

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

*Международная научно-техническая конференция
молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов*

(Минск, 22-23 ноября 2017)

Минск
БНТУ
2017

УДК 625.7/8;001.895(06)

ББК 39.311я43

И66

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор *А. В. Бусел*
доктор технических наук, профессор *Я. Н. Ковалев*
кандидат технических наук, доцент *С. Е. Кравченко*
ст. преподаватель кафедры СЭД *С. Н. Соболевская*

В сборнике приведены краткие изложения докладов, включенных в программу Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов «Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса». Доклады относятся к разработкам в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса. Работы аспирантов и магистрантов отражают результаты исследований, выполненные по их диссертациям. Студенческие доклады выполнены в рамках инновационной научно-технической работы. Они увязаны со специальностями обучения и отражают интерпретацию частных вопросов изучаемых дисциплин.

Сборник предназначен для молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов дорожного профиля, но может быть полезен и для инженерно-технических работников дорожно-строительного комплекса.

ISBN 978-985-583-172-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Республика Беларусь, занимающая выгодное геополитическое положение, является связующим звеном между Европой и Азией. В транспортной сети Беларуси, имеющей тесные связи с соседями, важная роль отводится автомобильным дорогам – нашему национальному достоянию. По ним проложены перспективные и загруженные маршруты Евразии. Через территорию нашей страны проходят два трансъевропейских коридора, определенных по международной классификации под номером II (Восток – Запад) и под номером IX (Север – Юг) с ответвлением IX В. Их участками являются автомобильная дорога М1/Е30, которая через Беларусь связывает Российскую Федерацию с Западной Европой, и М8/Е95, соединяющая Финляндию, Литву, Россию, Украину, Молдову, Румынию, Болгарию и Грецию.

От состояния и уровня дорог непосредственно зависят валовой национальный продукт страны, уровень цен, доходы государственного бюджета, степень занятости населения, приток инвестиций и другие экономические показатели. Рост автомобильных перевозок в значительной степени определяется развитием и состоянием дорожной сети, ее надежностью, экономичностью. При этом важна не только мощность, бесперебойность транспортной системы, но и качество услуг, их доступность. Еще одна актуальная задача – сделать перемещение людей и грузов максимально безопасным.

Данные вопросы находятся на постоянном контроле Правительства, местных органов власти и лично Главы государства.

По состоянию на 1 января 2017 г. в Беларуси протяженность сети автомобильных дорог общего пользования составляла 87 031 км (в том числе республиканских дорог – 15 970 км, местных дорог – 71 061 км). Из общей протяженности твердое покрытие имеют 75 314 км дорог (из них с усовершенствованным типом покрытия – 48 533 км).

Плотность дорожной сети общего пользования составляет 419 км на 1 тыс. км² территории и является одной из самых высоких среди стран-участниц Содружества Независимых Государств (в России – 64 км/1000 км², Казахстане – 36 км/1000 км², Азербайджане – 219 км/1000 км²); выше, чем в Украине (281 км/1000 км²), но меньше, чем в Польше (1 319 км/1000 км²), Литве (1 270 км/1000 км²), Латвии (1 078 км/1000 км²).

Протяженность международных автомобильных дорог государств-членов СНГ, проходящих по территории Республики Беларусь, составляет 3 900 км, в том числе 1 600 км на маршрутах международных транспортных коридоров. Сегодня в нашей стране доля автомобильного транспорта в общем объеме грузов превышает 40% и постоянно увеличивается. При этом эксплуатируется более 418 тыс. грузовых автомобилей транспортных средств. Автомобильным транспортом перевозится свыше 58% от общего объема перевозок пассажиров. Более 90% объема перевозок пассажиров в регулярном сообщении обеспечивается организациями автомобильного транспорта общего пользования коммунальной формы собственности. Всего в республике эксплуатируется более 46 тыс. автобусов, в том числе организациями автомобильного транспорта общего пользования свыше 7,4 тыс.

С октября 2014 г. на некоторых участках республиканских автомобильных дорог максимальная скорость движения транспортных средств была увеличена до 100–120 км/ч. Протяженность республиканских автомобильных дорог с повышенным скоростным режимом составляет почти 1,2 тыс. км. Увеличение скоростного режима не коснулось участков дорог, находящихся в непосредственной близости от одноуровневых пешеходных переходов, перекрестков с левоповоротными съездами и участков, имеющих повышенную статистику дорожно-транспортных происшествий.

Несущую способность 11,5 т на одиночную ось имеют 2 002 км автомобильных дорог республиканского значения или 13% от их общей протяженности. Остаются 1 826 км республиканских дорог, которые могут обеспечить пропуск транспортных средств с осевыми нагрузками не более 6 т на одиночную ось, что не позволяет пропускать по ним без ущерба современные большегрузные транспортные средства.

При этом наблюдается рост интенсивности движения транспортных средств на дорогах Республики Беларусь, в первую очередь тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств (далее – ТКТС). Только за последние 5 лет количество ТКТС выросло более чем в 1,7 раза.

По состоянию на 1 января 2017 года сеть местных автомобильных дорог в Республике Беларусь составила 71 051 километр, из них с твердым покрытием 59351 километр (или 83,6 % от общей протяженности), в том числе с асфальтобетонным покрытием - 30724 километра (или 43,3 % от общей протяженности), с цементобетонным покрытием - 837

километров (или 1,2 %), с гравийным покрытием - 27790 километров (или 46,8 %). Протяженность грунтовых автомобильных дорог возросла за счет принятия в сеть местных дорог сельскохозяйственных дорог и подъездов к садоводческим кооперативам и составила 11645 километров, или 16,4%. На местных автомобильных дорогах общего пользования находится 3034 мостовых сооружения протяженностью 78 тыс. пог. метров и 75821 водопропускных труб общей длиной 992 тыс. пог. метров. Протяженность местных автомобильных дорог, требующих неотложного ремонта, составляет 5889 километров, или 8 процентов от их общей протяженности. С ограниченной несущей способностью на ось транспортного средства 6 тонн эксплуатируется более 90 километров местных дорог. На этих участках водители транспортных средств вынуждены снижать скорость движения, что приводит к экономическим издержкам. Из 3034 мостовых сооружений на местных дорогах не соответствуют нормативным требованиям 1954 моста, или более 64%.

Из-за недостаточного финансирования (менее 50 процентов от потребности) Программа «Дороги Беларуси» на 2006 - 2015 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 6 апреля 2006 г. № 468 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 59, 5/22161), не выполнена по местным автомобильным дорогам. Менее чем на 33 процента выполнено за 2006 - 2013 годы установленное задание по капитальному ремонту местных дорог. По сравнению с 2008 годом в 4 раза сократилась протяженность отремонтированных в 2016 году по текущему ремонту местных дорог. Вследствие недостаточного финансирования 94 % местных дорог эксплуатируется с превышением межремонтных сроков.

Учитывая сложившуюся ситуацию, Государственной программой по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2016-2020 годы на местных автомобильных дорогах предусмотрено следующее:

- будут выполняться работы по поддержанию транспортно-эксплуатационных показателей дорог согласно требованиям технических нормативных правовых актов и обеспечению безопасных условий для движения транспортных средств;
- планируется выполнить капитальный ремонт 423 километров дорог, 1304 пог. метров мостов и путепроводов, текущий ремонт 6123 километра дорог и 1352 пог. метров мостов и путепроводов.

- предусматривается реконструировать и возвести 83 километра автомобильных дорог и 920 пог. метров мостов и путепроводов.
- будут выполняться работы по строительству, реконструкция и капитальному ремонту улиц, являющихся продолжением республиканских и местных автомобильных дорог с асфальтобетонным и цементобетонным покрытием, в населенных пунктах.

При этом, для выполнения поставленных задач стратегическими направлениями их реализации являются:

- ремонт местных автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения и превышенными межремонтными сроками, с доведением их параметров до требований технических нормативных правовых актов, в том числе дорог, имеющих народно-хозяйственное значение, связывающие населенные пункты и крупные предприятия и хозяйства, проездов от районных центров к агрогородкам, в которых расположены сельские Советы, подъездов от агрогородков, в которых расположены сельские Советы, к центральным усадьбам сельскохозяйственных организаций, проездов от агрогородков к сельским населенным пунктам;
- ремонт мостов и путепроводов, в первую очередь находящихся в предаварийном состоянии, с доведением их параметров до требований технических нормативных правовых актов;
- внедрение при выполнении дорожных работ новейших технологий, материалов, позволяющих улучшить качество и увеличить срок службы дорожных объектов.

Существенную помощь в решении указанных задач может оказать и вузовская наука в лице молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов факультета транспортных коммуникаций.

Декан факультета
транспортных коммуникаций
Бусел Алексей Владимирович
доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой
«Строительство и эксплуатация дорог»
Кравченко Сергей Егорович
кандидат технических наук, доцент

Перспективы инновационного развития транспортного сектора Республики Беларусь

Бусел А. В.

Белорусский национальный технический университет

В 2015 году в Республике Беларусь принята стратегия инновационного развития транспортного комплекса до 2030 года, которая основывается на мировых трендах в транспортной сфере. Анализ мирового развития показывает, что ни одна страна не способна контролировать риски собственной экономики не имея сильных транспортных позиций, развитой транспортной инфраструктуры. Это положение согласуется с решением ООН (Резолюция Генеральной ассамблеи ООН от 25.09.2015 №70/1), утвердившем 17 целей в области устойчивого развития, среди которых наиболее близкой к транспортной сфере является цель №9 – создание устойчивой инфраструктуры, содействие всеобщей индустриализации и инновациям. Исходя из этих положений, при разработке стратегии развития транспорта в первую очередь рассматривается его вклад в ВВП страны и динамика грузо- и пассажирооборота за последние 10-15 лет.

Для транзитных государств, например Республики Беларусь, эти показатели во многом характеризуют устойчивость работы транспорта, поскольку колебания в объемах промышленного и сельскохозяйственного производства, определяющие изменения внутренних перевозок, компенсируются транзитом. Согласно статистических данных транспорт и связь в Республике Беларусь имеют довольно стабильное состояние (таблицы 1, 2), не смотря на колебания в промышленности, сельском и лесном хозяйствах.

Таблица 1 – Вклад отраслей в структуре ВВП

Вклад отраслей в ВВП, %	2005	2010	2012	2013	2014	2015
Сельское и лесное хозяйство	9,7	10,1	9,5	7,8	8,3	7,5
Промышленность	29,1	26,6	29,1	25,7	24,5	25,1
Транспорт и связь	9,3	8,5	8,3	9,3	8,7	8,6

Таблица 2 – Основные показатели работы транспорта

Наименование показателя	Ед. изм.	Годы					
		2005	2010	2012	2013	2014	2015
Грузооборот	млрд.т.км	127,3	128,1	131,7	130,8	131,4	126,0
Пассажиروоборот	млрд. пас.км	24,4	23,5	25,3	26,6	25,1	24,1

Следует отметить, что основные фонды, задействованные в секторе транспорта и связи, составляют около 18% при их вкладе в ВВП равном 7,5%. Это означает, что фондоотдача от этих видов деятельности невелика и есть соответствующие резервы. Реализация этих резервов должна основываться на инновационных технических решениях, позволяющих повысить мобильность доставки грузов и пассажиров с переориентацией на перспективные направления перевозок. В настоящее время в Республике Беларусь сложилась следующая структура коммерческих перевозок (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение перевозок по видам транспорта, %

Вид транспорта	Годы				
	1995	2000	2005	2010	2015
Железнодорожный	14,0	30,1	31,1	30,7	29,4
Автомобильный	66,9	24,3	27,1	36,6	40,3
Воздушный	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Трубопроводный	18,8	45,0	41,0	31,4	29,6
Внутренний водный	0,3	0,6	0,8	1,3	0,7

Из приведенных данных видно, что автомобильный транспорт в последние 15 лет наращивает свой вклад в перевозки, поскольку он более мобильный и обеспечивает доставку грузов непосредственно к потребителю. Спрос на такие перевозки растет с каждым годом, поэтому перспективным становится развитие именно этого вида транспорта. Определив приоритет среди видов транспорта, рассмотрим варианты его инновационного развития. Основу автомобильного транспорта составляет сеть автомобильных дорог. В Республике Беларусь она имеет плотность 489 км на 1000 квадратных километров территории, в том числе с твердым покрытием 422 км. Однако, интенсивность перевозок грузов по этим дорогам составля-

ет всего 0,2 млн. тонно-километров на один километр длины дороги. Это объясняется тем, что основной поток грузов идет по транзитным коридорам, а местная сеть дорог слабо востребована главным образом из-за плохого состояния и низкой несущей способности. В связи с этим в октябре нынешнего года вопрос о реконструкции и строительстве местных дорог рассмотрен на семинаре с участием Президента Республики Беларусь. Поставлены конкретные задачи по реабилитации и доведению до уровня современных требований 7 тыс. километров дорог. Развитие грузового автомобильного транспорта обуславливают следующие тенденции: увеличение грузоподъемности, полных масс, осевых нагрузок, количества осей и длины транспортных средств. По данным Международного Союза автомобильного транспорта (МСАТ) увеличение длины автопоездов с 16,5 до 20,0-22,5 м позволяет довести максимальную грузоподъемность до 40-48 т, максимальную полезную нагрузку – до 27-34 т (увеличение на 26%). Количество осей при этом увеличивается с 5 до 6, полезный объем загрузки вырастает на 26-44%, снижение затрат на топливо составляет 14% в расчете на тонну груза. Формирование еще более длинных (до 30,0м) автопоездов грузоподъемностью до 64 т увеличивает число осей до 8. При этом полезные загрузки увеличиваются на 70% и составляет 46 т.

На основе современных программных средств в Объединенном институте машиностроения Национальной академии наук Беларуси сконструирован [2] а на Минском автомобильном заводе создан автопоезд длиной 25,25 м грузоподъемностью 41,5 т с полезным объемом 146 м³, колесная формула 6х4. Этот автопоезд уже в этом году выходит на международные автомобильные дороги. А в ближайшей перспективе начнется движение многозвенных автопоездов с еще большей нагрузкой на дороги.

Противостоять тенденции утяжеления автотранспорта с помощью введения ограничений осевых нагрузок на автомобильных дорогах невозможно. Поэтому во многих странах перешли к массовому строительству бетонных дорог, способных воспринимать многократное воздействие с нагрузкой более 13 т на ось. Капиталовложения в строительство таких дорог, особенно в сложных болотистых и горных условиях, весьма велики. Они сопоставимы со строительством скоростных железнодорожных трасс.

Как показывает практика, скоростные виды наземного транспорта приходят все в большее противоречие с экологическими и техническими требованиями безопасности. Кроме того, динамика изменения геополитической обстановки и проблемы мировой экономики требуют быстрой переориентации товаропотоков, устоявшиеся дорожные коммуникации могут оказаться невостребованными в полном объеме. В связи с этим все большее внимание уделяется грузовым воздушным перевозкам, особенно с учетом перспектив развития беспилотного воздушного грузового транспорта, обеспечивающего быструю доставку грузов адресатам. Практика показывает, что в этом случае в среднем на доставку от подачи заявки до поступления груза уходит 2-3 дня.

В настоящее время в России разрабатывается проект по созданию грузовых дронов грузоподъемностью несколько тонн. Стратегическая цель этого проекта, который ведет «Росатом», сделать выпуск беспилотников глобальной конкурентоспособной отраслью промышленности России. Аналогичный проект реализуется в Китае, где грузовые дроны грузоподъемностью 1 тонна проходят полетные испытания и проектируется сеть аэродромов для них через каждые 300 км в горной местности. Прогноз, сделанный специалистами Международной организации гражданской авиации «ИКАО» [3], показывает, что ежегодный прирост авиационных грузоперевозок будет составлять от 4,9 до 7,8% в год. Причем на международных перевозках темпы роста максимальные. К 2025 г. объем грузооборота на авиaperевозках составит более 500 млрд. тонно-километров, при этом будет перевозиться не менее 145 млн. тонн груза. Наиболее перспективное развитие этого вида транспорта будет наблюдаться в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Однако даже сейчас в Беларуси отмечается рост коммерческих перевозок воздушным транспортом (таблица 3). Из вышесказанного следует, что возведение и реконструкция аэродромов и посадочных площадок становится все более актуальной задачей для транспортного строительства. Здесь может быть использован опыт строительства бетонных покрытий, накопленный дорожниками при устройстве современных дорожных одежд на международных транспортных коридорах. В Республики Беларусь силами дорожников строится вторая взлетно-посадочная полоса в национальном аэропорту г. Минска с

учетом грузовых воздушных перевозок в Белорусско-Китайский индустриальный парк «Великий камень», входящий в структуру Великого шелкового пути.

Таким образом, реализация инновационных подходов к развитию транспортного сектора позволяет повысить устойчивость экономики страны в целом и стабильность отраслей, связанных непосредственно с транспортом. В современных кризисных условиях это важный фактор, обуславливающий предотвращение негативных проявлений, связанных с затратным решением экономических проблем.

Список использованной литературы:

1. Беларусь и Россия 2016. Статистический сборник. М.: Росстат, 2016 - 215с.

2. Высоцкий М.С., Харитончик С.В., Шмелев А.В. Научное обеспечение компьютерного проектирования и виртуальных испытаний автотракторной техники/Механика машин, механизмов и материалов.2012, №3(20)-4(21)с.19-29.

3. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025г./Международная организация гражданской авиации,2007, сir 313, АТ/134, ICAO-56 с.

УДК 625.71.

Учет современных тенденций при подготовке инженерных и научных кадров для дорожной отрасли Республики Беларусь

Ковалёв Я. Н., Кравченко С. Е., Яглов В. Н.

Белорусский национальный технический университет

В отраслевой строительной науке многое определяется тематической преемственностью, что не всегда стимулирует появление принципиально - новых технических решений. Основной ресурс - кадры — прочно привязан к сложившимся направлениям работ.

Возможности науки - это, прежде всего, творческие возможности людей, занятых в ней, Именно поэтому научные кадры играют столь существенную роль при выборе тематики проводимых исследований и инженерных разработок.

Новое, что появляется в науке, порождает наиболее способная и инициативная часть кадров. Поэтому грамотно налаженный отбор одарённых людей - это и условие появления высококачественных тем, и эффективные пути их реализации.

По нашему мнению, общая кадровая проблема может быть успешно решена по следующим направлениям реализации отдельных проблем.

Первой проблемой, является оптимизация потребности в инженерных кадрах и их подготовки. Решение проблем, должно основываться на индивидуальном методе обучения. Следует, по-видимому, также учесть опыт многих зарубежных стран (США, Франции, Германии), где готовят для строительной отрасли дипломированных и недипломированных инженеров. Дипломированных инженеров выпускают в небольших количествах, заранее подготавливая их как инженеров-творцов, способных возглавить крупные подразделения строительного комплекса, либо активно участвовать в научно-техническом поиске. Недипломированные инженеры готовятся в технических учебных заведениях типа техникумов. Основная цель их подготовки - получить высококвалифицированных исполнителей.

На наш взгляд, подготовка инженеров - строителей (специалисты дорожного профиля) должна включать соотношение дипломированных и недипломированных инженеров, примерно, как 1:3. Такая система, например, успешно функционирует в Финляндии и полностью удовлетворяет дорожную отрасль.

