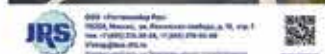


20 лет

Дорожная
Держава

www.dorvest.ru





МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Минтранс России

АВТОДОР
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ



XVIII Международная Конференция «Освоение инновационных технологий и материалов в дорожном хозяйстве»

11 – 12 ноября 2026 года

Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 56
www.asdor-np.ru

12+

Генеральный
информационный
партнер

**Дорожная
Сержава**

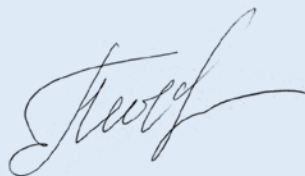
Понятие «лайфхак», прочно вошедшее в наш повседневный обиход, в переводе с английского означает «взлом жизни». Оно впервые появилось среди программистов-хакеров для обозначения легкого способа решения определенных задач. Укоренившись, словосочетание «взлом жизни» со временем стало синонимом таким терминам, как «полезный практический секрет», «изобретательность», «неординарный подход».

Однако почему эта заимствованная единица языка, нехарактерная для русской артикуляции и имеющая к тому же двусмысленный, прямо скажем, угрожающий (!) прямой перевод, стала столь популярной? Существует же более простое, емкое и веселое русское слово – «смекалка», которое, к сожалению, сегодня почти исчезло из общего употребления. А ведь при этом великое множество самых незамысловатых технических методов и мелких бытовых хитростей, рожденных в России, успешно переместилось по всему миру!

Русский народ всегда считался особенно находчивым, способным быстро и эффективно справляться со сложной ситуацией нетривиальными способами, используя ограниченные ресурсы. И эта яркая отличительная черта действительно считается одной из ключевых составляющих нашего культурного кода. Недаром говорят: «Если надо что-то сделать – зовите китайцев. Если надо сделать что-то невозможное – зовите русских».

Феномен русской смекалки – замена установленных правил и стереотипов конечным результатом – обычно начинает работать, когда возникает необходимость действовать «именно здесь и прямо сейчас». Ограниченные возможности и непростые обстоятельства часто благоприятствуют моментальной сообразительности, умению скорейшим образом найти альтернативу, пусть даже идущую вразрез с логикой и инструкциями, но на конкретный момент единственно верную.

Светлана Пичкур, главный редактор



Дорожная держава #139/2026

ИЗДАТЕЛЬ И УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «Отраслевая медиа-корпорация «Держава» (Санкт-Петербург)

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор
Выпускающий редактор
Зам. главного редактора
Арт-директор
Ответственный секретарь
Руководитель отдела рекламы
Корректор

Светлана Викторовна Пичкур (pressa@dorvest.ru)
Елена Шикова (center@dorvest.ru)
Григорий Демченко (info@dorvest.ru)
Дмитрий Серов (ad@dorvest.ru)
Ольга Брусина (office@dorvest.ru)
Наталья Гуляева (dd@dorvest.ru)
Анастасия Клубкова

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Ю.А. Агафонов, генеральный директор Ассоциации «АСДОР», Санкт-Петербург; **В.Н. Бойков**, МАДИ (ГТУ), профессор, Москва; **Н.В. Быстров**, канд. техн. наук, председатель ТК 418 «Дорожное хозяйство», Москва; **А.И. Васильев**, проф. кафедры мостов и транспортных тоннелей МАДИ (ГТУ), д-р техн. наук, Москва; **В.А. Досенко**, первый вице-президент Международной академии транспорта, Москва; **А.А. Жукаев**, председатель Совета директоров ГК «Точинвест», депутат Рязанской областной думы; **В.А. Зорин**, заведующий кафедрой «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» МАДИ, академик Академии проблем качества, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный инженер России, д-р техн. наук, проф., Москва; **В.Ю. Казарян**, генеральный директор ООО «НПП СК МОСТ», заместитель генерального директора по направлению «Мосты» Ассоциации «АСДОР», Москва; **К.П. Мандровский**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Дорожно-строительные машины», МАДИ, Москва; **Д.М. Немчинов**, канд. техн. наук, Москва; **И.Г. Овчинников**, д-р техн. наук, профессор, академик РАТ; **И.А. Пичугов**, генеральный директор группы предприятий «Дорсервис», Санкт-Петербург; **П.И. Поспелов**, первый проректор Московского автомобильно-дорожного института; **К.О. Распоров**, д-р транспорта, канд. техн. наук, академик РАТ; **И.Ю. Рутман**, генеральный директор АО «Институт «Стройпроект», Санкт-Петербург; **В.Н. Свежинский**, генеральный директор ЦИТИ «Дорконтроль», Москва; **А.Д. Соколов**, почетный транспортный строитель, академик, доктор транспорта, Москва; **С.Ю. Тен**, депутат ГД ФС РФ, заместитель председателя Комитета ГД ФС РФ по транспорту; **Е.В. Углова**, зав. кафедрой «Автомобильные дороги» Донского государственного технического университета, д-р техн. наук, профессор; **В.В. Ушаков**, д-р техн. наук, профессор, президент Ассоциации бетонных дорог, заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог», МАДИ; **Т.С. Худякова**, эксперт, канд. техн. наук, Санкт-Петербург; **Н.И. Шестаков**, канд. техн. наук, доцент кафедры Градостроительства НИУ МГСУ, Москва; **А.И. Штоколов**, исполнительный директор Регионального центра по ценообразованию в строительстве, Санкт-Петербург.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ:

- Министерство транспорта РФ
- Федеральное дорожное агентство
- Администрации федеральных округов
- Центральные и региональные органы управления дорожного хозяйства
- Федеральные и региональные службы по содержанию и эксплуатации дорог и мостов
- Отраслевые ассоциации и общественные организации
- Проектные институты и подрядные организации России
- Научно-исследовательские институты, отраслевые вузы, научно-практические центры
- Отраслевые выставки, специализированные мероприятия (конференции, семинары, круглые столы)



АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

197046, Санкт-Петербург
ул. Чапаева, 25, лит. А
тел./факс: (812) 320-04-08, 320-04-09

ЗАРЕГИСТРИРОВАН: Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-51034. Издается с 2006 года.

Установочный тираж 8 000 экз.

Номер подписан в печать 27.07.2026

Дата выхода 03.08.2026

Цена свободная. Журнал выходит 7 раз в год.

Отпечатано в типографии «Эталон»

198097, Санкт-Петербург, ул. Тrefолева, д. 2.

Информация о мероприятиях наших партнеров не является рекламой. Рекламуемые товары и услуги имеют все необходимые сертификаты и лицензии.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет. Любое использование опубликованных материалов допускается только с разрешения редакции.

ADEL
INSTRUMENT
ЗАВОД АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

ПОСТРОИМ ЛУЧШЕЕ ВМЕСТЕ!



Производство в России

- Коронки для керноотборника
- Алмазные диски
- Алмазные франкфурты

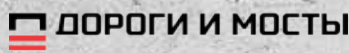
Продажа

- Установки алмазного сверления
- Нарезчики швов
- Мозаично-шлифовальные машины

Сервис

- Восстановление алмазного инструмента
- Ремонт и обслуживание техники
- Профессиональные консультации

Нам доверяют



Контакты

+7 (495) 984 24 90 | adelmsk.ru

г. Москва, г. Зеленоград, Георгиевский проспект, дом 5

Наш Telegram





КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

Разработка и производство передвижных лабораторий, измерительных систем, приборов и оборудования

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработка и внедрение специализированного программного обеспечения

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Калибровка, поверка, гарантийное и постгарантийное сервисное обслуживание измерительных систем и оборудования



Содержание

СОБЫТИЯ, ИТОГИ

Новости сезона8

Главная выставка строительной техники и технологий в России..... 10

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

С.Г. Беспалов, А.З. Гайфуллина

Нормативная база для обеспечения качественного строительства
цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог 13

ИССЛЕДОВАНИЯ

Д.В. Кошелев

Оценка долговечности асфальтобетонных покрытий
при лабораторных испытаниях асфальтобетона17

НАУКА И ПРАКТИКА

С.С. Иноземцев

О Самовосстановлении асфальтобетонов.....23

В.А. Ярмолинский, Е.С. Буданова

Повышение эффективности технологии холодной регенерации дорожных одежд26

ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

И.Г. Овчинников, О.Н. Распоров, И.И. Овчинников, К.О. Распоров

Вопросы повышения долговечности железобетонных транспортных сооружений.....32

О.М. Вайтович

Обеспечение безопасности сооружений в мостостроении Беларуси36

А.А. Сергеев, В.С. Мыщик, С.А. Лок

Как избежать ошибок при проектировании свайных фундаментов опор мостов и труб
(ООО НИЦ «Мосты»)39

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Пять природных и геотехнических рисков,
сокращающих срок службы автомобильной дороги
(ООО «Габиионы Маккаферри СНГ»)44

В.А. Коростелев

Укрепленные грунты49

МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Д.А. Колесник, В.Е. Ефименко

Влияние степени уплотнения асфальтобетона на эксплуатационные свойства.....50

М.В. Михайленко, Д.И. Гайлитис

Аспекты проектирования автомобильных дорог
с применением вторичных ресурсов и вторичного сырья.....54

А.И. Шевелев

Строительство автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями 60

ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ

ТТМ: строительство дорог будущего в России
(Интервью с Гао Дайлэ)62

www.rich-siker.ru



ЩЕБЕНЬ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

- Высокое качество продукции
- Современное производство
- Надежное партнерство



+7 (351) 277-80-04

info@rich-siker.ru

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ,
МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЛАРИНСКОЕ-1
54.622004, 59.864720

НОВОСТИ СЕЗОНА

→ РОСАВТОДОР ЗА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ 2026 ГОДА ПЕРЕВЫПОЛНИЛ ПЛАН ПО РЕАЛИЗАЦИИ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ

10 июля в центральном аппарате Федерального дорожного агентства под председательством главы ведомства Романа Новикова и с участием заместителя Министра транспорта Российской Федерации Игоря Костюченко прошло заседание, посвященное выполнению программ дорожных работ за первое полугодие 2026 года.

Участниками мероприятия также стали директор Департамента государственной политики в области дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации Александр Соколовский, представители профильных управлений Росавтодора, подведомственных федеральных казенных учреждений (ФКУ) и дорожных ведомств субъектов Российской Федерации.

В своем приветственном слове к участникам заседания Игорь Костюченко особо отметил темпы производства дорожных работ и выразил уверенность в достижении планов, предусмотренных национальным проектом «Инфраструктура для жизни»: «За первые шесть месяцев текущего года построено, реконструиро-



вано и отремонтировано 2,4 тыс. км дорог. Из них на федеральной сети – порядка 1,3 тыс. км, а на региональной – 1,1 тыс. км. Площадь укладки покрытия достигла 46,7 млн кв. м (10 млн – на федеральной и 36,7 млн – на региональной сети)», – сказал он.

Роман Новиков в своем докладе подчеркнул высокий уровень финансовой дисциплины: «По итогам первого полугодия 2026-го показатель кассового исполнения Росавтодором превысил намеченный план на 8,2 млрд рублей и составил 319,5 млрд – это 30 % от годового объема. При этом, по состоянию на 1 июля, общий объем бюджетных ассигнований составляет 1 064,4 млрд рублей – это на 81,2 млрд рублей больше, чем на такую же дату годом ранее», – отметил глава Росавтодора.

Кроме финансовых показателей участники обсудили координацию совместной работы федерального центра с субъектами Российской Федерации, направленную на достижение стратегических целей национального проекта «Инфраструктура для жизни», а также ход реализации дорожных программ и вопросы контроля качества выполняемых работ.

В частности, начальник Управления регионального развития и реализации национального проекта Росавтодора Константин Потанин сообщил, что за январь-июнь 2026 года регионами в рамках всех дорожных программ введены в эксплуатацию объекты общей протяженностью 0,9 тыс. км. Вместе с тем работы по устройству верхних слоев покрытия завершены на общей площади в 34 млн кв. м.



Спикер также отметил: «В условиях активного дорожного сезона региональным проектным командам и ФКУ важно регулярно выезжать на объекты. Это позволит оценить качество и темпы работ, проконтролировать выполнение гарантийных обязательств и вовремя заметить возможные риски».

В свою очередь заместитель начальника Управления строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Станислав Товбин в своем докладе

рассказал, что за первое полугодие 2026-го в рамках строительства и реконструкции подведомственных дорог завершено устройство земляного полотна объемом 14,1 млн кубометров, оснований дорожной одежды – 1,4 млн кубометров, а асфальтобетона – 0,8 млн тонн.

Что касается всех видов ремонта, а также работ по содержанию федеральных трасс Росавтодора, то, по словам начальника профильного управления Романа Беккера, в текущем дорожно-строительном сезоне за отчетный период в эксплуатацию введено 1231,2 км, в том числе 52 км – после капитального ремонта.

Отдельно генеральный директор ФАУ «РОСДОРНИИ» Александр Бедусенко остановился на важности работы подведомственных учреждений в Федеральной государственной информационной системе контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов (ФГИС СКДФ).

По итогам заседания участники определили приоритетные задачи на второе полугодие, среди которых – обеспечение стабильных темпов дорожных работ на федеральных трассах и усиление координации с регионами.

**(Материал предоставлен
пресс-службой Росавтодора)**

➔ ПРОДЛЕНИЕ М-12 «ВОСТОК» ДО ЕКАТЕРИНБУРГА СТАЛО ДРАЙВЕРОМ РОСТА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Год назад Президент России Владимир Путин открыл движение по автодороге Дюртюли – Ачит, ставшей продолжением скоростной трассы М-12 «Восток» до Екатеринбурга. Новый участок востребован не только у автолюбителей, но и у представителей бизнеса. Порядка 90% пользователей проезжают его целиком, что говорит о важном транзитном значении дороги.

Среднесуточное число проездов по участку Дюртюли – Ачит со-



ставляет более 6,5 тысяч автомобилей в сутки. При этом более 90% пользователей проезжают данный участок целиком, что говорит о транзитном характере поездок. Водители легкового транспорта экономят в пути от Казани до Екатеринбурга более шести часов в пути, а грузового – свыше четырёх часов, что открывает новые возможности для бизнеса за счет сокращения логистических издержек. Так, среднесуточное количество проездов грузовых транспортных средств в сутки на участке Дюртюли – Ачит составляет более 4 тысяч.

Продление скоростной магистрали М-12 «Восток» до Екатеринбурга стало драйвером развития деловой и предпринимательской активности. Благодаря возможности доставить грузы быстрее и безопаснее, за прогнозируемое время снижаются расходы компаний на логистику, оптимизируются бизнес-процессы. В результате рост грузового трафика наблюдается практически на всем протяжении трассы М-12. Так, максимальный темп роста наблюдается в Республике Татарстан, где число маршрутов грузовых перевозок увеличилось

на 78% и составляет более 5 тыс. проездов в сутки. Во Владимирской области этот показатель увеличился на 53%, в Нижегородской области – на 43%, в Чувашской Республике – на 39%, а в Московской области – на 26%.

Важно отметить, что с наступлением лета востребованность дороги Дюртюли – Ачит выросла. Как правило, в это время автомобилисты отправляются в поездки к местам отдыха, а новый участок помогает быстрее и комфортнее к ним добираться. В частности, только в июне по нему проезжало в среднем почти 10 тысяч автомобилей в сутки.

Участок М-12 «Восток» Дюртюли – Ачит протяженностью 275 км проходит по территориям Республики Башкортостан, Пермского края и Свердловской области. Проект реализован в рамках нацпроекта «Инфраструктура для жизни», который осуществляется по инициативе Президента России Владимира Путина как часть Народной программы партии «Единая Россия».

**(Материал предоставлен
пресс-службой ГК «Автодор»)**

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Международный выставочный центр «Крокус Экспо» (Москва) вновь объединил участников одной из самых масштабных российских выставок – СТТ Экспо. Выставка прошла с 26 по 29 мая 2026 года при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России).



В этом году выставка в очередной раз подтвердила статус ключевой площадки, где не только демонстрируются передовые технологические достижения, но и в прямом открытом диалоге поднимаются важные вопросы.

Выставка заняла более 102 037 м² площади, где 716 компаний из 7 стран представили насыщенную экспозицию, собрав весь спектр строительной, дорожной и карьерной техники, подъемно-транспортное оборудование, запчасти, сервисные и цифровые решения.

