007-074
2. Meyer, R.F., and Freeman, P.A. (2006). Siberian platform; Geology and natural bitumen resources: U.S. Geological Survey Open-File Report 2006-1316, available online at <http://pubs.usgs.gov/of/2006/1316/>.
3. Meyer, R. F. and Attanasi, E. D. (2003) Heavy Oil and Natural Bitumen-Strategic Petroleum Resources, *U.S. Geological Survey*, Fact Sheet 70-03 - Online Version 1.0.
4. Meyer, R. F., Attanasi, E. D. and Freeman, P. A. (2007) Heavy Oil and Natural Bitumen Resources in Geological Basins of the World. *US Geological Survey*, Virginia, <http://pubs.usgs.gov/of/2007/1084/OF2007-1084vi.pdf>. Accessed 8/1/2010.
5. ГОСТ 21282-93 Глина бентонитовая для тонкой и строительной керамики.
6. ГОСТ 9757-90. Керамзит.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доцент
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. В статье сформулированы основные направления исследований современности в технической и технологической отраслях промышленности. Показано, что одним из направлений исследований такого уровня является разработка, создание и применение аппаратов вихревого слоя, которое отвечает требованиям современных условий производства.

Ключевые слова: направления исследований, аппарат вихревого слоя, реактор роторно-вихревого типа, сверхтонкое измельчение.

Введение. Современное промышленное производство решает несколько стоящих перед ним глобальных задач. Эти задачи продиктованы, прежде всего, сложившимися геополитическими и транснациональными амбициями и потребностями технически развитых стран и корпораций. Среди глобальных задач, для решения которых сосредоточены финансовые и научно-исследовательские ресурсы можно выделить следующие:

- многократное увеличение *скорости*;
- сверхточное *позиционирование*;
- использование *сверхтонких размеров* **конструкционных материалов.**

Стремление увеличения *скорости* относится ко всем областям промышленности:

- к военной отрасли (скорость доставки оборонительных или наступательных вооружений),
- к торговой (скорость доставки товаров, услуг и информации),
- к химической, пищевой, перерабатывающей и других отраслей (скорость выполнения технологических операций),

Сверхточное *позиционирование*, в свою очередь, обеспечивает возможность и качество выполняемых работ:

- в медицине при выполнении операций,
- в микропроцессорной технике,
- в военной, космической, навигационной технике,
- в роботизации процессов.

Использование *сверхтонких размеров конструкционных материалов* позволяет:

- создавать принципиально новые материалы,
- развивать аддитивные технологии,
- сокращать объёмы расходов природных ресурсов.

Поэтому выбор стратегического направления исследований современного должен вписываться с одно из перечисленных направлений глобальных задач современности. Идеальным вариантом может стать комплексное направление исследований, связанное сразу с решением двух и более глобальных задач.

Среди перспективных направлений исследований, которые могли бы стать программой большинства научно-исследовательских микроцентров университета или института, представляющих единый научный организм, работы и технологии с использованием *аппаратов вихревого слоя* (АВС) [1,2,3,4]. Данные аппараты могут носить разные названия (например, реактор, активатор и др.), однако все они работают, используя вращающееся электромагнитное поле [5].

Основным узлом, создающим вращающееся электромагнитное поле, является индуктор, рис. 1. Аппарат включает сердечник индуктора 1 и трехфазную обмотку 2. Вращающееся электромагнитное поле индуктора замыкается в области рабочей зоны аппарата, ограниченной немагнитным корпусом 3. В рабочую зону аппарата (реактора) нагнетается обрабатываемый материал 5, вместе с ним туда помещаются ферромагнитные тела - иголки 4, которые взаимодействуют с вращающимся магнитным полем индуктора.

Трёхфазная обмотка индуктора создаёт вращающееся электромагнитное поле с промышленной частотой 50 Гц. В немагнитном цилиндрическом корпусе на длине трёхфазной обмотки индуктора располагается рабочая камера реактора. Рабочая камера реактора предварительно заполняется ферромагнитными рабочими телами – иголками. Под действием вращающегося электромагнитного поля ферромагнитные элементы двигаются в рабочей зоне по круговой траектории и создают так называемый «вихревой слой». В рабочей зоне реактора одновременно протекает несколько процессов, накладываемых друг на друга.

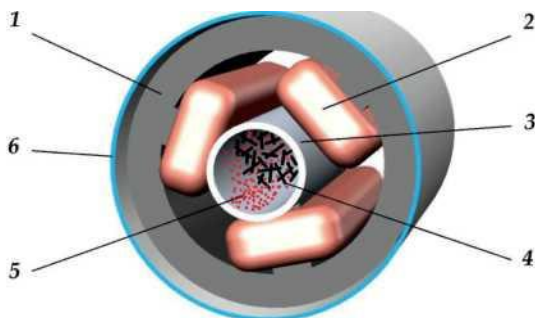


Рисунок 1 - Типовая конструкция аппарата с вращающимся электромагнитным полем [1,4]; 1 – магнитопровод индуктора; 2 - трёхфазная обмотка индуктора; 3 - немагнитный цилиндрический корпус рабочей зоны аппарата; 4 - ферромагнитные иглы; 5 - обрабатываемый материал; 6 - кожух

В ряду происходящих процессов в рабочей зоне реактора следует выделить некоторые из известных и относительно исследованных:

- механические и ударные взаимодействия на обрабатываемый материал внесенными в рабочую зону ферромагнитными иглами;
- тепловое воздействия иголок;
- высокая энергетическая напряжённость в рабочей зоне;
- возникновение и наличие явления магнитострикции;
- акустические явления, частотный диапазон звуковых волн которых может составлять от десятков герц до десятков мегагерц;
- возможность резонансных проявлений отдельных процессов;
- возникновение и наличие явления кавитации в обрабатываемом материале;
- возможность возникновения в металлических иглах индукционных токов, стимулирующих процессы электролиза в системе.

Широкий спектр областей применения аппаратов вихревого слоя (АВС) обеспечивает их широкое применение в будущем. Данные аппараты хорошо себя зарекомендовали в ряде отраслей:

- нейтрализация сточных вод и отходов, содержащих нефтепродукты;
- ликвидация твердых отходов (ТБО), свалок, отвалов и их стоков;
- уничтожение отравляющих веществ, промышленных и сельскохозяйственных ядов;

- улавливание, нейтрализация и утилизация промышленных выбросов газов;
- обезвреживание и утилизация отходов птицефабрик и животноводческих ферм;
- разделение смесей соединений металлов выделенных из промстоков и илов (шламов) из осадка после нейтрализации;
- производство стройматериалов;
- производство смазывающе-охлаждающих жидкостей и эмульсий;
- очистка отработанных масел;
- экстракция активных веществ из растений;
- переработка нефти и нефтепродуктов. Биотопливо.

Рядом исследований подтверждается, что скорость протекания процессов в аппаратах вихревого слоя (АВС) в десятки, сотни т тысячи раз выше, чем скорость тех же процессов в традиционных, на сегодняшний день, установках.



Рисунок 2 - Аппарат вихревого слоя с аппаратурой управления конструкции ООО «Пром-Эко», г. Белгород, партнёр БГТУ им. В.Г. Шухова

Уникальность аппаратов вихревого слоя является то, что они при небольшой конструктивной модернизации могут работать в непрерывном и циклическом режиме, а также по сухому или мокрому (с жидкими средами) способу. На рис. 2 представлен АВС конструкции

ООО «Пром-Эко», партнёра БГТУ им. В.Г. Шухова, на котором проведен ряд исследований по измельчению и извлечению материалов.

Результаты измельчения песка мокрым способом представлены на рис. 3. Оценка результатов измельчения произведена в «Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова [5].