Второй проблемой, касающейся дальнейшего совершенствования инженерных кадров, является их систематическая плановая переподготовка. Эта проблема у нас до конца не решена и требует глубокого изучения. Ясно только одно: система повышения квалификации, являясь своеобразным допингом, стимулирующим творческую активность инженерных кадров, должна быть эффективно подкреплена экономически, что, помимо морального удовлетворения, должно материально заинтересовать исполнителей. Для дорожных специальностей (инженер-строитель, инженер-механик базовой организацией мог бы стать Белорусский национальный технический университет (БНТУ). При этом инженеры, проходящие периодически переподготовку, должны систематически получать

новейшую информацию о современных энергосберегающих технологических процессах и материалах, а также о наиболее эффективных организационных принципах, способствующих росту конкурентоспособности дорожных организаций в условиях рыночных отношений. Посещение международных конференций, выставок, ярмарок и других мероприятий полезно не только для инженерно-технических специалистов отрасли, но и для преподавателей вузов

Третьей проблемой - ключевой - для научно-технического прогресса в любой отрасли - является проблема научного потенциала. Необходимо повысить роль фундаментальных наук в вузах (физики, химии, математики) изменив их изложение студентам с общетеоретического уровня на прикладное, соединив при этом теорию и её практическое использование в конкретной области промышленного производства. Лабораторные работы каждой дисциплины должны проводиться в форме НИРС. Все это должно побуждать студентов к творческому поиску, повышая их научный потенциал от курса к курсу.

Не последнюю роль в этом отношении может играть созданный руководством отрасли рейтинговый список проблемных тем, требующих решения. Научные работники, работающие на дорожную отрасль, должны изучить фактические условия в производственных организациях, уметь моделировать, а главное - уметь решать важные для производства темы, определив предварительно их рейтинговый ряд.

Научной общественности (кафедры вузов, готовящие инженеров-дорожников, отраслевые НИИ) целесообразно систематически проводить научно-технические конференции по обмену информацией об опыте передовых научных коллективов в новых экономических условиях. Необходимо всячески поощрять конкуренцию среди научных коллективов, поскольку именно она является источником прогресса. В этом смысле нужно демонополизировать науку, определив наиболее перспективные пути этого процесса. В условиях рыночной экономики невозможно претендовать на передовые позиции среди Европейских государств с развитой дорожной сетью, не заботясь о кадрах, не развивая собственную науку и технику области этих знаний.

Известно, что будущее принадлежит не той продукции, которая сейчас поступает на рынок, и той, которая ещё создаётся в научных лабораториях, конструкторских и технологических бюро, экспериментальных полигонах. В связи с этим целесообразно создать инженерные центры, узкопрофильные научно-исследовательские лаборатории, где разрабатывались бы новейшие технологии «впрок» (подобно тому, как разрабатываются новейшие модели новых марок автомобилей). Это может быть реализовано в рамках отраслевого НИИ с участием преподавателей вузов и студентов. Учебные профилирующие кафедры должны иметь лаборатории, оснащёнными современными ЭВМ, необходимым испытательным и исследовательским оборудованием это потребует определённых затрат, но альтернативы здесь нет.

Совершенно очевидно, что производство должно оплачивать затраты на НИР. По опыту США, оплата таких работ производится в размере, примерно 1,0 - 1,5% от стоимости строительно-монтажных работ (сейчас эти цифры требуют корректировки). Производство должно выделять средства на НИР по конкурсу на основе хозяйственных договоров. Кроме того, на эти цели Минтранс Республики Беларусь мог бы оказывать целевым назначением помощь научно-исследовательским организациям и вузам за счёт госбюджетных ассигнований. Задачей же научных сотрудников является выполнение всего комплекса научных исследований начиная от новой идеи и её разработки до технологического процесса, включая внедрение, обучение инженеров - представителей производства.

Рыночные отношения накладывают свои акценты на деятельность учёных и развитие прикладной строительной науки в целом. Так. Например, важным условием развития науки и техники в дорожной отрасли является диктат на рынке потребителя, а не производителя. Действительно, зачем производителю (при монопольном владении рынком) какой-то научный прогресс и дополнительные расходы, если его продукцию всё равно купят? Поэтому дорожно-строительные фирмы должны быть заинтересованы в наличии собственной научной элиты, чтобы обеспечить свою конкурентоспособность (что практикуется широко за рубежом).

Необходимо особо остановиться на вопросе воспроизводства научных кадров дорожной отрасли республики. Эта проблема ограни-

чивается двумя обстоятельствами: с одной стороны должен существовать заинтересованный потребитель таких кадров, с другой стороны - должна быть продуманная система их подготовки и создания надлежащих условий для их работы.

В настоящее время по тематике в дорожной отрасли республики трудится 8 докторов технических наук и 8 кандидатов. Много это или мало? Всё зависит от значимости поставленных научных задач и требуемой эффективности результатов решения. Эта проблема ждёт особого анализа и широкого обсуждения. В частности, необходима оценка (инвентаризация) научного потенциала, конкретно учитывающая научные интересы и возможности исследователей. Здесь неуместен статистический, уравниловский подход.

Можно утверждать, что сейчас отсутствует плановая подготовка научных кадров высшей квалификации, рассчитанная на перспективу, ровно, как и нет перечня научных проблем, требующих комплексного подхода и рейтинговой оценки их значимости для нужд дорожной отрасли. Возрастной уровень научных кадров находится на рубеже 56-66 лет и через 10 лет, если обстановка не изменится, дорожная наука уйдёт на «пенсию».

В настоящее время в БНТУ имеется Совет по защите, докторских и кандидатских диссертаций по специальностям: 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» (в том числе и дорожно-строительные), 05 23 11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэропортов, мостов и транспортных тоннелей». Таким образом, потенциальные возможности для аттестации ученых высшей квалификации имеются.

В заключении отметим, что для планомерного роста квалифицированных кадров необходимо иметь сплочённые научно-исследовательские коллективы, обладающие современным научным оборудованием и, главное, достаточный контингент профессоров, докторов наук способных растить талантливую молодёжь, генерировать идеи и квалифицированно оценивать творческие достижения молодых исследователей.

В целом, затронутые проблемы должны решаться комплексно, на системной основе.

УДК 625.77

Опыт строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов в Республике Беларусь

Осадовский А. Л. Строительно-монтажный трест №8
Носенко В. А. представитель фирмы «GOMACO», США

Строительство автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в Республике Беларусь было возобновлено после более чем 25-тилетнего перерыва в 2014 году в рамках Национальной программы строительства дорог с цементобетонным покрытием на 2014 - 2020 годы.

В связи с отсутствием опыта и техники, а также с учетом определенного руководством Республики направления развития строительства дорог с цементобетонным покрытием было принято решение осваивать как «американскую» так и «европейскую» технологии устройства цементобетонных покрытий.

ОАО «Строительно-монтажный трест №8» провел тщательное изучение состояния вопроса. Ознакомление с техникой и технологиями устройства цементобетонных покрытий состоялось на многочисленных транспортных объектах центральной Европы и Соединенных Штатов Америки. Параллельно изучался вопрос оснащения оборудованием для приготовления бетонных смесей. Таким образом, был сделан осознанный выбор, благодаря которому трест приобрел бетоноукладочный комплекс Gomaco GHP2800 с финишером TS600 и завод по производству цементобетонных смесей Vince Hagan SHT/CM12500D-65/4 производительностью 240 м³ в час. А также комплект нарезчиков швов и заливщики CRAFCO SuperShot.

Основными критериями при выборе комплекта оборудования являлись: - технологичность, минимальное количество технологических операций, основного и дополнительного оборудования задействованного в производственном процессе, направленном на достижение конечного результата;- минимизация затрат ручного труда и количества рабочих одновременно занятых в производственном процессе;- эксплуатационная надежность и ремонтпригодность оборудования;- максимально-допустимая (возможная) тол-

щина укладываемого в скользящей опалубке слоя, с учетом перспективы выполнения работ по строительству искусственных взлетно-посадочных полос аэродромов;- наличие автоматической системы погружения арматурных стержней для армирования деформационных швов, возможность использования системы при устройстве однослойных цементобетонных покрытий. В том числе, обеспечение фиксации арматурных стержней в проектом положении, заполнение полостей, образованных вилками вибропогружателя, бетонной смесью без образования пустот в зоне закладки стержня;- обеспеченность бетонной смесью для безостановочной работы бетоноукладочного комплекса, стабильность технологических характеристик и однородности бетонной смеси;- возможность перебазирования завода в срок до 10 дней.

Комплект оборудования был введен в эксплуатацию в августе 2015 года и уже к концу строительного сезона 2015 года филиалом «ДСУ43» были выполнены работы по устройству 19,1 км цементобетонного покрытия на «Второй кольцевой автомобильной дороге вокруг г. Минска (МКАД-2)». Также до конца года выполнены работы по устройству деформационных швов и обустройству автомобильной дороги.

В 2016 году за период май-август выполнены работы по устройству 16,7км покрытия МКАД-2, построенный участок сдан в эксплуатацию в декабре 2016 года. Общий объем уложенного бетона составил 195 870 м³, в том числе 125 000 м³ тяжелого бетона класса Вtb4,4. Устройство покрытия выполнено за 95 рабочих смен.

Качество выполненных работ подтверждено заключениями аккредитованных испытательных центров, в том числе и ГП «БелдорНИИ», осуществлявшего научно-техническое сопровождение строительства объекта. Результаты исследований и приемки выполненных работ показали, что дефекты связанные с технологией производства работ отсутствуют, а качество выполненных работ соответствует требованиям действующих стандартов, в том числе и требованиям Технического Регламента Таможенного Союза ТР ТС 014 «Безопасность автомобильных дорог». Достижение столь высоких результатов стало возможно благодаря тщательному подходу при выборе оборудования, обучению персонала, оснащению испыта-

тельной лаборатории и организации контроля качества на всех стадиях производственного процесса.

Благодаря накопленному опыту, положительным отзывам о выполненных работах со стороны Заказчиков, высокой квалификации и ответственному отношению всех специалистов предприятия к организации и производству работ, в апреле 2017 года Трест был признан победителем торгов на выполнение работ по возведению «Второй искусственной взлетно-посадочной полосы Национального аэропорта «Минск». За период апрель – ноябрь 2017 года начаты и полностью завершены работы по устройству слоев основания и верхнего слоя покрытия ИВПП-2.

Длина устроенной полосы составляет 3700 метров, ширина 60 метров, толщина верхнего слоя покрытия из тяжелого бетона класса по прочности на растяжение при изгибе $B_{tb}4,8$ составляет 44 см. Общий объем произведенной и уложенной бетонной смеси составил: 182 000 м³, в том числе 98 000 м³ для устройства покрытия. Устройство покрытия выполнено за 82 рабочих смены.

Особое внимание для обеспечения эксплуатационной надежности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием следует уделить замене грунтов земляного полотна с низкой несущей способностью, а также обеспечению достижения требуемой степени уплотнения грунтов и консолидации грунтов высоких насыпей. Для оценки требуемой степени уплотнения при производстве работ используются системы компании Bomag.

Повышение устойчивости земляного полотна достигается за счет устройства армирующих прослоек и применения дренажных геокompозитов для предотвращения водонасыщения грунтов. Указанные мероприятия предотвращают возникновение просадок и обеспечивают поверхностную ровность цементобетонных покрытий в процессе эксплуатации.

Для обеспечения требуемых геометрических параметров конструктивных слоев целесообразно использовать автоматизированные системы управления технологическим оборудованием. Так, для профилирования грунтовых оснований и устройства слоев оснований из несвязных материалов используются грейдеры HBM, оснащенные системой автоматизированного управления 3D GPS.

При устройстве цементобетонного покрытия управление положением бетоноукладочного комплекса осуществляется системой Leica 3D с использованием роботизированных тахеометров, что минимизирует воздействие человеческого фактора. Кроме того, бетоноукладочный комплекс оснащен системой контроля ровности устраиваемого покрытия Gomaco GSI, что позволяет оценивать качество устройства покрытия в режиме реального времени и при необходимости вносить требуемые корректировки в процессе укладки.

Важным аспектом в обеспечении качества устраиваемых покрытий является организация двухстадийного контроля технологических характеристик бетонных смесей, то есть как на заводе изготовителе, так и на месте укладки. А также своевременная корректировка состава производимой смеси в зависимости от дальности возки, погоднo-климатических факторов и фактической влажности заполнителей. На всех объектах ОАО «СМТ №8» организована служба лабораторного контроля, к выполнению работ допускаются только специалисты высокой квалификации и прошедшие соответствующее обучение. Лабораторные посты оснащены современным лабораторным оборудованием, как отечественного производства, так и производителей с мировым именем Infracore и Testing.

Для предотвращения дефектов связанных с пропуском построенного транспорта на стадии разработки проекта целесообразно предусмотреть временные подъездные пути, исключающие выезд технологического транспорта на цементобетонное покрытие.

Немаловажным является содержание покрытий автомобильных дорог, особенно в случае ввода в эксплуатацию в год строительства. Опыт и результаты исследований показывают, что процессы структурообразования в теле бетона не ограничиваются проектным возрастом, и бетон покрытий наиболее уязвим в период зимнего содержания.

Противогололедные реагенты для борьбы с зимней скользкостью способствуют возникновению шелушения поверхности цементобетонных покрытий. Использование же фрикционного способа борьбы с зимней скользкостью приводит к ускоренному износу поверхностного слоя, а также к механическим повреждениям в виде сколов в зонах деформационных швов в процессе механизированной

уборки снежно-ледяного наката. Одним из способов решения данной проблемы является применение материалов для вторичной защиты бетона, препятствующих проникновению агрессивных реагентов в тело бетона и, как следствие, возникновению дефектов. Для обработки покрытий могут быть использованы антикоррозионные пропитки гидрофобизирующего, ингибирующего и полифункционального действия, что позволит выполнять работы по зимнему содержанию покрытий без ограничений по применению соледержащих реагентов и песчано-соляных смесей.

УДК 625.8.06/07.011.4

Эффективные профилактические мероприятия для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий

Радьков Н. В., Сушкевич У. Г.
ГП «БелдорНИИ»

Стабильность транспортно-эксплуатационных и технических показателей дорожной конструкции в процессе эксплуатации во многом зависит от скорости изменения свойств асфальтобетона, которая характеризуется, в первую очередь, изменением структуры и состава битумного вяжущего под действием транспортной нагрузки, знакопеременных температур и солнечной радиации. Одним из профилактических мероприятий, снижающих интенсивность указанных изменений, является реабилитация эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий посредством их обработки защитными пленкообразующими и пропиточными составами. В «БелдорНИИ» разработан и апробирован в производственных условиях пропиточный состав для обработки поверхности асфальтобетонных покрытий, находящихся в эксплуатации, с целью восстановления вязкопластичных свойств битума, содержащегося в асфальтобетоне. Состав представляет собой битумно-минеральную композицию, состоящую из строительного битума, пластификатора, различных добавок и наполнителя, в качестве которого используется минеральный порошок. В основе механизма его действия лежит реакция объемной полимеризации стирола, находящегося в составе пластифицирующей добавки, с образованием эластичного с минимальной

усадкой полимера. Наличие в составе композиции продуктов низкой степени полимеризации стирола и полиэфирной смолы, содержащей малеиновый и фталевый ангидрид, обеспечивает необходимую адгезию пленки к поверхности асфальтобетонного покрытия. Органические кислоты, входящие в состав композиции, совместно с полиэфирами придают покрытию гидрофобные свойства. При нанесении пропиточного состава на поверхность эксплуатируемого асфальтобетона происходит гидрофобизация стенок пор, капилляров, микротрещин и их частичная коагуляция. При этом с одной стороны изменяются свойства вяжущего, а с другой – защищается поверхность асфальтобетона от воздействия воды и растворов противогололедных материалов. Разработанный пропиточный состав может быть рекомендован для герметизации небольших трещин, сетки трещин и как профилактическое мероприятие на участках автомобильных дорог, имеющих первый уровень дефектности, а также на участках дорог, по результатам диагностики которых допускается отсрочка ремонта.

УДК 678.643.42.5:667.6:620.18

Предотвращение зимней скользкости улично-дорожной сети

Глинский Д. В., Бусел Д. А., Шкадрцова В. Г.

ГПО "Горремавтодор Мингорисполкома",
Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси

С первыми заморозками наступает сложный период для водителей и пешеходов ввиду увеличения числа дорожно-транспортных происшествий и гололедного травматизма среди пешеходов. В среднем за зимний период в результате гололеда травмируются более 2700 человек, в числе которых более 110 детей.

Традиционно для борьбы с гололедом на тротуарах используют соль и песко-соляную смесь. Однако противогололедные материалы подвержены значительному уносу с поверхности, что требует их постоянной подсыпки. Использование в качестве противогололедных материалов хлоридов в сочетании с их чрезмерным количеством оказывает негативное воздействие на тротуарную плитку, бетонные и металлические элементы дорог, подвергая их сильной со-

левой коррозии, что, в свою очередь, значительно снижает их эксплуатационные характеристики. С целью снижения воздействия выше перечисленных негативных факторов разработан специальный материал, позволяющий создавать в наиболее травмоопасных местах полосы противоскольжения, которые обеспечат необходимую постоянную шероховатость. Данный материал представляет собой фрикционный наполнитель и полимерцементное связующее, изготовленное на основе водной дисперсии эпоксидного олигомера специального состава. Применение водоразбавляемой дисперсии для конечной системы значительно улучшает технологичность процесса нанесения материала на поверхность тротуара т.к. остаточная влага в порах бетона не препятствует адсорбции и последующему формированию покрытия.

Применения полос противоскольжения на остановочных пунктах, пешеходных переходах, а также в травмоопасных местах позволит снизить гололедный травматизм пешеходов. В свою очередь это позволит снизить затраты государства на содержание пострадавших в медицинских учреждениях и сократить выплаты по больничным листам. Организация полос противоскольжения позволит в несколько раз сократить объем использования экологически опасных противогололедных материалов при сохранении необходимой шероховатости тротуаров и ступеней, следовательно даст возможность снизить затраты на восстановление зеленых насаждений в придорожной полосе. Предварительными испытаниями установлено, что слой противоскольжения увеличивает водонепроницаемость бетона в 3 раза, соответственно снижает коррозионное воздействие, что скажется на увеличении сроков эксплуатации тротуарной плитки, бетонных ступеней.

УДК 625.5

Перспективные методы содержания дорожных покрытий в условиях Республики Беларусь

Афанасенко А. А.

ЦНИИ ДСГМ, Белорусский национальный
технический университет

Наиболее распространенным видом ремонта и повышения потребительских качества автомобильных дорог и городских улиц с асфальтобетонным покрытием является проведение капитального или текущего ремонта путем фрезерования старого покрытия и укладки 2-3-х слоев нового асфальтобетонного покрытия улучшенного качества. Такой метод является достаточно эффективным и обеспечивает сроки службы нового покрытия до 10 лет. Однако в городских условиях он требует больших финансовых и материальных затрат. Основной из них является необходимость фрезерования (срезки) старого покрытия, переустройство бордюров и тротуаров. Поэтому ремонт по материальным затратам, в ряде случаев, имеет стоимость близкую к новому строительству.