Посетило СТТ Экспо более 51 представителя из 39 стран мира и 89 регионов России. Самые многочисленные иностранные делегации приехали из Китая, Республики Беларусь, Казахстана, Турции. Топ посетителей из России возглавили Москва и Московская область

(32 691 чел.), Санкт-Петербург и Ленинградская область (2 613 чел.), Республика Татарстан (1 274 чел.), Нижегородская и Свердловская области (1 022 и 1 013 соответственно). Это наглядно подчеркивает федеральный масштаб события и его роль в формировании отрасли.

По словам Александра Корзанова (компания «Профессионал»), широкая география посетителей была представлена практически всеми регионами нашей страны — от Калининграда до Владивостока, а также странами постсоветского пространства и рядом зарубежных государств. «Большой интерес к выставке проявлен со стороны потенциальных партнеров из Азии», — сообщил он.

Одной из ключевых целей посещения СТТ Экспо стал поиск информации о состоянии рынка,

технологических трендах и отраслевых новинках — 47% (24 002 чел.). Еще 43% (22 310 чел.) были заинтересованы поиском новых поставщиков и деловых партнеров.

«На выставку приезжают люди, которые отвечают за бизнес. Это не мероприятие для случайной аудитории, а профессиональная площадка для тех, кто работает со строительной техникой и принимает решения», — подчеркнул Андрей Голубев (компания «Техстройконтракт»).

Специалистами разных направлений была отмечена высокая значимость EXPO+ как объединения на одной площадке смежных направлений. Экспозициями и решениями, представленными на выставке, заинтересовались 71% аудитории МАЙНИНГ СТТ, 39% посетителей COMvex и СТО Экспо, а также 36% специалистов Логистика Экспо.

Подобный формат позволил увидеть полную картину развития рынка, наладить полезные деловые контакты и оценить взаимосвязь ключевых направлений индустрии.

«Формат «пять выставок в одной» удобен тем, что наш стенд посетили люди, которые, хотя и не относятся к профильной аудитории, однако интерес к нашей специфике все-таки проявляют», — поделился Дмитрий Маров, представитель холдинга «Высокоточные комплексы» государственной корпорации «Ростех».

Игроки рынка продемонстрировали широкое разнообразие новинок, отвечающих актуальным запросам отрасли, и прорывных решений, подчеркивающих высокий технологический потенциал участников и их готовность к реализации самых современных задач.

Свои разработки, которые охватывают практически весь спектр строительной индустрии, представили компании: РОСТСЕЛЬМАШ, UMG, КЭМЗ, ДСТ «ДЕСНА», РАСКАТ, ГК «ТРАДИЦИЯ К», RESCHKE RUS, БАУМЕХ, СТРОЙМАШСЕРВИС, КОРПУС-ТЕХ, АМКОДОР, ДОРМАШИНА, РУСБИЗНЕС-АВТО, LIUGONG, GREINAR, ЛОНМАДИ, КВИНТМАДИ, SANY, XCMG, AURORA, ELKON, МЕКА, ПРОМАКС, SOLOMATIC, ТТМ и многие другие.

Завод «Профессионал» дебютировал с абсолютно новой линейкой техники, освоенной в производстве (г. Иваново): фронтальным погрузчиком РВ30, гусеничным экскаватором РВ225N, колесным экскаватором РВ210W, экскаватором-погрузчиком РВ991S с равновеликими колесами, гусеничным мини-экскаватором РВ060 и мини-погрузчиком ПМ-1250.

Компания «ДСТ «Десна» ознакомила профессиональную аудиторию с опытной дорожной фрезой Десна 130 (ширина фрезерования 1300 мм). Это единственная отечественная машина данного типа.

Завод «Дорожных машин» впервые представил беспилотный асфальтовый каток ДМ-7,7-BB и сочлененный мини-погрузчик ММ-08.

Компания ЛОНМАДИ продемонстрировала экскаваторы-погрузчики ТЛ-878 (равноколесный и разноколесный), выпущенные на заводе в Тосно.

В рамках деловой программы выставки были обсуждены темы, связанные с вопросами цифровой трансформации и технологического суверенитета, а также с новыми сценариями развития в условиях текущих экономических реалий.

Пленарная сессия «Эффективное управление рынком самоходных машин: безопасность, сделки» задала вектор всей программе. Эксперты обсудили меры по «обелению» рынка, темы, касающиеся автоматизации регистрации и



перехода к электронным сделкам. Кроме того, были рассмотрены важные изменения, связанные с законодательством, в том числе в части регулирования самоходных машин.

Сессия «Сценарии развития рынка спецтехники» при поддержке портала «Экскаватор Ру» и исследовательской компании ID-MARKETING была посвящена текущей конъюнктуре, ключевым вызовам и их решениям, а также прогнозированию и сценариям развития рынка.

Отдельное внимание специалистов привлекла конференция Ассоциации бетонных дорог «Техника и технологии для строительства качественных и безопасных автомобильных дорог», объединившая экспертов и производителей дорожной отрасли для обсуждения современных решений, касающихся дальнейшего развития инфраструктурного строительства.

При поддержке ассоциаций «Р.О.С.АСФАЛЬТ» и «Цифровая Эра Транспорта» прошла экспертная сессия «Роботизация – будущее дорожного строительства», объединившая представителей Федерального дорожного агентства и производителей для обсуждения

перспектив внедрения отечественной роботизированной техники. На сессии большое внимание было уделено подготовке кадров.

Объединил ведущие разработки отрасли Конкурс «Инновации в строительной технике в России», который в текущем году подтвердил статус значимой отраслевой площадки, демонстрирующей передовые решения и инженерные достижения в области строительной индустрии.

Анна Шорина, директор выставки СТТ Экспо, подводя итоги мероприятия, которые показали, что строительная отрасль продолжает развиваться, что в процессе адаптации к новым непростым условиям появляются все более интересные решения и все более активным оказывается взаимодействие между партнерами. В этой связи она отметила следующее: «Выставка стала площадкой для профессионального диалога, обмена опытом и поиска устойчивых решений, объединив запросы рынка, возможности производителей и инновационные разработки. СТТ Экспо наглядно показала динамику, силу и потенциал индустрии, а также обозначила ориентиры для дальнейшего развития».



Интеллектуальные
транспортные
системы России

ФОРУМ И ВЫСТАВКА

ИТС РОССИИ



АССОЦИАЦИЯ

ЦИФРОВАЯ ЭРА
ТРАНСПОРТА

АССОЦИАЦИЯ ПО РАЗВИТИЮ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТА

28-29.09.2026

Россия, г. Москва

12+

www.itsrussiaforum.ru



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНСТВО
РОСАВТОДОР



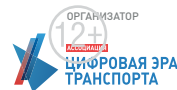
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РОСДОРИИ



ЕВРАЗИЙСКАЯ
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
КОМИССИЯ



РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА



ОРГАНИЗАТОР

ЦИФРОВАЯ ЭРА
ТРАНСПОРТА



Светодиоды
России



ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПАРТНЕР
СООРГАНИЗАТОР ИТ-ЧЕМПИОНАТА

ЗАЩИТА
ИНФРАСТРУКТУРЫ



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ



МАГИСТРАЛЬ
группа компаний



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



Платформа актуальной информации
о цифровых технологиях на транспорте

ОТРАСЛЕВЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



СОБЫТИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

ОПЕРАТОР

НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В представленной статье рассмотрена нормативно-техническая документация, распространяющаяся на бетоны в дорожном строительстве; сделан анализ разделения сфер технического регулирования. Авторами работы также приведен и проанализирован перечень нормативно-технических документов, применяемых для бетонных смесей и бетонов, которые используются при устройстве слоев оснований и покрытий автомобильных дорог.

В настоящее время в дорожном строительстве Российской Федерации все большее внимание уделяется цементобетону, особенно при новом строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Цементобетонные покрытия обладают рядом преимуществ: они отличаются большей прочностью относительно асфальтобетона и не подвержены влиянию повышенных температур, что исключает образование пластических деформаций и колеиности в летний период. При этом в настоящее время современные технологии и широкое распространение химических добавок позволяют обеспечить достижение цементобетонами показателей долговечности в части морозостойкости, значительно превышающих аналогичные показатели для асфальтобетонов.

Отдельно следует отметить высокую прочность цементобетона и общую жесткость дорожных одежд с цементобетонными покрытиями, способными выдерживать нагрузки, которые значительно превышают проектные для асфальтобетона. За счет жесткости цементобетона нагрузка распределяется равномерно, тем самым значительно снижается ее воздействие на нижележащие слои дорожной конструкции.

Однако, наряду с положительными аспектами, у цементобетонного покрытия можно выделить и ряд недостатков. В частности, к недостаткам можно отнести осо-

бенности технологии устройства цементобетонных слоев дорожных одежд, предполагающие высокую квалификацию персонала, наличие специализированного оборудования для укладки бетонной смеси, ее уплотнения, нанесения пленкообразующих материалов и так далее. Также следует отметить, что цементобетон требует значительно больше времени для набора прочности, что следует учитывать при планировании строительных работ, а в случае повреждений качественного восстановления цементобетонного покрытия может быть более трудоемким и дорогостоящим процессом, в сравнении с асфальтобетонным. Таким образом, несмотря на свои преимущества, цементобетон имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при выборе материала для строительства автодорог.

Совершенствование нормативно-технической документации в части цементобетонов для дорожного строительства направлено в том числе на минимизацию недостатков этой технологии, а также на повышение эффективности процессов, связанных с проектированием, производством, укладкой цементобетонных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог.

В настоящее время в Российской Федерации действует договор о Евразийском экономическом союзе, ратифицированный Федеральным законом от 03.10.2014 № 279-ФЗ «О ратификации Договора о Евра-

зийском экономическом союзе». Во исполнение указанного Договора минимально необходимые требования безопасности к автомобильным дорогам и процессам их проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации, а также формы и порядок оценки соответствия этим требованиям установлены Техническим регламентом Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» ТР ТС 014/2011, утвержденным решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 827.

Стоит отметить, что с вступлением в силу ТР ТС 014/2011 в 2016 году произошло разделение сфер технического регулирования, в связи с чем автомобильные дороги общего пользования (за исключением улиц населенных пунктов), а также дорожно-строительные материалы и изделия, независимо от места применения, попадают в сферу технического регулирования ТР ТС 014/2011, а автомобильные дороги необщего пользования и улицы населенных пунктов – в сферу технического регулирования Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ.

Каждый из вышеуказанных технических регламентов распространяет свое действие на определенный сектор дорожной деятельности путем использования отдельных перечней нормативно-технических документов (являющихся доказательной базой соответствующего технического регламента), в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований каждого в отдельности технического регламента. В части ТР ТС 014/2011 утверждены Перечни стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 014/2011.



В части нормативно-технической документации на бетонные смеси и бетоны на сегодняшний день в Российской Федерации действует два комплекса стандартов. Для автомобильных дорог общего пользования применяется комплекс стандартов серии ГОСТ Р 59300-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия», комплекс стандартов серии ГОСТ Р 70362-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия» и т.д. Для бетонов, применяемых в промышленном и гражданском строительстве, а также для бетонов, применяемых для аэродромных оснований и покрытий – комплекс стандартов ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» и так далее.

Как показывает практика, несмотря на то, что с 1 сентября 2016 года в Российской Федерации окончено действие переходного периода ТР ТС 014/2011 и в отношении автомобильных дорог введено специ-

альное регулирование, в том числе разработана соответствующая нормативно-техническая база, все же ряд документов сохраняет свое действие на все области строительства, включая транспортную. Данные вопросы решаются поступательно, в том числе и в области цементобетонных автомобильных дорог.

В настоящее время на площадке Технического комитета по стандартизации ТК-465 «Строительство» ведется работа по внесению изменений в ГОСТ 26633-2015. В рамках проводимой работы обсуждается исключение из области применения стандарта дорог общего пользования, а также значительная переработка Приложения А в части изменений п. А.2, касающегося дополнительных требований к материалам для бетонных смесей автомобильных дорог.

Таким образом, нормативно-технической базой для строительства оснований и покрытий цементобетонных дорог был и остается комплекс следующих стандартов:

- ГОСТ Р 59300-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия»;

- ГОСТ Р 59301-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний»;

- ГОСТ Р 59302-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Правила подбора состава»;

- ГОСТ Р 70362-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия»;

- ГОСТ Р 70363-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний»;

- ГОСТ Р 70364-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ».

Рассмотрим их более детально.

В стандарте ГОСТ Р 59300-2021 установлены требования к технологическим характеристикам бетонных смесей, процессам контроля их приготовления, оценке соответствия показателей их качества. ГОСТ Р 59300-2021 подразделяет бетоны по типу и по показателю удобоукладываемости. Бетонные смеси должны обеспечивать получение бетонов с заданными показателями качества либо иметь заданный состав. Также в национальном стандарте указаны основные требования к компонентам бетонной смеси: заполнителям, вяжущему, добавкам и так далее. С целью увеличения прочности бетона на растяжение при изгибе, а также для снижения усадочных деформаций, повышения трещиностойкости, ударной прочности, прочности на осевое растяжение в составе бетонной смеси допускается применение стальной или полимерной фибры.

ГОСТ Р 59301-2021 устанавливает общие требования к методам испытаний бетонных смесей, включая требования к правилам отбора проб, методам определения удобо-

укладываемости, средней плотности, пористости, расслаиваемости, температуры и сохраняемости свойств бетонной смеси.

Стандарт ГОСТ Р 70362-2022 нормирует требования к составу, показателям, методам испытаний и правилам приемки бетонов. Показатели бетона делятся на основные (прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе, морозостойкость) и дополнительные (водонепроницаемость, растяжение при раскалывании, истираемость G_{pt}). Основные показатели указываются в проектной документации, а дополнительные – при необходимости в проектной, технологической и/или контрактной документации.

ГОСТ Р 70363-2022 устанавливает методы испытаний бетонов, а именно определение плотности, прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и истираемости G_{pt}. Стоит отметить, что в этом стандарте появился относительно новый дополнительный показатель – истираемость G_{pt}. Это достаточно важный показатель, потому что практика эксплуатации жестких дорожных одежд показывает, что ускоренное истирание верхнего слоя, которое приводит к появлению колеи, является одним из основных проблемных вопросов. При этом ГОСТ 13087-2018 «Бетоны. Методы определения истираемости» с использованием в качестве основного оборудования круга истирания не в полной мере отражает работу бетонного покрытия при его эксплуатации под воздействием шипованных шин автомобилей. Поэтому в стандарте применен альтернативный метод определения истираемости, по аналогии с методом определения истираемости шипованными шинами, применяемым при испытании асфальтобетонов.

Правила выполнения работ по устройству монолитных цементобетонных покрытий и оснований подробно приведены в ГОСТ Р 70364-2022. В данный стандарт включены все аспекты производства работ, начиная от выбора конструкции, заканчивая контролем качества. В соответствии с документом предусмотрено устройство покрытий и оснований следующими методами: устройство оснований и покрытий бетоноукладчиками со скользящими формами, строительство оснований асфальтоукладчиками (укладываемый бетон), строительство оснований и покрытий вручную с применением средств малой механизации. Также нормативный документ содержит подробное описание таких процессов, как текстурирование, уход за свежесложенным бетоном, устройство деформационных швов, контроль качества и так далее.

ГОСТ Р 59302-2021 устанавливает требования к подбору составов бетонных смесей. Недавние исследования, отраженные в научных работах «Исследование влияния состава цементобетонной смеси на истираемость цементобетонных покрытий» [1], «Исследование истирания цементобетонных покрытий под действием шипованной резины» [2], показывают, что существует ряд параметров, значительно влияющих на эксплуатационные показатели, в первую очередь – истираемость, например, генезис породы щебня в составе бетонной смеси или гранулометрический состав минеральной части бетонной смеси.

Минеральная часть в бетонной смеси в значительной степени влияет на прочностные и эксплуатационные характеристики, при этом действующие методики подбора цементобетонных смесей практически не учитывают целесо-

образность подбора оптимального зернового состава минеральной части.

Необходимость проектирования составов цементобетонных покрытий с учетом получения высоких эксплуатационных показателей цементобетонных покрытий становится все более очевидной. Исходя из этого в настоящее время ведется работа по внесению изменений в ГОСТ Р 59302-2021. Внесение изменений в указанный национальный стандарт будет направлено на внедрение современных, актуальных и зарекомендовавших себя подходов к подбору составов цементобетонных с повышенными физико-механическими характеристиками для конструктивных элементов цементобетонных автомобильных дорог с учетом особенностей их эксплуатации.