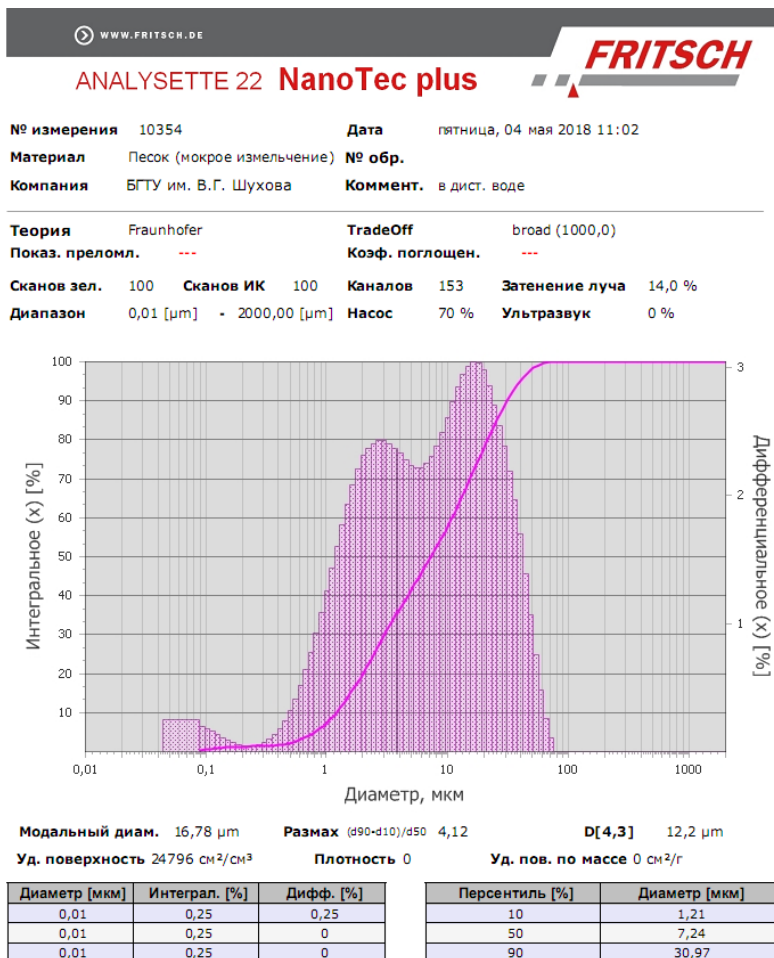


Рисунок 3 - Результаты измельчения песка мокрым способом

Проведенные в БГТУ им. В.Г. Шухова эксперименты по измельчению материалов в аппарате вихревого слоя и исследованные в центре высоких технологий университета показали, что тонкость помола в них составляет в пределах 0,5...200 мкм по сухому способу измельчения и 1,0... 50 мкм по мокрому способу измельчения. Удельная поверхность составила 24796 см²/см³.

Для промышленных целей разработана и введена в эксплуатацию модульная конструкция, выполненная с использованием ноу-хау БГТУ им. В.Г. Шухова и ООО «Пром-Эко», реактора роторно-вихревого типа, рис. 4.



Рисунок 4 - Реактор роторно-вихревого типа модульной конструкции

Вывод. Анализ возможностей и перспектив использования аппаратов вихревого слоя показывает, что процессы, протекающие в них отличаются высокой скоростью протекания и способностью получения сверхтонкого материала, что соответствует современным направлениям решения глобальных задач в промышленном производстве.

Работа выполнена в рамках договора о сотрудничестве БГТУ им. В.Г. Шухова и ФерПИ.

Список литературы:

1. Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппарате вихревого слоя. – Киев: «Техника», 1976. – 144 с.
2. Вершинин Н.В., Вершинин И.Н. Установки активации процессов в промышленности и сельском хозяйстве. – М.: Издательство «Триада Плюс», 2004.
3. Вершинин И.Н., Вершинин Н.П. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем. Сальск-Москва: Передовые технологии XXI века, 2007. - 368 с.
4. Мищенко М.В., Боков М.М., Гришаев М.Е. Активация технологических процессов обработки материалов в аппаратах с вращающимся электромагнитным полем. Фундаментальные исследования № 2, 2015. С. 3508-3512
5. Малахов К. С., Печагин Е. А., Егоров М. Г. Использование аппарата вихревого электрического поля с ферромагнитными частицами для получения биодизельного топлива / Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2016. №2(60). С. 208 – 213
6. Герасимов М. Д., Локтионов И. О. Технологические решения двойного назначения. Перспективы применения. // С.Вектор ГеоНаук. 2019. Т.2 №1. С. 19-26.

К ВОПРОСУ О ТЕРМИНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Дмитриева Т.В.¹, канд. техн. наук,
Куцына Н.П.², канд. техн. наук,
Безродных А.А.¹, аспирант

¹*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

²*ОГКУ «Управление дорожного хозяйства и транспорта
Белгородской области»*

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления при реконструкции и ремонте дорог. Показана эффективность холодного ресайклинга. Приводятся некоторые аспекты понятийного аппарата. Показаны терминологические отличия природного и техногенного грунта.

Ключевые слова. Грунтобетон, автомобильная дорога, техногенный грунт, антропогенные образования, холодная регенерация.

В настоящее время намечен рост объемов строительства автомобильных дорог во многих регионах Российской Федерации. Данный рост связан с реализацией Национальной программой «Модернизация и развитие автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года» [1]. Однако, насущным является вопрос проведения ремонтных работ ранее построенных объектов, а также реконструкция отдельных участков дорог. Данное обстоятельство заставляет в свою очередь предусматривать в проектно-сметной документации различные ресурсосберегающие технологии. Данное направление актуально также в связи с активным внедрением концепции бережливого управления во всех сферах промышленности Белгородской области [2].

Важным моментом при выборе применяемых материалов и технологий при осуществлении ремонтных работ на автомобильной дороге является необходимость увеличения несущей способности дорожной одежды автомобильных дорог в связи с возросшими показателями интенсивности дорожного движения [3]. Наиболее приемлемым методом в практике дорожного строительства признан метод холодной регенерации [4]. Его преимущество состоит в качестве конечного материала, снижении временных и стоимостных затрат, легкости применения, производстве работ поточным методом без

остановки движения, а также возможности использовать вторично материал старого покрытия [5].

Получаемый материал основания согласно действующим методическим рекомендациям принято называть асфальтогранулобетон [6]. Это уплотненная и сформированная асфальтогранулобетонная смесь. Процесс структурообразования асфальтогранулобетонной смеси заключается в формировании пространственных органо-минеральных структур из полиминерального наполнителя (грубодисперсной фазы) и вяжущего компонентов (дисперсная среда) (неорганического, органического и комплексного).

Таким образом, асфальтогранулобетонная смесь представляет собой смесь асфальтогранулята (лома от измельчения асфальтобетона), зернистого минерального материала (например, щебень или щебеночно-песчаная смесь), вяжущего материала и воды [7].

Данное определение схоже с определением грунтобетона, представляющего собой смесь грунта, вяжущего, добавок и воды [8]. При этом известны работы по разработке составов грунтобетона из грунтов различного генезиса [9, 10]. Разработкой составов грунтобетона на основе техногенных грунтов занимался ряд научных школ, в том числе ученые Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова [11, 12]. Однако, работы были посвящены грунтам, образованным в отвалах промышленных ресурсодобывающих предприятий.

В специализированной литературе указано [13], что если содержание асфальтового гранулята в асфальтогранулобетонной смеси менее 40 % (хотя эта граница достаточно условна), то получаемый материал принято называть укрепленным материалом (по аналогии с укрепленным крупнообломочным грунтом).

В практике дорожного строительства установлена необходимость срезки верхних слоев асфальтобетонного покрытия для придания покрытию автомобильной дороги требуемого проектного профиля. При дальнейшем проходе ресайклирующей техники происходит глубокое измельчение существующего материала покрытия. При фрезеровании пакета битумоминеральных слоев в ресайклируемый материал попадают материалы разных составов, с различной степенью старения битума. Получаемый материал содержит зерна крупностью до 40 мм с высоким содержанием зерен мельче 0,14 мм. Состав смеси может содержать в том или ином соотношении щебенки, окруженные растворной частью, растворные гранулы, гранулы из асфальтовяжущего

вещества и отдельные минеральные зерна, покрытые полностью, частично или не покрытые битумом [14].

Образованная после прохода смесь по основным характеристикам может классифицироваться по ГОСТ 25100-2011 как техногенный грунт – грунт, измененный, перемещенный или образованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Согласно ГОСТ Р 54098-2010 техногенные образования – это специально обустроенные или необустроенные накопления вторичных ресурсов, пригодных для использования в качестве вторичного сырья с применением специальных технологий по сохранению потребительских свойств.

Таким образом, образовавшийся в результате использования технологии холодной регенерации сфрезерованный материал можно отнести к одной из разновидностей техногенных грунтов – антропогенным образованиям в виде промышленных отходов, образовавшихся в результате деятельности человека, а его укрепление в процессе проведения технологии холодной регенерации – устройством слоя основания из грунтобетона. В связи с большим количеством преимуществ данной технологии, и её популярности на территории Российской Федерации, в том числе и в Белгородской области, изучение конечных свойств грунтобетона на основе техногенного сырья является актуальной тематикой для проведения дальнейших научных исследований.