На практике часто встречаются ситуация, когда потребительские качества дорожного покрытия снижаются, однако прочность и надежность покрытия и дорожной одежды в целом являются удовлетворительными. В этом случае необходимость дорогостоящего ремонта отпадает и можно обойтись более дешевыми способами улучшения потребительских качеств покрытия.

Для ремонта покрытий загородных дорог широко распространен метод устройства тонкослойных защитных покрытий в виде поверхностных обработок, покрытий из литых эмульсионно-минеральных смесей (Сларри-Сил) и других. Однако в городских условиях эти методы оказались малоэффективными.

В 90-е годы в г. Минске был приобретен французский комплекс для устройства поверхностных обработок фирмы «Секмайер». Был выполнен ремонт ряда объектов (пр. Жукова, ул. Прокопенко и др). Однако эффективность оказалась достаточно низкой. Связано это было с недостаточно правильной диагностикой и подготовкой старого покрытия, отсутствием качественных исходных материалов

(щебня, битума). Щебень плохо закреплялся в покрытии, что приводило к его выбросам и повреждению транспортных средств. Срок службы покрытия был низким (1-2 года).

Закупленная в 80-е технология по устройству слоев Сларри –Сил (фирма Бренинг) также не оправдала себя ввиду низкого качества и срока службы в пределах 1-2 года. В этом случае также сказалась недостаточно правильная диагностика покрытия, ошибки в подборе состава, низкое качество эмульсии и минеральных материалов. В настоящее время существенно улучшилась методика и эффективность диагностики материалов дорожного покрытия, выполняемая БНТУ, появились новые материалы и технологии. В мировой практике наиболее эффективными технологиями восстановления эксплуатационной надежности покрытий автомобильных дорог и улиц, имеющих неструктурные повреждения (например, продольные и поперечные трещины, шелушение, сетка трещин и т.д.), являются технологии устройства защитных слоев с синхронным распределением волокна: поверхностная обработка FibreChipSeal и тонкий слой из эмульсионно-минеральной смеси FibreSlurrySeal (MicroSurface). Отличительной особенностью поверхностной обработки FibreChipSeal является то, что синхронно, перед распределением щебня, производится россыпь стекловолокон (длиной от 30 до 120 мм), которые обеспечивают большую долговечность поверхностной обработки, особенно на растрескавшихся покрытиях. В качестве вяжущего могут применяться битумы, модифицированные битумы, битумные эмульсии. Технология обеспечивает продление срока службы покрытия до капитального ремонта на 2-4 года в зависимости от его состояния. Технология устройства тонкого слоя FibreSlurrySeal (Microsurface) (далее - FibreSlurrySeal) толщиной до 15 мм (до 25 мм) заключается в механизированном распределении литых эмульсионно-минеральных смесей, состоящих из каменных материалов (щебня, песка, наполнителя) подобранного состава, битумной эмульсии (модифицированной битумной эмульсии), воды, специальных добавок, регулирующих срок распада эмульсии, и волокна. Технология обеспечивает продление срока службы покрытия до капитального ремонта на 3-6 лет в зависимости от его состояния. Для условий Республики Беларусь второй вариант устройства защитного слоя (по технологии FibreSlurrySeal) является более

предпочтительным в первую очередь по причине его эстетичности и безопасности (отсутствует вынос щебня автотранспортными средствами во время их движения).

Технико-экономические расчеты, выполненные в Белорусском национальном техническом университете, свидетельствуют о значительной эффективности данной технологии. Так, например, средний годовой экономический эффект от применения данной технологии составляет до 60 тыс. белорусских рублей на 1м² устроенного тонкого защитного слоя в сравнении с 5 см слоя из горячего асфальтобетона. При этом, повышаются такие показатели дорожного покрытия как его несущая способность (до 50%), циклическая долговечность (до 150%) и водостойкость (до 100%), что позволяет обеспечить продление срока службы дорожного покрытия до капитального ремонта на 3-7 лет. Помимо этого, что немаловажно для городских условий, снижается уровень шума (на 10-15%) и повышается коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием (в 1,2-1,5 раза).

УДК 625.5

Особенности подбора става модифицированных асфальтобетонных смесей

Веренько В. А., Афанасенко А. А.
ЦНИИ ДСГМ, Белорусский национальный
технический университет

Важнейшими задачами экономического развития Республики Беларусь на современном этапе является повышение эффективности использования ресурсов во всех сферах деятельности и неуклонное улучшение качества продукции. Поставленные задачи на сегодняшний день являются актуальными и достаточно проблемными для дорожной отрасли, так как часто наблюдается ситуация, что состояние автомобильных дорог в нашей стране зачастую не отвечает нормативным требованиям, а срок службы покрытий во многих случаях не достигает расчетных значений.

Частично сложившуюся проблему можно объяснить тем, что в результате интенсивного развития экономики страны в последнее

время произошел существенный рост объемов грузо- и пассажиро-перевозок. Это привело к повышению интенсивности и нагрузок на ось современных транспортных средств, что в итоге повлияло на интенсивное развитие деформаций и разрушений дорожного покрытия. Также необходимо отметить, что Республика Беларусь находится в зоне повышенного влияния погодно-климатических факторов на эксплуатацию дорожных одежд. В частности, летние температуры покрытия достигают 60оС, зимние минус 30оС, увеличилось число переходов через 0оС. Как следствие, в результате комплексного воздействия транспортной нагрузки и погодно-климатических факторов существенно снижаются сроки службы дорожных одежд до капитального ремонта. Это требует повышенных материальных и финансовых затрат, так как от бесперебойной работы транспорта в огромной степени зависит эффективность общественного производства в целом.

Следствием указанных выше проблем является острая необходимость в применении новых высокопрочных материалов, которые позволят продлить срок службы дорожного покрытия до капитального ремонта, тем самым снизить затраты на улично-дорожную сеть Республики Беларусь, уменьшить влияние ремонтных мероприятий на пропускную способность экономически напряженных направлений сети. Фактически это означает, что требуется разработать методологию подбора составов долговечных асфальтобетонов. При этом следует учитывать особенности местных материалов, применяемых при производстве асфальтобетонных смесей, для уменьшения импортности конечного продукта.

Основной проблемой в данном направлении является то, что практически невозможно обеспечить требуемые характеристики асфальтобетонов без применения определенных компонентов, которыми являются различные модифицирующие добавки.

Наиболее крупным делением всех модификаторов является условное их разделение на модифицирующие добавки, которые улучшают вяжущее, путем модификации битума и полимерные добавки, вводимые непосредственно в смесительную установку асфальтобетонного завода, как правило, по линии подачи целлюлозного волокна. Существуют полимерные добавки, которые одинаково эффективны при обоих способах введения. Если касаться

преимуществ и недостатков двух этих групп модификаторов, то можно отметить следующие:

1. Применение модифицирующих добавок вводимых в смесь позволяет успешно модифицировать асфальтобетоны на любых асфальтобетонных заводах, оснащенным минимумом необходимого оборудования. Существует так же возможность ручной дозации и добавление добавок. Недостатком же этой группы будет повышенный расход компонента, вызванный относительно малым временем перемешивания смеси и, как следствие, недостаточно оптимальное распределение модифицирующих компонентов по всему объему асфальтобетонной смеси;

2. Преимуществом предварительной модификации битума является не только относительно малый расход модификатора, но и лучшее его распространение по объему асфальтобетонной смеси. Основным же недостатком, кроме высокой стоимости, необходимость применения дополнительного высокотехнологичного оборудования.

Так же к недостаткам данного способа является то, что подавляющее число полимерных добавок содержат один модифицирующий компонент, способный влиять лишь на определенные свойства. Так же добавке может содержаться до 30% балластного вещества, не оказывающего никакого влияния на свойства вяжущего. Применение высоконаполненных полимерами битумов позволит добиваться оптимального сочетания различных свойств вяжущих асфальтобетонных смесей, путем подбора комплексного модификатора с различными компонентами, влияющими на определенные свойства исходного битума.

При таком подходе основной проблемой является не столько подбор этих компонентов, сколько обеспечение их одновременного добавления в необходимой пропорции в процессе модификации смеси, так как при неравномерном распределении или нарушении пропорции будет невозможно получить прогнозируемые свойства конечного продукта, которым является асфальтобетонная смесь. Ведь даже небольшое отклонение от заданных расчетом свойств материалов приведет к некорректной работе всего покрытия и преждевременному его разрушению, что, в свою очередь, повлечет незапланированные и необоснованные затраты на содержание

улично-дорожной сети и к дополнительным неудобствам движению при производстве внеплановых ремонтных мероприятий.

Только оптимальное ведение работ и взаимосвязанность каждой стадии проектирование покрытия, расчет дорожной конструкции, проектирования асфальтобетонной смеси, выполнения работ по устройству покрытия может обеспечить получение технико-экономического эффекта по окончании расчетного срока службы дорожного покрытия.

Так же следует учитывать, что проектирование дорожных покрытий и составов асфальтобетонных смесей должно производиться с учетом заданных уровней надежностей не только покрытий, но и материалов применяемых при их устройстве. Таким образом, проявляется необходимость разработки методики подбора асфальтобетонных смесей с заданным уровнем надежности.

Чтобы осуществить поставленные задачи, необходимо получать асфальтобетоны с не меньшими характеристиками чем те, которые были заложены на стадии проектирования, а лучше с определенном запасом по прочности, при этом четко представляя технологические особенности устройства покрытий, чтобы в итоге не получить материал тяжело или вообще не применимый при устройстве асфальтобетонных покрытий. Для создания методологических основ подбора составов и расчета дорожных одежд на основе материалов из модифицированных асфальтобетонных смесей необходимо обладать опытом и комплексом знаний в проектировании составов асфальтобетонных смесей, а так же требуется произвести доскональные исследования по ряду ключевых направлений. Учесть особенности модифицированного вяжущего, его адгезионные свойства и изменения в способности наполняться мелкими фракциями минерального наполнителя. Определить особенности не только проектирования составов асфальтобетонных смесей, но и производственные аспекты воспроизведения запроектированного состава смеси. Таким образом, следует сделать вывод, что теоретические основы методологии подбора составов модифицированных асфальтобетонных смесей, является сложной и комплексной задачей, выполнение которой позволит на качественно новом уровне производить асфальтобетонные смеси с заданными характеристиками для особо грузо- и пассажиронапряженных участков улиц и дорог Республики Беларусь. В

странах Европы и в США методика подбора составов асфальтобетонных смесей кардинально отличается от той, которая применяется в Республике Беларусь. Так, если у нас основными параметрами на которые ориентируются при проектировании составов является соответствие нормативным требованиям, то в Европе и в США основной акцент делается на то, чтобы асфальтобетон удовлетворял не столько требованиям нормирующих документов, сколько показателям, заложенным в проекте. Такой подход является более рациональным исходя из возможностей подбора именно тех материалов, которые необходимы без затрат на дополнительные необоснованные ресурсы. Осуществление такой методики стало возможным в первую очередь благодаря тому, что производители асфальтобетонных смесей получают уже готовые к смешиванию составляющих с заводов. Так битум модифицированный поставляется в основном с таких крупных заводов, как SHELL, BP и т.д., где в заводских лабораториях группы специалистов подбирают оптимальные модификаторы для придания требуемых свойств битумам.

Особенностью же получения модифицированных битумом и, как следствие, производства асфальтобетонных смесей на их основе в Республике Беларусь, является применение установок по модификации битума непосредственно на асфальтобетонном заводе. Квалификация же персонала не всегда позволяет полностью разобраться во всем спектре предлагаемых модификаторов. Соответственно встает острая необходимость в современных условиях предоставить четкую и понятную методику проектирования составов асфальтобетонных смесей приготовленных на основе высоконаполненных полимерами битумах.

Несмотря на всю актуальность поставленной проблемы, проведение каких-либо исследований в данном направлении в нашей стране практически не ведется. Поставленные вопросы в рамках решения узких прикладных задач собственных исследований рассматривают только отдельные работники нашего структурного подразделения (ЦНИИ ДСГМ Филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть»). Существующая нормативная база в крайне незначительной степени отражает вопросы проектирования составов модифицированных асфальтобетонных смесей исходя из оптимального соотношения получаемых свойств и затрачиваемых ресурсов,

а, следовательно, о разработке грамотной и эффективной стратегии распределения ресурсов на строительство новой и ремонт существующей дорожной сети Республики Беларусь не может идти речь. Нами предлагается при проектировании составов смесей для оценки долговечности использовать подходы, основанные на теории надежности, где определяющими характеристиками являются уровень надежности (Р).

Исходя из величины указанной характеристики, можно судить о долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий, а, следовательно, проводить технико-экономические исследования в разрезе их жизненного цикла, т.е. на стадии проектирования, строительства, содержания и капитального ремонта. Такого рода исследования позволяют оптимизировать процессы на указанных стадиях исходя из достижения максимального результата, как с технической, так и с экономической точек зрения, а также выбрать для этих целей наиболее эффективные материалы и технологии.

УДК 625.5

**Разработка теоретических основ использования
модифицированных асфальтобетонных смесей повышенной
плотности и удобоукладываемости для устройства долговечных
покрытий автомобильных дорог и улиц**

Афанасенко А. А., Яцевич П. П.
ЦНИИ ДСГМ, Белорусский национальный
технический университет

Асфальтобетон, как строительный материал, работает в весьма агрессивной среде. Наибольшее влияние на его срок службы оказывает сочетание факторов транспортной нагрузки и природно-климатических факторов. Интенсивное разрушение асфальтобетона в летний и зимний период относительно климатических условий Республики Беларусь под воздействием температур, как отрицательных, так и положительных, обуславливает вопрос устойчивости асфальтобетона к проявлению такого рода воздействия.

Опыт Германии, Финляндии, Швеции и других европейских стран, а также исследования белорусских ученых свидетельствуют,

что один из путей повышения надежности и долговечности дорожных покрытий – применение асфальтобетонов повышенной плотности. Но применение таких смесей в Беларуси осложнено отсутствием соответствующей теории, методики их подбора и, главное, соответствующих технических требований к ним, учитывающих особенности климата и движения на дорогах республики.

Следствием указанных выше проблем является острая необходимость в применении новых высокопрочных материалов, которые позволят продлить срок службы дорожного покрытия до капитального ремонта, тем самым снизить затраты, уменьшить влияние ремонтных мероприятий на пропускную способность экономически напряженных направлений сети. Основной проблемой в данном направлении является то, что практически невозможно обеспечить требуемые характеристики асфальтобетонов без применения определенных компонентов, которыми являются различные модифицирующие добавки. Для создания методологических основ подбора составов долговечных асфальтобетонов необходимо обладать опытом и комплексом знаний в проектировании составов асфальтобетонных смесей, поэтому для реализации на практике Центром научных исследований и испытаний дорожно-строительных и гидроизоляционных материалов разработана методика проектирования составов смесей повышенной плотности, осуществляемая на основании оптимизации состава по сдвигоустойчивости, температурной трещиностойкости, усталостной трещиностойкости и коррозионной стойкости. Оптимизация состава минеральной части, выбор вяжущего и определение его оптимального содержания производится из условия обеспечения требуемого уровня надежности как интегральной характеристики долговечности.

В ходе проделанной работы работниками ЦНИИ ДСГМ были разработаны технические условия ТУ ВУ 100019869.577-2008 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон повышенной деформационной устойчивости для конструктивных слоев дорожных одежд улиц г. Минска», куда данные асфальтобетоны повышенной плотности вошли под именем АПДУ 1. Асфальтобетон повышенной деформативной устойчивости хорошо зарекомендовал себя в г. Минске. Однако существует один аспект при устройстве данной смеси. Смесью приобретает повышенную жесткость, что приводит к про-

блематичному её уплотнению. В основном это связано с несоблюдением технологией устройства. Процесс уплотнения является окончательным этапом формирования асфальтобетонного покрытия. В результате уплотнения формируется необходимая структура материала, обеспечивается прочность и надежность асфальтобетонного покрытия. Уплотнение смеси происходит вследствие сближения частиц, агрегатов материала и выжимания воздуха. В результате уплотнения изменяются свойства материала: уменьшается пористость, возрастает насыщенность связями единицы объема материала, увеличиваются прочность и вязкость, уменьшаются водо- и паропроницаемость, изменяются температурные характеристики смеси. В результате из рыхлой асфальтобетонной смеси формируется новый материал, свойства которого значительно отличаются от исходного. Уплотнение асфальтобетонных смесей различного состава характеризуется следующими особенностями: смеси с высоким содержанием дробленых зерен или с небольшим содержанием вяжущего труднее уплотнить до требуемой плотности. Эффективность уплотнения асфальтобетонной смеси зависит от содержания дорожного битума в смеси, его марки и температуры. Перечисленные факторы связаны между собой. К примеру, плотность асфальтобетона, достигнутая при небольшом содержании битума, обеспечивается его высокой температурой и наоборот. Влияние марки применяемого битума заметно лишь в случае снижения температуры уплотнения ниже определенного предела. Требуемая интенсивность уплотнения смеси возрастает по мере падения температуры и соответственно увеличения вязкости битума. На уплотняемость асфальтобетона существенное влияние оказывают форма зерен и шероховатость применяемых минеральных материалов, эти качества значительно повышают сопротивляемость асфальтобетона уплотнению, причем больше всего это относится к дробленому песку. Недостаточное уплотнение асфальтобетонного дорожного покрытия является основной причиной его разрушения. К примеру, при обследовании причин повреждений асфальтобетонных покрытий дорог и магистралей в ряде стран Европы установлено, что более 50% всех разрушений объясняется недостаточным уплотнением. Удобоукладываемость асфальтобетонной смеси зависит от вида и состава минеральных материалов, марки и количества вяжущего,

а также от температуры смеси во время уплотнения. Влияние пористости асфальтобетонной смеси на деформативную способность дорожного покрытия. Температура смеси оказывает также воздействие на усилие уплотнения. При высоких температурах смеси малая вязкость битума облегчает уплотнение смеси, так как в этом случае битум действует как смазка и снижает трение минеральных материалов. С возрастанием твердости битума при снижении температуры асфальтобетонной смеси резко увеличивается усилие уплотнения. Приходится преодолевать, помимо трения минеральных материалов, еще и сцепление с битумом. Поэтому основная задача состоит в том, чтобы начать уплотнение как можно раньше. Для обычных марок битума наиболее благоприятной является температура смеси при уплотнении 100-140°С. При температуре смеси 80-100°С уплотнение слоев дорожного покрытия заканчивают. При использовании более твердых битумов необходимо начинать уплотнение при максимальной температуре. Опыт применения разработанных смесей показал, что в значительной степени возросли показатели высокотемпературных свойств, так по сравнению со щебеночно-мастичным асфальтобетонным, предела прочности при сжатии при температуре 50оС вырос в 1,4 раза; внутреннего сцепления при температуре 50оС в 1,6 раза. Общий показатель надежности асфальтобетона увеличился с 0,8 до 0,95, что свидетельствует о высоком показателе технико-экономической эффективности.