Таким образом, в дорожном хозяйстве на сегодняшний день сформирована нормативно-техническая база для качественного устройства цементобетонных оснований и покрытий, и она продолжает совершенствоваться. Основные требования к бетонным смесям и методам их испытаний установлены в ГОСТ Р 59300-2021, ГОСТ Р 59301-2021, ГОСТ Р 59302-2021, основные требования к бетонам, методам их испытаний, а также правилам производства работ установлены в ГОСТ Р 70362-2022, ГОСТ Р 70363-2022, ГОСТ Р 70364-2022.

Применение указанного комплекса национальных стандартов обеспечит высокое качество бетонов в дорожном строительстве, а также будет способствовать более широкому применению бетонов в дорожных конструкциях в России.

**С.Г. Беспалов,
А.З. Гайфуллина,
ФАУ «РОСДОРНИИ» (Москва)**

Список источников

1. Беспалов С.Г., Гайфуллина А.З. Исследование влияния состава цементобетонной смеси на истираемость цементобетонных покрытий // Дороги и мосты. Сб. науч. тр. № 53-1. 2025. С. 228–251.
2. Ушаков В.В., Агарышев О.А., Эккерт А. Исследование истирания цементобетонных покрытий под действием шипованной резины // Цемент и его применение. № 2. 2021 / URL: <https://jcement.ru/magazine/vypusk-2-2021/issledovanie-istiraniya-tsementobetonnykh-pokrytiy-pod-deystviem-shipovannoy-reziny/> (дата обращения: 30.07.2025).



Международный научно-практический семинар

Шелковый путь 2026

РАССКАЗЫВАЕМ ПРО ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1-04.12.2026



Регистрация на международный
научно-практический семинар
roadconference.ru



ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ АСФАЛЬТОБЕТОНА

В настоящее время традиционно используемые критерии работоспособности асфальтобетона перестают удовлетворять потребности дорожников, в связи с чем наблюдается постепенный переход от условных методов испытаний материалов к новым методам определения эксплуатационных свойств, в большей степени приближенных к реальным условиям эксплуатации и лучше учитывающих работу дорожных покрытий.

Особенностью нагрузок от транспортных средств на асфальтобетонное покрытие автомобильных дорог является то, что в большинстве случаев напряжения и деформации, возникающие в материалах дорожного покрытия, не превышают критических значений, однако при многократном динамическом их приложении в асфальтобетоне развиваются усталостные процессы и пластические деформации. Это приводит к исчерпанию ресурса прочности, постепенному накоплению дефектов в структуре материала с последующим его разрушением.

За последние 40 лет по всему миру было проведено множество исследований с целью построения моделей прогнозирования долговечности асфальтобетонного покрытия, в зависимости от свойств материала и условий его эксплуатации. В данных исследованиях критерии усталостной долговечности и колееустойчивости играют ключевую роль. Такие модели являются ценным инструментом для проектирования оптимальных конструкций дорожных одежд и планирования межремонтных сроков службы покрытий.

Оценка срока службы асфальтобетона по критерию усталостной долговечности

Как показывает практика эксплуатации дорожных одежд с асфальтобетонными слоями в Ре-

спублике Беларусь, на покрытия часто встречаются дефекты в виде усталостных трещин. Причин этому может быть несколько: ошибочное определение количества циклов ежегодного нагружения

конструкции, искаженный или неэффективный учет климатических условий эксплуатации дорожно-строительных материалов в слоях дорожной одежды, неточная методика определения максимально допустимых деформаций, а также накопления их в процессе эксплуатации [1].

Механизм образования усталостных трещин можно разделить на два типа: образование трещин снизу вверх и сверху вниз [2].

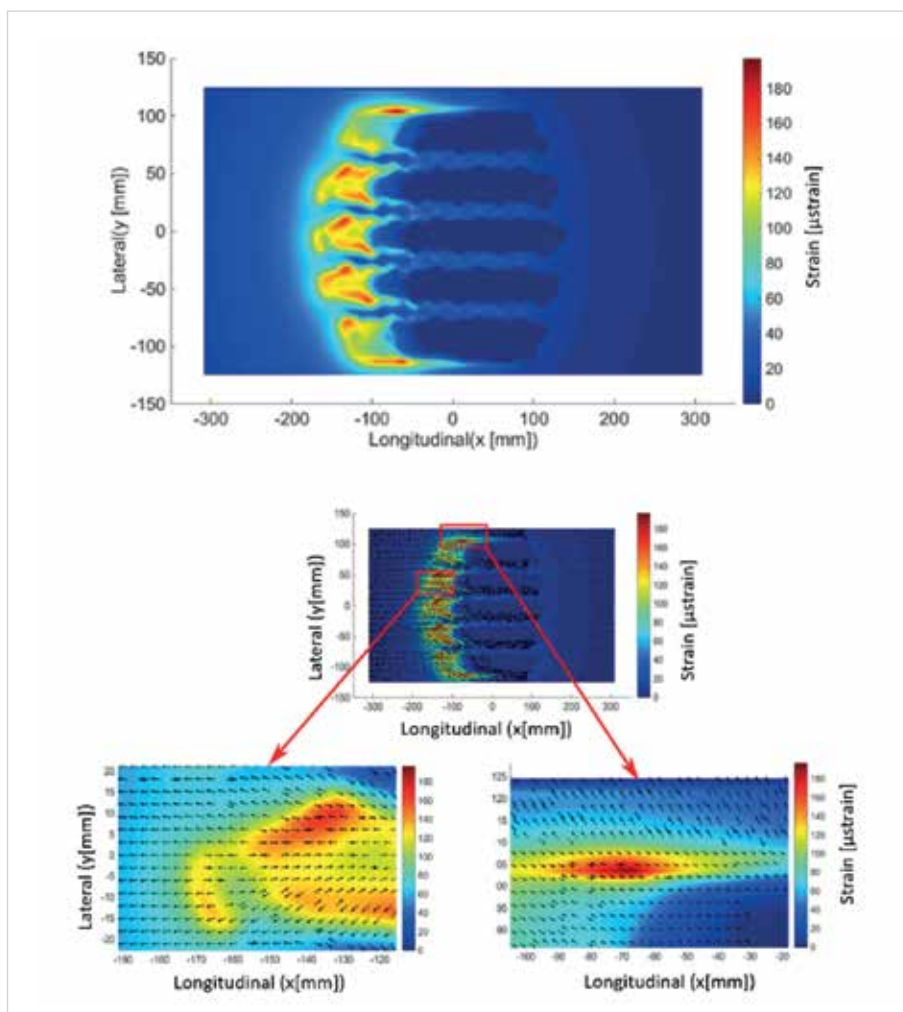


Рис. 1. Относительные деформации растяжения верхнего асфальтобетонного слоя от воздействия протектора шины при разгоне грузового автомобиля

Образование усталостных трещин снизу вверх является типичным механизмом усталостного растрескивания, так как качество асфальтобетонных слоев, как правило, ухудшается с глубиной, при этом в самом нижнем асфальтобетонном слое возникают большие деформации растяжения.

Образование усталостных трещин сверху вниз обусловлено контактным воздействием протектора шины и возникновением локальных растяжений в зоне контакта шины на поверхности асфальтобетонного покрытия. Величина таких деформаций растяжения может достигать до 200 мкм/м [3]. Такое растрескивание возникает, как правило, на более толстых и капитальных нежестких дорожных одеждах.



Рис. 2. Усталостные трещины при механизме образования сверху-вниз

На рис. 1 представлены изополя деформаций, вызванных контактным воздействием шин грузовых автомобилей (согласно [4]), а на рис. 2 – типичные усталостные трещины при растрескивании сверху вниз.

Государственным предприятием «БелдорНИИ» был разработан дорожный методический документ «Рекомендации по расчету дорожной одежды по критерию усталостной долговечности с учетом ресурсных свойств асфальтобетонов» [5], где реализован современный подход к определению усталостных свойств асфальтобетонов, которые учитываются при расчете конструкции дорожной одежды. Алгоритм расчета состоит из трех последовательных действий:

- 1) определение усталостных свойств асфальтобетонов при помощи испытания на четырехточечный изгиб с построением зависимости: относительная деформация растяжения – количество циклов приложения нагрузки до отказа материала;
- 2) моделирование воздействия расчетной нагрузки на конструкцию дорожной одежды с определением горизонтальных относительных деформаций растяжения, возникающих в слоях асфальтобетона;

3) расчет количества приложений расчетной нагрузки к дорожной одежде до ее отказа по критерию усталостной долговечности.

Если иметь данные об интенсивности, составе транспортного потока, результаты испытания асфальтобетонов методом четырехточечного изгиба и знать конструкцию дорожной одежды, то можно определить расчетный срок ее службы по критерию усталостной долговечности.

Таким образом, представленная в рекомендациях методика близка к актуальному механико-эмпирическому методу проектирования дорожных одежд, используемому в США [6]. Она позволяет рассчитать устойчивую к усталостному разрушению конструкцию дорожной одежды и подобрать соответствующие оптимальные составы асфальтобетонов.

Разработка требований к асфальтобетонам по показателю «глубина колеи» при испытании на установке нагружения колесом в зависимости от условий эксплуатации

Вторым критерием, влияющим на ресурс работы дорожной одежды, является устойчивость асфальтобетона к пластическим деформациям. В результате климатических

изменений в сторону потепления за несколько последних лет существенно увеличилась протяженность автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями, имеющими дефекты в виде колеи и сдвига.

Решить проблему низкой сдвигоустойчивости асфальтобетона невозможно без внедрения современных методов испытаний на стадии подбора состава асфальтобетона и контроля качества производства работ.

Различают следующие важные условия эксплуатации асфальтобетонного покрытия, влияющие на скорость роста пластической деформации в виде колеи на поверхности асфальтобетонного покрытия:

- температура слоев асфальтобетона при эксплуатации;
- конструкция дорожной одежды и распределение напряжений сдвига в асфальтобетонных слоях;
- скорость и интенсивность движения транспорта за период эксплуатации покрытия.

Все эти условия необходимо учитывать при определении требований к колеестойчивости асфальтобетонов в зависимости от условий их эксплуатации.

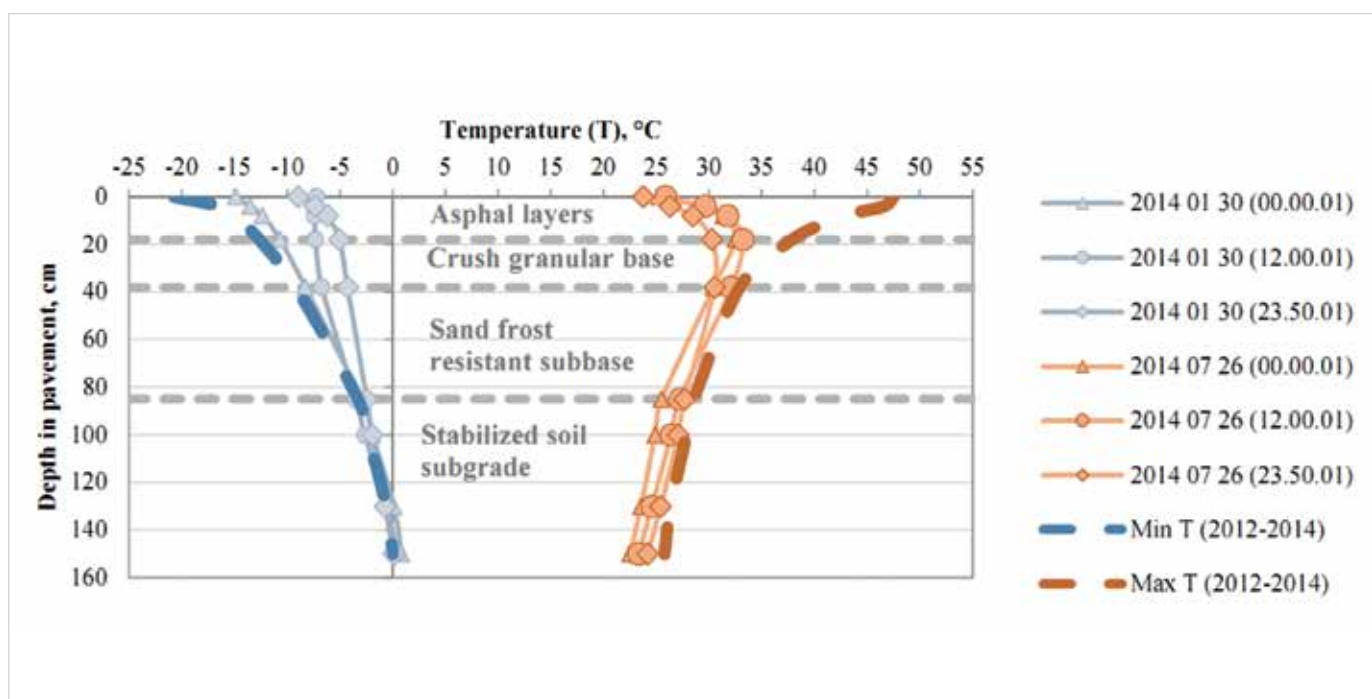


Рис. 3. Распределение температуры слоев дорожной одежды по глубине

Согласно полученным данным [7], в Республике Беларусь максимальная температура, до которой нагревается верхний слой асфальтобетона в конструкции дорожной одежды, составляет 55°C.

Температура асфальтобетонных слоев при эксплуатации влияет на образование пластических деформаций таким образом, что при повышении температуры скорость роста пластических деформаций увеличивается по экспоненциальному закону. Согласно исследованиям [8], проведенным на территории географически близкой к нам Литвы, температура в слоях дорожной одежды распределяется так, как показано на рис. 3.

Согласно этим данным, в жаркий период года температура асфальтобетонных слоев достигает своего максимума на поверхности, а на глубине 20 см линейно снижается на 10°C. Таким образом, максимальная температура в асфальтобетонных слоях снижается на 1°C каждые 2 см глубины дорожной одежды.

Опираясь на результаты проведенных ранее исследований влияния температуры на колееустойчивость асфальтобетонов различных

типов и учитывая информацию о распределении максимальной температуры асфальтобетонных слоев по толщине дорожной одежды, можно сделать вывод, что в несущем асфальтобетонном слое дорожной одежды (нижний слой покрытия) максимальная температура ниже, чем в верхнем слое покрытия, на 2–3°C. Поэтому требования к нижнему слою покрытия при испытании на колееустойчивость могут быть незначительно снижены.

В асфальтобетонном слое основания (при конструкции дорожной одежды с тремя асфальтобетонными слоями) максимальная температура опускается уже на 6–7°C. Это позволяет снизить требования к такому асфальтобетонному слою по показателю «глубина колеи» (при испытании прокатыванием нагруженного колеса) на 0,7–1,0 мм для учета распределения температуры по толщине дорожной одежды.

Для оценки распределения касательных напряжений, возникающих в дорожной одежде под действием расчетной транспортной нагрузки, было проведено моделирование методом конечных элементов для двух наиболее распространенных в Республике Бе-

ларусь конструкций дорожных одежд: с тремя и с двумя асфальтобетонными слоями. По результатам моделирования можно сделать следующие выводы: касательные напряжения присутствуют во всех асфальтобетонных слоях и имеют максимальные значения на глубине от 20 до 70 мм.

Таким образом, для обеспечения колееустойчивости дорожной одежды при назначении требований к асфальтобетонам необходимо учитывать стойкость к колееобразованию всех асфальтобетонных слоев дорожной одежды. Касательные напряжения значительно уменьшаются в асфальтобетонном слое основания при трехслойной конструкции асфальтобетонного покрытия, что необходимо учитывать при назначении требований к этому слою.

Для оценки влияния транспортной нагрузки была проведена работа по сопоставлению полевых и лабораторных данных по критерию колееустойчивости асфальтобетонов. С этой целью определен список опытных участков автомобильных дорог на территории Республики Беларусь, на которых проведены работы по обследованию состояния покрытия на предмет наличия дефекта в виде колеи.