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Национальная программа модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 г. М.: Министерство транспорта и связи Российской Федерации, 2004. 111 с.
2. Конорева К.В. Использование концепции бережливого производства в практике предприятий Белгородской области // Научный журнал «Дискурс». 2017. №1 (3). С. 255-262.
3. Лупанов А.П., Силкин В.В., Рудакова В.В., Гладышев Н.В., Силкин А.В. Повторное использование асфальтобетона // СТТ: Строительная техника и технологии. 2016. № 4 (120). С. 76-79.
4. Мануковский А.Ю., Курдюков Р.П. Регенерация асфальтобетонного покрытия // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. 2016. №5-2 (25-2). С. 63-68.
5. Свириденко М.В., Федорова В.С. Способы регенерации дорожных одежд // Материалы 57-й студенческой научно-технической

- конференции инженерно-строительного института ТОГУ (17 - 27 апреля 2017 г.). Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2017. С. 256-260.
6. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. М.: Министерство транспорта и связи Российской Федерации, 2002. 56 с.
 7. В. С. Прокопец, С. Ф. Филатов, Т. Л. Иванова, М. В. Тарасова, Л. В. Поморова Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга и добавками химических веществ // Башкирский химический журнал. 2006. Том 13. №5. С. 61-65
 8. Грунтобетоны на основе глинистых пород КМА для дорожного строительства: Монография / В.В. Строкова, А.Ф. Щеглов. – Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова, 2003. 152 с.
 9. Шейна Т.В., Коренькова С.Ф. Производство грунтобетона дорожного и аэродромного назначения // Строительные материалы XXI века. 2006. № 2. С.22–23.
 10. Карацупа С.В., Яковлев Е.А., Дмитриева Т.В. Укрепление глинистых пород в дорожном строительстве // Вестн. БГТУ им. В.Г.Шухова. 2008. № 3. С. 12–15.
 11. Лютенко А.О., Строкова В.В., Лебедев М.С., Дмитриева Т.В., Николаенко М.А. Анализ микроструктуры алюмосиликатного сырья с позиции применения его в дорожном строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 33–38.
 12. Строкова В.В., Карацупа С.В., Щеглов А.Ф. Особенности структурообразования в системе «глинистые породы-известьесодержащие отходы-цемент» // Строительные материалы. 2004. №3. С. 16-17.
 13. Филатов С.Ф. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклера. Омск. 2009. 72 с.
 14. Курдюков Р.П., Курдюков Д.П., Мануковский А.Ю. Регенерация асфальтобетонного покрытия // Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической интернет-конференции «Леса России в XXI веке» (26 ноября 2015 г.). Санкт-Петербург, 2015. С. 130-135.

ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ДОРОГАХ С ПЕРЕХОДНЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ

Дмитриева Т.В., канд. техн. наук,
Ишмухаметов Э.М., аспирант

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

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества и недостатки основных методов обеспыливания дорог с низшим и переходным типом покрытия, а также обозначены приоритетные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: обеспыливание, автомобильные дороги, пылеулавливающие составы.

Проблема подавления пыли актуальна для различных отраслей промышленности, особо значима для горнорудных предприятий, технологических проездов дорог в карьерах, временных грунтовых проездов, устраиваемых при проведении дорожных работ [1].

Пылевыведение на открытых разработанных карьерных автодорогах составляет более 60%, что связано с большой интенсивностью и протяженностью [2]. Без специальных мероприятий запыленность на автодорогах может достигать значительных величин.

К основным причинам пылеобразования на грунтовых автодорогах следует отнести износ покрытия, высыпание из кузова мелочи породы, турбуляция воздуха за движущимся транспортом и перенос пыли колесами автотранспорта с других участков карьера.

Таким образом, карьерные автодороги являются одним из основных источников пылевыведения на открытых разработках полезных ископаемых, а изыскание эффективных способов обеспыливания дорог является актуальной задачей современной науки.

В настоящее время обеспыливание поверхностей производят путем механического удаления пыли или поверхностной обработки данных покрытий. Что касается основных принципов пылеулавливающих составов для поверхностной обработки, то они различны [3]. Для закрепления грунтовых (пылящих) частиц на поверхности применяют внесение неорганических вяжущих компонентов путем перемешивания (укрепление грунтов) и распыление различных веществ или специальных составов на поверхности (обеспыливание).

Использование битумных эмульсий позволяет эффективно решить этот вопрос [4], обеспечивая обеспыливающий эффект на срок до 90

сут. За счет электрического дипольного момента функциональных групп, путем механического заклинивания битума в субстрате по адсорбционным связям и диффузионному проникновению, возможно повысить адгезионную способность битума и оптимизировать толщину пленки битума. Технологические особенности нанесения вяжущего на поверхность дороги позволяют достигнуть высокого срока обеспыливающего эффекта, однако он связан с высоким расходом вяжущего.

В жарком и умеренно жарком климате практикой дорожного строительства предусматривается применение хлористых гигроскопичных солей (магния, натрия и кальция) как в сухом виде, так и в виде растворов в качестве реагента [5]. Обеспыливающее действие материалов данного типа составляет 15–40 сут.

В районах предприятий деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности актуально использование в качестве обеспыливающего реагента лигносульфонатов технических, являющихся побочными продуктами при производстве целлюлозы сульфитным способом [6]. Лигносульфонаты представляют собой кальциево-натриевые, аммониевые, кальциевые, натриевые соли лигносульфонатных кислот. Этот материал, несмотря на свои положительные свойства и длительное обеспыливающее действие – 20–30 сут, привлекателен только для лесоперерабатывающих регионов.

Пылеулавливающие составы на основе полимеров на водной основе активно применяются как в отечественной, так и в зарубежной практике [7]. Состав эмульсии типовой – полимер, эмульгатор и вода. Полимеры различны по размеру, степени разветвленности, химическому составу, молекулярному весу, размеру боковых цепей и прочему. На практике широко применяются составы на основе винилацетата и акрила. Однако ученые добились положительных результатов при применении нового типа полимеров – винилированных алкидных олигомеров в качестве основных компонентов [8].

Применение пылеудерживающих составов на основе полимеров на водной основе предполагает использование основного компонента с пленкообразующими свойствами, что позволяет задерживать воду в отличие от простой влажностной обработки водой, при котором вода высыхает быстро и пыль может возникать снова. Принцип действия пленкообразователей состоит в глубоком проникании «активных частиц полимера» в структуру грунта, способствуя созданию органо-глинистого композита пространственной структуры.

Однако исследования об особенностях пылеулавливающих мероприятий были направлены на изучение конечных свойств дорожно-строительного материала без учета специфики химического взаимодействия компонентов системы с различными химико-минеральными параметрами [9]. Отсутствие знаний в данном направлении не позволяет установить для грунтов, представляющих сложные полиминеральные системы, закономерностей взаимодействия в составе комплексных органоминеральных композиций [10–12].

Таким образом, решение проблемы пылеподавления имеет существенную значимость для многих отраслей промышленности. Также это позволит снизить экологический прессинг в регионах, близких к районам добычи полезных ископаемых и проведения дорожных работ. Изучение принципов формирования органоминерального композита для грунтовых систем различного генеза и минерального состава с учетом типоморфных особенностей составляющих минералов системы является прогнозной основой для формирования обобщенных принципов проектирования органоминеральных композиций для дорожного строительства.

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Зиновьев А.П., Ольков П.Л. Борьба с пылеобразованием на карьерных автодорогах нефтяными вяжущими. Уфа: БКИ, 1990. 95 с.
2. Торегельдин М.М., Кудусов А.М. Карьерные автодороги как источники пылеобразования / Интеграция современных научных исследований в развитии общества // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Кемерово, 5 мая 2017 г. С. 21–24.
3. Rushing J.F., Moore V.M., Tingle J.S., Mason Q., McCaffrey T. Dust abatement methods for lines of communication and base camps in temperate climates. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, 2005. 17 p.
4. Кошкаров В.Е., Валиев Н.Г. Опыт и перспективы применения битумных эмульсий при строительстве и эксплуатации карьерных дорог // Известия вузов. Горный журнал. №5. 2011. С. 13–20.
5. Герашенко Е.А., Сиротюк В.В. Обеспыливание грунтовых и щебеночных покрытий // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. Омск, 19-20 апреля 2018 г. С. 363–369.