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СОИСКАТЕЛЕЙ

УДК 625.765

Метод определения активности асфальтогранулята

Игошкин Д. Г.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

На основе технологии повторного использования асфальтогранулята (продукт переработки старого асфальтобетона) в асфальтобетонных слоях можно достичь замкнутого цикла, при котором потребность в дефицитных и дорогостоящих новых материалах сво-

дится к минимуму, что значительно снизит стоимость работ. Введение асфальтогранулята в состав асфальтобетонной смеси значительно снижает расчетный срок службы асфальтобетона по критерию усталостной трещиностойкости. Одной из причин снижения долговечности асфальтобетона является недостаточная «активность» используемого асфальтогранулята. Под активностью следует принимать способность асфальтового вяжущего в составе асфальтогранулята образовывать после нагрева и последующего остывания прочные связи, способные выдерживать транспортную нагрузку.

Степень активности асфальтогранулята определяется количеством и качеством битума на поверхности зерен минеральных частиц. Для объективной оценки активности асфальтогранулята необходимо проведение лабораторных исследований для определения количества и качества асфальтовяжущего вещества. Определить, является ли асфальтогранулят активным или неактивным, можно определив коэффициент активности. Коэффициент активности равен отношению пределов прочности при сжатии образцов из асфальтогранулята, изготовленных при температурах 80 °С и 150 °С.

Если коэффициент активности больше 0,9, асфальтогранулят относится к активным и может применяться при устройстве асфальтобетонных слоев без дополнительных мероприятий. Если коэффициент активности меньше 0,9, асфальтогранулят относится к неактивным и может применяться только совместно с новым битумом или с использованием "омолаживающих" добавок или в качестве инертного заполнителя.

УДК 625.5

Механизм набора прочности дорожно-строительных материалов на основе активированных электросталеплавильных шлаков

Калыска А. А, Бусел А. В.

Белорусский национальный технический университет

Электросталеплавильные шлаки в составе бетонов по ряду причин используются менее активно, чем доменные. Основные причинами являются их низкая гидравлическая активность, склонность к

распаду и существенные колебания химического состава. Минералогический анализ пробы не обнаруживает составляющих с высокой гидравлической активностью в нормальных условиях (20°C при атмосферном давлении). Основной причиной тому, очевидно, можно считать условия охлаждения и хранения шлаков, которые способствуют практически полной кристаллизации его составляющих (медленное остывание и хранение на открытой площадке). Одним из способов химической активации металлургических шлаков является применение сульфатного компонента (сульфатная активация), в результате чего при гидратации могут образовываться минералы, обладающие вяжущими свойствами, в частности гидросульфоалюминат кальция (этtringит). Известно, что этот минерал может образовываться в присутствии гипса и гидроксида кальция. Гидроксид кальция может появляться в шлаке в результате гашения свободной CaO, присутствующей в свежем шлаке. При затворении шлака сульфатным активатором (раствор сульфата алюминия) происходит следующая реакция: $Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$. В экспериментах образцы шлака затворялись водой и раствором сульфата алюминия. В возрасте 28 суток прочность основных образцов достигала 5,5 МПа, (контрольные 1,3 МПа). Рентгенофазовый анализ затвердевшего активированного шлака показал появление характерных для гидросульфоалюмината кальция пиков ($d=9,79; 5,64$) на дифрактограмме (рис. 1).

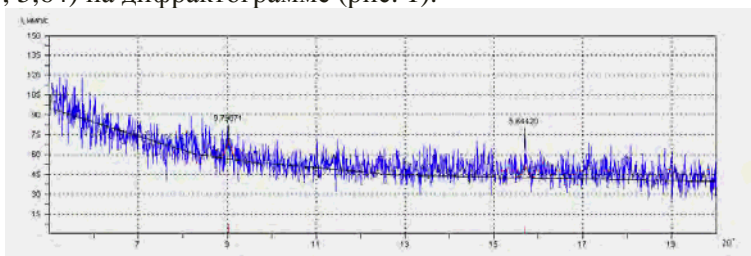


Рис. 1 – Дифрактограмма затвердевшего шлака с активатором

УДК 625.85

**Применение техногенных отходов в качестве сырья
для получения тепло- и звукоизоляционных материалов**

Бондаренко С. Н., Корончик А. В., Юшкевич А. В., Шохалевич Т. М.
Белорусский национальный технический университет

Постоянное накопление техногенных и твердых бытовых отходов является большой проблемой и их рациональная утилизация имеет особенную актуальность. Проведен анализ научно-технической и патентной литературы по проблеме применения техногенных отходов (стеклобой и отсеvy дробления горных пород) для изготовления некоторых видов функциональных материалов на основании которого показана возможность получения дешёвых и технологичных звуко- и теплоизолирующих материалов.

Рассматривая производство пеностекла, известного с 30-х годов прошлого века материала, разработанного в СССР, можно отметить, как недостаток стандартной технологии его производства необходимость больших энергозатрат на получение целевого материала: измельчение и плавление стеклобоя, получения на его основе гранул, а затем повторного спекания.

Во всех перспективных технологиях переработки смешанных техногенных отходов используют тонкие и сверхтонкие порошки, получаемые при сухом помоле продуктов дробления и стеклобоя. Предлагается использование тонких отсеvов дробления и мелких фракций стеклобоя в качестве базовых компонентов шихты при производстве пеностекла (обжиг шихты с газообразователем при температуре от 630 до 850° С).

При тонком измельчении частиц материала горных пород, продуктов и техногенных отходов их переработки, происходит механическая активация порошковых частиц за счет увеличения их общей и реактивной поверхности, а также за счет увеличения числа поверхностных дефектов, которые способны вступать в твердофазные химические взаимодействия. Механохимическая активация может также способствовать снижению температуры начала процессов спекания и твердофазного химического взаимодействия частиц в шихте. Предлагается возможность приготовления пеностекла на

основе техногенного сырья из отсевов дробления гранитного щебня и мелких фракций стеклобоя. Формирование целевого материала обеспечивается за счёт увеличения контактной поверхности реагирующих частиц шихты, что даёт возможность утилизации больших объемов пылевидных техногенных отходов. Реализация предлагаемой технологии позволит стабилизировать экологическую ситуацию в стране и получить дешевый функциональный тепло и звукоизолирующий материал для строительной отрасли, в частности для устройства шумозащитных сооружений.

УДК 625.09

Снижение шума от автомобильных дорог

Шохалевич Т. М.

Белорусский национальный технический университет

За последние годы мировой практикой разработаны и исследованы различные методы по снижению шумового загрязнения на прилегающих территориях вдоль автомобильных дорог. Одним из основных методов защиты остается установка шумозащитных экранов. Надо заметить, что реальные измерения акустической эффективности шумозащитных экранов значительно ниже расчетных величин. Это связано как с технологическими недочетами, так и с недостаточностью конструктивно -планировочных решений, сложностью учета взаимовлияния существующей структуры застройки на эффективность шумозащитных экранов. Немаловажным фактором остается архитектурное решение, вписывание сооружения в окружающий ландшафт, что позволяет воспринимать застройку как единое художественное целое. При расчете акустической эффективности шумозащитных экранов необходимо учесть распространение звуковой волны от транспортного потока на магистрали по следующим направлениям: проходящим выше шумозащитного экрана; при огибании верхнего края и боковой кромки шумозащитного экрана; проходящим через тело шумозащитного экрана, а также отраженным звуковым волнам. Снижение шума шумозащитным экраном происходит за счет частичного поглощения и отражения звуковой волны. Величина поглощающего и отра-

жающего эффекта связана с высотой и длиной экрана, типом конструкции, а также видом применяемого материала. Шумозащитный экран можно представить в виде однослойной или многослойной конструкции. Однослойные конструкции, изготовленные из однородного материала (бетон, металл, древесина, прозрачные материалы, пластики и пр.), в большей степени обладают звукоотражающим эффектом, который усиливается при параллельной установке. Многослойные конструкции чаще изготавливаются в виде трехслойной системы (как правило, из металла) со звукопоглощающим материалом, расположенным между слоями. Применение звукопоглощающего материала в конструкции способствует снижению величины дифрагирующего звука и уменьшению отражения звуковой волны. Такая конструкция позволяет увеличить эффективность шумозащитных экранов до 3 дБА. В качестве звукопоглощающих материалов применяются различные пористые или волокнистые материалы.

УДК 625.5

**Исследование усталостной долговечности асфальтобетонных,
модифицированных полимерными добавками
различных типов**

Ладышев А. В., Лира С. В.

Белорусский национальный технический университет

В работе исследован вопрос определения надежности и долговечности асфальтобетонного слоя, если его устраивать из асфальтобетона одного типа и марки (по СТБ 1033-2016), для которых достигнут один и тот же показатель сдвигоустойчивости путем применения обычного битума, модифицирующей добавки на основе термопластов и модифицированного битума термоэластопластами. Установлена зависимость, как может отличаться работа асфальтобетона, для которого достигнуты одинаковые физико-механические свойства согласно действующим нормативным документам путем применения вяжущих различного типа.

Согласно примененной методологии выделены физико-механические свойства асфальтобетона, которые определяют его расчет-

ные сроки службы и уровни надежности: φ — угол внутреннего трения, 0; C — внутреннее сцепление материала, МПа; R_c — предельная структурная прочность, МПа; R_0 — прочность на растяжение при температуре 00С, МПа; ν — параметр, характеризующий количество упругих связей, вовлеченных в процесс деформирования, определяемый по формуле (3); $K_{mрз}$ — коэффициент морозостойкости. Проведенные исследования позволили сделать выводы, что целесообразность модификации асфальтобетона добавками различного типа рационально только при достижении высоких значений физико-механических свойств. С технической точки зрения, исходя из значений расчетных сроков службы, модификация асфальтобетонов рациональна модифицирующими добавками группы термопласты полимерными при достижении следующих показателей физико-механических свойств: $I_{пл} \geq 2,7-3,0$; $R_c \geq 5,3$ МПа; $\nu \leq 0,46$. При применении модифицированных битумов добавками группы термоэластопласты свойства должны соответствовать следующим требованиям: $I_{пл} \geq 2,7-3,0$; $R_c \geq 5,5$ МПа; $\nu \leq 0,41$. Если одинаковые физико-механические свойства асфальтобетонов ($I_{пл}$) достигнуты на обычном битуме, с применением добавок и на модифицированном битуме, то расчетные сроки службы будут выше на модифицированных асфальтобетонах на 2-4 года. Устойчивость конструкции к пластическим деформациям выше при модификации асфальтобетонов многокомпонентными полимерными добавками на основе термопластов (частный уровень надежности P1), однако общий уровень надежности и циклическая долговечность материала по всем критериям прочности как правило может быть выше в случае применения модифицированных битумов добавками группы термоэластопласты.

Получение микрокристаллической целлюлозы

Оев С. А., Куприянчик А. А.

Таджикский государственный университет
Белорусский национальный технический университет

Обязательным компонентом щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) является стабилизирующая волокнистая добавка, чаще всего из целлюлозы. В настоящее время в Таджикистане в качестве стабилизирующих добавок для ЩМА используют добавки импортного производства VIATOR, TOPCEL, TECHNOCEL 1004, ARBOCEL, которые имеют высокую стоимость. В связи с этим важным является поиск альтернативных (импортозамещающих) стабилизирующих добавок для ЩМА. В качестве альтернативы применяемым добавкам может быть рассмотрена стабилизирующая добавка на основе хлопковой целлюлозы – микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ). Для получения МКЦ были использованы целлюлозосодержащие отходы переработки хлопка-сырца. Относительно низкое содержание инкрустов в этом сырье дает возможность использовать натронный способ варки сырья. При этом было учтено, что нежелательные примеси при варке целлюлозосодержащего сырья удаляются в начальный период, поэтому с целью сокращения продолжительности процесса получения целлюлозы из хлопкового сырья использованы 1-2 часовые натронные варки при температуре 140-150°C. С целью отработки технологии получения МКЦ были проведены исследования по изменению СП, выходу МКЦ, размера частиц (ситовой) при обработке целлюлозы растворами соляной и серной кислот в течение различного времени при разных температурах. Основная роль стабилизирующей добавки заключается в адсорбции битума на их поверхности. Поэтому определялось количество битума, химически связанного с поверхностью волокон, путем оценки разности величин адсорбции и десорбции битума в бензольном растворе. На основе хлопковой целлюлозы из тонко- и средне-волокнистых отходов хлопка получено микрокристаллическая целлюлоза, которая может быть использована в качестве стабилизирующей добавки в составе ЩМА. Результаты исследования

адсорбции и десорбции битума на поверхности волокнистых материалов показывают, что лучшим адсорбентом битума являются волокна МКЦ. МКЦ может явиться конкурентоспособной в сравнении со стабилизирующими добавками импортного производства VIATOR, TORCEL в составе ЦМА.

ДОКЛАДЫ АСПИРАНТОВ

УДК 625.855.063

Коалесцирующие добавки для ускорения кинетики роста прочности материалов из эмульсионно-минеральных смесей

Вавилов П. В.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

Одним из способов ускорить процесс коалесценции (окончательной стадии коагуляции) в дисперсных полимерных системах, например при нанесении лакокрасочных покрытий, является введение коалесцентов, которые понижают минимальную температуру пленкообразования (МТП), а затем испаряются. Регулирование вязкости битума является эффективным способом ускорения кинетики роста прочности материалов из эмульсионно-минеральных смесей (ЭМС). Основными способами снижения вязкости связующего вещества битумных эмульсий является пластификация битумов, используемых для производства эмульсий, либо введение коалесцентов. Коалесцирующие добавки действуют как временный пластификатор для глобул битума. Основным эффектом их действия является размягчение битума до такой степени, что в процессе и сразу после испарения водной фазы, окружающей глобулы битума, отдельные из них могут соединяться (коалесцировать) с образованием сплошной однородной пленки. Если пленка образуется и высыхает при температуре выше минимальной температуры пленкообразования (МТП), происходит равномерная коалесценция. Такую же пленку можно получить при добавлении подходящего коалесцента в необходимом количестве, вызывающего снижение МТП битума. Для эффективного применения с битумными эмульсиями

коалесцент должен обладать определенными свойствами: вещество должно быть растворимым в углеводородах и растворимым (частично растворимым) в воде; скорость испарения должна быть меньше, чем у воды; плотность коалесцента должна быть близка к плотности битумной эмульсии, чтобы не оказывать влияние на ее стабильность при хранении. К таким веществам, можно отнести, например, циклогексанон (производится на ОАО «Гродно Азот») и циклогексанол.

В настоящее время для битумных эмульсий нет испытательного метода, позволяющего напрямую исследовать коалесценцию глобул битума и характеризующие данный процесс параметры, такие, например, как время коалесценции и МТП. Для определения степени влияния коалесцента на вязкость исходного битума БНД 90/130 можно предложить методику СТБ 2188 (рисунок 1). Для определения эффективности коалесцентов на процесс роста прочности материалов из ЭМС рекомендуется воспользоваться методикой .

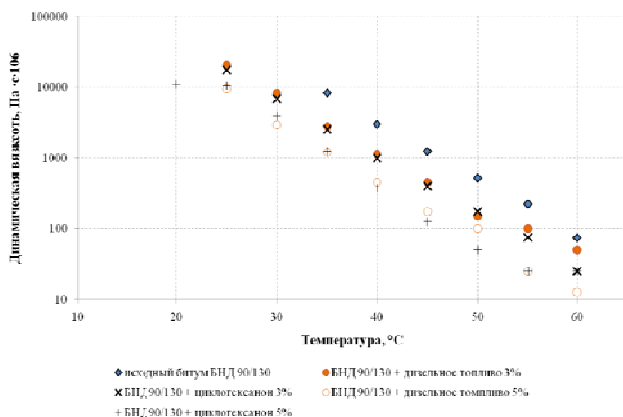


Рис. 1 – Влияние добавок на вязкость битума БНД 90/130

Получение кубовидного доломитового щебня

Буко А. Н., Бусел А. В.

Белорусский национальный технический университет

В статье рассмотрен процесс измельчения доломита в центробежно-ударной дробилке. Авторами получена аналитическая зависимость для определения скорости удара кусков каменного материала об отбойную поверхность дробилки, позволяющая оптимизировать процесс получения щебня требуемой фракции и формы. Для придания каменным материалам требуемых потребительских и технологических свойств широко используются операции их измельчения. В настоящее время все большее применение находит центробежно-ударный способ дробления. Низкие энергозатраты и высокая эффективность при измельчении хрупких каменных материалов ставят центробежно-ударные дробилки в ряд наиболее перспективных [1]. Эти агрегаты позволяют реализовать способ измельчения «свободным ударом», при котором дробление осуществляется с низким выходом частиц игольчатой и лещадной формы (не выше 10 % по массе). Разрушение кусков каменного материала происходит по границам спайности минералов и внутренним трещинам, что приводит к селективному дроблению с получением зерен максимально цельного материала. Полученные в результате такого дробления частицы практически лишены внутренних дефектов, что приводит к повышению их прочности на сжатие по отношению к прочности кусков исходного материала.

Наиболее предпочтительным видом разрушения кусков исходного материала в помольной камере мельницы является разрушение посредством высокоскоростного центрального (прямого) удара об отбойную поверхность. В данном случае кинетическая энергия кусков материала максимально используется для разрушения с минимальными непроизводительными потерями.

На экспериментальной базе НПО «Центр» проведены опытно-технологические работы по центробежно-ударному дроблению доломитового щебня из смеси фракций 20-60 мм с целью оптимизации ударного силового воздействия, обеспечивающего получение щебня

требуемой прочности и кубовидной формы. Изменение потребляемой дробилкой мощности на тонну готового продукта представлено в таблице 1. Как следует из данных таблицы 1 увеличение скорости вращения ротора с 45 до 80 м/спри дроблении доломитового щебня приводит к повышению удельного расхода энергии от 1,73 до 3,28 кВт-ч на тонну перерабатываемого материала. Анализируя величину остатка продукта на сите 20 мм можно заключить, что оптимальная скорость дробления доломитового щебня находится в диапазоне от 50...65 м/с.

Чтобы сократить энергозатраты было предложено установить отбойные элементы под углом 90° к траектории движения кусков материала. Для сравнения авторами была проведена оценка эффективности дробления доломита фракции 20-60 мм в конусной дробилке до готового продукта с размером менее 15 мм.

Таблица 1 – Зависимость потребляемой мощности на тонну готового продукта от скорости удара

Скорость удара, м/с	Остаток на сите 20 мм, %	Потребляемая мощность на тонну готового продукта		
		дробилка, кВт-ч	вспомогательное оборудование, кВт-ч	общая, кВт-ч
45	64	1,73	2,99	4,62
50	58	1,89	2,64	4,55
55	53	2,08	2,39	4,47
60	48	2,28	2,19	4,47
65	44	2,51	2,04	4,55
70	40	2,75	1,92	4,67
75	36	3,00	1,82	4,82
80	33	3,28	1,74	5,02

Примечание: Затраты электроэнергии на вспомогательное оборудование (питатель, грохот и транспортеры) составляют порядка 1 кВт-ч на тонну перерабатываемого материала

Получено соотношение фракций 0-5 мм и 5-15 мм, которое составляет 30 % к 70 % в конусной дробилке, а в центробежно-ударной дробилке – 15 % к 85 % .Выход фракции доломитового щебня 5-15 мм в центробежно-ударной дробилке выше на 20% и соответственно меньше образуется отсевов дробления (фракция <5мм).