На опытных участках производились отбор проб асфальтобетона и измерение существующей глубины колеи на протяжении 15 м в обе стороны от места отбора, и рассчитывалась средняя полевая глубина колеи опытного участка.

Далее производился расчет скорости роста колеи в натурных условиях по формуле:

$$K_c = \frac{K}{N \cdot 10^{-5}}$$

Где K_c – скорость роста колеи в полевых условиях, мм / 100 000 проходов приведенных осей нагрузки A_2 ;

K – существующая полевая глубина колеи на опытном участке, мм;

Требования к сдвигоустойчивости асфальтобетонов в зависимости от условий эксплуатации для климатических условий Республики Беларусь

Конструктивный слой дорожной одежды из асфальтобетона	Средняя глубина колеи RDS, мм, не более, при числе накопленных осей нагрузки A_2^* за расчетный срок службы дорожной одежды			
	> 4 млн	2–4 млн	1–2 млн	< 1 млн
Верхний слой покрытия	2,50	4,00	11,00	–
Нижний слой покрытия	2,50	4,50	12,00	–
Верхний слой основания	6,00	9,00	–	–

* Число накопленных осей нагрузки A_2 для автомобильных дорог определяют согласно ТКП 45-3.03-112, для улиц населенных пунктов – согласно ТКП 45-3.03-3

N – количество прошедших осей приведенной нагрузки A_2 за срок эксплуатации верхнего слоя асфальтобетонного покрытия.

нагружения колесом. Испытания асфальтобетонов проводились по методике, гармонизированной с ГОСТ Р 58406.3–2020.

Отобранные пробы асфальтобетона испытывались на установке

При обработке полученных данных был проведен регрессион-



Рис. 4. Результаты испытания асфальтобетона и наблюдения за опытном участком с низкой колееустойчивостью



Рис. 5. Результаты испытания асфальтобетона и наблюдения за опытном участком с хорошей колееустойчивостью

ный анализ с построением эмпирической зависимости «скорость роста колеи в полевых условиях – глубина колеи в лабораторных условиях» (RD).

Исходя из полученной эмпирической зависимости и руководствуясь предположением, что пластическая деформация, возникающая в слое асфальтобетона, прямо пропорционально зависит от величины касательного напряжения в этом слое, а также учитывая распределение максимальных температур по толщине дорожной одежды, были разработаны требования к сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей в зависимости от условий эксплуатации.

Согласно СТБ 1291-2016 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому для обеспечения безопасности дорожного движения», максимально допустимая глубина колеи из условия обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах общего пользования составляет 30 мм. Для достижения вероятности сохранения эксплуатационных свойств асфальтобетонного покрытия по критерию отсутствия критических пластических деформаций в 98% был применен коэффициент запаса равный 2,0. Таким образом, для расчета требований к сдвиго-

устойчивости применялось критическое значение величины полевой колеи в 15 мм.

Результаты определения требований по колееустойчивости к асфальтобетонам, в зависимости от условий эксплуатации асфальтобетонных покрытий, представлены в таблице.

За опытными участками продолжалось наблюдение в течение ряда лет. Результаты наблюдения подтвердили обоснованность предложенных требований к асфальтобетонам по критерию колееустойчивости (рис. 4, 5).

Результаты данных исследований были применены при разработке государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 2671-2025 «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения определения стойкости к колееобразованию прокатываем нагруженного колеса».

Асфальтобетон – это композитный материал, долговечность которого зависит от свойств исходных материалов и состава. Изменяя состав смеси и количество вяжущего в асфальтобетонной смеси, необходимо достичь баланса между пластическими (высокотемпературными) свойствами и трещиностойкостью

(усталостной прочностью), так как обычно при улучшении колееустойчивости ухудшается трещиностойкость. Поэтому важно обоснованно назначать требования к высокотемпературным свойствам асфальтобетона и при проектировании состава асфальтобетонной смеси учитывать свойства асфальтобетона в комплексе.

Проведенные исследования доказали возможность прогнозирования колееобразования в полевых условиях по результатам испытания асфальтобетонов на установке нагружения колесом.

Для получения максимальной долговечности асфальтобетонного покрытия при проектировании составов асфальтобетонных смесей необходимо учитывать напряженно-деформированное состояние дорожной одежды и эксплуатационные свойства асфальтобетонов. При этом эксплуатационные свойства асфальтобетона должны соответствовать условиям его работы в слое конструкции дорожной одежды.

Д.В. Кошелев,

заместитель начальника отдела асфальтобетона и дорожных технологий отраслевой дорожной лаборатории государственного предприятия «БелдорНИИ»

Список использованных источников

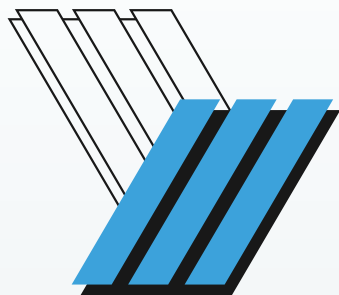
- [1] Углова Е.В., Шилов О.А. Анализ критериев расчета нежестких дорожных одежд в условиях воздействия интенсивного транспортного потока // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018. №3. <https://t-s.today/PDF/14SATS318.pdf> (доступ свободный).
- [2] Mackiewicz P. Fatigue tests of bituminous mixtures with inclusion of initial cracks // Journal of Materials in Civil Engineering. 2013. T. 25. – № 1. С. 140–147.
- [3] Roque R. et al. Top-down cracking of hot-mix asphalt layers: Models for initiation and propagation. 2010. № NCHRP Project 1-42A.
- [4] E.Y. Manyo, B. Picoux, P. Reynaud, R. Tauton, D. Nelias, F. Fllou, C. Petit Approach of pavement surface layer degradation caused by tire contact using semi-analytical model / Materials, 2021, №14, 2117. <https://doi.org/10.3390/ma14092117/>
- [5] ДМД 33200.031-2024 Рекомендации по расчету дорожной одежды по критерию усталостной долговечности с учетом ресурсных свойств асфальтобетонов, Мн.: БелдорНИИ, 2024.
- [6] AASHTO Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide 2008.
- [7] Отчет о НИР «Исследование структурно-реологических характеристик органических вяжущих с учетом эксплуатационных температур асфальтобетонного покрытия». Мн.: БелдорНИИ, 2020.
- [8] Rita Kleizienė, Audrius Vaitkus, Jurgita Židanavičiūtė, Evaldas Marcinkevičius Classification of Surface Temperature for the Flexible Pavement Design / «Environmental Engineering». 10th International Conference Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 27–28 April 2017.
- [9] Отчет о НИР 06.764.3.2022 «Исследование и разработка требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей для условий эксплуатации Республики Беларусь в рамках гармонизации системы СПАС». Мн.: БелдорНИИ, промежуточный, 2 кв. 2023.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР



РОСАСФАЛТ
Ассоциация Производителей и Потребителей
Асфальтобетонных Смесей



КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

МОСТЫ И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

17.09.2026 | МОСКВА

Российский университет транспорта (МИИТ)

12+

innodor.ru



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РОСДОРОНИИ



РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА

ТК-418
Дорожное хозяйство



ЦИФРОВАЯ ЭРА
ТРАНСПОРТА

МАСТЕРСКАЯ
ПТ МОСТОВ



РОСАСФАЛТ
Ассоциация Производителей и Потребителей
Асфальтобетонных Смесей

ОРГАНИЗАТОР

ПАРТНЕРЫ



ГАЗПРОМНЕФТЬ
БИТУМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



ОТРАСЛЕВЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ОПЕРАТОР



О САМОВОССТАНОВЛЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Асфальтобетоны в дорожных конструкциях подвергаются воздействию комплекса эксплуатационных факторов, включая транспортные нагрузки, положительные температуры, солнечную радиацию, отрицательные температуры и циклы замораживания-оттаивания. Результатом действия эксплуатационных факторов является образование пластических дефектов в виде деформаций конструкций и хрупких дефектов (трещин).

При этом трещины в асфальтобетоне образуются в результате термоокислительного старения битумного вяжущего под влиянием положительных температур и солнечной радиации, а также избытка внутренних напряжений в хрупком состоянии под влиянием отрицательных температур или морозного разрушения.

Одним из основных направлений развития асфальтобетонов [1-4] является увеличение их работы в конструкциях без значительных потерь качества под воздействием эксплуатационных факторов с целью увеличения безремонтного срока службы. Новым направлением в области усовершенствования асфальтобетонов является разработка модификаторов для реализации технологии самовосстановления [5-6].

Такого рода модификаторы позволяют сформировать в асфальтобетонах запас компонентов, которые хранятся в специальных контейнерах в виде капсул размером до 1,5 мм. Используемый компонент в процессе эксплуатации реализует самовосстановление после разрушения капсул и проникновения в матрицу материала. Эффект самовосстановления реализуется в результате ликвидации части дефектов за счет физико-химических процессов преобразования под влиянием вещества из капсул.

В технологии цементобетонов известно [7] решение по использованию капсул, содержащих биоматериал в виде бактерий, которые в результате жизнедеятельности заполняют дефекты материала карбонатом кальция, ликвидируя их. Сложность использования подобного подхода

в асфальтобетонах сопряжено с выживаемостью бактерий в условиях производства асфальтобетонной смеси при температурах более 100°C.

В работе [8] предложено использование AR-полимера в качестве компонента в капсулах, реализующего самовосстановление в асфальтобетонах. Альтернативой такого компонента является растительное масло, используемое в исследованиях зарубежных ученых [9-11]. Принципиальная схема действия капсул в асфальтобетоне представлена на рис. 1.

При этом эффект самовосстановления в асфальтобетоне может быть достигнут как за счет самопроизвольного «запутывания» молекул органических соединений в зоне разрыва связей, возникшего при образовании дефекта, так и за счет склеивания поверхностей дефекта с образованием новых адгезионных связей в процессе структурообразования.

Процесс самопроизвольного запутывания молекул зависит от близости молекул друг к другу и скорости движения, которая по-

вышается с ростом температуры. Таким образом, кинетическая энергия молекул и среднее расстояние между ними увеличиваются по мере повышения температуры. Это естественным образом приводит к увеличению объема материала и уменьшению вязкости.

Снижения вязкости в зоне дефекта можно достичь использованием капсул с маслом внутри. В процессе формирования дефектов разрушение капсул способствует освобождению масла, диффузии его внутрь матрицы и омоложению области дефекта. За счет этого в указанном локальном объеме будет протекать процесс самовосстановления. Однако такой подход может быть реализован, если дефекты в виде трещины образовались в процессе старения битума и есть потребность его омоложения. В случае образования трещин в результате хрупкого разрушения при низких температурах избыток масла из капсул, попадая в битум, значительно снизит теплоустойчивость асфальтобетона.

Использование в капсулах активного полимерного компонента позволит реализовать самовосстановление за счет механизма склеивания в результате образования новых адгезионных связей. Образование последних представляет собой двухстадийный процесс, где на первом этапе происходит перемещение полимера (адгезива) вглубь материала (подложки) с ориентацией молекул в погранич-

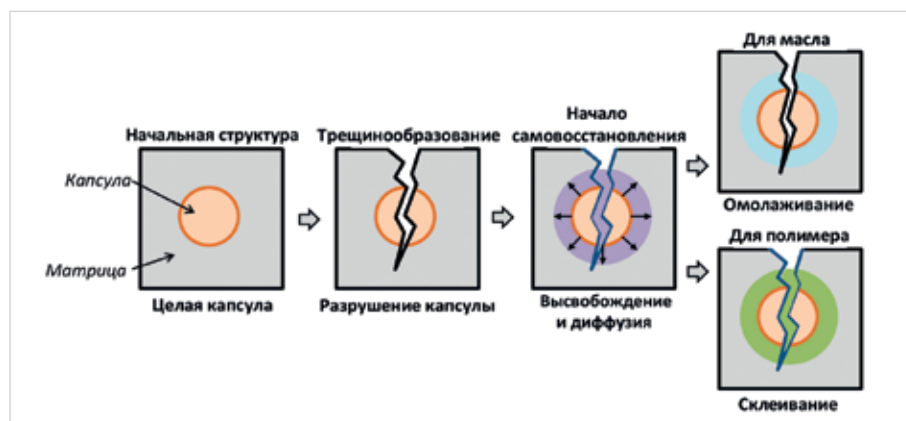


Рис. 1. Принципиальная схема действия капсул в асфальтобетоне

Табл. 1. Физико-механические свойства ЩМА-15

Показатель	Ед. изм.	Значение показателя	
		Без модификатора	С капсулированным AR-полимером
Предел прочности на растяжение при расколе при 0°C	МПа	2,9	2,6
Прочность при сжатии, 0°C	МПа	5,9	4,9
Прочность при сжатии, 20°C	МПа	3,0	3,6
Прочность при сжатии, 50°C	МПа	0,8	1,0
Сдвигоустойчивость при 50°C: коэффициент внутреннего трения	–	0,95	0,96
Сдвигоустойчивость при 50°C: показатель сцепления	МПа	0,55	0,65

ном слое, а на втором этапе адгезив и подложка взаимодействуют с участием сил Ван-дер-Ваальса и/или с образованием химических связей.

В процессе реализации самовосстановления в асфальтобетоне происходит локальное изменение структуры, которое выражается в изменении свойств. Фиксирование указанных изменений позволяет судить об эффективности самовосстановления. При этом очевидно, что различные показатели свойств асфальтобетона в процессе самовосстановления изменяются в различной степени.

В исследовании научной группы из НИУ МГСУ в рамках проекта № 22-79-10051 [12], поддержанного РНФ, установлено [13], что капсулы являются компонентом для производства асфальтобетонов, способным в процессе действия эксплуатационных факторов ликвидировать часть дефектов в виде трещин.

При этом свойства капсул должны обеспечивать возможность реализации описанного выше механизма. Сложность использования капсул, удовлетворяющих технологическим требованиям производства асфальтобетонов, заключается в обеспечении необходимой проч-

ности, которая позволяет капсулам сохраняться в целостности после приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси, а также разрушаться в период образования трещин в структуре. Оптимизированная технология синтеза позволяет получать капсулы с необходимой прочностью и стойкостью к технологическим температурам. С помощью томографического исследования и численных экспериментов доказано, что 97% разработанных капсул с AR-полимером остаются целыми в процессе производства асфальтобетона.

Для этого щебеночно-мастичная смесь ЩМА-15 модифицировалась капсулами с AR-полимером и производилась оценка степени восстановления показателей свойств, отражающих качество асфальтобетона в соответствии с ГОСТ 31015. Основные свойства ЩМА-15 представлены в табл. 1.

Самовосстановление – это процесс, направленный на нейтрализацию дефектов, которые образовались при эксплуатации конструкции, и осуществляющийся без антропогенного вмешательства извне.

Эксплуатационными факторами, которые приводят к образованию дефектов, являются механические воздействия автомобильно-

го транспорта, которые в разной степени влияют на состояние асфальтобетона при различных температурах. Показатели прочности асфальтобетона отражают состояние материала и его способность сопротивляться механическим нагрузкам при различных температурах. Образующиеся дефекты в асфальтобетоне снижают эту способность, что закономерно отражается на показателях прочности. Установление степени изменения показателей физико-механических свойств позволяет оценивать влияние процесса самовосстановления на изменение способности сопротивляться нагрузкам.

С этой целью необходимо из асфальтобетонной смеси изготовить образцы, для которых будут фиксироваться показатели физико-механических свойств. Определение, например, показателя прочности при сжатии ($R_{сж}$) позволит судить о способности образцов асфальтобетона сопротивляться максимальной силе нагружения. В процессе испытания в образцах формируются дефекты; после теста также остается часть структурных связей в материале, которые обладают способностью сопротивляться нагрузкам. Это способность характеризует остаточную прочность асфальтобетона ($R_{ост}$).

Под влиянием положительной температуры в испытанных образцах асфальтобетона битум может расплавляться и, заполняя часть дефектов, ликвидировать их, обеспечивая восстановление целостности. Результатом такого процесса будет увеличение прочности образцов асфальтобетона (R_n) в сравнении с их остаточной прочностью. Но интенсивность такого процесса зависит от температуры и должна достигать значений, близких к температуре размягчения битума, что существенно влияет на прочность образцов асфальтобетона. Поэтому использование указанного эффекта как инструмента для восстановления асфальтобетона в покрытии сопряжено со значительной потерей несущей способности.