6. Чельшева Т.В. Применение лигносульфонатов для укрепления и обеспыливания лесовозных автомобильных дорог // Лесной журнал. 2001. № 5–6. С. 64–70.
7. Кольвах К.А. Снижение пылеобразования при ведении открытых горных работ. Молодежь в науке: Новые аргументы: Сборник научных работ VI Международного молодежного конкурса. Липецк, 30 апреля 2017 г. С. 97–100.
8. Киреева Е.В., Кондрашева Н.К., Зырянова О.В., Дринберг А.С., Недведский Г.Р. Пылеулавливающие составы на основе водных дисперсий растительных полимеров // Тезисы докладов IV Всероссийской научно-практической конференции с участием молодых ученых. Инновационные материалы и технологии в дизайне. Санкт-Петербург, 22–23 марта 2018 г. С. 68–69.
9. Кошкарлов В.Е., Неволин Д.Г., Кошкарлов В.Е. Разработка технологии обеспыливания карьерных автодорог на основе битумно-полимерных материалов // Инновационный транспорт. № 2 (16). 2015. С. 64–71.
10. Строкова В.В. Анализ органо-минеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 28–32.
11. Dmitrieva T.V., Strokovva V.V., Zhernovsky I.V., Makarova N.V. Soil Stabilization Mechanism in Different Loamy Minerals // Advanced Materials Research Vols. 753–755 (2013): Materials Processing and Manufacturing III. Trans Tech Publications, Switzerland. Pp. 784–788.
12. Дмитриева Т.В., Строкова В.В., Безродных А.А. Влияние генетических особенностей грунтов на свойства грунтобетонов на их основе // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 69–77.

СКРЫТЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНУЛИРОВАННОГО ФОСФОРНОГО ШЛАКА В ЦЕМЕНТЕ

Естемесов З.А., д-р техн.наук, профессор;

Барвинов А.В., канд.техн.наук.;

Сарсенбаев Н.Б. - доктор PhD,

*Центральная лаборатория сертификационных испытаний
строительных материалов –ТОО «ЦелСИМ»*

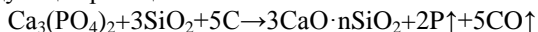
Аннотация. Показано, что в скорлупах гранулированных фосфорных шлаков присутствуют токсичные газы, поэтому применение их в составе цементов нежелательно. В связи с этим рекомендовано изъять их из соответствующих стандартов по цементам. А переработка этих шлаков осуществляется по инновационной технологии, расположив ее рядом с фосфшлакоотвалами.

Ключевые слова: Гранулированные фосфорные шлаки, токсичные газы, стандарты, цемент, инновационная технология.

Согласно ГОСТ 3476 -74 и ГОСТ 31108-2016 гранулированные электротермофосфорные шлаки используют в качестве гидравлической добавки или второго составляющего при производстве цемента и шлакопортландцемента. При этом абсолютно не учитывается присутствие в их скорлупах различных вредных газов – сероводорода (H_2S), фтористого водорода (HF), тетрафторида кремния (SiF_4), фосфина (PH_3). Причем в составе свежих гранулированных электротермофосфорных шлаков (ГФШ) эти газы присутствуют в большем количестве, а в фосфшлакоотвалах – в меньшем (в любом случае достаточно, чтобы относиться, к этой проблеме серьезно).

ГФШ представляют собой побочные (техногенные) пористые материалы со средней плотностью $1000...1200 \text{ кг/м}^3$, получаемые при производстве фосфора методом возгонки в электротермических печах. Грануляция их осуществляется при температуре около 1450°C путем слива огненно-жидких шлаков в бассейн с водой.

Фосфор и его соединения (фосфорные удобрения) в основном получают из фосфорита (кальциевая соль фосфорной кислоты $Ca_3(PO_4)_2 - 3CaO \cdot P_2O_5$). В электропечах около 1450°C в соответствующих смесях из фосфорита ($3CaO \cdot P_2O_5$), песка (SiO_2) и углерода (C) протекает следующая реакция:



Химический состав ГФШ отличается постоянством, состоит, %: SiO_2 – 41...44; CaO – 44...48; Al_2O_3 – 3,2...3,6; Fe_2O_3 – 0,5...0,6; MgO – 2,5...3,2; P_2O_5 – 1,07...2,5; SO_3 – 0,5...0,8; F – 1,2...2,0. Фазовый состав преимущественно представлен, ГФШ имеют 10...15% влажности.

Кроме того, в них могут присутствовать фосфиды (0,2...0,3%), фториды (4,0...4,5%) и сульфиды (0,2...0,3%), которые, взаимодействуя с водой, образуют в скорлупах токсичные газообразные вещества фосфин – PH_3 (ПДК=0,1 мг/м³), фтористый водород – HF (ПДК = 0,05 мг/м³) и сероводород - H_2S (ПДК=10 мг/м³).

В Казахстане в 1980 годах эти газы из ГФШ улавливали при их сушке и помоле [1]. Однако при транспортировке, хранении на территории предприятия и в фосфошлакоотвалах эти газы будут выделяться, поскольку скорлупы, где они находятся, при движении разрушаются.

В Казахстане и Киргизии на некоторых цементных заводах ГФШ используют в качестве гидравлических добавок или второго компонента при производстве цемента. Многие потребители фосфошлакосодержащих цементов жалуются, что при приготовлении на их основе бетонных смесей выделяется запах газов (в особенности сероводорода), у рабочих появляется тошнота и головокружение.

В связи с этим мы бы рекомендовали изъять из ГОСТ 3476-74 и ГОСТ 31108-2016 ГФШ, как материал для производства цементов.

Возникает законный вопрос: «Хорошо. Что дальше? – фосфошлакоотходы лежат, фосфорные заводы работают, выпускная ГФШ, при этом газы выделяются». Для этого у нас имеется наукоемкая и инновационная технология по переработке ГФШ с получением конкурентоспособных строительных материалов. При внедрении ее есть только одно условие: технологическая линия по производству строительных изделий должна находиться рядом с фосфошлакоотвалом, чтобы не транспортировать ГФШ. По этой технологии токсичные газы не только полностью нейтрализуются, а их продукты становятся активизирующими веществами фосфорношлаковых вяжущих.

Список литературы:

1. Дорфман Я.А., Полимбетова Г.С., Куатбаев К.К., Куракбаева Р.Х. Определение и удаление фосфина и фосфора из электротермофосфорного шлака // Тезисы докладов Шестой Всесоюзной конференции по фосфатам: «Фосфаты – 84», часть I, 1984. – Алма-Ата. – С.30

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ С ЦЕМЕНТАМИ МЕТОДОМ ОСАДКИ-МИНИ КОНУСА

Естемесов З. А., д-р техн.наук,
Сарсенбаев Б. К., д-р техн.наук,
Орынова А. Т., магистрант

*Центральная лаборатория сертификационных испытаний
строительных материалов – ТОО «ЦелСИМ»*

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительных исследований степени совместимости сульфонафталинформальдегидных и поликарбоксилатных суперпластификаторов с поргланцементом по методике осадки мини-конуса. Изучено влияние вида и содержания суперпластификаторов на подвижность цементного теста, а также его сохраняемость с течением времени.

Ключевые слова: поргланцемент, сульфонафталинформальдегидные суперпластификаторы, поликарбоксилаты, совместимость, подвижность.

В настоящее время в промышленности бетонов наибольшее распространение получили суперпластификаторы – поверхностно-активные вещества, зарекомендовавшие себя в качестве наиболее эффективных химических добавок. Бурное развитие производства данных видов модификаторов позволило достичь огромного прогресса при получении высокопрочных бетонов за счет повышения как реологических свойств бетонных смесей на стадии приготовления, так и технологических и эксплуатационных свойств бетонов.

Однако, несмотря на то, что история развития суперпластификаторов началась еще в 1930-ые годы, и на сегодняшний день получены высокоэффективные модификаторы, все же на практике возникают вопросы неэффективного применения добавок, т.е. проектируемые свойства бетонных смесей и бетонов не всегда удается достичь. В этой связи особенно актуален вопрос изучения степени совместимости добавок и цемента, а также эффективности их взаимодействия [1-3].

В целом, согласно требований GB 50119-2003, *совместимостью* добавок с цементами принято считать способность первых обеспечивать требуемые технологические эффекты с дальнейшим поддержанием их на заданном уровне определенное время. В работе [1]

по признаку реологической совместимости суперпластификаторы разделены на 3 степени: идеальные, нормальные и несовместимые.

На сегодняшний день существует множество различных методик, которые позволяют определить степень совместимости химических добавок с цементами.

В своей работе мы использовали самый простой и в то же время достоверный метод измерения осадки мини-конуса при постоянном В/Ц отношении, который впервые был применен канадскими учеными. Сущность данного метода заключается в определении расплыва конуса через 5 минут и через 60 минут после затворения с водой в зависимости от вида суперпластификатора и его содержания в цементном тесте. По результатам испытаний строятся кривые. Наилучшей степенью совместимости обладают те кривые, на которых через 60 минут после затворения с водой потеря расплыва конуса наименьшая, т.е. суперпластификатор обеспечивает продолжительное сохранение подвижности смеси.