Кроме того, конусные дробилки обеспечивают получение щебня с содержанием зерен лещадной формы от 15 % и выше, а центробежно-ударные дробилки при аналогичных параметрах – до 10%.

Проведены исследования физико-механических свойств щебня фракций 5-10 мм и 10-20 мм, полученных в щековой и ударно-центробежных дробилках. Установлено, что в результате ударно-центробежного дробления марка по дробимости повышается до 1000 в сравнении со щековой – 600. Содержание в материале зерен пластинчатой и игловатой формы уменьшилось в среднем в 2-3 раза, и составило 4,5-7,5%, что соответствует щебню I группы. В измельченном продукте содержание частиц изометрической кубообразной формы составило около 93-95%, а насыпная плотность щебня, полученного ударно-центробежным способом повысилась на 5-8 %, что свидетельствует о его лучшем распределении в объеме за счет оптимального размера и формы зерен. Истираемость доломита в результате избирательного дробления повысилась на 30-35% и соответствует марке И-1.

Выводы:

1. Экспериментально установлено, что центробежно-ударные дробилки по сравнению с конусными дробилками позволяют получить более качественный доломитовый щебень в виду малой его лещадности (до 10 %) и большей прочности зерен щебня.

2. Предложено для уменьшения энергозатрат при дроблении каменного материала реализовать прямой удар кусков об отбойную поверхность, для чего внесены изменения в конструкцию дробилки.

УДК 625.85

Снижение энергетической нагрузки на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и конструктивные элементы мостов и путепроводов за счет увеличения ударной вязкости цементобетонных покрытий

Зубарь М. В., Кравченко С. Е., Коледа А. А.
Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации дорожная конструкция, и в первую очередь, покрытие испытывает воздействие ряда факторов внешней среды. Одним из наиболее значимых факторов следует определить динамическое действие транспортной нагрузки, заключающееся в передаче и трансформации энергии движущегося автомобиля на конструктивные слои дорожной одежды, либо применительно к мостам и путепроводам на нижерасположенные их конструктивные элементы. Дорожные покрытия, в силу своих структурных особенностей, по-разному реагируют на энергетическое воздействие движущегося автомобиля. Так покрытие, устроенное из асфальтобетона, представляющее собой упруго-вязко-пластичный материал в большой степени поглощает энергию, чем покрытие, устроенное из цементобетона, являющегося упругим материалом. Следовательно, можно утверждать, что асфальтобетонное покрытие обладает большей ударной вязкостью. Эта особенность асфальтобетона способствует более быстрому затуханию амплитуд колебаний, вызванных движущимся автомобильным транспортом, что приводит к снижению напряжений как в покрытии, так и в нижележащих слоях оснований. В тоже время, в условиях современного движения автомобильного транспорта, характеризующегося повышенной грузоподъемностью транспортных средств, высокой интенсивностью и скоростью движения становится очевидным один из недостатков жестких цементобетонных покрытий-неспособность быстро поглощать энергию движущегося автомобиля. Это и является одной из причин нарушения ровности бетонных плит, разуплотнения оснований за счет перемещения зерен материалов неукрепленных слоев оснований, особенно зерен песка. Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия позволит снизить энергетическое воздей-

ствии движущегося автомобиля на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и на конструктивные элементы мостов и путепроводов. Механизм повышения ударной вязкости цементобетонных покрытий. Способность поглощать энергию движущегося автомобильного транспорта в большей степени зависит от его вязкости. Проведенные ранее исследования подтверждают этот факт тем, что при введении в состав асфальтобетонной смеси полимерных материалов можно повысить коэффициент затухания колебаний в дорожном покрытии в 1,5-2 раза [1]. Был рассмотрен способ повышения ударной вязкости цементобетонного покрытия за счет использования в составе цементобетонной смеси резиновой крошки. Введение и распределение частиц резиновой крошки в цементобетонной смеси осуществляют механическим смешением в установке. При этом они распределяются в цементобетонной смеси в виде дисперсной фазы с формированием так называемой островковой структуры. Можно предположить, с учетом имеющихся исследований применительно к полимерным смесям [2], что ударная вязкость цементобетона будет определяться содержанием и размером частиц резиновой крошки. С увеличением доли частиц резиновой крошки ударная вязкость цементобетонной смеси возрастает, но снижаются ее жесткость и другие механические характеристики, так как частицы резиновой крошки имеют гораздо меньший модуль упругости, чем окружающая их цементная матрица. Следовательно, необходима такая концентрация частиц резиновой крошки при которой возможно увеличение ударной вязкости материала при сохранении механических характеристик цементобетонной смеси. В этом случае большое значение имеет характер свойств на границе раздела между частицами каучука и цементной матрицей, где образуется более жесткий промежуточный слой. Поэтому не истинный диаметр частиц каучука, а несколько меньший эффективный их диаметр. Расчёты вероятности встречи трещин с частицами каучука при различных их диаметре, толщине промежуточного слоя и содержании дисперсной фазы показывают, что в зависимости от толщины промежуточного слоя с ростом диаметра частиц каучука ударная вязкость увеличивается, а в некотором интервале диаметров частиц дисперсной фазы — уменьшается [2].

Повышение ударной вязкости цементобетона при введении резиновой крошки обуславливается торможением растущей трещины за счет того, что частица резиновой крошки при прохождении через нее трещины сильно деформируется и поглощает энергию движущегося транспортного средства, а также концентрацией напряжений в частицах резиновой крошки и в их окрестности, в которых возникают микротрещины и поглощается энергия, что тормозит рост микротрещин. При введении резиновой крошки в асфальтобетонную смесь прочную связь между собой образуют частицы резиновой крошки и матрица асфальтовяжущего путем их химической сшивки в процессе полимеризации.

Экспериментально-лабораторные исследования.

При исследованиях использовались цементобетонные смеси с содержанием резиновой крошки 0%, 5%, 7,5%, 10% от массы цемента (рис.1). Опытные образцы представляли собой кубы размером 100x100x100 мм из неармированного бетона. Образцы испытывали на прочность при сжатии в возрасте 7, 14 и 21 суток.

По результатам испытаний были построены графики зависимости прочности бетона от содержания резиновой крошки (рис. 2).

Данные испытаний показывают, что прослеживается зависимость потери прочности при сжатии контрольных образцов цементобетона в сравнении с образцами содержащими резиновую крошку. При этом, при содержании в цементобетоне 7,5% резиновой крошки потери прочности бетона наименьшие, что позволяет определить данную концентрацию, как оптимальную.

Зависимость ударной вязкости цементобетона от содержания частиц резиновой крошки оценивалась по скорости прохождения звука через образец бетона на 21 сутки с помощью ультразвукового прибора Пульсар. При этом, скорость звука определялась по трем направлениям (главным осям). Результаты испытаний приведены в табл. 1 и на рис. 3.



Рис. 1 – Общий вид частиц резиновой крошки

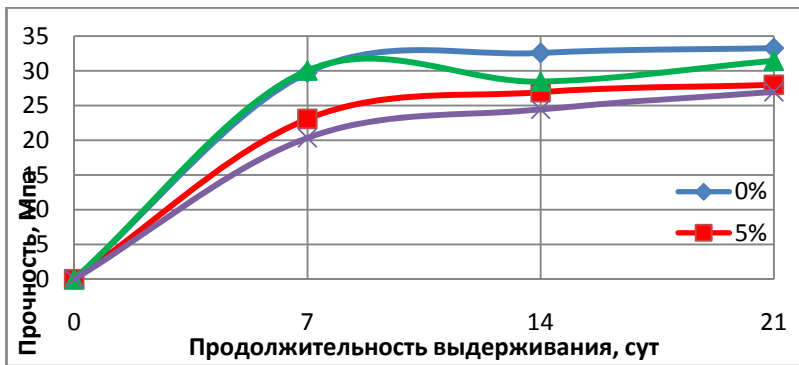


Рис. 2 – Прочности бетона в зависимости от содержания резиновой крошки

Таблица 1 – Скорость прохождения звука в образцах по главным осям

Содержание крошки, %	0	5	7.5	10
Скорость звука, м/с	4140	3950	3760	3940
	4140	3880	3770	3960
	4060	3800	3650	3650

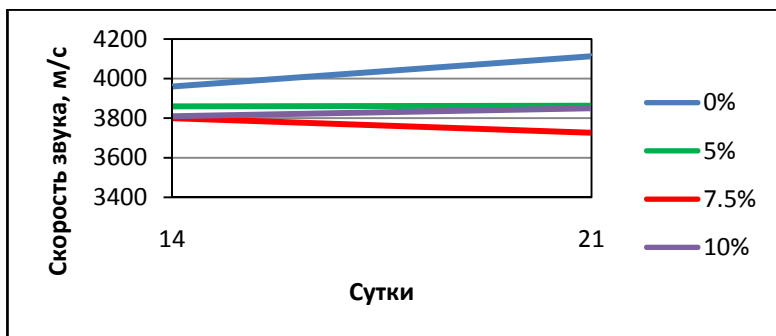


Рис. 3 – Средняя скорость прохождения звука в образцах

Из приведенных данных видно, что скорость прохождения звука в контрольных образцах на 21 сутки в сравнении с 14 сутками выросла, что объясняется закономерным увеличением прочности и, соответственно, увеличением модуля упругости. В тоже время, при добавлении резиновой крошки, скорость прохождения звука уменьшается, что может указывать на снижение модуля упругости и увеличение ударной вязкости цементобетона. Наибольшее снижение скорости прохождения звука показывает образец с содержанием резиновой крошки 7,5%, что еще раз подтверждает ее оптимальность. Также по значениям скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направлениям, можно судить о равномерности распределения частиц резиновой крошки в объеме цементобетона, что также позволит косвенно оценить степень его анизотропии. Наибольшую равномерность распределения частиц резиновой крошки, по результатам статистической обработки- использовались статистические характеристики, такие как средне-квадратическое отклонение S и коэффициент вариации K_v , имеют образцы бетона без резиновой крошки и с ее содержанием 7,5%.

Можно предположить, что применение резиновой крошки повысит морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства цементобетонных покрытий, последнее наиболее актуально для городских улиц.

ВЫВОДЫ:

Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия, за счет применения частиц резиновой крошки, позволит снизить энер-

гетическое воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и на конструктивные элементы мостов и путепроводов.

По значениям скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направлениям, можно судить о равномерности распределения частиц резиновой крошки в объеме цементобетона и о степени его анизотропии. Можно предположить, что применение резиновой крошки повысит морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства бетонных покрытий.

Литература:

1. Дорожный асфальтобетон. Гезенцвей Л.Б., Горельшев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В.– М.:Транспорт, 1985.
2. Прочность полимерных материалов. Нарисова И.– Москва Химия,1987.

УДК 691.168

Стеклобой как альтернатива природному мелкому заполнителю в асфальтобетонах

Гайдук Д. М., Литвинчук М. А., Васильева Е. И.
Белорусский национальный технический университет

Для снижения негативного воздействия на окружающую среду в строительстве все чаще используются отходы промышленности. По данным Национального статического комитета Республики Беларусь на 2015 год образование отходов производства составило 49865 тыс. тонн. Одним из таких отходов является стеклобой тарный, относящийся по степени опасности Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь, к неопасным.

В мировой практике использование стеклобоя в составе асфальтобетона дало название новому материалу гласфальт (от англ. Glass – стекло и asphalt – асфальт). Одним из результатов исследований свойств гласфальта стало заключение о плохой адгезии между битумом и стеклом. Данная закономерность вытекает из аморфной природы стекла, и как следствие отсутствия химического взаимодействия между материалами.

Целью проведенного исследования было улучшение адгезионной способности стеклобоя путем обработки его поверхности различными способами, а так же оценка прочностных свойств песчаных асфальтобетонов, содержащих модифицированные отходы стекла.

В качестве исходного сырья был выбран стеклобой тарный смешанных цветов с модулем крупности $M_k=1,92$. Первая часть исследования была посвящена активации поверхности стеклобоя. Для повышения адгезионных свойств отходов стекла применялась обработка его поверхности водными растворами различных материалов с последующим выпариванием жидкой фазы. Обработанный материал смешивался с битумом до образования однородной по цвету массы и подвергался кипячению. Затем визуально оценивалось влияние обработки поверхности на сцепление стеклобоя и вяжущего. Наилучшей адгезией с битумом обладал стеклобой, обработанный водным раствором борной кислоты. За счет того, что после активации поверхности стекла придается положительный заряд, тем самым меняется характер химических связей. Вторая часть исследования касалась проверки прочностных свойств песчаного асфальтобетона, содержащего различные виды заполнителя в определенном процентном соотношении. В качестве контрольного был изготовлен образец со 100% содержанием природного мелкого заполнителя. В других составах вместо песка использовался стеклобой, активированный кислотой, и необработанный. Образцы испытывались на прочность на сжатие. Вывод: в ходе работы были проведены испытания стеклобоя как альтернативной замены природного мелкого заполнителя. Для улучшения адгезионной способности отходов стекла предлагается активировать его поверхность с помощью раствора борной кислоты и соли. Такая обработка значительно улучшает сцепление с битумом. Активированный стеклобой можно применять в качестве мелкого заполнителя, при содержании его в составе песчаного асфальтобетона в количестве 50% прочность возрастает примерно в 2 раза в сравнении с контрольным образцом. При дальнейшем увеличении количества битого стекла в асфальтобетоне прочность возрастает, но происходит значительное уменьшение линейных размеров.

Для дальнейших исследований предлагается определить оптимальное количество мелкого заполнителя из стеклобоя в составе

асфальтобетона, а так же проверить прочностные свойства щебенистых асфальтобетонов содержащих данный вид отходов.

УДК 691.23

Использование техногенных отсеков в качестве наполнителей в цементобетоне

Муравский В. Ю., Лазаров М. А., Васильева Е. И., Бондаренко С. Н.
Белорусский национальный технический университет

Минеральные вещества, измельченные до тонкости помола цемента, представляют собой ценное сырье. Применение такого сырья позволяет снижать затраты на клинкерные цементы в строительстве. Частичная замена высокомарочных цементов тонкодисперсными материалами при изготовлении низко- и среднемарочных бетонов приводит в необходимое соотношение класс бетона к марке цемента. Располагаясь вместе с цементом в пустотах заполнителя, минеральные добавки уплотняют структуру бетона, поэтому их часто называют минеральными наполнителями. В данной работе было уделено внимание инертным добавкам-наполнителям. Неактивные минеральные добавки-наполнители представляют собой тонкомолотые или тонкодисперсные вещества естественного происхождения или отходы промышленности, состоящие из веществ, не обладающих скрытой гидравлической активностью. При введении дисперсных добавок в состав цементной смеси увеличивается общая поверхность контакта составляющих компонентов, что, в свою очередь, повышает объем удерживаемой адсорбционной воды. В результате поверхность зерен заполнителя покрывается необходимым количеством цементного теста, а удобоукладываемость смеси соответствует заданным значениям [1].

Требуемое количество неактивных минеральных добавок определяется по следующему принципу: замена добавкой 1% цемента по массе приводит к получению смешанного вяжущего с активностью меньшей на 1% чем без нее. В проводимом исследовании были выбраны техногенные материалы для оценки возможности их применения в качестве инертных добавок наполнителей. Материалы были представлены отсеком доломита и двумя различными от-

севами гранита. Все вторичные продукты соответствовали требованиям, предъявляемым к инертным добавкам. Для определения удельной поверхности материалов был выбран метод воздухопроницаемости (по Блейну). В основе, которого лежит измерение времени, необходимого для прохождения воздуха через слой материала установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до содержания определенного количества пустот в единице объема. Удельная поверхность пропорциональна \sqrt{t} . Затем при заданном водоцементном отношении 0,5 были изготовлены цементные балочки. В качестве контрольного был изготовлен образец без добавок с соотношением цемента к мелкому заполнителю 1:3. В остальных случаях 30% цемента было заменено на соответствующий вид отсева. При извлечении из форм образец, содержащий один из отсевов гранита разрушился. Остальные были испытаны в возрасте 7 суток на прочность на сжатие. Вывод: результаты проведенного испытания показали, что отсев гранита не пригоден для использования в качестве инертных добавок-наполнителей в связи со значительными потерями прочности. Отсев доломита может быть использован в качестве инертного наполнителя. Потеря прочности составила 19% в сравнении с контрольным образцом, при экономии цементного клинкера в количестве 30%. Для дальнейших испытаний предлагается определить оптимальное соотношение вводимого наполнителя к цементу путем определения прочности образцов с различным содержанием добавки.

УДК 691.3

Современные электрохимические методы оценки процесса гидратации цементобетона

Бондаренко С. Н., Русак Э. Э., Васильева Е. И.
Белорусский национальный технический университет

Наибольший интерес при изучении цементобетонных конгломератов представляет процесс гидратации, включающий схватывание и твердение. Современный подход к строительству дорог требует применения наиболее точных методов, способных не только описывать, но и давать качественную оценку физико-химическим про-

цессам на различных стадиях гидратации. Покрытия дорожных одежд Республики Беларусь работают в условиях агрессивного воздействия окружающей среды. Особое влияние на набор прочности цементобетона оказывает избыточное увлажнение во время твердения. В проведенной работе была показана принципиальная возможность использования импедансной спектроскопии в исследованиях цементобетонных материалов при контакте с водой. Применение метода импедансной спектроскопии позволяет описать характер удаления влаги из порового пространства цементобетонных образцов. Особенностью данной работы является введение эквивалентной электрической схемы. Данная схема позволяет соотнести физико-химические процессы, протекающие в цементобетоне при контакте с влагой, с характерными изменениями параметров спектров. На рисунке 1 представлен характерный спектр импеданса цементобетонного образца после набора прочности в возрасте 28 суток и высыхания до постоянной массы при предварительном водонасыщении. Проанализировав спектры эквивалентных схем, была установлена зависимость между размерами частиц заполнителя с сопротивлением и емкостью образца. Для образцов, содержащих крупные фракции заполнителя, характерно наименьшее сопротивление и наибольшая емкость. При высушивании водонасыщенных образцов с крупным заполнителем происходит быстрое возрастание сопротивления и соответствующее уменьшение электрической емкости. Для образцов с мелким заполнителем тенденция изменения спектров при высушивании была не такой выраженной. Полученные результаты можно объяснить тем, что удаление влаги из внутренних пор образцов с открытой пористой структурой легче реализуется по широким каналам, что характерно для образцов с порами больших размеров.

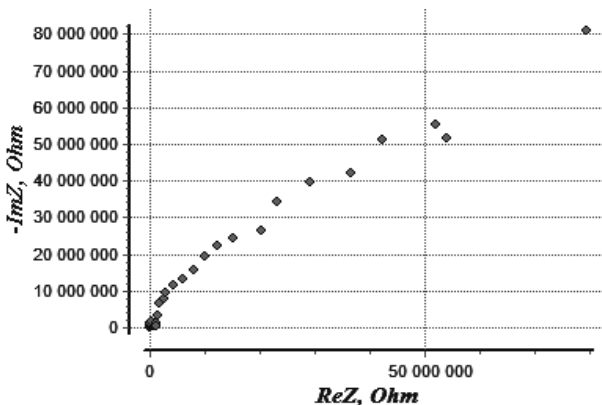


Рис. 1 – Спектр импеданса образца постоянной массы

УДК 691.168

**Особенности армирования песчаных асфальтобетонов
дисперсным волокном из отхода производства базальтовых
минералватных плит**

Александров Д. Ю.