Наличие капсул в составе асфальтобетона позволяет реализовывать процесс ликвидации трещин за счет полимерного восстанавливающего агента по механизму, описанному выше. Численно оценить эффективность самовосстановления возможно с использованием формулы:

$$HI = \frac{R_h}{R_{сж}} \quad (1)$$

или с учетом остаточной прочности:

$$HI^* = \frac{R_h - R_{ост}}{R_{сж}} \quad (2)$$

Очевидно, что интенсивность процесса самовосстановления зависит от множества факторов, в том числе от вида и интенсивности разрушающего механического воздействия и особенностей формирования дефектов. Сравнивая эффект самовосстановления, например, по показателю предела прочности при сжатии при разных температурах, можно проследить указанное различие в степени ликвидации дефектов.

Так, после 7 дней отдыха для образцов асфальтобетона из ЩМА-15 предел прочности при сжатии при 0°C равен 4,68 МПа, при 20°C – 2,22 МПа, а при 50°C – 0,70 МПа. Для ЩМА-15 модифицированного капсулами с AR-полимером предел прочности при сжатии при 0°C равен 4,28

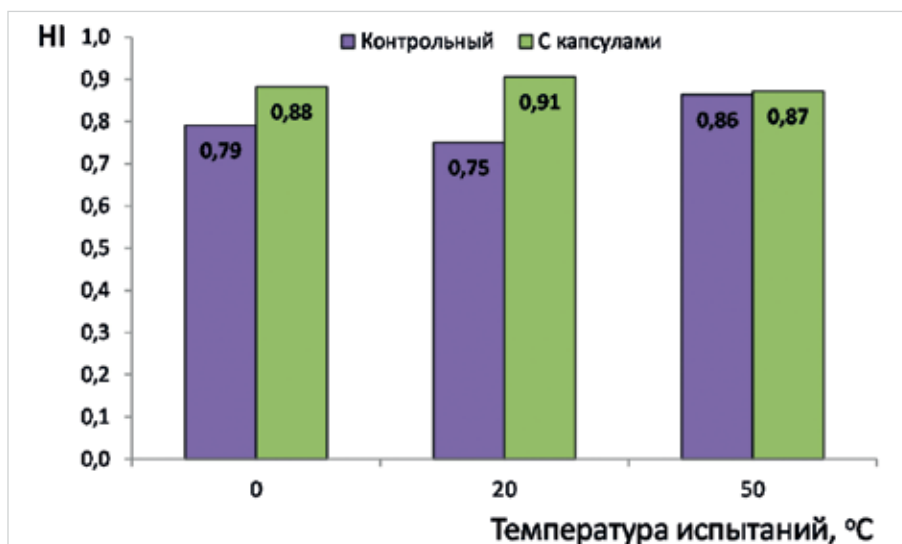


Рис. 2. Влияние капсул на индекс HI для предела прочности при различных температурах

МПа, при 20°C – 3,25 МПа, а при 50°C – 0,88 МПа. Это позволяет с помощью формулы (1) оценить эффективность самовосстановления под влиянием капсулированного модификатора (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что добавление капсул в состав ЩМА не влияет на восстановление показателя прочности при 50°C. При этом предел прочности при сжатии при 0°C и 20°C в присутствии капсул с AR-полимером восстанавливается интенсивнее. Так, HI для предела прочности при сжатии при 0°C увеличивается на 11,5%, а для предела прочности при сжатии при 20°C – на 20,5%. Наблюдаемое изменение HI показывает способность капсул с

восстанавливающим агентом ликвидировать часть дефектов, которые образовались в результате хрупкого и/или упруго-хрупкого разрушения.

Таким образом, разработка и использование нового вида модификаторов, способных реализовывать в асфальтобетонах процесс самовосстановления, позволяет управлять процессами структурообразования в период эксплуатации, восстанавливать качество асфальтобетона за счет ликвидации части дефектов.

С.С. Иноземцев,

канд. техн. наук, доцент кафедры
строительного материаловедения,
НИУ МГСУ

Список литературы

1. Королев Е.В. Перспективы развития строительного материаловедения // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 3. С. 143–159.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении / В.С. Лесовик. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. 287 с.
3. Иноземцев С.С., Сусанина Т.В., Стибунов Д.В., Кейта Л.М.Ф. Тенденции развития научных направлений в области дорожно-строительных материалов в России // Строительные материалы. 2023. 12. 4–19. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-820-12-4-19.
4. Артамонова О.В. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 1. Общие проблемы фундаментальности, основные направления исследований и разработок / О.В. Артамонова, Е.М. Чернышов // Строительные материалы. 2013. № 9. С. 82–90.
5. Chernykh T.N., Bondarenko S.A., Zimich V.V. Study of natural self-healing of materials based on inorganic binders. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2020. Vol. 962.
6. Иноземцев С.С., До Т.Ч. Состояние и перспективы развития технологии самовосстанавливающихся дорожных материалов // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 10. С. 1407–1424 DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1407-1424.
7. Ерофеев В.Т., Аль Д.С.Д.С., Смирнов В.Ф. Бактерии для получения самовосстанавливающихся бетонов // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 4. С. 7.
8. Иноземцев С.С., До Т.Ч., Королев Е.В. Самовосстановление асфальтобетона с использованием инкапсулированного модификатора // Строительные материалы. 2022. № 11. С. 58–69. DOI: 10.31659/0585-430X-2022-808-11-58-69.
9. Concha J.L., Delgadillo R., Arteaga-Pérez L.E., Segura C., Norambuena-Contreras J. Optimised Sunflower Oil Content for Encapsulation by Vibrating Technology as a Rejuvenating Solution for Asphalt Self-Healing // Polymers. 2023. 15. 1578. DOI: 10.3390/polym15061578.
10. Norambuena-Contreras J., Liu Q., Zhang L., Wu S., Yalcin E., Garcia A. Influence of encapsulated sunflower oil on the mechanical and self-healing properties of dense-graded asphalt mixtures // Materials and Structures. 2019. 52(4). DOI: 10.1617/s11527-019-1376-3.
11. Zheng Y. Evaluation of sunflower oil's healing effect in bituminous materials // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. 493. 012021. DOI: 10.1088/1757-899X/493/1/012021.
12. Карточка проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, поддержанного российским научным фондом https://rscf.ru/prjcard_int?22-79-10051 (доступ 09.12.24).
13. Иноземцев С.С., До Т.Ч., Королев Е.В. Методы оценки самовосстановления асфальтобетона // Строительные материалы. 2024. № 10. С. 37–46. DOI: 10.31659/0585-430X-2024-829-10-37-46.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Обеспечение надежности работы автомобильно-дорожной сети является необходимой задачей для обеспечения социально-экономического развития всех субъектов Российской Федерации. Распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 года № 3363-р утверждена Транспортная стратегия до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года – с целью повышения пространственной связанности, транспортной доступности территорий и мобильности населения [1, 2]. Достижение такой цели невозможно без повышения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.

Усиление дорожных конструкций существующей автомобильно-дорожной сети является необходимым условием для обеспечения новых межремонтных сроков эксплуатации, которые постановлением Правительства от 30 мая 2017 года № 658 увеличены вдвое и, независимо от дорожно-климатической зоны и категории автомобильной дороги, составляют для ремонта – 12 лет, а между капитальными ремонтами – 24 года [3].

Для реализации поставленных в Транспортной стратегии задач имеется ряд сдерживающих факторов. Так, наряду с высокой транспортной нагрузкой, большое влияние оказывают природно-климатические факторы, в особенности в регионах, расположенных в I и II дорожно-климатических зонах.

Обеспечить требуемые межремонтные нормативные сроки возможно благодаря применению новых материалов и эффективных

ресурсосберегающих технологий, позволяющих снижать стоимость ремонтных работ и одновременно повышать капитальность и прочность дорожных конструкций автомобильных дорог.

К числу таких технологий следует отнести технологию холодной регенерации асфальтобетонных покрытий с устройством укрепленных однородных слоев из асфальтогранулобетона, используемых, как правило, в качестве оснований дорожных конструкций. Данный способ позволяет получить дорожную одежду со сроком службы, аналогичным срокам при новом строительстве [4, 5].

Согласно ОДМ 218.6.1.005-2021, холодная регенерация (ХР) – это метод повторного использования переработанного асфальтобетона и/или асфальтобетонного гранулята, предусматривающий введение вяжущего, а при необходимости – скелетного материала, воды и других добавок, перемеши-

вание всех компонентов, распределение и уплотнение смеси.

Холодный ресайклинг дорожной одежды возможно выполнять методом ХРМ при помощи передвижных смесительных установок – ресайклеров (рис. 1а), а также методом ХРУ – с применением стационарных смесительных установок (рис. 1б).

Наиболее широкое распространение в дорожной отрасли получил метод ХРМ. Ресайклеры представляют собой специальный вид техники, которая может быть использована при ремонте, капитальном ремонте и реконструкции дорожных одежд путем фрезерования конструктивных слоев глубиной до 500 мм. Параллельно осуществляется перемешивание материала во фрезерно-смесительном барабане, обработка полученной массы вяжущим веществом (органическим, минеральным или комбинированным) и укладка готовой смеси в движении на выравниваемую поверхность дороги – с последующим уплотнением дорожными катками и профилированием автогрейдером (рис. 2).

Эффективное применение технологии холодной регенерации заключается в грамотном решении двух задач на стадии разработки проекта производства работ (ППР):



Рис. 1. Методы технологии холодного ресайклинга: а – холодный ресайклинг на месте (ХРМ); б – холодный ресайклинг с применением стационарных смесительных установок (ХРУ) [6]

- 1) подбор состава смеси,
- 2) выбор способа регенерации.

В России технология холодного ресайклинга регламентируется рядом стандартов:

■ ОДМ 218.6.1.005-2021 «Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации».

■ СТО НОСТРОЙ 2.25.159-2014 «Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд».

■ СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011 «Устройство оснований дорожных одежд. Часть 7. Строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята».

■ ГОСТ Р 70197.1(2,3)-2022 «Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона».

■ СТО 03441578-0005-2016 «Смеси асфальтогранулобетонные и асфальтогранулобетон для автомобильных дорог».

Вышеперечисленные стандарты носят в основном рекомендательный характер и не учитывают ряда важных факторов, что может препятствовать эффективному применению данной технологии. К таким факторам следует отнести отсутствие поправок на дорожно-климатическую зону; отсутствие конкретных данных по выбору вида и количества вяжущего; отсутствие данных по назначению гранулометрического состава для методов ХРМ и ХРУ. Кроме того, в нормативной документации отсутствует взаимосвязь между характером дефекта дорожной одежды и выбором наиболее эффективного метода производства работ по регенерации.

В процессе холодной регенерации формируются асфальтогранулобетонные смеси, после уплотнения которых получается материал под названием асфальтогранулобетон [7, 8].

Асфальтогранулобетонная смесь (далее АГБС) – это вид органоминеральной смеси, получен-

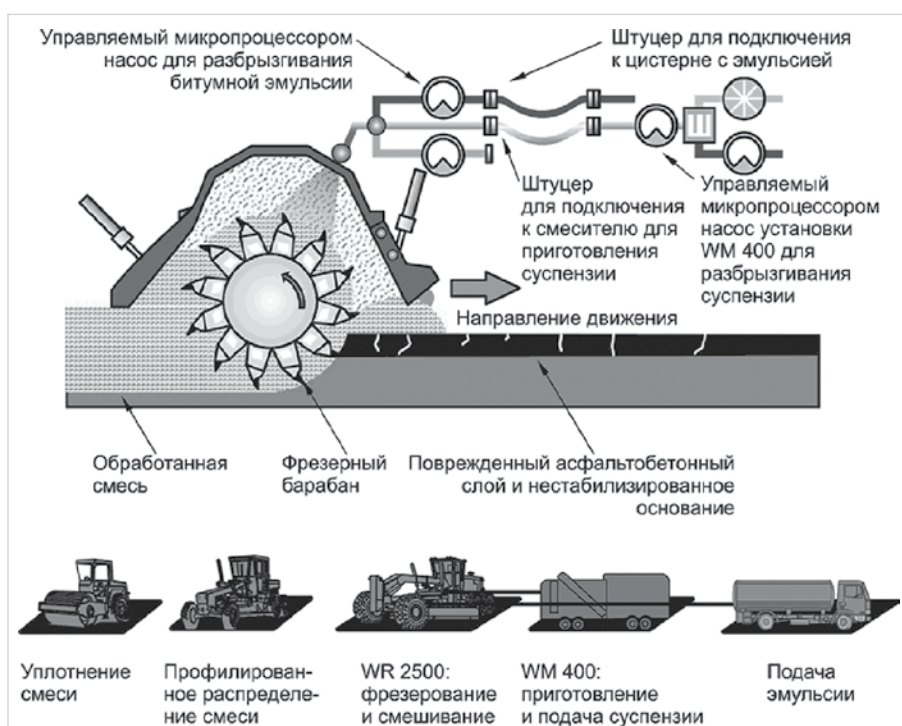


Рис. 2. Схема работы комплекта машин при холодной регенерации



Рис. 3. Классификация АГБС

ный смешением на дороге или в смесительной установке асфальтобетонного гранулята и/или переработанного асфальтобетона (RAP), скелетного материала, органического и/или минерального вяжущего и минерального порошка (в том числе порошковых отходов производства) и активных добавок.

Основная классификация АГБС согласно действующим нормативам представлена на рис. 3.

Изначально технология холодного ресайклинга создавалась как способ холодной переработки асфальтобетона, где основным материалом служил асфальтобетонный гранулят и при необходимости допускалось внесение скелетного материала.

В настоящее время в России нет единого документа, регламентирующего холодный ресайклинг. Поэтому технологию применяют как для регенерации пакета асфальтобетонных слоев, так и при восстановлении неукрепленного несущего основания. При этом колебание содержания асфальтогранулята достигает диапазона от 0 до 100%, а какие-либо поправки на проведение работ и/или внесения вяжущих веществ отсутствуют.

В соответствии с ОДМ 218.6.1.005-2021, содержание асфальтогранулята (60% и более по массе) регламентируется при условии изготовления смеси в смесительных установках (метод ХРУ), при выполнении регенерации методом ХРМ количество асфальтогранулята не регламентировано.

По ГОСТ Р70197.1-2022, содержание асфальтового гранулята в органоминеральной смеси (ОМС) требуется в количестве не менее 15% от общей массы, при этом значения верхнего предела не регламентируется.

При подборе состава смеси согласно СТО 03441578-0005-2016 и ГОСТ 30491-2012 количество асфальтогранулята не регламентируется.

Согласно требованиям СТО НОСТРОЙ 2.25.159-2014 смесь следует относить к асфальтогранулобетонной (при содержании асфальтогранулята по массе свыше 60%) и к грунтобетонной (менее 60%).

На практике наиболее часто асфальтобетонные слои подвергаются предварительному холодному фрезерованию с удалением и отдельной реализацией полученного асфальтобетонного гранулята, а холодная регенерация направлена на восстановление слоя неукрепленного несущего основания (щебеночного, гравийного, песчаного и пр.).

Для эффективного производства работ следует учитывать особенности структурообразования асфальтогранулята, имеющие иные свойства, отличные от вновь вносимого скелетного материала, количество которого должно носить научно-обоснованный характер [9].

При структурообразовании материала конструктивного слоя дорожных одежд важнейшую роль играет оптимальный гранулометрический состав, подбор которого при выполнении работ с помощью

ресайклеров практически невозможен. На гранулометрический состав холодных регенерированных смесей влияет большое число факторов: исходный зерновой состав и количество слоев фрезеруемого асфальтобетонного покрытия, наличие карт или ямочного ремонта, глубина регенерации, возраст существующего покрытия, температура окружающей среды, параметры работы фрезы и так далее.

Ввиду особенностей каждого из методов холодной регенерации (ХРУ и ХРМ) требования к рациональному гранулометрическому составу смеси и рекомендации по его достижению должны быть различны, чего существующие нормативы не учитывают.

При эксплуатации несущие основания работают в сложных условиях и обеспечивают прочность дорожной конструкции, в связи с чем в данных конструктивных слоях предпочтительнее применять щебеночные и рационально подобранные оптимальные смеси. Однако при проектировании АГБС согласно ОДМ 218.6.1.005-2021 (как основной документ для холодной регенерации) количество минеральных зерен, проходящих сита с отверстием 4 мм, достигает 75%, что способствует формированию песчаных смесей.