В данной работе использовался один вид цемента, в частности портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н и 4 вида суперпластификатора, наиболее часто применяемые в производстве: СП-1 и Реламикс Т-2 (пр-во Россия), а также Master Rheobuild 910 и Master Glenium ACE47 (пр-во Германия). Для более достоверного анализа полученных данных также наблюдали расплыв конуса контрольных составов.

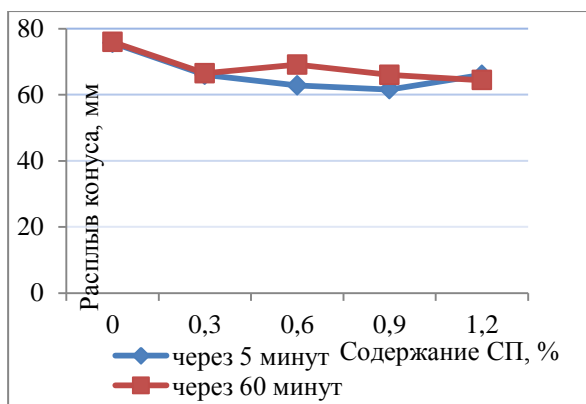


Рисунок 1 - ЦЕМ I 42,5 Н с добавкой СП-1

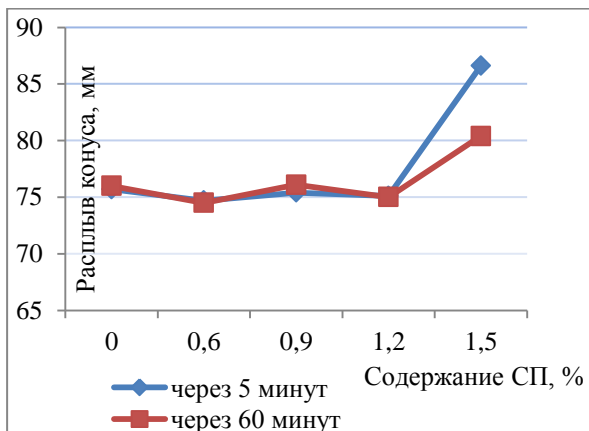


Рисунок 2 - ЦЕМ I 42,5 Н с добавкой Реламикс Т-2

По кривым, представленным на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод, что добавки СП-1 и Реламикс Т-2 имеют достаточно хорошую совместимость с портландцементом ЦЕМ I 42,5 Н, так как подвижность смеси сохраняется даже спустя 60 минут. В частности, в отношении суперпластификатора СП-1 четко видна точка насыщения равная 0,3 %, первоначальный расплыв конуса достаточно высокий; при данной концентрации через 60 минут после затворения потеря расплыва конуса незначительна, что свидетельствует о хорошей совместимости СП-1 и ПЦ 500-Д0-Н.

Смеси с содержанием добавки Реламикс Т-2 от 0,6 % до 1,2 % также обладают хорошей сохраняемостью подвижности, расплыв конуса через 60 минут после затворения сопоставим с первоначальным расплывом через 5 минут.

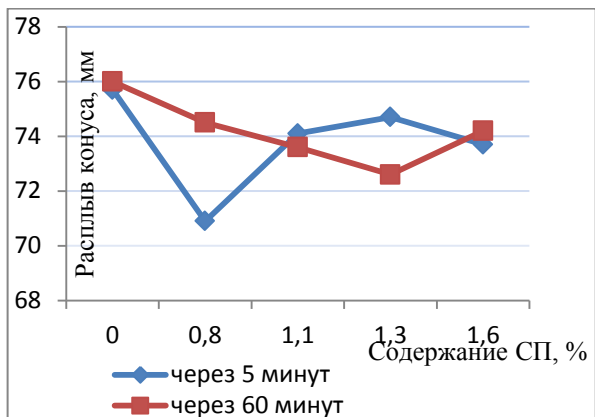


Рисунок 3 - ЦЕМ I 42,5 Н с Master Rheobiuld 910

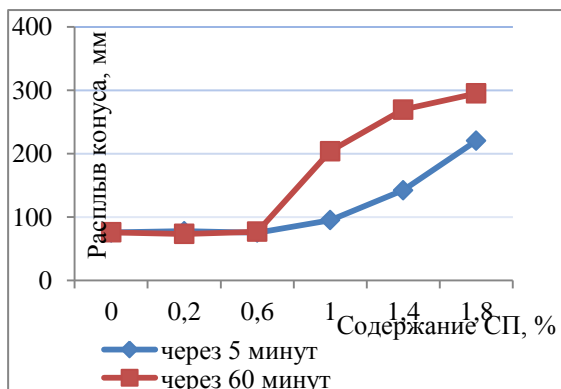


Рисунок 4 - ЦЕМ I 42,5 Н с Master Glenium ACE47

Анализируя данные, представленные на рисунках 3 и 4, видно, что, несмотря на большую разницу в расплавах конуса через 5 и 60 минут четко видно значительное увеличение подвижности смеси через 60 минут по сравнению с первоначальным значением. Данный факт объясняется тем, что добавки Master Rheobiuld 910 и Glenium ACE47 являются поликарбоксилатными, а как известно в присутствии добавок этой группы, эффект разжижения смеси с течением времени не уменьшается, как у большинства добавок на основе нафталин и меланин-формальдегидных смол, а наоборот значительно возрастает. Данный факт объясняется наличием поперечных связей, а также двух

или трехмерной формой молекул, в результате чего создается объемная адсорбционная оболочка вокруг частиц цемента.

Таким образом, полученные в работе результаты свидетельствуют о необходимости не только правильного подбора компонентов бетонной смеси при проектировании состава, но также учитывать совместимость конкретного вида суперпластификатора с данным видом цемента. В совокупности все эти факторы позволят улучшить реологических свойства бетонных смесей и технологические характеристики бетонов, а также повысить их долговечность.

Список литературы:

1. Ушеров-Маршак А., Гергичны З., Малолепши Я. Шлакопортландцемент и бетон – Харьков: «Колорит», 2004. – 159 с.
2. Циак М. О совместимости «цемент-добавка»/ Сб.: «Химические и минеральные добавки в бетон» - Харьков: «Колорит», 2005 – с. 40-44
3. Юай Юань, Ван Лин, Тянь Пе Высококачественный цементный бетон с улучшенными свойствами // Перев. с китайского Го Ли. Москва: ИАСВ, 2014 – 448 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОРАЗВИТОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛЬДОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ БЕТОНА

Кожухова М.И., канд. техн. наук,

Фомина Е.В., канд. техн. наук,

Фомин А.Е., аспирант

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

Аннотация. В статье построена теоретическая модель формирования высокоразвитой иерархической структуры бетонных поверхностей со сверх-, супер- и льдофобными свойствами для дорожного строительства. Основные подходы базируются на модели Касси-Бакстера с учетом рационального выбора функциональных элементов поверхности цементобетона.

Ключевые слова: льдофобность, цементобетон, супер- и ультрагидрофобность, морфология, текстура, дорожные покрытия.

Последствия ледяных образований на поверхностях бетонов, используемых в дорожном строительстве, создают серьезную угрозу безопасности движения пешеходов и транспорта, способствуют росту физических травм и материальному ущербу. Кроме этого, происходит снижение долговечности и сокращение сроков эксплуатации цементобетонных поверхностей. В литературе термин «icephobicity» (льдофобность) определяется, как способность твердой поверхности отталкивать лед или предотвращать формирование льда ввиду определенной топографической структуры поверхности [1, 2].

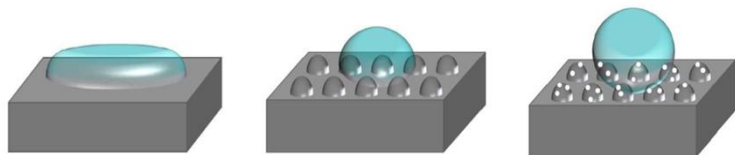
При создании льдофобной поверхности требуется выполнения нескольких функций. Эти функции заключаются во взаимодействии поверхности с твердым, жидким и парообразным состояниями воды. Первое условие заключается в низкой адгезионной силе льда на поверхности. Второе – способность поверхности отталкивать поступающие переохлажденные капли воды до их замораживания на поверхности. Третьим является способность вытеснять водный конденсат до того, как он подвергнется замораживанию в лед на поверхности из насыщенного пара.