Белорусский государственный университет транспорта

Идеальной структурой песчаного дисперсно-армированного асфальтобетона является структура с максимальным сближением зерен минерального материала при оптимальной толщине битумной пленки. Дисперсные волокна в таком материале должны быть равномерно распределены по объему асфальто вяжущего. Волокна должны быть разделены, недопустимо образование пучков и кластеров необработанных вяжущим. В таком случае при воздействии силы в любом направлении микроарматура будет способствовать повышению физико-механических свойств песчаного асфальтобетона. Повысить адгезионную прочность контакта «вяжущее-волокно», можно за счет травления волокна в известковом растворе.

Для равномерного распределения волокна по объему асфальто вяжущего необходимо разработать промышленную установку. Вторым важным технологическим решением является приготовление смеси минерального порошка и вспушенного дисперсного волокна

в этой же установке. В таком случае технология подготовки волокна будет включать следующие этапы: загрузка отхода в емкость промышленной установки; наполнение емкости раствором для травления; продолжительное травление с периодическим перемешиванием; сушка травленного волокна; перемешивание волокна с минеральным порошком. Суммарная стоимость подготовки волокнистого отхода и приготовления асфальтобетонной смеси больше чем стоимость приготовления традиционного асфальтобетона типа Г или Д. Однако в долгосрочной перспективе применение этих асфальтобетонов целесообразно. Оценка эффективности применения дорожного дисперсно-армированного асфальтобетона целесообразно производить не только по объему затрат на устройство слоя, а также с точки зрения экономической, эксплуатационной и экологической эффективности. Под экономической эффективностью понимается продление срока службы дорожной одежды, и как следствие сокращение затрат на ремонт в долгосрочной перспективе. Под эксплуатационной эффективностью понимается способность материала сопротивляться разрушению в процессе эксплуатации автомобильной дороги. Под экологической эффективностью подразумевается уменьшение ущерба причиняемого окружающей среде в процессе утилизации и хранения отхода на специальных полигонах.

УДК 625.76

К проблеме регенерация старых цементобетонных покрытий

Хащицкий В. А.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день во всем мире наблюдается увеличение интенсивности движения автомобильного транспорта, в связи с этим нагрузка на покрытия от автомобильного транспорта растет, что приводит к преждевременному разрушению дорожных покрытий. Для решения проблем долговечности дорожных покрытий применяют специальные добавки к асфальтобетонным смесям или устраивают покрытия из цементобетона, которые значительно превосходят по долговечности другие типы покрытий. При устройстве цементобетонных покрытий необходимо уделять внимание

проблемам, которые возникнут после срока службы данного типа покрытия, а именно восстановление и ремонтпригодность старого цементобетонного покрытия. Перспективным способом ремонта-восстановления цементобетонных покрытий является технология регенерации. Технология регенерации включает в себя подготовку старого покрытия путем его дробления, и использование полученного материала в различных слоях дорожных одежд, в том числе в качестве заполнителя смеси для новых оснований и цементобетонных покрытий. Регенерация цементобетонного покрытия на сегодняшний день может отличаться только в технологии дробления покрытия и в способе использования полученного материала. Наиболее распространены два способа дробления: ударный – сбрасывание груза на покрытие и способ вибрационного резонанса.

- Ударный способ

Достоинства: простой метод; возможность регулировать силу удара высотой подъема груза и число ударов на единицу длины покрытия за счет изменения скорости обработки; щебневание бетона производится на ширину 2,44 – 3,95 м за один проход ударного агрегата.

Недостатки: в верхней части получаются плоские бетонные отделимости, в связи с этим, необходимо выполнить укатку кулачковым виброрезонансным для дополнительного измельчения верхней части бетона, что требует непроизводительных затрат механической энергии.

- Способ виброрезонансного разрушения

Достоинства: метод виброрезонансного разрушения позволяет изменять приложенную нагрузку, частоту, число различных частот и число нагрузочных головок, причем, если надо, эти головки могут создавать вынужденные колебания разной частоты; имеет гораздо больше возможностей влиять на структуру разрушаемого бетона, чем ударные методы; сохранение зацепления между зернами; низкая разрушающая нагрузка.

Недостатки: сложность метода; щебневание бетона производится на ширину 0,25-0,30 м за один проход агрегата.

Необходимо отметить, что, не смотря на различия перечисленных способов дробления дорожного цементобетонного покрытия, они имеют общий недостаток – высокую стоимость дробления: в

первом способе из-за высокой разрушающей нагрузки, во втором способе из-за сравнительно невысокой производительности, сложности оборудования. Проведенный анализ зарубежного опыта использования материала полученного в результате дробления цементобетонных покрытий в качестве оснований и заполнителя смеси для новых цементобетонных покрытий выявил практическую и экономическую значимость такого подхода. Однако следует отметить, что технологии дробления цементобетонных покрытий требуют совершенствования, направленных на уменьшение стоимости выполнения таких работ. Существует перспектива снижения затрат на дробление цементобетонных покрытий за счет уменьшения разрушающей нагрузки на деструктуризацию старого цементобетонного покрытия на основе применения Эффекта Ребиндера. На старом цементобетонном покрытии адсорбционный эффект проявляется вследствие адсорбции молекул ПАВ на внутренних поверхностях трещин, которые образуются при деформировании материала при действии механических воздействий. Молекулы ПАВ мигрируют по поверхности бетона с большими скоростями и, проникая в трещины, стараются их расклинить. Трещины, возникающие под действием внешней нагрузки при проникновении в них молекул ПАВ, еще больше расклиниваются в результате уменьшения работы затрачиваемой на образование новой поверхности и усиливают деформацию бетона, которая, в свою очередь, еще больше расклинивает трещины, разрушая монолитность старых бетонных покрытий.

УДК 629.735

Устойчивость поверхностного слоя асфальтобетонных покрытий к воздействию деструкционных факторов

Ходан Е. П.

Белорусский национальный технический университет

При эксплуатации асфальтобетонных покрытий основные разрушающие факторы: погодно-климатические факторы, противогололёдные материалы, истирающее воздействие шин автомобилей и другие – воздействуют на тонкий поверхностный слой верхнего

слоя покрытия. От способности поверхностного слоя асфальтобетона сопротивляться деструкции напрямую зависит сохранение важнейших эксплуатационных свойств покрытия (шероховатость, коэффициент сцепления колеса с покрытием) в процессе длительной эксплуатации автомобильной дороги. Опыт эксплуатации покрытий показывает, что существующие нормативные требования к составляющим асфальтобетонной смеси и к самой смеси не гарантирует расчетного срока службы этих покрытий. Одной из основных причин этого следует считать невозможность точного воспроизведения при лабораторных исследованиях условий работы материала конструкции в существующих эксплуатационно-климатических и других условиях. Атмосферными факторами, влияющими на асфальтобетон, являются: изменение температуры воздуха и покрытия; воздействие атмосферных осадков и воздуха; влияние солнечной радиации и испарения; действие ветра. Атмосферные факторы являются наиболее разрушительными, потому что они являются постоянно действующими и повсеместными, изменяющими качество материала. Применение асфальтобетонов, более устойчивых против атмосферной коррозии, является одним из важнейших факторов, способствующих удлинению сроков службы покрытий. Истирание асфальтобетонного покрытия при поступательном движении автомобиля с постоянной или переменной скоростью – результат проскальзывания колес автомобиля (трение - скольжение) в месте соприкосновения их с покрытием, вследствие чего частицы материала, разуплотняясь, отрываются от поверхности покрытия. Помимо этого, частицы износа, вдавливаясь в протектор шины, в дальнейшем также разрушающе действуют на асфальтобетонное покрытие. Явление истирания имеет место как при равномерном движении, так и при торможениях на спусках, кривых дорогах и перекрестках.

**Взаимодействие битума с поверхностью
стабилизирующих добавок**

Оев С. А., Куприянчик А. А., Глуховский Д. Г., Федорова Д. А.
Таджикский государственный университет
Белорусский национальный технический университет

Анализ зарубежных и отечественных исследований показал, что одним из наиболее перспективных материалов для строительства дорожных покрытий является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), содержащий в своем составе стабилизирующую добавку. Основная роль стабилизирующей добавки микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) в составе ЩМА заключается в адсорбции битума на их поверхности. Поэтому определялось количество битума, химически связанного с поверхностью волокон, путем оценки разности величин адсорбции и десорбции битума в бензольном растворе. Для исследований использовался битум БНД 60/90, для сравнительного анализа волокна TOPCEL и VIATOR. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица 1 – Адсорбция и десорбция битума на поверхности волокнистых материалов

№ п/п	Вид волокна	Содержание битума в бензольном растворе, %	Адсорбция, кг битума/кг волокна $\times 10^{-3}$	Десорбция, кг битума/кг волокна $\times 10^{-3}$
1	МКЦ	1	71,0	43,1
2		3	89,1	56,3
3		6	93,2	59,6
4		9	97,6	61,0
5	VIATOR	1	53,2	40,2
6		3	79,4	52,4
7		6	87,3	57,1
8		9	93,7	61,1
9	TOPCEL	1 ,	48,0	28,8
10		3	68,9	47,1
11		6	83,1	55,2
12		9	90,6	61,3

Анализ данных таблицы 1 показывает, что лучшим адсорбентом битума являются волокна МКЦ.

ДОКЛАДЫ МАГИСТРАНТОВ

УДК 625.764

Предотвращение отраженного трещинообразования

Куприянчик А. А., Федотов Д. С.

Белорусский национальный технический университет

Анализ существующего эксплуатационного состояния дорожных покрытий автомобильных дорог показывает, что трещины, образующиеся в течение срока службы под воздействием транспортных нагрузок и погодно-климатических факторов, составляет более 60 % от общего числа разрушений дорожных покрытий. При капитальном ремонте и реконструкции автомобильных дорог основной проблемой является отраженное трещинообразование. Поэтому решение этой проблемы является весьма актуальной с технической и экономической точек зрения. К методам борьбы с отраженным трещинообразованием относят: увеличение толщины покрытия, устройство слоев трещинопрерывающих и трещинопрерывающих мембран, разделение слоев с наличием трещин на отдельные фрагменты (размером до 1 м), снижение толщины слоя с трещинами (путем фрезерования). Устройство трещинопрерывающих прослоек является одним из наиболее эффективных методов борьбы с отраженным трещинообразованием. И такая эффективность достигается при оптимальном выборе состава и конструктивного положения прослойки в дорожной одежде. Так в качестве трещинопрерывающей прослойки рассмотрена асфальтобетонная смесь типа Б с использованием металлической фибры в качестве материала, повышающего устойчивость каркаса, а также различные варианты армирования опытных образцов (без армирования, армирование сверху, армирование снизу, армирование в центре, объемное армирование). Рассмотрение фибры как трещинопрерывающей прослойки с различным конструктивным положением показало, что наиболее эф-

фективно ее положение в нижней части асфальтобетона. При этом, трещиностойчивость асфальтобетона в два и более раза выше по сравнению с положением трещиноперерывающей прослойки в верхней части асфальтобетона. На основании полученных результатов справедливо сделать вывод об эффективности использования асфальтобетона типа Б с применением металлической фибры в нижней части в качестве трещиноперерывающей прослойки для борьбы с отраженным трещинообразованием.

УДК 625.764

Способы борьбы с отраженным трещинообразованием на автомобильных дорогах Республики Беларусь

Федотов Д.С., Куприянчик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Дорожные одежды не могут быть абсолютно трещиностойкими, однако применение эффективных методов борьбы с трещинообразованием позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на содержание и ремонт за счет повышения устойчивости слоев к появляющимся трещинам. В связи с этим актуальным становится вопрос о применении эффективных способов борьбы с трещинообразованием асфальтобетонных покрытий, в частности, отраженным трещинообразованием.

Для решения этого вопроса необходимо провести исследование в отношении эффективности применения трещиноперерывающих прослоек в качестве способа борьбы с отраженным трещинообразованием.

Так в качестве трещиноперерывающих прослоек рассмотрены асфальтобетонные смеси типов Б и Г с использованием металлической фибры и лавсана в качестве материалов, повышающих устойчивость каркаса, а также различные варианты армирования опытных образцов (без армирования, армирование сверху, армирование снизу, армирование в центре, объемное армирование). Критерием эффективности применения армирующих добавок было выбрано количество циклов нагружения при котором происходит полное разрушение асфальтобетонных балочек размером 100x30x30 мм.

Изготовленные балочки были испытаны на изгиб на испытательной машине ИП-50. Расстояние между опорами составило 73 мм, циклическая нагрузка принята 30% от разрушающей и составила 150 Н, скорость нагружения – 25 мм/мин, температура испытания – 25-26 °С.

Рассмотрение фибры как трещинопрерывающей прослойки с различным конструктивным положением показало, что наиболее эффективно ее положение в нижней части асфальтобетона.

Анализ полученных результатов позволил определить количество лавсана, равное 0,4 % от массы минеральной части как оптимальное.

На основании полученных результатов справедливо сделать вывод об эффективности использования асфальтобетона типа Б с применением металлической фибры в нижней части покрытия и асфальтобетона типа Г с добавкой лавсана в качестве трещинопрерывающих прослоек для борьбы с отраженным трещинообразованием.

УДК 625.841

Определение водонепроницаемости цементобетонных образцов

Пахолак Р. А.

Белорусский национальный технический университет

Данное свойство определяется специфичной капиллярно-пористой структурой материала. В более плотном бетоне содержится минимальное количество пор, поэтому водонепроницаемость в нем выше. Причинами большого объема пор могут быть недостаточно уплотненный состав, усадка или лишняя вода. Усадка бетонной смеси и снижение ее объема происходят в процессе высыхания и затвердевания. Высокая интенсивность усадки может произойти от недостаточного армирования и испарения воды под действием факторов окружающей среды. Высокую водонепроницаемость имеет материал на глиноземистом и высокопрочном цементе. При гидратации эти разновидности присоединяют больше воды и образуют плотный камень. Водонепроницаемость бетона зависит также от добавок. Сульфаты алюминия и железа повышают степень уплотнения смеси. Высокий показатель непроницаемости пуццоланового портландцемента зависит от наличия пуццолановых добавок и их набухания. Следующим фактором является возраст искусственного

камня. С возрастом повышается количество гидратных новообразований, что приводит к повышению водонепроницаемости. Марка водонепроницаемости и коэффициент фильтрации определяется в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Определение водонепроницаемости производится по методу «мокрое пятно». Для этого требуется специальная установка УВБ-МГ4, имеющая не менее 6 испытательных камер. Подвод воды осуществляется к нижней торцевой части. Проводится визуальное наблюдение за сопротивляемостью воде при увеличении ступеней давления по 0,2 МПа. Испытание проводят до тех пор, пока на верхней торцевой поверхности образца появятся признаки фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна. Водонепроницаемость каждого образца оценивают максимальным давлением воды, при котором еще не наблюдалось ее просачивание через образец. С незначительными изменениями данный метод может быть применен и к асфальтобетону.

УДК 691.168

Вопросы структурообразования асфальтобетона и деструктивных процессов при его эксплуатации

Пахолак Р. А.

Белорусский национальный технический университет

Накопленный опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий свидетельствует о том, что повысить их долговечность и надежность работы можно за счет оптимизации структуры асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов. При этом необходимо учитывать постоянно возрастающую интенсивность дорожного движения, увеличивающиеся нагрузки на ось транспортных средств. Возрастает капитальность конструкций дорожных одежд. В силу более глубокой переработки нефти изменяется в состав и структура дорожных битумов, что ухудшило их деформативные и адгезионные свойства. В современном строительстве более широко применяется разнообразное техногенное сырье. Не менее важным является более полноценный учет влияния на асфальтобетонные покрытия климатических факторов, эксплуатационных воздействий, обусловленных использованием более эффективных противогололедных реагентов.

Принципиально изменяются конструктивные особенности, энерговооруженность и технологические возможности дорожно-строительных машин и механизмов нового поколения, что отражается на современных технологических приемах производства дорожно-строительных работ. С этими обстоятельствами связана необходимость использования более эффективных многокомпонентных асфальтобетонных смесей. Нормативные документы и рекомендации, регламентирующие методику проектирования составов асфальтобетонных смесей, применяемые технологические приемы пока не учитывают принципы структурообразования асфальтобетона на всех технологических этапах, не отражают особенности и многообразие существующих типов и видов асфальтобетонных смесей, эксплуатационное назначения конструктивных асфальтобетонных слоев дорожной одежды.

УДК 625.852

Определение усталостных характеристик вибролитых асфальтобетонов методом четырехточечного изгиба

Кошелев Д. В.

Белорусский национальный технический университет

Усталостная долговечность данного материала зависит от следующих факторов: внешних (эксплуатационных) – величина и количество циклов прилагаемой статической или динамической нагрузки; погоднo-климатические факторы; внутренних – состава асфальтобетонной смеси и структуры асфальтобетона; технологических – факторы при производстве асфальтобетонных смесей и строительстве асфальтобетонного покрытия (недоуплотнение асфальтобетона, некачественные материалы, недостаток или избыток вяжущего, неоднородность перемешивания асфальтобетонной смеси и т.д.). Наиболее подходящий, и в тоже время наиболее полно отвечающий реальным условиям работы способом испытания асфальтобетона на усталостную долговечность является циклический изгиб асфальтобетонных образцов-призм (балочек) нагрузками меньше разрушающих. Большое количество как отечественных, так и зарубежных исследований устанавливают возникновение на по-

крытии при проезде транспортных средств растягивающих и сжимающих напряжений, при этом в основании слоя покрытия напряжения носят в основном только растягивающий характер. Поэтому наиболее точным характером приложения нагрузок при испытании асфальтобетона в лабораторных условиях являются: синусоидальная форма изменения нагрузки по времени, позволяющая прикладывать к образцу нагрузку различных знаков, имитируя тем самым появление растягивающих и сжимающих напряжений в покрытии. Таким образом, наиболее целесообразно проводить исследования усталостной долговечности асфальтобетона на образцах-призмах (балочках), подвергая их растяжению при изгибе от воздействия циклических нагрузок одинаковой величины, обеспечивая тем самым постоянство напряженного состояния с регистрацией главного критерия оценки усталостной долговечности асфальтобетона – количества циклов до разрушения (потери жесткости). Всем этим критериям соответствует нормированный метод испытания на циклический четырехточечный изгиб (СТБ EN 12697-24).