Произведен анализ зернового состава асфальтогранулята, полученного путем холодного фрезерования верхнего слоя асфальтобетонного покрытия из ЦМА-15 (2013 год), а также материала несущего основания на

участке Москва – Ярославль автомобильной дороги М8 «Холмогоры» [10].

В табл. 1 представлены требования к зерновому составу АГБС, ОМС и приведены данные фактической гранулометрии слоев.

Данный анализ доказывает, что в требуемую гранулометрическую область попадает только песчаный материал основания – кривая 1 (рис. 3, табл. 1). Для выполнения своей функции несущему основанию требуется скелетообразующая добавка, способствующая формированию щебеночной структуры. ОДМ 218.6.1.005-2021 учитывает вышеуказанный момент, но имеет внутреннее противоречие. Так, в случае если зерновой состав асфальтогранулята содержит менее 30% зерен минерального материала крупнее 4 мм, необходимо дополнительно вводить щебень из минимального допустимого количества (не менее 30% по массе в смеси). При этом, согласно предельным кривым того же документа, минимальное содержание зерен крупнее 4 мм допускается снижать до 25%.

Помимо гранулометрического состава, на физико-механические свойства регенерированного слоя значительное влияние оказывает вид и количество вносимых вяжущих веществ.

В зависимости от используемого вяжущего, смеси подразделяются на:

■ АГБС-Э с добавлением битумной эмульсии;

Табл. 1. Агрегатный состав смеси

Размер ячейки сита, мм	Зерновой состав по стандарту						Фактический зерновой состав материала с дороги	
	АГБС-22		АГБС-16		ОМС-16		Асфальтовый гранулят	Материал основания
	Проходы, %		Проходы, %		Проходы, %		Проходы, %	Проходы, %
22,4	80	100	100	100	100	100	85	91
16,0	70	95	80	100	90	100	66	81
11,2	–	–	70	95	70	90	39	73
4,0	40	75	40	75	35	60	9	52
2,0	0	0	0	0	20	50	0	36

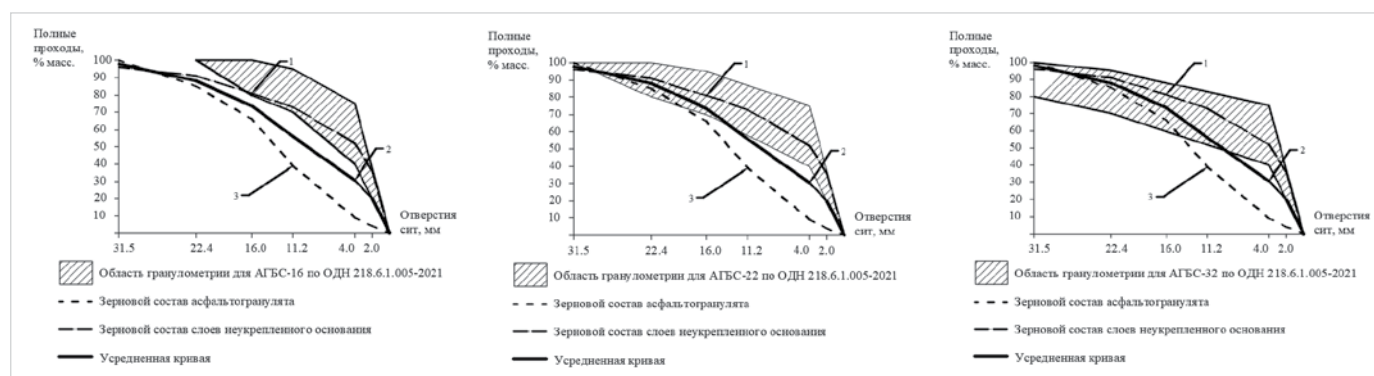


Рис. 4. Требуемый гранулометрический состав для АГБС-16, АГБС-22, АГБС-32

- АГБС-В с добавлением вязкого вспененного битума;
- АГБС-М с добавлением минерального вяжущего;
- АГБС-К на комплексном вяжущем.

Вновь вводимое вяжущее вещество определяет характер связей между конгломератами, что, в свою очередь, задает эксплуатационные свойства материала.

В зависимости от типа вяжущего вещества, в материалах на основе асфальтогранулята и скелетного материала образуются четыре основных вида связей: коагуляционные, кристаллизационно-коагуляционные, кристаллизационные, точечные.

Коагуляционный контакт образуется между частицами твердой фазы, разделенными равновесными прослойками жидкой дисперсионной среды.

Прочность такого контакта невелика, так как она определяется молекулярными силами сцепле-

ния. Этот тип контакта обратим по прочности и характерен для битума.

Авторами был проведен комплекс микроскопических лабораторных исследований [11], направленный на определение зависимости между физико-механическими свойствами АГБС и характером структурных связей между компонентами материала. Микрофотографии выполнены при помощи цифрового микроскопа Levenhuk D740T (рис. 5–7).

Прочные кристаллизационные связи образуются в результате химических фазовых превращений при гидратационном твердении минеральных вяжущих и завершении полимеризации жидкого связующего в наполненных полимерах, или же в результате охлаждения расплавов. Контакт разрушается необратимо. В АГБ фазовые контакты возможны при использовании гидравлических вяжущих.

Кристаллизационно-коагуляционные связи характерны для ком-

плексного вида вяжущего. Вопросы системы цемент-битум уделяется внимание со стороны отечественных и зарубежных исследователей. Выявлен положительный эффект введения в бетонные смеси мелкодисперсных битумов (эмульсий), состоящий в повышении упругопластических свойств и деформативности бетонов, их водонепроницаемости, морозостойкости, при незначительном снижении прочности. При этом требуется понимание и дальнейшее изучение механизма структурообразования материала коагуляционно-кристаллической природы.

При недостатке вяжущего вещества образуются «сухие» точечные контакты. В АГБС они формируются по типу заклинки при неполном обволакивании вяжущим минеральных заполнителей или между зернами, дополнительно введенными в смесь. Данный вид связей в АГБС нежелателен, поскольку формирует частичную связанную систему с высоким показателем водонасыщения.

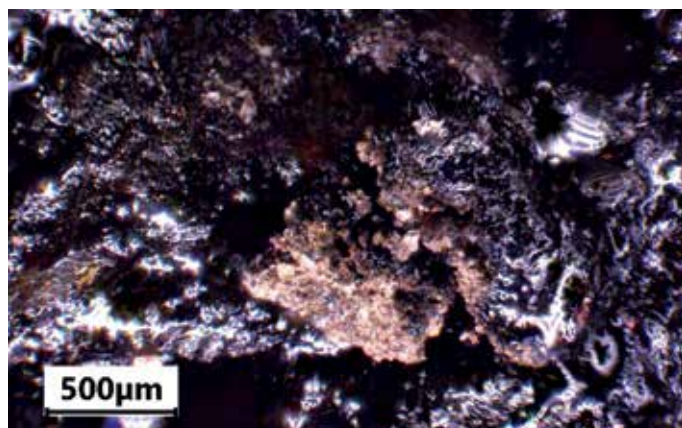


Рис. 5. Образец АГБС-16Э после испытания, микрофотография структуры материала

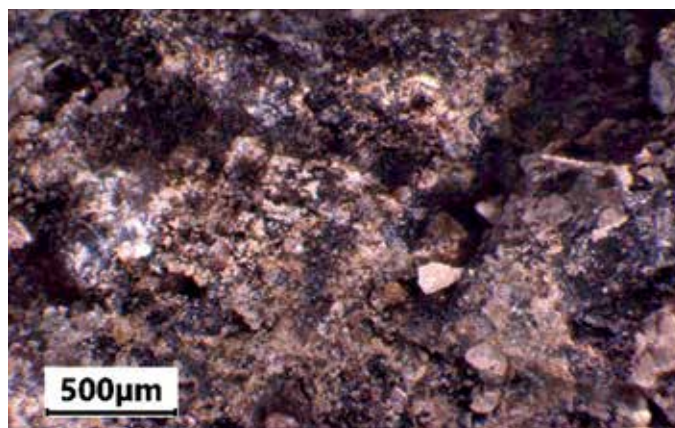


Рис. 6. Образец АГБС-16М после испытания, микрофотография структуры материала

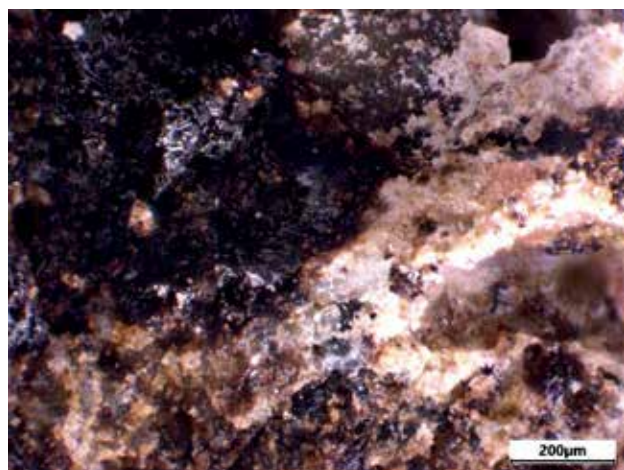


Рис. 7. Образец АГБС-16К после испытания, микрофотография структуры материала



Рис. 8. Зависимость прочности от гранулометрического состава и вида вяжущего в АГБ

На рис. 8 показана гистограмма, отображающая зависимость прочности АГБ от вида вяжущего.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что наиболее прочными являются материалы на основе минерального вяжущего – портландцемента (образцы I–II М). При комбинации битумной эмульсии и портландцемента показатель прочности незначительно снижается (образцы I–II К). Механизм совместного применения портландцемента и битумной эмульсии в холодном ресайклинге до конца не изучен. Значение прочности асфальтогранулобетона на комплексных вяжущих в среднем на 50% выше,

чем при использовании только битумной эмульсии, и в среднем на 20% ниже, чем при использовании портландцемента. Наименьшие показатели прочности достигаются в АГБ на органическом вяжущем (образцы I–II Э).

Подводя итог, следует отметить, что для эффективного применения технологии холодного ресайклинга существует ряд сдерживающих факторов, обусловленных в первую очередь несовершенством нормативной базы. В настоящее время в России отсутствует единый документ, регламентирующий холодный ресайклинг, что приводит к шаблонному применению данной технологии, результат которого сложно

спрогнозировать. Для эффективного производства работ следует учитывать такие критерии, как гранулометрический состав смеси с учетом метода работы ХРУ/ХРМ, грамотный выбор вносимого вяжущего вещества с поправкой на количество асфальтогранулята в смеси. Также требуются конкретные рекомендации по выбору метода ресайклинга в зависимости от вида и глубины дефекта дорожной одежды.

В.А. Ярмолинский,
д-р техн. наук, профессор МАДИ,
Е.С. Буданова,
аспирант МАДИ,
преподаватель Ярославского
государственного технического
университета

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (дата обращения 04.02.2025).
2. Асаул Н.А. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с изменениями, соответствующими современным реалиям // Научные труды Вольного экономического общества России. 2014.
3. Постановление Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения».
4. Баранов И.А., Дерли О.А. Отечественные и зарубежные инновационные технологии в дорожном строительстве // Безопасный и комфортный город. Сб. науч. тр. по мат. V межд. науч.-практ. конф. Орел, 2022. С. 146–149.
5. Аль-Карагули М.М. Устройство дорожных покрытий и оснований с применением холодной регенерации асфальтобетона в установке: дис. ...канд. техн. наук. Москва, 2021.
6. Wirtgen. Технология холодного ресайклинга. Справочник WIRTGEN по холодному ресайклингу. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-md/parts-and-service/training/hands-on-manuals/cold-recycling/> (дата обращения 04.02.2025).
7. Тюрин А.М. О вопросах несовершенства нормативной базы РФ в области холодного ресайклинга / А.М. Тюрин, А.К. Полищук, Е.С. Буданова // 75-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием: Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 20–21 апреля 2022 года. Т. 75. Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. С. 554–559. EDN DBXBGU.
8. Буданова Е.С. Холодный ресайклинг. Повышение эффективности использования на территории РФ / Е.С. Буданова, В.А. Ярмолинский // Умные композиты в строительстве. 2022. Т. 3, № 2. С. 54–67. DOI 10.52957/27821919_2022_2_54. EDN TSMGJK.
9. Ярмолинский В.А. Влияние состава асфальтогранулобетонных смесей на эффективность холодного ресайклинга / В.А. Ярмолинский, Е.С. Буданова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2024. № 2(77). С. 3–10. EDN BLEWBB.
10. Проблемы эффективного применения технологии холодного ресайклинга дорожных одежд / Е.С. Буданова, В.А. Ярмолинский, А.С. Борисов, Н.С. Кузинов // Умные композиты в строительстве. 2024. Т. 5, № 1. С. 31–42. EDN JMGKYH.
11. Ярмолинский В.А. Зависимость эффективности холодного ресайклинга от состава асфальтогранулобетонных смесей / В.А. Ярмолинский, Е.С. Буданова // Наука и техника в дорожной отрасли. 2023. № 3. С. 21–23. EDN AQOPHO.



Сделано в Саратове

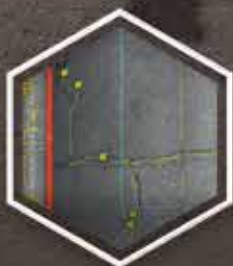
Телефон: +7 (845-2) 22-88-88
E-mail: info@group-sdt.ru

**ДИАГНОСТИКА, ПАСПОРТИЗАЦИЯ
И ОЦИФРОВКА ДОРОГ И МОСТОВ**

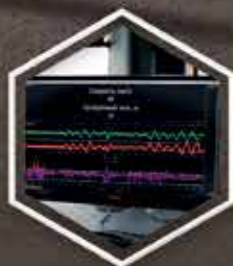
«ТРАССА-2» ПЕРЕДВИЖНАЯ ДОРОЖНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ



**ПАНОРАМНАЯ
ВИДЕОСЪЕМКА**
ДОРОГ



**АВТОМАТИЧЕСКОЕ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ДЕФЕКТОВ
ПОКРЫТИИ**



**ИЗМЕРЕНИЕ
ПРОДОЛЬНОЙ
РОВНОСТИ**
ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ



**ИЗМЕРЕНИЕ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ**
ДОРОГ



**УЧЕТ
ИНТЕНСИВНОСТИ
И ПАРАМЕТРОВ
ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА**



**ИЗМЕРЕНИЕ
ГЛУБИНЫ КОЛЕИ**
ПОКРЫТИИ



**ИЗМЕРЕНИЕ
ПРОЧНОСТИ
ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
«ДИНА-4 FWD»**



**ОЦЕНКА
СЦЕПНЫХ КАЧЕСТВ
ДОРОГ «ПКРС-3 МЕТРИКА»**



**ГЕОРАДАРНОЕ
ОБСЛЕДОВАНИЕ
ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ**



**ИЗМЕРЕНИЕ
УРОВНЯ
ОСВЕЩЕННОСТИ
ДОРОГ**

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Опыт эксплуатации железобетонных транспортных сооружений, запроектированных и построенных во второй половине прошлого века, показал, что значительное их количество не выдерживает нормативного срока службы, не отвечает заложенным параметрам безремонтной эксплуатации. Во многих случаях основной причиной тому является слабое внимание к проблеме антикоррозионной защиты конструкций, в том числе некачественная подготовка поверхности, применение недолговечных или неэффективных материалов.

Практически все сооружения и тем более транспортные в процессе эксплуатации подвергаются комплексному негативному воздействию внешних факторов, включающих механические нагрузки, температурные колебания, агрессивную эксплуатационную среду. Под действием этих факторов в материале конструкций развиваются деструкционные процессы, включая коррозионные, которые приводят к постепенному разрушению. В результате изменяется напряженно-деформированное состояние конструкций и сокращается срок их безаварийной эксплуатации.

Для обеспечения надежной безаварийной эксплуатации конструкций следует учитывать все факторы, способные оказать влияние на поведение материалов и конструкций из них; важно проводить мероприятия, необходимые для исключения или хотя бы снижения отрицательного влияния внешней агрессивной среды на эксплуатируемые конструкции.