Идеальная льдофобная поверхность должна предотвращать конденсацию воды, задерживать зарождение ледяных новообразований и иметь слабую адгезию со льдом. Шероховатые поверхности кристалла являются носителями большого количества активных

центров, образующих самые прочные водородные связи, в связи с чем их рост происходит очень быстро. Гетерогенное зарождение льда зародышем новой фазы происходит спонтанно и может быть инициировано посторонним объектом (например, частицей) в жидкой воде или паре, который выступает в качестве предпочтительного участка зародышеобразования [3]. В условиях насыщенного водяного пара инициаторами зародышеобразования на поверхности бетона могут выступать неоднородности (химические или морфологические). Следовательно, высокий краевой угол смачивания бетона не является залогом низкой адгезии льда. Помимо этого, известно, что скопление зарядов на кристалле, соприкасающегося с теплообменной поверхностью через неравномерный тонкий диэлектрический слой льда, вызывает силу зеркального отображения, которая совместно с силами адгезии удерживает кристалл на поверхности теплообмена. Понижение температуры вызывает увеличение адгезии льда. В литературных источниках отмечается, что супергидрофобные поверхности, покрытые политетрафторэтиленом с диэлектриком позволяют снизить эффект зеркального отображения и адгезию льда [4].

Создание оптимальных механизмов достижения высоких показателей водоотталкивания и льдофобности, вне всяких сомнений, вызывает огромный интерес в научном сообществе. Приоритет приобретают принципы природоподобия, исходя из которых, при построении супергидрофобной поверхности цементобетона следует базироваться на иерархической упорядоченной структуре [5]. Детализируя элементы иерархической структуры, необходимо учитывать, что бетон представляет собой пористо-капиллярный композит, состоящий из портландцементного вяжущего, воды, заполнителей и наполнителей. В результате чего размеры пор бетонной поверхности изменяются в диапазоне от нано- до миллиметров и представлены различными типами, возникающими в результате гидратационных процессов: захваченные и вовлеченные воздушные пустоты (размером до нескольких миллиметров в диаметре); капиллярные поры (несколько микрон в диаметре); наноразмерные гелевые поры [5]. Именно при контакте бетона с водой происходит абсорбция последней с имеющимися на поверхности порами за счет капиллярных сил. При этом, силы капиллярного взаимодействия напрямую зависят от значения поверхностного натяжения жидкости, определяющим параметром которого является краевой угол смачивания поверхности.

Существуют две аналитические модели, выражающие взаимосвязь таких параметров как шероховатость, краевой угол смачивания, гистерезис краевого угла, объясняющие влияние степени шероховатости на смачивающие свойства поверхностей, это модели Вензеля и Касси-Бакстера, отображенные на рисунке 1.



Модель Юнга-Лапласа

Модель Вензеля

Модель Касси-Бакстера

Рисунок 1 - Модели смачивания шероховатой поверхности

Согласно модели Вензеля (рис. 2 а), смачивание происходит равномерно, ввиду того, что вода заполняет все поры и пустоты на поверхности. Модель показывает, как увеличивается площадь контакта поверхности с каплей воды и усиливается ее гидрофобность согласно уравнению:

$$\cos \theta = Rf \cos \theta_0 \quad (1)$$

где Rf – коэффициент шероховатости (отношение реальной площади подложки к ее проекции);

θ – контактный угол смачивания на шероховатой поверхности.

Модель Касси-Бакстера (рис. 2 б) учитывает, что воздух может быть вовлечен в пустоты и поверхностные поры и смачивание поверхности гетерогенное согласно уравнению:

$$\cos \theta = Rf f_{\text{тв. вод.}} \cos \theta_0 - (1 - f_{\text{тв. вод.}}) \quad (2)$$

где $f_{\text{тв. вод.}}$ – площадь контакта на границе «твердая поверхность – вода».

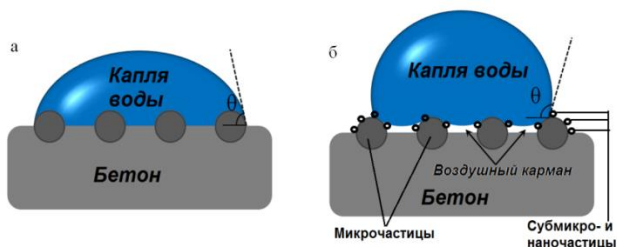


Рисунок 4 - Схема осаждения водных капель на шероховатой поверхности:

а – модель Вензеля; б – модель Касси-Бакстера

Следуя модели Касси-Бакстера (рис. 2 б), включающей полости или пустоты с воздушными карманами на поверхности цементобетона, они могут действовать сдерживающими факторами критических параметров на границе раздела «лед – поверхность цементобетона». Функциональными элементами для обеспечения данной модели иерархической поверхности могут выступать разноразмерные минеральные частицы силоксановой эмульсии [6], а так же фибровые волокна [5]. Кроме этого, волокна фибры имеют диэлектрическую проницаемость около 2 [7]. За счет синергетического эффекта воздушных карманов, а также диэлектрической проницаемости волокон на поверхности бетона возможно минимизировать зеркальные заряды льда, тем самым ослабить силы его адгезии.

Таким образом, при построении оптимальной теоретической модели упорядоченной иерархической структуры комплексного покрытия бетона, заведомо предполагается неспособность формирования ледяной корки на поверхности дорог и, как следствие, устраняется эффект «клеявого растрескивания», а также вызываемые им напряжения, являющиеся причиной дальнейшего разрушения бетонных дорожных конструкций. В общем виде разработка льдофобных покрытий в дорожном строительстве направлена на создание максимально безопасных и комфортных условий для движения транспортных средств и пешеходов.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ СП-4762.2018.1.

Список литературы:

1. Zheng L. et al. Exceptional Superhydrophobicity and Low Velocity Impact Icephobicity of Acetone-Functionalized Carbon Nanotube Films // *Langmuir*. 2011. Vol. 27. pp. 9936–9943.
2. Кожухова М.И., Кнотько А.В. Экологические аспекты противогололедных и антиобледенительных реагентов для дорожных бетонов // *Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов междунар. науч.-технич. конф. // БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород, 24-25 ноября), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 472-477.*
3. Шибков А.А., Желтов М.А., Золотов А.Е., Денисов А.А., Гребеньков О.В. Кинетика и морфология кристаллов льда, растущих в кинетическом режиме кристаллизации // *Вестник ТГУ*. 2012. т.17. № 5. С. 1390-1393.
4. Fu Q., Wu X., Kumar D., Ho J.W.C., Kanhere P.D., Srikanth N., Liu E., Wilson P., Chen, Z. Development of Sol-Gel Icephobic Coatings: Effect

- of Surface Roughness and Surface Energy // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2014. Vol. 6. Pp. 20685–20692.
5. Кожухова М.И., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Фракталы как иерархический принцип организации в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 18-23.
 6. Ogurtsova Y., Strokova V., Zhernovsky I., Kozhukhova M., Sobolev K., Maksakov A. The efficiency of SiO₂ based materials in granulated artificial aggregates Journal of the Society for American Music. 2014. T. 1611. № 2.
 7. Saleema, N., Farzaneh M., Paynter R.W., Sarkar D.K. Prevention of Ice Accretion on Aluminum Surfaces by Enhancing their Hydrophobic Properties // J. Adhes. Sci. Technol. 2011. Vol. 25. pp. 27–40.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКОГО РЕАГЕНТА

Мандровский К.П., канд. техн. наук., доцент,
Садовникова Я.С., инженер

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

Аннотация. На основании разработанного авторами математического описания движения капель противогололёдного реагента по рабочему оборудованию и в воздушной среде в статье проведено исследование влияния конструктивных параметров (высота установки диска) рабочего оборудования и эксплуатационных параметров (частота вращения диска, давление подачи реагента, ветровая нагрузка) на радиус и форму зоны распределения реагентов по покрытию.

Ключевые слова: противогололёдный реагент, зона распределения, диск, моделирование.

Применяя разработанные авторами математические модели [1-3] движения капель противогололёдного реагента (ПГР) по рабочему оборудованию и в воздушной среде, рассмотрим влияние конструктивных параметров распределительного оборудования (высота диска над покрытием) и эксплуатационных параметров (давление подачи реагента, скорость и направление ветра, частота вращения диска) на основные характеристики процесса распределения ПГР. К этим характеристикам относятся радиус зоны распределения и характер её деформирования. У большинства применяемых машин для распределения реагентов высота диска над покрытием варьируется в диапазоне от 200 до 600 мм. На рис.1а продемонстрировано изменение радиуса обрабатываемой зоны при варьировании высоты диска (H).