УДК 625.712.2

Современные подходы к перепланировке улиц населенных пунктов

Гатальский Р. К.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время, во всех развитых странах, к рассмотрению вопроса, о пропускной способности отдельных улиц или узлов, подходят комплексно. Создав модель дорожной сети города, определено влияние оптимального маршрута на расход времени в пути и ДТП. Необходимо четко понимать и регламентировать различные способы по улучшению безопасности и пропускной способности улиц и магистралей. Рассмотрим пример возведения транспортной развязки на ул. Филимонова. Данная развязка значительно повлияла на пропускную способность узла во всех направлениях, а также значительно повысила безопасность, как водителей, так и пешеходов. Одним из негативных моментов можно считать – это соседний узел, на который частично легла интенсивность транспортного по-

тока, при въезде в центр города, а именно узел пересечения пр-та Независимости и ул. Волгоградская. Как видно из примера, все параметры нельзя полностью улучшить, но необходимо четко понимать, как работать с транспортным потоком. В частности при рассмотрении устройства развязки на ул. Филимонова решение было принято в пользу безопасности, увода внешнего транзита от центра города, грамотной логистике к социальным объектам городского значения и имиджа города Минска. Чтобы принять решение о строительстве дорогостоящей развязки, необходимо рассмотреть как можно больше различных вариаций сценария, с применением различных виртуальных моделей распределения потока, учетом различных нюансов, которые на первый взгляд прямо не влияют на исследуемые параметры. Таких примеров множество: не правильное расположение остановок перед узлами (съездами и выездами на МКАД), пешеходных переходов, парковок и т.д., могут сократить многомиллионные затраты. При рассмотрении вариантов, также надо учитывать обязательно срок окупаемости проекта, его перспективу и пользу от принятого решения во времени.

ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ

УДК 625. 865

Механохимические особенности деградации дорожных покрытий в условиях резких перепадов температур и интенсивных механических воздействий

Хамраев Ф. Б., Бондаренко С. Н.

Белорусский национальный технический университет

В условиях интенсивных механических нагрузок и высоких температур в летний период, когда поверхность асфальтобетонного покрытия нагревается выше температуры плавления битума и в зимний период, когда асфальтобетон приобретает свойства упругого материала, резко повышается вероятность механохимических разрушений и протекания деструктивных механохимических реакций.

Механохимические процессы усиливают и усугубляют проявления деформативных и деструктивных процессов, что приводит к ускоренному разрушению материала дорожного покрытия. Механизмы разрушения определяются сложными структурными и химическими превращениями с участием свободных радикалов, образующихся в органическом вяжущем под воздействием УФ-облучения и интенсивных механических воздействий, структурных дефектов на поверхности минеральных компонентов и повышенной температуры окружающей среды. Замедлить процессы деградации можно путём введения в состав битума ингибиторов регулирующих и замедляющих реакции с участием свободных радикалов, которые образуются при совместном воздействии температурных напряжений, интенсивных механических нагрузок и некоторых тепловых факторов. В связи с повышенным риском разрушения материала дорожных покрытий в условиях резких перепадов температур и интенсивных механических нагрузок возникает необходимость оценки влияния этих процессов на физико-механические свойства материала покрытия. Для решения вышеупомянутых проблем предложена и предварительно опробована методика подбора и модифицирования состава битумов и минеральных компонентов в составе асфальтобетонного конгломерата с использованием спектроскопии электронного парамагнитного резонанса.

УДК 624.131

Определение динамического модуля упругости на приборе ДПГ-1.2

Кулик А. Д., Бабаскин Ю. Г.

Белорусский национальный технический университет

Модуль упругости материалов дорожной одежды и подстилающих грунтов является одной из основных расчетных характеристик при проектировании дорожных одежд автомобильных дорог. В связи с этим необходимо правильно определить модуль упругости для каждого материала или грунта и применить его при расчете дорожных одежд. Одним из применяемых расчетных показателей является модуль упругости динамический - E_d , который имеет корреляции

онную связь со статическим модулем упругости - E_{st} и коэффициентом уплотнения - K_u . Измеритель динамический модуля упругости грунтов ДПГ-1.2, предназначен для определения динамического модуля упругости E_d грунта (диапазон измерения от 10 до 250 МПа) методом штампа, имитирующим проезд автомобиля по дорожному покрытию. Кроме того, прибор позволяет произвести определение статического модуля упругости E_{st} в диапазоне от 10 до 480 МПа и коэффициент уплотнения K_u в диапазоне от 0,9 до 1,1. Измеритель ДПГ-1.2 применим для песчано-гравийных смесей с крупностью зерен не более 40 мм, в дорожном строительстве при обследовании насыпей и обочин, при контроле качества оснований дорог и железнодорожного полотна, а также для строительной проверки при земляных работах во время оценки качества уплотнения засыпки фундаментов, каналов, траншей. Прибор состоит из механического ударного устройства и электронного блока. Принцип работы заключается в измерении величины осадки грунта - S под круглым штампом, при воздействии на него ударной нагрузки — F . Во время удара электронный блок прибора записывает: силу удара и осадку штампа.

Контроль модуля упругости осуществляют после устройства каждого конструктивного слоя. Это позволит оперативно определять отклонения от проектных решений и своевременно вносить соответствующие изменения в процесс строительства.

УДК"624.131

Виды грунтов и технологии, применяемые при укреплении грунтов

Шабаловская М. А., Бабаскин Ю. Г.

Белорусский национальный технический университет

При обосновании выбора конструкции учитывают виды грунтов, наличие строительных материалов и эффективность выбранных технологий. Крупнообломочные и песчаные грунты являются весьма пригодными для укрепления. Они содержат достаточное количество зернистых фракций, образующих скелетную структуру, наиболее эффективно сопротивляющуюся нагрузкам. Их обрабатывают

портландцементом с минеральными и органическими добавками и без них. При этом образуется монолитная кристаллическая структура. Для связных грунтов, к которым относятся супеси, суглинки и глины, характерно отсутствие зернистого несущего каркаса, а из-за наличия достаточного количества глинистых частиц, возникает высокая физико-химическая активность. В связи с этим, эффект достигается применением в качестве добавок различных солей к портландцементу или извести, а также применением полимерных смол, органических вяжущих, введением поверхностно-активных веществ. При обработке грунтов вяжущими материалами происходят процессы: физические, механические, химические и физико-химические. При этом образуются структуры: кристаллизационная (при обработке портландцементом, золой-уноса, доменными шлаками и др.), коагуляционная (битумами, гудронами, амбарной нефтью и др.) и конденсационная (синтетическими смолами). Технология укрепления основывается на использовании дорожной техники в качестве ведущей машины. Поэтому технология строительства основана на укладке приготовленной смеси. Применение технологии «смешение на дороге» требует использование дорожных фрез и однопроходных грунтосмесительных машин, которые осуществляют последовательное перемешивание компонентов смеси за один или несколько проходов машины по одному следу. Наиболее простой является технология основанная на применении ножевых машин.

УДК 625.5

Применение утилизированных отходов тепловых электростанций в дорожном строительстве

Ходан Е. П., Корончик А. В., Каренский А. Н.
Белорусский национальный технический университет

Состав асфальтобетона, применяемого при укладке автомобильных дорог местного значения, постоянно совершенствуется. В то же время ученые и технические специалисты работают над созданием эффективных методов использования вторичных ресурсов, безотходных технологий. Ежегодно в шламонакопителях на тепловых

электростанциях образуется около 60 тонн отходов - шламов. Установлено, что шлам соответствует СТБ 1033-2016, и может применяться в составе холодных асфальтобетонных смесей для укладки покрытий. В зерновом составе содержание частиц мельче 0,071 мм составляет около 95 %. Таким образом, благодаря адсорбирующей поверхности поглощает в себя существенную часть нефтяного битума, придавая асфальтобетону требуемые характеристики: механическую прочность, способность к упругим и пластическим деформациям, что существенно улучшает качество дорожного покрытия, увеличивает срок его службы.

Устройство дорожных покрытий из местных материалов и отходов промышленности является актуальной задачей. Так как в Республике Беларусь строится атомная электростанция, и согласно планам, первый блок АЭС должен быть введен в эксплуатацию в 2019 году, а второй — в 2020 году, то проблема накопления шламов водоочистки становится наиболее актуальной, так как при планируемой мощности электростанции для охлаждения реакторов требуется около 40 тонн воды в час. Использование неорганических отходов, образующихся в процессе водоочистки на тепловых электростанциях, в составе асфальтобетонной смеси позволит улучшить экологическую ситуацию. Таким образом, рекомендуется использование шламом водоочистки электростанций в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей, а также создание норм и правил проектирования состава асфальтобетонных смесей с использованием шламов водоочистки.

УДК 625.7/.8.05

Календарное планирование при текущем ремонте и содержании автомобильных дорог

Бураковская А. С., Реут Ж. В.

Белорусский национальный технический университет

Целью календарного планирования является разработка моделей организации работ с учетом баланса объема производства и мощностей строительной организации. При календарном планировании учитывают ряд ограничений – последовательность и взаимосвязи

между работами, интенсивность работ и сроки выполнения, количество различных видов ресурсов и возможности их использования во времени, нормативные сроки строительства, технические возможности проведения работ, требование охраны труда. Календарный план – документ, входящий в состав проекта организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). В процессе календарного планирования решают следующие задачи: рациональное использование ресурсов; расчет сроков выполнения работ; определение критериев оптимизации календарных планов; оптимизация календарных планов для получения высоких технико-экономических показателей; технико-экономическая оценка календарного плана. Составление планов осуществляется путем оптимизации. В качестве критериев оптимизации применяют: срок строительства, равномерность потребления ресурсов, стоимость работ, уровень загруженности машин и другие. т.к. большинство показателей находятся в противоречии друг с другом, то задаются основными показателями, а для остальных вводят допустимые отклонения. Основные этапы разработки календарных планов: составление перечня работ и нормативных документов; детализация работ, определение объемов работ; выбор методов и вариантов производства работ, основных механизмов с учетом местных условий и дорожных организаций; выбор механизмов производим путем сравнения приведенных затрат; определение потребности в трудозатратах; определение последовательности выполнения работ; определение продолжительности выполнения работ.

УДК 625.7

Изменение свойств асфальтобетона в зависимости от режима уплотнения

Кокарека П. И., Реут Ж. В.

Белорусский национальный технический университет

Процесс формирования асфальтобетона при уплотнении асфальтобетонной смеси в зависимости от температуры в процессе уплотнения определяет качественные и количественные изменения пока-

зателей структурных свойств асфальтобетонов. Повышение температуры уплотнения приводит к снижению когезионной прочности уплотняемой смеси и уменьшению требуемой работы на уплотнение, при этом минеральные частицы сближаются до предельно-возможного расстояния. При высоких технологических температурах когезия битума мала и когезионные силы не способны фиксировать частицы в предельно уплотненном состоянии. На практике это приводит к образованию «волосных» трещины. Для каждого вида, типа и марки асфальтобетонной смеси существуют температурный интервал эффективного уплотнения. Температура уплотнения зависит от марки битума и его содержания в смеси. В лаборатории кафедры «СЭД» были проведены испытания асфальтобетонных смесей с целью определения влияния температуры уплотнения асфальтобетонной смеси на ее физико-механические свойства по СТБ 1115. Полученные данные эксперимента позволили установить, что температура оказывает определяющее значение на физико-механические свойства. Образцы, имеющие одинаковую плотность, но уплотненные при различных температурах условиях имеют разную прочность. Чем ниже температура уплотнения, тем ниже прочность асфальтобетона. При температуре выше 120⁰С можно наблюдать максимальные значения прочностных свойств асфальтобетона при стандартном режиме уплотнения, при температуре от 80 до 120⁰С для достижения требуемых значений прочностных показателей необходимо увеличить время уплотнения смеси примерно в два раза, а при температуре ниже 80⁰С увеличение времени уплотнения уже не позволит достичь требуемых значений прочностных свойств асфальтобетона.

УДК 658 (075.8)

Использование принципа менеджмента качества при управлении дорожно-эксплуатационными организациями

Собко К., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Система менеджмента качества (СМК) распространяется на процессы связанные с производством строительно-монтажных ра-

бот и деятельность всего персонала и ориентирована на выполнение требований, учет интересов и достижение удовлетворенности потребителей. СМК в дорожных организациях разрабатывается применительно к деятельности организации на основе 8 принципов: ориентации на потребителя; лидерство руководителя; вовлечение работников; процессный подход; системный подход к менеджменту; постоянное улучшение; принятие решений, основанных на фактах; взаимовыгодные отношения с поставщиками. Для осуществления менеджмента действующих процессов в дорожных организациях: осуществляется мониторинг, измерение и анализ этих процессов; принимаются меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов; разрабатывают комплект документов регламентирующих деятельность персонала в рамках функционирования СМК. Основной целью своей деятельности в области качества является совершенствование системы менеджмента качества, необходимое для улучшения всех процессов СМК, улучшения качества выпускаемой продукции, достижения удовлетворенности потребителей продукцией, расширение партнерских связей, улучшение имиджа, роста благосостояния каждого работника. Идентификация работ выполняется на всех этапах производства от приемки материалов, изделий до сдачи законченного строительством объекта заказчику. Для принятия решений по улучшению СМК, основанных на фактах, высшее руководство должно использовать мониторинг, измерение, анализ и улучшение процессов и продукции и результаты внутренних аудитов, которые служат для оценки результативности и эффективности СМК.

УДК 625.731

Повышение прочности слабых грунтов путем введения гранулометрических и вяжущих добавок

Фомин О. В, Савуха А. В.

Белорусский национальный технический университет

Основными видами деформаций земляного полотна являются осадки и пучины. В данной ситуации стоимость строительства ав-

томобильных дорог возрастает из-за увеличения транспортных расходов, связанных с доставкой строительных материалов. Решением данной проблемы является использование местных материалов – грунтов, укрепленных различными вяжущими или специальными гранулометрическими добавками. Однако при укреплении грунтов часто используют дорогостоящие вяжущие материалы (цемент, известь, нефтепродукты и т.д.), которые в свою очередь повышают себестоимость автомобильных дорог. Наиболее эффективным вариантом в данной ситуации является использование при укреплении грунтов отходов промышленности, обладающих вяжущими свойствами. При этом должны повышаться морозостойкость, износостойкость и улучшаться деформативные характеристики укрепленных грунтов. При введении в грунт в оптимальных количествах органических и неорганических веществ решается следующая задача – превращение местных непригодных грунтов в дорожно-строительный материал, обладающий требуемой прочностью, водостойкостью и морозостойкостью при улучшении деформативных показателей дорожного конструктивного слоя. Пучинистость грунтов является одним из очень важных факторов при возведении основания земляного полотна. На начальном этапе были проведены исследования по изменению пучинистости грунтов при введении различных гранулометрических и вяжущих добавок. Измеритель степени пучинистости грунтов УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» показал небольшое снижение пучинистости грунтов при введении вяжущих добавок и при корректировке гранулометрического состава. Таким образом, дальнейшее исследование заключается в поиске добавок, которые дадут значительное снижение пучинистости.

УДК"625/11

Учет и отчетность дорожных организаций при зимнем содержании местных дорог

Жевнерко А. С, Жидок А. М., Соболевская С. Н.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы в связи со снижением финансирования дорожной отрасли наметилась тенденция к сокращению и оптимизации

штата сотрудников дорожных организаций, как рабочих, так и ИТР. Вместе с тем объем работ по механизированной снегоочистке и посыпке остался практически на неизменном уровне, так как целиком зависит от погодных условий зимнего периода. В настоящее время практически повсеместно в дорожных организациях учет и отчетность механизированных работ при зимнем содержании автомобильных дорог ведется вручную, что с позиции нынешнего времени делает труд ИТР менее эффективным и значительно затратным по времени. С целью повышения эффективности ведения отчетности при выполнении работ по зимнему содержанию республиканских дорог на базе стандартной программы Microsoft Access 2010 разработан программа «Учет и отчетность дорожных организаций в ходе выполнения работ по механизированной снегоочистке и посыпке при зимнем содержании местных дорог». Данной программой предусмотрено в соответствии с ТКП 100 «Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог» ведение электронных записей журнала №2, а также иных отчетных документов с последующей их распечаткой на бумажном носителе. Использование программы позволяет значительно снизить трудозатраты ИТР (мастера или начальника участка в 2-3 раза, инженера ПТО - в 2-4 раза), одновременно с этим повысить оперативность предоставления отчетных данных, сократить количество допущенных технических ошибок при заполнении отчетных документов и более досконально выполнить их проверку. Кроме того, благодаря ведению документации в электронном виде у технадзора имеется возможность осуществления дистанционного контроля и проверки выполненных механизированных работ.

УДК 656.12

Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах

Жевнерко А. С., Соболевская С. Н.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки степени аварийности на отдельных дорогах или дорожной сети в целом пользуются системой показателей, основанных на анализе количества и тяжести дорожно-транспортных про-

исшествий с учетом пробега автомобилей, состояния автомобильного парка и других факторов. К этим показателям относят: - коэффициент относительной аварийности показывает число дорожно-транспортных происшествий по отношению к пробегу автомобилей или к числу проездов автомобилей. Показатель относительной тяжести характеризует число погибших в расчете на 100 млн. авт.-км (авт.-проездов), определяется так же, как коэффициент относительной аварийности с заменой числа ДТП на число погибших в них. Тяжесть происшествий может быть оценена показателем числа погибших или раненых, приходящихся на одно (для удобства пользования на 10 или 100) ДТП. Для общей оценки аварийности на улично-дорожной сети отдельных регионов или страны в целом может использоваться показатель, характеризующий годовое число происшествий в расчете на 10 тыс. зарегистрированных на данной территории автомобилей. В целях сопоставления показателей аварийности на дорогах с показателями, принятыми в системе здравоохранения (смертность от болезней, несчастных случаев в быту и других подобных причин), может определяться индекс "риск смертности" - число погибших в дорожно-транспортных происшествиях за год в расчете на 100 тыс. населения. В комплексе мероприятий, объединяющих различные методы и способы улучшения условий движения на дорогах, основными являются: - планировочные мероприятия, обеспечивающие безопасность движения посредством совершенствования геометрических параметров плана, продольного и поперечного профиля дороги и ее элементов; - совершенствование методов расчета и выбора параметров дорог, повышающих безопасность движения; - оборудование дорог техническими средствами организации движения, обустройство дорог; - повышение транспортно-эксплуатационных качеств дорожных покрытий.

Технологическая наследственность органических вяжущих при приготовлении асфальтобетонных смесей

Ковалев Д. М.

Белорусский национальный технический университет

Битумы характеризуются сложностью химического состава и полимолекулярностью, изменяющимися в широких пределах в зависимости от природы битумного сырья и технологии его переработки. Битумам предъявляют определенные требования: - битум должен обладать высокими адгезионными свойствами; - битум должен обладать требуемым комплексом прочностных и декоративных характеристик во всем диапазоне эксплуатационных температур; - битум должен обладать необходимой стабильностью во времени.

Дорожные организации республики используют битумы, производимые на ОАО «Нафтан», ОАО «Мозырский НПЗ», КУП «Веска-Эмульбит». Процесс компаундирования применяется для приготовления товарного битума из нескольких окисленных компонентов различной глубины окисления. На пилотной производственной базе ОАО «Нафтан» проведены работы по получению компаундированных битумов. Старение битумов, а в свою очередь и асфальтобетонных покрытий, определяется тремя факторами: - технологическими режимами приготовления асфальтобетонных смесей; - пористостью асфальтобетонного покрытия; - старением битумов при эксплуатации существующего покрытия. В стандартах Республики Беларусь и России оценивать устойчивость битумов к старению принято выдерживанием проб битума в сушильном шкафу при температуре 163оС в течение 5 часов. Исходя из исследований, компаундированный битум менее подвержен старению в сравнении со стандартными битумами. В настоящее время в связи с ростом цен на энергоносители наиболее остро встала проблема экономии энергоресурсов. Эта проблема касается в первую очередь приготовления горячих асфальтобетонных смесей, в том числе и органических вяжущих – битумов, в том аспекте, что энергетическое воздействие на его структуру должно быть минимизировано.