Эффективная

противокоррозионная защита

В настоящее время, согласно нормативным документам, противокоррозионную защиту железобетонных конструкций транспортных сооружений разделяют на первичную и вторичную. Первичная защита предусматривает обеспечение коррозионной стой-

кости еще на стадии проектирования и изготовления конструкций, а вторичная обеспечивает повышение и сохранение коррозионной стойкости на заданный срок службы.

Как известно, традиционно считалось, что бетонные и железобетонные конструкции не нуждаются во вторичной защите от коррозии. Однако реальный опыт эксплуатации показал, что их долговечность не превышает срок 30-50 лет, оказываясь ниже долговечности металлоконструкций.

В конце прошлого столетия на мировом и российском рынке появились лакокрасочные материалы нового поколения со сроком службы значительно превышающим 20 лет. Как было установлено в результате научных исследований и наблюдений за реальными бетонными и железобетонными конструкциями с покрытиями из этих материалов, их долговечность повысилась за счет увеличения морозостойкости, снижения водопроницаемости и других показателей. Оказалось, что применение лакокрасочных материалов для защиты железобетонных конструкций от коррозии весьма эффективно.

О затратной экономии

Ввиду того, что повторная антикоррозионная защита приводит к дополнительным затратам, связанным с повышением стоимо-

сти рабочей силы, а также новым выбросам вредных веществ в атмосферу, особое значение применительно к транспортным сооружениям, особенно мостам, приобретает такой параметр как срок службы систем антикоррозионной защиты с применением лакокрасочных материалов.

Очевидно, что выполнение ремонтных работ на мостах приводит к ограничению движения на них и, как следствие, – к экономическим потерям, повышению негативного воздействия этих работ на экологию. Поэтому в мире большое внимание стало уделяться применению лакокрасочных материалов повышенной вязкости, использующих минимум растворителя.

Заметим, что при выполнении работ по антикоррозионной защите реализуется своеобразная форма принципа Парето: стоимость лакокрасочных материалов составляет величину порядка 20%, а стоимость подготовительных работ и работ по нанесению лакокрасочных материалов – 80%. В связи с этим – даже при высокой стоимости высококачественных ЛКМ – следует применять именно их, поскольку они обеспечат гораздо больший срок службы, что в итоге приведет к значительной экономии.

Опыт практического применения

Имеющийся опыт эксплуатации мостовых сооружений с пролетными строениями из преднапряженного железобетона, а также мостов на бетонных и железобетонных опорах показал, что из-за значительного трещинообразования и последующей коррозии цементного камня и арматуры уже через

Таблица 1

Конструктивная часть	Элемент конструкции	Срок службы, годы	Срок до первого ремонта, годы
Пролетные строения мостовых сооружений:	- ребристые сборные с обычной арматурой	50	30
	- плитные сборные сплошного сечения	50	30
	- остальные длиной до 60 м	70	40
	- длиной 60 м и выше	100	50
Опоры и фундаменты	массивные и столбчатые опоры	В 1,5 раза больше, чем пролетных строений	
	стоечные опоры	Как для пролетных строений	
	фундаменты	В 1,5 раза больше, чем пролетных строений	
	облицовка опор и стен	50	30
Мостовое полотно мостовых сооружений:	Покрытие	20	10
	Гидроизоляция	40	20
	Тротуары	40	20
	Перила	40	20

30 – 50 лет требовали проведения трудоемкого высоко затратного капитального ремонта или реконструкции (часто с полной заменой элементов).

Использование на одном и том же мостовом сооружении более долговечных стальных пролетных строений (с антикоррозионной защитой в виде эффективных лакокрасочных покрытий) и менее долговечных железобетонных опор без антикоррозионной защиты делает сроки эксплуатации мостового сооружения неравноценными. В результате это приводит к преждевременному выходу из строя составляющих всего мостового сооружения.

На транспортные сооружения действуют различные агрессивные эксплуатационные среды, включая пресную речную воду (на опоры мостов в реках) или морскую воду (на опоры мостов через морскую акваторию), а также грунтовые воды, дожди, туманы, промышленные стоки, кислые и щелочные среды, средства для борьбы с гололедом на проезжей части мостов.

Из железобетона на транспортных сооружениях изготавливаются опоры мостов, железобетонные

плиты проезжей части сталебетонных пролетных строений, обычные и предварительно напряженные балочные пролетные строения. Также из железобетона производятся водопропускные трубы под насыпями, подпорные и одевающие стенки, шпунтовые ограждения, ограждения строительных площадок и т. д.

Обратим внимание на данные таблицы 1, где указаны сроки эксплуатации мостовых сооружений из СП 35.13330.2011 «Свод правил. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*» (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 822), ред. от 29.12.2020.

Как видно, нормативные сроки службы различных элементов отличаются, поскольку в процессе эксплуатации мостовых сооружений заранее закладывается возможность выхода из строя разных элементов, составляющих одно и то же мостовое сооружение (в разное время). Этим и обусловлено неэффективное использование более долговечных элементов мостового сооружения (одни еще могут использоваться, а другие, «короткоживущие», уже не пригодны к эксплуатации и подлежат замене). А это нередко сопрово-

ждается скорым повреждением и «долгоживущих» элементов мостов.

Во время разработки проектных решений период нормальной эксплуатации мостовых сооружений определяется ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» и Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений (384-ФЗ). Все используемые требования к долговечности отражаются (или, по крайней мере, должны отражаться) в проектной документации сооружения.

Таким образом железобетонные конструкции пролетных строений из-за значительного трещинообразования и коррозии цементного камня и арматуры через 30-50 лет должны пройти трудоемкие и затратные капитальный ремонт и реконструкции. Для определения способов защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозионного разрушения следует знать причины и виды разрушений, которые наблюдаются при эксплуатации мостовых сооружений.

Коррозия железобетона и защита от нее

Как известно, затвердевший бетон представляет собой неоднородную систему, образующуюся в процессе твердения цементного камня. Коррозия бетона почти всегда начинается с цементного камня, коррозионная стойкость которого обычно ниже каменных минеральных заполнителей. В условиях агрессивной внешней газовой среды, включающей углекислый и сернистый газы, хлористый водород, особенно при повышенной относительной влажности воздуха более 60%, а также в прибрежных регионах с морским климатом, разрушение железобетона может наступить вследствие коррозии арматуры. Арматура, увеличиваясь в объеме при коррозии, вызывает появление трещин с последующим отслаиванием защитного слоя.

В защите бетона от коррозионного воздействия воды нуждаются

железобетонные шпунты, опорные стенки, находящиеся в постоянном контакте с агрессивной водной средой, части опор, расположенные в русле рек и периодически контактирующие с водой.

Конструкции опор, находящиеся выше поверхности грунта и переменного уровня воды, железобетонные плиты сталежелезобетонных пролетных строений, балочные предварительно напряженные пролетные строения расположены, в основном, на открытом воздухе и должны быть защищены от коррозии бетона и арматуры, вызванной длительным действием агрессивной газовой и атмосферной среды.

Кроме химического воздействия агрессивной газовой и атмосферной среды железобетонные конструкции должны противостоять разрушению от возможного трещинообразования, вызванного монтажной и эксплуатационной внешней нагрузкой, и обладать стойкостью к воздействию климатических факторов района расположения мостового сооружения.

Виды антикоррозионной защиты

Для предотвращения коррозионного повреждения железобетонных конструкций могут применяться следующие виды защиты.

Первичная защита включает:

- выбор расчетно-конструктивных решений по оптимальным параметрам, форме поперечных сечений элементов конструкций, снижающих растягивающие напряжения и величину раскрытия трещин от внешней нагрузки, экзотермии бетона во время твердения и от резких перепадов температуры в процессе эксплуатации;
- назначение допустимого класса арматуры, рациональное расположение арматуры, рассредоточивающей локализацию трещинообразования, достаточность принятой площади арматуры и назначение достаточного защитного слоя бетона;
- применение приспособлений и механизмов, снижающих действие

температурных перемещений, ледовых нагрузок, навал судов и прочее во время монтажа и в процессе эксплуатации;

- применение рационального состава бетона, коррозионно-стойкого цемента и минеральных вяжущих, а также химических добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность по отношению к арматуре;

- назначение технологических приемов, регулирующих температурно-влажностный режим твердения бетона и снижения его проницаемости;

- ведение тщательного контроля над натяжением предварительно напряженной арматуры, величина которой должна быть определена с учетом всех нормативных потерь;

- проверка высокопрочной арматуры, применяемой для натяжения

на склонность к коррозионному растрескиванию;

- выполнение требований нормативной документации по производству работ и технических регламентов на изготовление конструкций.

Вторичная защита – применяется с целью продления срока службы мостовых сооружений путем предохранения бетонных и железобетонных конструкций от действия жидких и газообразных агрессивных сред, а также для придания им нужных декоративных свойств. В большинстве случаев вторичная защита осуществляется путем нанесения на поверхность мостовых конструкций систем из лакокрасочных материалов.

Заметим, что при идеальном выполнении требований первич-



Рис. 1. Коррозия арматуры в месте разрушения защитного слоя



Рис. 2. Разрушение подферменника и опорной части (слева) и защитного слоя ригеля опоры (справа) вследствие систематического увлажнения через негерметичный деформационный шов



Рис. 3. Повреждения железобетонных пролётных строений в результате коррозии арматуры



Рис.. 4. Повреждения железобетонных элементов в морской воде

ной защиты железобетонных конструкций от коррозии на поверхности бетона не должно наблюдаться каких-либо дефектов и видимого трещинообразования. Однако технологически сложно приспособить изготавливаемые железобетонные конструкции к влиянию суровых погодных-климатических условий, сопровождающихся воздействием различных агрессивных эксплуатационных сред. Иногда процесс трещинообразования в железобетонных конструкциях происходит длительное время, начиная с момента изготовления мостовых конструкций.

Потребность в антикоррозионной защите транспортных сооружений

Актуальность антикоррозионной защиты мостовых сооружений обусловлена природно-климатическими условиями нашей страны, следствием чего является широкое применение химических веществ, предназначенных для борьбы с гололедом, которые интенсивно разрушают не только дорожную одежду, но и конструктивные элементы обустройства проезжей части и тротуаров. Использование противогололедных материалов запрещено в нормативных документах по содержанию транспортных сооружений. Однако остается незакрытым вопрос обеспечения безопасности при проезде транспортных средств по мостам. Поэтому, невзирая на запрет, такие материалы все еще применяются для борьбы с гололедом.

При этом для обеспечения безопасности на фоне лавинообразного роста интенсивности движения на транспортных сооружениях

требуется все больше противогололедных материалов. В результате воздействия химических веществ усиливается и без того интенсивное разрушение железобетонных элементов мостовых сооружений.

А поскольку снижения интенсивности движения транспорта ожидать не приходится, для защиты железобетонных конструкций от коррозии следует применять наиболее эффективные методы. В связи с этим в отрасли транспортного строительства следует изменить критерии подбора тех или иных конструкций, технологий, материалов. Но ни новые конструктивные решения, ни высококачественные материалы не смогут прийти в отрасль, так как в подавляющем большинстве случаев на этапе строительства они оказываются дороже традиционных. Разрешить это противоречие можно только путем сравнения эффективности различных конструкций, материалов и технологий по конечному результату применения антикоррозионной защиты, то есть по приведенным затратам, которые включают в себя не только стоимость лакокрасочного покрытия, но и стоимость его нанесения, и эксплуатационные затраты (с учетом срока службы различных систем антикоррозионной защиты).

Еще в начале прошлого века среди производителей товаров народного потребления появилась парадигма, согласно которой срок службы выпускаемой продукции может быть ограничен. В средствах массовой информации, например, появились сообщения о

том, что производители электрических лампочек накаливания на специальном совещании приняли решение о сроке службы лампочек, который не должен был превышать 1 тысячу часов, ведь при большем сроке эксплуатации продукция подолгу будет невостребованной среди потребителей, что станет крайне невыгодным для выпускающих ее фирм.

Интересно, что в дальнейшем концепция ограничения срока службы начала распространяться и на другие товары: холодильники, телевизоры, фотоаппараты и даже автомобили... Это осталось актуальным до сих пор.

Возникает вопрос: но как же быть с транспортными сооружениями? Стоит ли ограничивать сроки их службы для того, чтобы строительные фирмы не оставались без работы? Или ввиду значительной стоимости этих строительных объектов при проектировании, строительстве и эксплуатации все-таки следует обеспечивать как можно большую их долговечность? Кстати, определять долговечность создаваемых объектов мы пока не умеем, несмотря на различные рассуждения и заявления относительно необходимости увеличения срока службы транспортных сооружений...

И.Г. Овчинников,
доктор техн. наук, профессор,
академик РАТ и РИА;

О.Н. Распоров,
доктор транспорта, академик РАТ;

И.И. Овчинников,
доктор техн. наук,
академик РАТ и РИА;

К.О. Распоров,
канд. эконом. наук, академик РАТ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ В МОСТОСТРОЕНИИ БЕЛАРУСИ

В республике Беларусь на автомобильных дорогах общего пользования и в населенных пунктах построено и эксплуатируется более 7 тыс. мостовых сооружений. Основная задача, которая стоит перед мостовиками, – обеспечить их безопасную эксплуатацию в течение периода, установленного нормами проектного срока.

Решение этой задачи зависит от трех основных составляющих:

- уровня проектирования и ответственности его современным реалиям;
- качества строительства, применения новых материалов и технологий;
- выполнения предусмотренных нормами мероприятий по эксплуатации (содержание, текущий ремонт) и плановых капитальных ремонтов.

После 2000 года на мостовых сооружениях республики Беларусь было отмечено увеличение количества предаварийных и аварийных ситуаций. Основными причинами возникновения отказов были устаревшие проектные решения и снижение прочностных характеристик материалов, обусловленное не только воздействием агрессивных погодных-климатических условий и реагентов для борьбы с зимней скользкостью, но и упущениями при эксплуатации.

Наиболее полное представление о причинах снижения эксплуатационной надежности сооружений (в первую очередь – грузоподъемности) дают результаты их детального обследования, от качества выполнения которого зависят принимаемые службой эксплуатации решения и безопасность сооружений.

Для получения достоверной информации о техническом состоянии мостовых сооружений сотрудники отраслевой мостовой лаборатории ГП «БелдорНИИ» применяют широкий перечень исследовательских методик,

приборов и оборудования: от электронных тахеометров и сканеров до интерферометрических радаров. Перечень применяемых при обследовании методов и приборов в республике регламентирован техническими нормативными документами и включает:

- определение прочностных характеристик материала конструкций и изменение этих характеристик за время эксплуатации; оценку степени и глубины карбонизации бетона конструкции и прогнозирование коррозии арматуры в результате снижения щелочности защитного слоя бетона; определение степени насыщения бетона хлористыми солями для борьбы с зимней скользкостью, проникающими в бетон при нарушении герметичности гидроизоляционного ковра, и прогнозирование возникновения и развития вследствие этого язвенной коррозии арматуры. (Как показывает практика эксплуатации, наиболее опасна по скорости развития язвенная коррозия для предварительно напряженной проволочной арматуры, что стало причиной аварий на ряде мостов с составными по длине предварительно напряженными балками);

- определение химического состава и марки, хладоломкости и деформативности стали эксплуатируемых стальных и сталежелезобетонных пролетных строений мостовых сооружений при отсутствии достоверной исполнительной документации;

- выявление скрытых внутренних дефектов в конструкциях (полостей, трещин и т. п.) ультразвуковыми томографами;

- оценка скрытых коррозионных процессов в арматуре конструкций с применением потенциометрических методов и приборов на их основе (типа CANIN);

- определение уровня напряжений в металле конструкций, в том числе остаточных напряжений, обусловленных сваркой, складированием и транспортированием, с применением методов магнитной анизотропии (прибор Stressvision);

- георадарные исследования грунтов оснований мостовых сооружений и определение глубины заложения фундаментов;

- определение напряжений и деформаций в контрольных сечениях при помощи комплекса электронных и механических деформометров и тензометров;

- определение состояния фундаментов опор и их несущей способности методами вибродиагностики.

Метод вибродиагностики основан на оценке влияния различных дефектов конструкций опоры на ее динамические характеристики: виброперемещение, виброскорость, виброускорение и резонансные частоты. Для практического использования метода вибродиагностики в отраслевой мостовой лаборатории применяют интерферометрический радар с полосой излучения 17,1 ГГц IBIS-FS. Он может измерять смещение удаленной цели при воздействии импульсной нагрузки от одиночного транспортного средства известной массы, проходящего через искусственную неровность на ездном полотне, и без неровности, сравнивая фазу принимаемого сигнала с фазой передаваемого сигнала (рис. 1).