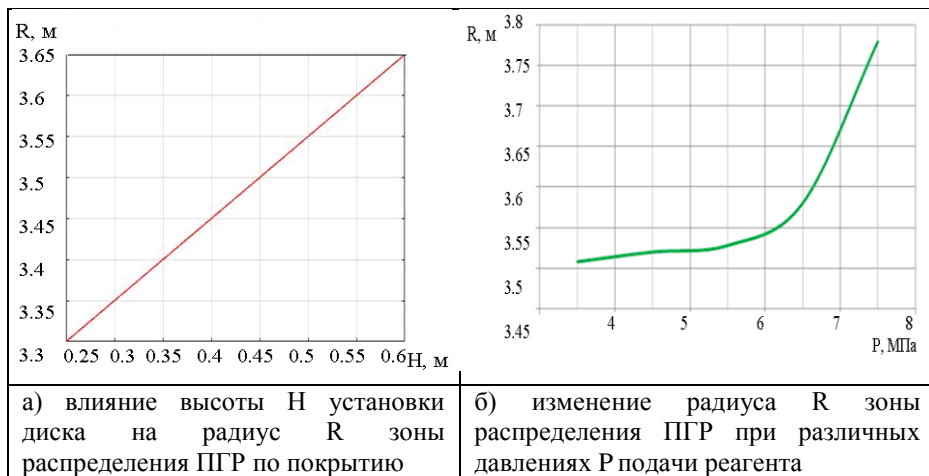


Рисунок 1 - Зависимость радиуса зоны распределения от высоты установки диска и давления подачи реагента

Давление, при котором реагент подаётся к форсункам на распределительный диск, определяется конструкцией гидравлической форсунки и требуемой шириной обрабатываемой полосы. Распределители реагентов оснащаются форсунками с рабочим давлением 0,4...0,8 МПа. Варьирование давления Р подачи реагента от 0,4 МПа до 0,8 МПа при постоянном значении скорости движения машины, частоты вращения диска и направлении ветра сопровождается изменением радиуса зоны распыления, проиллюстрированным на рис. 1б. Полученные зависимости свидетельствуют о том, что особенности конструкции и расположения рабочего оборудования являются основными конструктивными факторами, определяющими производительность машин для распределения ПГР.

Адекватная оценка качества распыления и производительности машин для противогололёдной обработки невозможна без учёта метеорологических условий [4-6]. Особенную актуальность это представляет для аэродромных машин, работающих в условиях значительной ветровой нагрузки. Влияние на дальность полёта капель ПГР скорости ветра как метеорологического параметра внешней среды, в которой рассматривается эксплуатация машины, показано на рис. 2. Прочие параметры рабочего оборудования приняты за постоянные величины.

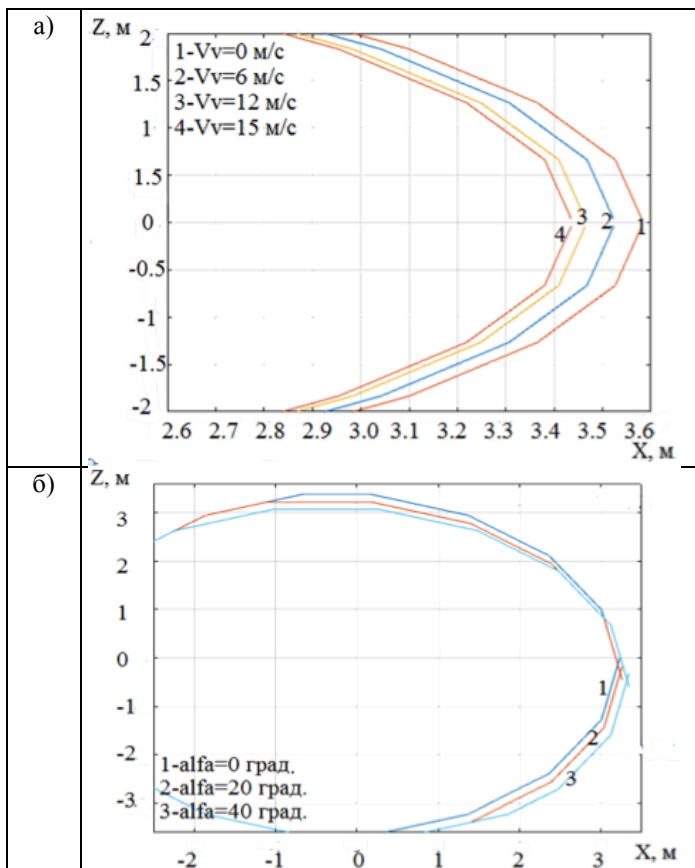


Рисунок 2 - Влияние: а) скорости ветра на форму зоны распределения ПГР; б) направления ветра на форму зоны распределения ПГР

Характер изменения формы зоны при различном направлении ветра можно проследить, используя рис. 2. Так как направление ветра постоянно меняется, и мелкомасштабные изменения в движении воздушных масс предсказать и оценить затруднительно, проведено исследование влияния ветра, направленного к оси X под углом $\alpha=0$ град., 20 град., 40 град., при этом $V_v=9 \text{ м/с}$. Ось X перпендикулярна направлению движения машины. Ось Z параллельна направлению движения машины. К эксплуатационным факторам помимо скорости и

направления ветра можно отнести частоту вращения распределительного диска n (мин^{-1}). Данный параметр зависит от мощности двигателя машины, характеристик гидропривода диска. Помимо того, при назначении частоты вращения диска принимается во внимание рабочая скорость машины. Моделирование частоты вращения диска в диапазоне средних значений для распределителей реагентов от 300 мин^{-1} до 375 мин^{-1} и вызванное этим изменение ширины обрабатываемой полосы отображено на рис. 3. При этом прочие параметры рабочего оборудования и базового шасси не изменялись.

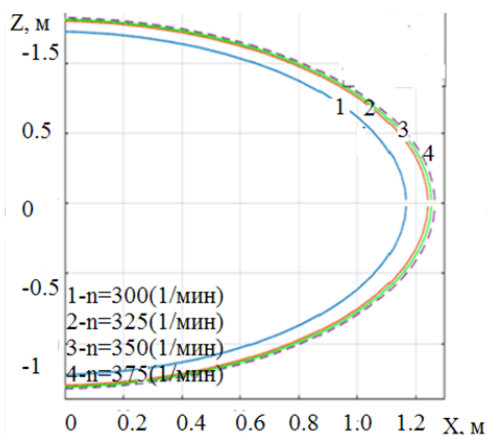


Рисунок 3 - Изменение зоны распределения ПГР в зависимости от частоты вращения диска n (1/мин)

Выводы и результаты.

1. Установлено, что радиус зоны распределения прямо пропорционален высоте диска на покрытие (рис. 1а).
2. При назначении $P=4 \dots 6.5$ МПа радиус зоны и, следовательно, ширина обрабатываемой полосы меняется несущественно. Дальнейший рост величины P_0 приводит к значительному увеличению размеров зоны обработки (рис. 1б).
3. Моделирование скорости ветра (рис. 2), свидетельствует о существенных деформациях наветренной части зоны, степень которых возрастает с усилением ветра. При $V_v=0, 1 \dots 3$ м/с отклонение формы зоны мало отличается от формы, образованной при $V_v=0$ м/с. Скорость ветра $V_v=0 \dots 6$ м/с не приводит к существенным изменениям формы зоны.

4. Варьирование α от 0 град. до 40 град. приводит к характерному отклонению формы зоны распределения ПГР. При этом деформации подвергается лишь та часть полукруга, на которую действует ветер.

5. При варьировании частоты вращения приводного вала диска в диапазоне стандартных значений, характерных для РО распределителей реагентов, установлено, что с изменением величины n от 300 мин⁻¹ до 325 мин⁻¹ происходит значительное увеличение ширины полосы обработки покрытия жидким ПГР, дальнейшее увеличение n также вызывает незначительное возрастание радиуса зоны (рис. 3).