Использование технологии Сларри-Сил при содержании автомобильных дорог Могилевской области

Кузьменков К. А., Мартынов А. С., Полякова Т. А.
Белорусско-Российский университет

Основными задачами для дорожных организаций являются сохранение эксплуатационных качеств покрытия в течение всего срока службы и предупреждение разрушения покрытий. Для этих целей РУП «Могилевавтодор» г. Могилева использует технологию Сларри-Сил с применением оборудования VSSMacropaver 12B и холодной литой асфальтобетонной смеси вида А типа П.В состав смеси входит минеральный наполнитель (мелкий щебень гранитный, отсев из материалов дробления горных пород, отсев фракционированный из материалов дробления горных пород для дорожного строительства), эмульсия ЭБКД-М-60, вода, регулятор скорости формирования StabiramMS3, минеральная добавка в виде портландцемента М400. Технология относится к тонкослойным асфальтобетонным покрытиям, толщина устраиваемого слоя составляет около 1,5 см. Система Сларри-Сил является современным методом содержания асфальтобетонных дорожных покрытий и позволяет предупредить и приостановить разрушение асфальтобетона, восстановить эксплуатационные характеристики покрытия. В европейских странах эта технология известна давно и используется с 1960г. Ее технологическими преимуществами являются простота укладки, высокая скорость производства работ, применение холодных материалов, возможность быстрого открытия движения по свежееуложенному материалу. В 2017 году в Могилевской области с применением данной технологии было устроено 110 км покрытия, приведенного к ширине 7м. Работы проводились на городских улицах и на дорогах вне населенных пунктов.

По результатам нами проведенного контроля глубины впадин методом «песчаное пятно» и шероховатости прибором ПОКС можно сделать вывод, что сцепные качества покрытия слоя Сларри-Сил значительно выше (на 13-37%) по сравнению с обычным асфальтобетонным покрытием.

Использование пластика в дорожном строительстве

Макаренко Т. С., Лазаренко А. Л., Шаройкина Е. А.
Белорусско-Российский университет

Строительству автомобильных дорог в настоящее время уделяется все больше внимания. Преимущество полимерной разметки перед традиционной эмульсионной в том, что срок ее эксплуатации не превышает трех месяцев. Разметка, даже нанесенная красками с высокой износостойкостью, в климатических условиях Беларуси служит не более года. Срок же службы разметки, нанесенной горячим или холодным пластиком, не менее 3-х лет. Даже если принимать во внимание, что разметка пластиком существенно дороже, достаточно и того обстоятельства, что перекрывать движение для нанесения новой разметки придется не 2-3 раза в год, а раз в 3-4 года. Это дает не только экономию технических и человеческих ресурсов, но и избавляет тысячи транспортных средств от объездов ремонтируемых дорог и простоев в пробках. Использование пластиковой дорожной разметки призвано продлить срок службы дорожного полотна, разметки, и различных конструкций на дороге, что повышает качество дорог и их безопасность. Внедрение полимеров для создания надежного, долговечного, дорожного покрытия, это очень перспективное направление, которое открывает широкие возможности для создания дорог высокого качества, которые послужат не только нам, но и нашим детям. Применение данной технологии позволяет производить технические меры безопасности движения, которые раньше были невозможны – структурное нанесение. В результате образуется структурная поверхность, обеспечивающая хорошее сцепление шин с дорогой, поскольку толщина нанесения полимерного слоя создает определенный рельеф, что позволяет создавать не только визуальный, но и шумовой эффект. Качественная дорожная разметка холодными пластиками, кроме всего перечисленного, способствует понижению аварийности на дорогах в 4,5-10 раз за счет лучших светотехнических характеристик и способности сохранять их со временем.

**Проблемы безопасности движения
на улично-дорожной сети г. Могилева**

Стальмачёнок П. А., Полякова Т. А.
Белорусско-Российский университет

Сбор и анализ статистических данных позволяет оценить существующий уровень аварийности на дорогах, выявить факторы, которые способствовали возникновению ДТП. Авторами был проведен сравнительный анализ статистических данных изменения показателей аварийности в г. Могилеве и области за 10 лет. Согласно официальным данным ГАИ УВД Могилевского облисполкома общее количество дорожно-транспортных происшествий неуклонно снижается. Так, если в 2006 г. было зафиксировано 1002 ДТП, то в 2016 г. – 138, а за 10 месяцев 2017 г.- 107. Нами обращено внимание, что преобладающими причинами ДТП в последнее время явились превышение скорости, нарушение маневрирования и выезды на полосу встречного движения. Научно доказано, что неправильный выбор скоростного режима (его превышение) приводит к возрастанию риска совершения и увеличению степени тяжести последствий аварии. Статистические данные подтверждают это: за 10 месяцев 2017г. по сравнению с аналогичным периодом 2016г. увеличилось количество погибших водителей и пешеходов на 55,5%. Основными виновниками по-прежнему являются водители, в том числе в нетрезвом состоянии. Опасными зонами остаются остановки общественного транспорта и пешеходные переходы. Причем, наибольшее количество ДТП зафиксировано в темно время суток - с 0 до 8 часов утра. Нельзя не отметить, что в 2017 г. количество дорожно-транспортных происшествий по причине плохого состояние дорог осталось на уровне прошлого года. Несомненно, за последние годы на улично-дорожной сети достигнут определенный уровень безопасности дорожного движения. Но вместе с тем проявляется ряд серьезных проблем, требующих особого всестороннего внимания. На наш взгляд первоочередной задачей, требующей решения, является установление и контроль за соблюдением рациональной скорости движения автомобиля в реальных условиях.

Исследование свойств шумозащитных экранов

Койда С. М., Кутузов В. В., Макацария Д. Ю.
Белорусско-Российский университет

Шумовое загрязнение, создаваемое транспортом, признано серьезной экологической проблемой. Каждый день дороги нашей страны становятся все более перегруженными. Экологический шум в городских и пригородных районах возникает из многих источников. Самой распространенной причиной нежелательного шума являются транспортные средства. Их снижение может быть достигнуто, в первую очередь, уменьшением уровня шума городского транспорта. Однако, при тенденции увеличения мощности двигателя, повышения скорости движения и росте мирового парка возникает проблема борьбы с шумом. Шумозащитные экраны стали самым популярным методом борьбы с шумом из-за их эффективности и относительно низкой стоимости. Их функция заключается в прерывании прямого пути для передачи звука между источником и приемником, тем самым снижая уровень шума в приемнике. Звук, поражающий шумозащитный экран, подвержен двум типам потерь. Потеря при передаче – это количество, на которое звук уменьшается, когда он вынужден проходить через экран. Вносимые потери – разница уровня шума перед шумозащитным экраном и за ним. Для достижения желаемых потерь при передаче используются высокие шумозащитные экраны с различными типами конструкций (однослойные, многослойные) и форм верхней части экрана (Т-образная верхняя часть, Y-образная верхняя часть, стрелообразная верхняя часть, цилиндрическая верхняя часть, эллипсообразная верхняя часть, криволинейные экраны, пилообразная верхняя часть экрана). Выбор экрана зависит от материала, расположения, размера и форм, влияющих на акустические свойства шумозащитных экранов. В условиях Республики Беларусь целесообразно применять шумозащитные экраны спроектированные и установленные с учетом требований ТКП 45-2.04-154-2009, т. к. они обеспечивают снижение уровня нежелательного шума до 20 дБА.

Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве

Круковский А. Д., Кутузов В. В.
Белорусско-Российский университет

В настоящее время геосинтетические материалы применяют в транспортном, гражданском, гидротехническом и других видах строительства. Что касается автодорожного строительства, то геоматериалы могут применяться в конструкции дорожной одежды в следующих случаях: армирование земляного полотна; армирование основания; армирование асфальтобетонного покрытия; укрепление откосов. В нижних слоях дорожной одежды, в зависимости от материала, геосинтетика может выполнять функцию армирования, разделение, фильтрацию, а также при применении нетканой подложки – дренажа. При армировании асфальтобетонного покрытия геоматериалами достигается результат значительного снижения пластических деформаций (колеиность) и количества отраженных и усталостных трещин. Укрепление геосинтетическими материалами откосов позволяет предотвратить развитие водной и ветровой эрозии. Как правило такие материалы обладают объемной структурой, что позволяет защитить семена трав от выдувания или вымывания вследствие погодных факторов. Применение геосинтетики позволяет: обеспечить долговременную и надежную эксплуатацию строительных объектов, в том числе дорожных покрытий; предотвратить разрушение дорожного полотна, размывание грунта, образование трещин и выбоин, проседание почвы; сократить сроки строительства; упростить технологию проведения строительных работ; снизить затраты по эксплуатации машин и основной заработной платы в связи с уменьшением затрат на транспортировку и работу с дорожно-строительными материалами. Экономический эффект от использования геосинтетических материалов в дорожном строительстве составляет 6-8%, при этом экономится до 40% минеральных материалов. При проведении ремонтных работ (за счет увеличения межремонтных сроков) экономический эффект может составить до 20%.

Проектирование продольного профиля автомобильной дороги методом оптимизации

Лебедева Ю. Н., Кутузов В. В.
Белорусско-Российский университет

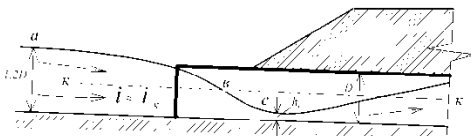
Основными принципами положения проектной линии продольного профиля независимо от метода проектирования являются: соблюдение технических норм проектирования: максимальный продольный уклон, минимальные радиусы вертикальных кривых; обеспечение минимальных объемов земляных работ и рационального распределения земляных масс; прохождение проектной линии через контрольные точки: водопропускные трубы, мосты, путепроводы; ограничение длин участков с предельными уклонами; ограничение минимальных длин вертикальных кривых одного знака во избежание получения «неспокойной» проектной линии; обеспечение зрительной плавности и ясности трассы, удобства и безопасности движения.

CREDO Дороги – это программа, позволяющая проектировать автомобильные дороги всех технических категорий. Данное техническое обеспечение делает возможным выполнение проектов любых типов – от быстрого эскизного проектирования новых магистралей до детального ремонта существующих дорог. В системе CREDO Дороги метод оптимизации предусматривает программный контроль соблюдения требований проектировщика по минимально допустимым радиусам, максимально допустимому продольному уклону и контрольным точкам. Работая с данной программой, осуществляются следующие этапы: назначение черного профиля; создание эскизной линии; назначение контрольных точек; оптимизация продольного профиля. В процессе оптимизации отыскивается проектное решение, которое максимально приближено к линии желаемого профиля, с учетом заданных критериев и определенных ограничений. Результатом проектирования является проектная линия продольного профиля, представленная в виде последовательно-сти гладко сопрягаемых криволинейных элементов – сплайнов.

Входной участок безнапорной водопропускной трубы автомобильной дороги

Парахневич В. Т, Кузнецов А. В.
Белорусско-Российский университет

Рассматривается безнапорное движение потока в дорожной водопропускной трубе при уклоне лотка трубы близкого к критическому ($i \approx i_k$). Движение потока на входе дорожной водопропускной трубы характеризуется неравномерным движением. Свободная поверхность потока (а в с) является сложной кривой, которая линией критических глубин (к - к) разделяется на два характерных участка ав и вс (Рис.1). Оба участка представляют собой кривые спада. На участке ав (выпуклая кривая) поток находится в спокойном состоянии, параметр кинетичности меньше единицы ($Fr < 1$). В начале этого участка происходит медленный переход потенциальной энергии в кинетическую, который постепенно ускоряется при приближении к точке в. На участке вс (вогнутая кривая) поток находится в бурном состоянии ($Fr > 1$). На этом участке продолжается более медленный переход потенциальной энергии в кинетическую. Максимальное ее значение достигается в точке с.



В точке в (пересечение кривой свободной поверхности с линией критических глубин к - к) происходит переход потока из бурного состояния в спокойное.

Кривая свободной поверхности в этой точке переходит из выпуклой в вогнутую. Следует отметить, что переход потенциальной энергии потока в кинетическую происходит плавно в отличие от перехода кинетической энергии потока в потенциальную, который характеризуется наличием гидравлического прыжка. Характер кривых участков ав и вс свидетельствует о различном физическом механизме перехода потенциальной энергии в кинетическую. Этот механизм перехода несомненно достаточно сложный и его изучение представляет собой значительную гидравлическую задачу. Решение этой задачи позволит аналитически оп-

ределить длину входного участка потока дорожной водопропускной трубы.

УДК 621.9

Вопросы водоотвода с мостового полотна

Парахневич В. Т., Сергеева А. М., Бутраменко А. А.
Белорусско-Российский университет

На долговечность транспортных сооружений влияет множество факторов различного порядка. На срок службы инженерных сооружений влияют элементы, применяемые для защиты основных конструкций от воздействия воды, такие как гидроизоляция и системы водоотвода. Многочисленные наблюдения, отчеты и заключения доказывают, что воздействие воды вследствие неграмотного устройства гидроизоляции и водоотводящих систем приводит к серьезным разрушениям конструкций мостов и насыпей дорог. Для решения проблем, связанных с водоотводом на мостовых сооружениях разработаны унифицированные подвесные композитные (стеклопластиковые) системы водоотвода в виде U-образных лотков. U-образный лоток изготовлен из листовой коррозионностойкой нержавеющей стали толщиной 4–6 мм. Данное решение довольно дорогостоящее, кроме этого монтаж на месте осложняется необходимостью аргонно-дуговой сварки или сварки с использованием специальных электродов. В некоторых случаях с целью экономии денежных средств можно использовать нержавеющую сталь толщиной 1–2 мм, но при такой толщине не обеспечивается надлежащая жесткость конструкции водоотвода. На сегодняшний день в строительной отрасли прослеживается тенденция к использованию композитных материалов в неосновных (не несущих) конструкциях инженерных сооружений. Композитные материалы обладают рядом преимуществ: имеют малый удельный вес, отличаются высокой прочностью, коррозионностойкостью, подходят для любых климатических условий. Благодаря оптимально подобранному сечению лотков, плавным сопряжениям на всех элементах и гладкой гидрофобной поверхности, обеспечивается беспрепятственный отвод воды с минимальным сопротивлением, сводится к минимуму вероят-

ность образования замусориваний и наледи, исключается возможность разрушающего воздействия в случае возникновения обледенений.

УДК 656.11

Применение имитационного моделирования для организации дорожного движения

Суховарова Н. В., Кутузов В. В.
Белорусско-Российский университет

В период роста интенсивности дорожного движения и в условиях необходимости экономии как бюджетных, так и внебюджетных средств, важнейшей задачей является поиск путей решения задач по совершенствованию организации дорожного движения для повышения безопасности и эффективности дорожного движения. Одним из методов, позволяющим без существенных затрат повысить эффективность передвижения транспорта, является применение имитационного моделирования. При помощи имитационных моделей можно условно создавать поведение системы в конкретных условиях. При создании используются статистические данные. Моделирование процессов может стать инструментом усовершенствования функционирования транспортной системы. Имитационное моделирование подразделяют на несколько видов компьютерного имитационного моделирования (агентное, дискретно-событийное, системная динамика). Модели транспортных потоков наиболее часто классифицируют по уровню детализации транспортного потока. Выделяют четыре основных уровня детализации транспортной модели: макроскопическая, мезоскопическая, микроскопическая и суб-микроскопическая. Для практических целей организации дорожного движения часто используют компьютерное имитационное моделирование, реализуемое программными продуктами AnyLogic, Aimsun, Arena, eM-Plant, PTVVISSIM, GPSS, NS-2, Transyt и др. Например: Arena позволяет создавать дискретно-событийные модели. AnyLogic поддерживает три метода моделирования: системная динамика; дискретно-событийное моделирование; агентное моделирование. AnyLogic позволяет разработать анимацию и интерак-

тивный графический интерфейс модели. Использование имитационных моделей имеет ряд преимуществ по сравнению с проведением экспериментов в реальной системе и использованием других методов, к ним относятся: невысокая стоимость, универсальность применения, неограниченное количество повторений, возможность ускорения и замедления времени, высокая точность, визуальное представление процесса, возможность решения задач, сложных процессов и систем при организации дорожного движения.

УДК 625.11

Экологическая безопасность автомобильных дорог

Шаройкина Е. А., Башкирова В. В.
Белорусско - Российский университет

С увеличением интенсивности движения автомобилей на дорогах приводит к постоянному возрастанию шумовой нагрузки на население, проживающих на территориях, прилегающих к автомобильной дороге. Темпы роста шума увеличиваются настолько быстро, что люди не успевают к нему адаптироваться. Круглосуточное воздействие шума приводит к увеличению числа нервных расстройств, ряду специфических заболеваний. Защита населения от шума носит не только специальный, но и экономический характер. Ухудшение условий труда и отдыха при повышенном уровне транспортного шума отрицательно отражается на производительности труда и его качестве. Для решения этих проблем на автомобильных дорогах устанавливают шумозащитные (пылезадерживающие) экраны, они могут быть звукоотражающим, звукопоглощающим, комбинированным, по форме шумозащитные экраны различаются на округлые, прямые, Г-образные и ломаные. Высота таких конструкций обычно не превышает восьми метров. Очень часто при установке заборов этого типа, именно на автомобильных магистралях используются прозрачные материалы. Это позволяет повысить уровень безопасности дорожного движения, защитить от шума близлежащие дома, а также обезопасить места скопления людей (остановки общественного транспорта, парки). Помимо этой функции экраны в разной степени защищают прохожих и прожи-

вающих рядом от дорожной пыли и грязи в осенне-весенний период, от ослепления фарами (в случае с непрозрачными экранами).

Содержание

1. Предисловие.....	3
2. Бусел А. В. Перспективы инновационного развития транспортного сектора Республики Беларуси	7
3. Ковалёв Я. Н., Кравченко С. Е., Яглов В. Н. Учет современных тенденций при подготовке инженерных и научных кадров для дорожной отрасли Республики Беларусь.....	11
4. Осадовский А. Л., Носенко В. А. Опыт строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов в Республике Беларусь.....	16
5. Радьков Н. В., Сушкевич У. Г. Эффективные профилактические мероприятия для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий	20
6. Глинский Д. В., Бусел Д. А., Шкадрецова В. Г. Предотвращение зимней скользкости улично-дорожной сети	21
7. Афанасенко А. А. Перспективные методы содержания дорожных покрытий в условиях Республики Беларусь	23
8. Веренько В. А., Афанасенко А. А. Особенности подбора става модифицированных асфальтобетонных смесей	25
9. Афанасенко А. А., Яцевич П. П. Разработка теоретических основ использования модифицированных асфальтобетонных смесей повышенной плотности и удобоукладываемости для устройства долговечных покрытий автомобильных дорог и улиц.....	30
10. Доклады молодых ученых и соискателей	33
11. Доклады аспирантов.....	41
12. Доклады магистрантов	62
13. Доклады студентов.....	68

Научное издание

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

*Международная научно-техническая конференция
молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов*

(Минск, 22-23 ноября 2017)

Технический редактор *Е. О. Германович*

Подписано в печать 28.12.2017. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 4,19. Тираж 50. Заказ 1084.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.