Список литературы:

1. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Влияние скорости машины на равномерность распределения противогололёдных реагентов // Механизация строительства. 2018. – Т. 79. – № 4. – С. 60-64.
2. Mandrovskiy K.P., Sadovnikova Y.S. Characteristics of the droplet motion of a liquid antifreeze reagent. Magazine of Civil Engineering. - 2018. - No. 03. - Pp. 14–26. doi: 10.18720/MCE.79.2
3. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Уточнение характеристик движения жидкого реагента по диску при распылении форсункой // Интерстроймех–2018: сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. – 2018. – С. 110-114.
4. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Разработка концепции системы контроля качества противогололёдной обработки дорожных и аэродромных покрытий // Журнал автомобильных инженеров. – 2018. №2 (109) - С.46-50.
5. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Предпосылки к разработке методики обеспечения эффективности противогололёдной обработки покрытий // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2018. – №3(54). – С.54-61.
6. Виноградов А.Г. Врахування аеродинамічного коефіцієнта при математичному моделюванні руху крапель води в повітрі // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування. – 2011. – № 63. – С.264-267.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Траутвайн А.И., канд. техн. наук, доцент,
Евженков А.Г., магистрант
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Система дозирования компонентов по массе не дает гарантии получения готовой асфальтобетонной смеси со схожими физико-механическими характеристиками от замеса к замесу. Это связано с тем, что количество щебня, обладающего большой плотностью, потребуется значительно меньше в составе асфальтобетонной смеси, чем щебня с маленькой плотностью. Аналогичная картина и с остальными инертными материалами: песком, минеральным порошком. Последствием такого дозирования приводит к получению асфальтобетонных смесей, имеющих различную удельную поверхность минеральной составляющей. Более того, такие смеси требуют корректировки количества вяжущего материала.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, контроль качества, физико-механические характеристика, производство, технологический процесс, транспортировка, укладка

Улучшение качества дорог имеет целью повышение производительности работы автомобилей, скорости доставки грузов и перевозки пассажиров, комфортабельности и безопасности движения и снижение себестоимости перевозок.

Длительное время в дорожном строительстве преобладали пассивные методы контроля качества, заключающиеся в сборе информации, главным образом, о качестве материалов, технологических операциях и частично об эксплуатационном состоянии покрытий и одежд. Собиралась и накапливалась такая информация недостаточно системно, без глубокого анализа, главное - при этом очень мало внимания уделялось корректирующим воздействиям. Пассивные методы контроля качества продукции обуславливались многими причинами, основные из которых: невысокие требования к основным параметрам дорог, а также недостаточные уровень проектной документации, оснащенность дорожно-строительных предприятий, организационно-технические возможности управленческих процессов и отсутствие стандартов [1-4].

На сегодняшний день строительство автомобильных дорог претерпевает существенные изменения. Увеличились требования к качеству выполнения дорожно-строительных работ, внедряются новые технологии производства и дорожно-строительные материалы, усовершенствованные технические и технологические решения при проектировании, а также методы контроля качества выполненных работ, в том числе, с учетом зарубежных разработок. Высокие требования к элементам автомобильных дорог и их обустройству, к материалам и технологическим процессам связано с необходимостью повышения безопасности движения транспорта. Все это приводит к тому, что одной из основных задач при строительстве автомобильных дорог является ее контроль качества.

Более того, существующая нормативная документация устарела, а требует гармонизации с отечественными и зарубежными стандартами при участии научно-исследовательских лабораторий [3-6].

Взаимосвязь между качеством автомобильной дороги и исходными свойствами асфальтобетонной смеси очень высокая. Исходя из этого, необходимо управлять физико-механическими характеристиками исходной смеси. В первую очередь необходимо иметь полную информацию о качестве всех исходных материалов: минеральных и органического вяжущего.

При выполнении работы для проектирования асфальтобетонной смеси использовали гранулометрические характеристики материалов, изученных ранее. Подробный анализ этих данных для данного исследования не информативен, так как качественный и количественный составы смесей были аналогичны друг другу.

Известно, что на качество асфальтобетона оказывают существенное влияние характеристики ее компонентов – песка (П), щебня (Щ), минерального порошка (МП), битума (Б) и добавок (Д). Изменения свойств готового продукта будут очевидны при использовании различных материалов. Однако при производственном процессе асфальтобетонных смесей на АБЗ при условии использования идентичных исходных компонентов возможны расхождения в результатах основных свойств. Экспериментальные исследования представляют возможность сформировать основные показатели качества компонентов асфальтобетонной смеси и параметры технологического процесса, которые влияют на свойства асфальтобетонной смеси [6-7].

Далее представлены физико-механические характеристики асфальтобетонных смесей 4-х замесов в таблице 1. При этом при

приготовлении асфальтобетонной смеси соблюдалась полная точность дозирования исходных материалов.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики асфальтобетона

Наименование показателей	Ед. изм.	Требования ГОСТ 9128-2013	Показатели свойств асфальтобетона, № замеса			
			1	2	3	4
Средняя плотность	г/см ³	-	2,36	2,36	2,34	2,35
Набухание, по объему	%	-	1,32	1,30	1,34	1,34
Водонасыщение, по объему	%	1,5-4,0	4,58	4,32	4,66	4,45
Предел прочности при сжатии						
- при 20 °С	МПа	2,0 не менее	3,89	4,05	3,79	3,82
- при 50 °С	МПа	0,9, не менее	1,4	1,42	1,35	1,35
- водонасыщенных	МПа	-	3,74	3,77	3,60	3,62
Сдвигоустойчивость по:						
- коэффициенту внутреннего трения		0,8, не менее	0,75	0,75	0,73	0,73
- сцепление при сдвиге	МПа	0,34, не менее	0,40	0,43	0,38	0,40
Водостойкость		0,75	0,96	0,93	0,95	0,95

Исходя из представленных данных видно, что замесы асфальтобетонных смесей идентичного состава, выполненные на заводе в один день, могут иметь различные физико-механические характеристики. Это свидетельствует о том, что контроль параметров производственного процесса не эффективен. Это связано в первую очередь с неоднородностью материалов, а также широким диапазоном варьирования гранулометрического состава исходных материалов по ГОСТ 9128-2013 [9].

Неоднородность физико-механических характеристик также связана с исходными свойствами инертных материалов, отличающихся

по свойствам в различных слоях конусах открытой площадки хранения. Материалы различных слоев не только отличаются гранулометрией, но и чистотой поверхности, влажностью, наличием различных примесей. Аналогичная картина наблюдается в складах хранения битума. Вяжущее различных слоев отличается своей вязкостью, а, следовательно, степенью обволакивания инертных материалов при перемешивании в смесителе.

Система дозирования компонентов по массе не дает гарантии получения готовой асфальтобетонной смеси со схожими физико-механическими характеристиками от замеса к замесу. Несовершенство данной технологии связано с тем, что плотность исходных материалов различных месторождений значительно изменяется. Асфальтобетонные смеси на исходных материалах идентичного гранулометрического состава, но различного происхождения будут обладать физико-механическими характеристиками существенно отличающимися друг от друга. Это связано с тем, что количество щебня, обладающего большой плотностью, потребуется значительно меньше в составе асфальтобетонной смеси, чем щебня с маленькой плотностью. Аналогичная картина и с остальными инертными материалами: песком, минеральным порошком. Последствием такого дозирования приводит к получению асфальтобетонных смесей, имеющих различную удельную поверхность минеральной составляющей. Более того, такие смеси требуют корректировки количества вяжущего материала.

Таким образом, система контроля производства асфальтобетонных смесей весьма несовершенна и требует существенных изменений.

Исходя из этого, необходимо разработать методы и модели, направленные на выявление причин выпуска дефектной продукции, и определить способы их устранения в соответствии с характеристиками агрегатов.

Список литературы:

1. Ивахненко А. М. Автоматизация системы контроля качества при производстве асфальтобетонных смесей //Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2008. №. 2. С. 70-73.\
2. Остроух А. В. Автоматизация управления технологическими процессами асфальтобетонного завода //In the World of Scientific Discoveries/V Mire Nauchnykh Otkrytiy. 2015. Т. 66. №. 6.
3. Доценко А.И., Усачев Е.С. К вопросу о концепции управления качеством изделия. М.: МИКХиС, 2004. С. 45–51.

4. Доценко А.И., Римкевич С.В. Общие принципы построения комплексной системы управления качеством асфальтобетона // Академия проблем качества Российской Федерации, Московский государственный строительный университет механизации и автоматизация строительства и строительной индустрии. Сб. науч. тр. № 1. М., 2004. С. 73–78.
5. Суворов Д.Н., Хахимов З.Л., Чантиева М.Э. Автоматизация оперативного управления гранулометрией и долей битума в производстве асфальтобетонной смеси // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2009. № 3. С. 106-109.
6. Траутвайн А. И., Яковлев Е.А., Силко А.А. Взаимосвязь деформативной устойчивости асфальтобетонных покрытий и основных свойств органических вяжущих материалов // Известия ВУЗов. Строительство. 2017. № 9 (705). С. 50-59.
7. Сливин Д.А. Оптимизация процесса уплотнения асфальтобетонных покрытий // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России материалы IV Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2010. С. 105-111.
8. Кудрявцев А. Ю. Контроль качества продукции асфальтобетонного завода // Информационные системы и технологии. – 2011. Т. 67. №. 5. С. 25-28.
9. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Введ. 01.01.2013. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. 39 с.