Оценка состояния фундамента существующей опоры производится путем анализа полевых данных, полученных при помощи интерферометрического радара, и параметров отклика калиброванной

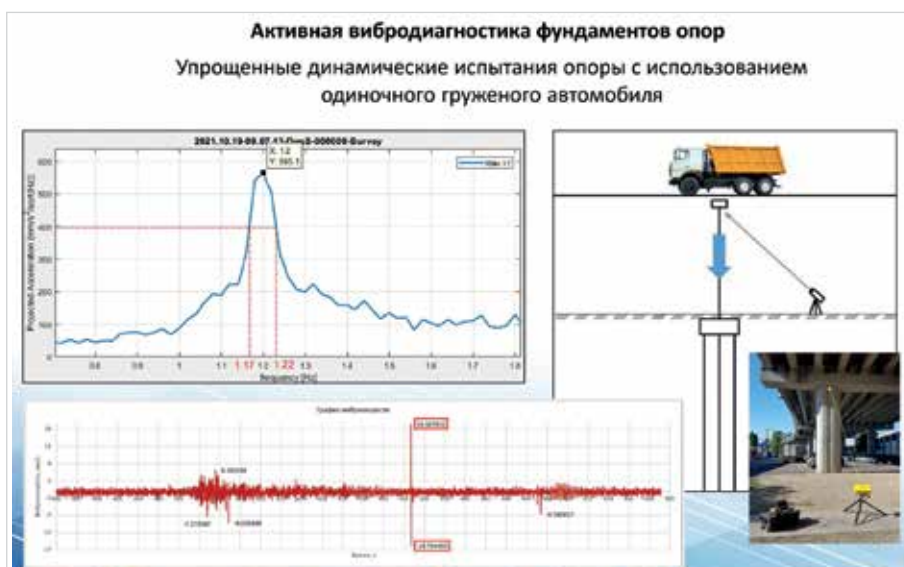


Рис. 1

(адаптированной по экспериментальным данным) математической модели сооружения. Практика показывает, что этот метод дает наиболее точный результат.

По результатам вибродиагностических работ и исследований был разработан дорожный методический документ ДМД 33200.032-2024 «Рекомендации по проведению инструментальной вибродиагностики и оценке технического состояния фундаментов опор мостовых сооружений». Применение вибродиагностических методов исследований позволяет не только оценить эксплуатационную надежность опор сооружения, но и избежать принятия необоснованных решений при реконструкции мостов под более высокие классы временной нормативной нагрузки.

Одним из методов оценки состояния мостовых сооружений при эксплуатации является мониторинг напряженно-деформированного состояния их конструкций, применяемый на больших мостах на грузонапряженных участках автомобильных дорог. Начало мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкций было положено в ходе строительства большого моста через реку Днепр в деревне Александрия в 2008 году при надвигке пролетного строения и невозможности доступа к контролируемым сечениям при применении обычных

механических деформометров (индикаторов часового типа).

В 2019 году в институте был разработан технический кодекс установившейся практики ТКП 633-2019 «Мосты и трубы. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций». За время, предшествующее разработке технического кодекса, были определены структура применяемого оборудования, установлены требования к диапазону измерений и точности применяемых датчиков контроля, требования к программному обеспечению, к удаленному съему показаний, их накоплению и хранению, а также к системе оповещения о наступлении критической ситуации (достижении предельного контрольного значения деформаций или напряжений). Система мониторинга действует на больших мостах в составе автомобильных дорог и в городах. Информация с систем поступает на удаленные пункты контроля напряженно-деформированного состояния и позволяет в режиме реального времени контролировать безопасность мостов.

Разработанные системы мониторинга напряженно-деформированного состояния применяются не только на эксплуатируемых мостовых сооружениях. Их использование обязательно при строительстве с применением надвигки стальных пролетных

строений, при устройстве мостов сложных статических систем (вантовых и т. п.), при реконструкции отдельных мостов, когда необходим постоянный текущий контроль напряжений и деформаций при монтаже (или разборке) конструкций.

На основе проведенных исследований и использования результатов обследований мостовых сооружений в отраслевой мостовой лаборатории разработана методика прогнозирования долговечности (остаточного ресурса) эксплуатируемых пролетных строений. Долговечность и соответствующий остаточный ресурс определяются расчетом на основании исходных, текущих и прогнозируемых характеристик материалов с использованием функций их ожидаемой деградации. Прогнозирование осуществляется по показателям снижения прочности бетона сжатой зоны, по развитию процесса карбонизации бетона защитного слоя конструкции, по развитию процесса насыщения бетона конструкции хлоридами, а также при наличии трещин в бетоне.

При обследованиях эксплуатируемых сооружений достаточно быстро выявляются ненадежные проектные решения. Полученная при обследованиях мостовых сооружений информация легла в основу разработанных в институте типовых проектных решений неразрезных и рамных пролетных строений. Они позволяют минимизировать количество деформационных швов или вовсе исключить их наличие путем выноса монолитной плиты пролетных строений на подходы, что позволяет повысить эксплуатационную надежность сооружений, снизить затраты на эксплуатацию.

К наиболее удачным разработкам, существенно повышающим эксплуатационную надежность сооружений, следует отнести конструктивные решения неразрезных пролетных строений под современные нагрузки, реализованные в типовом проекте серии БЗ.503.1-15.16, в котором высокое



Рис. 2



Рис. 3

качество сборных железобетонных балок заводского изготовления сочетается с преимуществами неразрезной статической схемы. Балки могут изготавливаться с укороченной и обычной полкой, а шаг балок принят максимальный – 2,5 м, что позволяет снизить затраты на строительство за счет уменьшения количества балок в пролете. Одним из первых объектов, где воплощено предложенное решение, является путепровод на МКАД через Игуменский тракт (рис. 2). При ремонте этого сооружения были использованы существующие опоры, несущая способность которых была оценена с применением методов вибродиагностики.

Также следует упомянуть о серии Б.3.503.1–17.19, созданной в

рамках модернизации существовавших рамных сооружений с пролетами 12–24 м под современные нагрузки с оптимизацией армирования и увеличением шага балок в пролете. Это решение позволило в самые короткие сроки осуществить восстановление разрушенного в результате аварии моста через реку Рова на автодороге Р-67 Борисов – Бобруйск (рис. 3).

Для временных мостовых сооружений под современные классы временных нагрузок в институте разработано конструктивное и технологическое решение стальных пролетных строений с пролетами до 42 м включительно – серия Б3.503.2–1.21. Применение такого решения позволяет в

короткие сроки обеспечить транзитное движение по объезду ремонтируемого моста. Типовое решение в металле реализовано на белорусском предприятии и успешно применяется на объектах мостостроения (рис. 4).

Для перекрытия пролетов до 84 м, с учетом современных требований к грузоподъемности и долговечности мостовых сооружений, разработан типовый проект серии Б3.503.1–21.24 «Конструкции сталежелезобетонных пролетных строений автодорожных мостовых сооружений с длиной пролетов от 33 до 84 м».

Практика эксплуатации, результаты обследований мостовых сооружений, анализ применяемых конструктивных и технологических решений являются основой для разработки специалистами отраслевой мостовой лаборатории технических нормативных правовых актов и дорожных методических документов, для совершенствования базы технических нормативных правовых актов в области проектирования, строительства, ремонтов и реконструкции, эксплуатации мостовых сооружений и труб на автомобильных дорогах общего пользования.

О.М. Вайтович,
канд. техн. наук,
ГП «БелдорНИИ»



Рис. 4

КАК ИЗБЕЖАТЬ ОШИБОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР МОСТОВ И ТРУБ

В последнее время специалистам ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты» все чаще приходится сталкиваться с проблемами обеспечения несущей способности свайных фундаментов опор мостовых сооружений и водопропускных труб. Такие проблемы проявляются либо на стадии строительства, либо в первые месяцы эксплуатации и являются, как правило, следствием ошибок проектирования. Нередко их исправление обходится дороже, чем строительство всей опоры.

Безусловно, ошибки могут возникнуть на любой стадии процесса строительства: при изысканиях, проектировании либо при производстве строительно-монтажных работ (СМР). Человеческий фактор никто не отменял, и от ошибок никто не застрахован. Однако именно проектировщик в первую очередь несет за них ответственность, так как прямо или косвенно присутствует на всех этих этапах и именно от него зависит конечный результат строительства сооружения.

Ошибки при производстве СМР можно своевременно выявить и устранить. Для этого на участке организован многоступенчатый пооперационный контроль качества (входной контроль материалов и изделий, авторский надзор, строительный контроль), задача которого – обеспечить соблюдение подрядчиком требований проекта и строительных норм. Любое отступление от проекта может и должно быть своевременно выявлено и устранено или согласовано без негативных последствий для сооружения и его потребительских свойств. Авторский надзор проектной организации играет в этом процессе далеко не последнюю роль.

Ошибки при проведении изысканий тоже поправимы, и здесь все опять зависит от опыта и внимательности проектировщика. ГИП получает данные геологических

изысканий и передает их в работу, но кто даст гарантию, что в них нет ошибок? Грунт – это многослойный анизотропный массив со свойствами, варьирующимися в широких пределах как по толщине, так и в плане. Свойства грунтов будут отличаться не только при смещении разведочной скважины на несколько метров, но даже при исследовании проб грунта из одной и той же скважины в разных лабораториях.

На практике также бывают случаи, когда имеет место перетрассировка, то есть ось трассы, а значит, и все конструкции в составе будущего сооружения переносятся в плане, причем иногда на десятки метров. При этом геологические изыскания уже выполнены, а на их повтор уже нет ни времени, ни денег. В этом случае реальные геологические слои и их свойства в створе проектируемой опоры могут заметно отличаться от результатов изысканий. Что же делать? Есть хорошая русская пословица: «Доверяй, но проверяй», – и для того, чтобы подтвердить свойства грунтов и исключить критическую ошибку, в распоряжении проектировщика есть все необходимые инструменты, нужно только уметь ими грамотно воспользоваться.

По результатам инженерно-геологических изысканий назначается тип, конструкция и глубина

заложения фундамента будущей опоры, выполняются расчеты несущей способности. Весь процесс проектирования свайного фундамента подробно расписан в СП 24.13330.2021 и СП 35.13330.2012, которые, в свою очередь, являются актуализацией советских СНиПов. По этим нормативным документам выполняется проектирование фундаментов опор уже более 70 лет. Естественно, что за это время был накоплен колоссальный опыт, а современные расчетные программные комплексы, казалось бы, должны практически полностью исключать ошибки при проектировании.

Однако сегодня мы наблюдаем обратную ситуацию: отнюдь не единичными стали случаи, когда мостовое сооружение еще на стадии строительства или практически сразу после ввода в эксплуатацию приходится закрывать и проводить срочное усиление фундаментов опор.

Приведем несколько примеров аварийных и предаварийных объектов, с которыми специалисты ООО НИЦ «Мосты» столкнулись за последние десять лет, и проанализируем причины, которые привели к сложившейся ситуации.

Железнодорожный путепровод в Ростовской области (рис. 1)

В 2017 году после монтажа пролетных строений была начата отсыпка насыпей подходов. В этот момент геодезистами подрядной организации было зафиксировано продольное перемещение крайних опор (устоев) в сторону пролетов на величину до 20 мм. Авторский надзор и строительный контроль не уделили должного внимания результатам исполни-



Рис. 1. Общий вид железнодорожного путепровода

тельных съемок. При открытии по сооружению рабочего движения нарастание деформаций продолжилось, и на момент обследования продольные деформации достигали уже 49 мм. Вследствие совместного действия температурных перемещений пролетных строений и деформации устоев смещение верхних балансиров опорных частей на устоях достигло критической величины, защитные кожухи опорных частей уперлись в шкафную стенку (рис. 2). Зазоры между торцами балок и шкафными стенками также значительно уменьшились.

Анализ исполнительной документации показал, что причиной деформаций устоев стало несоблюдение Подрядчиком проектного порядка отсыпки и не-

достаточное уплотнение грунта конусов насыпей подходов. Для стабилизации положения устоев и прекращения их дальнейших деформаций было рекомендовано и осуществлено устройство преднапрягаемых буроинъекционных грунтовых анкеров. К счастью, работы по усилению выполнялись без остановки движения железнодорожных составов.

Автодорожный мост в Москве

В ходе строительства в сентябре 2014 года при монтаже балок пролетных строений автодорожного моста были зафиксированы осадка, крен и перемещения в плане промежуточной опоры № 3. Строительно-монтажные работы были приостановлены до выяснения причин (рис. 3). На момент обследования смещение опоры соста-

вило 22 мм вдоль и 9 мм поперек оси моста. Вертикальная осадка достигла 13 мм.

При проведении обследования сразу была выдвинута версия о недостоверности результатов инженерно-геологических изысканий. По данным изысканий, в основании буровых свай должны были быть пески средней крупности, средней плотности и плотные. Однако, согласно результатам контрольного бурения, в уровне низа буровых свай были выявлены слабые грунты – пластичные и текучие супеси, физико-механические свойства которых очень сильно отличались от свойств грунтов, принятых к расчету проектной организацией. Штамповые испытания грунта в основании буровых скважин на данной опоре были выполнены не квалифицированно, а статические испытания грунтов сваями не проводились. В результате фактическая несущая способность свай и всего фундамента оказалась существенно ниже проектной.

По нашему предложению было выполнено усиление фундамента опоры № 3 путем устройства у торцов существующего ростверка шести дополнительных буровых столбов Ø 1,5 м и длиной по 24 м (рис. 4). При этом по первоначальному проекту фундамент был выполнен из 16 буровых свай Ø 80 см



Рис. 2. Перемещение верхнего балансира опорной части на устой в крайнее положение (+76 мм)



Рис. 3. Общий вид автодорожного моста (г. Москва) на момент приостановки СМР

и длиной 11 м. Таким образом, объем буровых и бетонных работ только на усиление фундамента опоры № 3 в 2,5 раза превысил исходный. Излишне говорить, что стоимость работ также выросла пропорционально.

Какие же ошибки лежат в основе этих и многих других аварийных ситуаций? По нашему мнению, это, прежде всего, недостаточный опыт в сочетании с самоуверенностью молодых ГИПов и поверхностное знание ими основных нормативных документов по мостам, ГОСТов и Сводов Правил. Еще одна причина – сжатые сроки проектирования и большой объем работ. ГИПы делегируют расчет второстепенных, как им кажется, конструкций молодым специалистам, часто вчерашним студентам.

У молодых специалистов-расчетчиков (не у всех, но у многих) есть один существенный недостаток – огромная «слепая» вера в компьютерную расчетную программу (ведь в нее уже заложены положения нормативных документов; программа же лучше знает, как выполнить расчет сложной конечно-элементной модели, какие применить коэффициенты надежности, какие нужно выполнить проверки). Расчет выполняется нажатием одной клавиши!

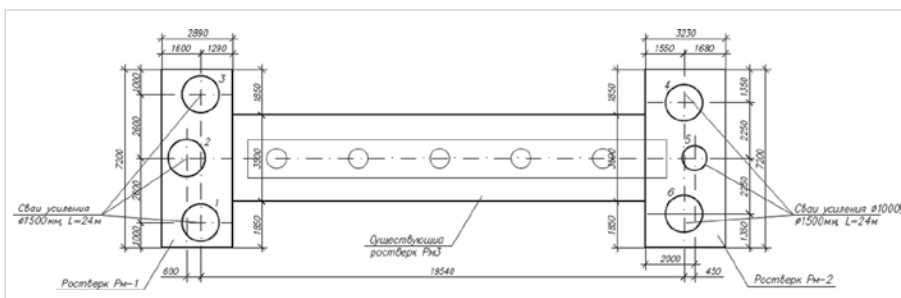


Рис. 4. План усиления свайного ростверка опоры № 3 автодорожного моста

Это, конечно, практически исключает вероятность ошибки, но при одном важном условии: если правильно введены исходные данные. А их задает человек. Например, бывает так, что при расчете устоя проектировщик «забывает» учесть и ввести в расчет вес насыпи подхода. Как результат – значительные продольные деформации и вертикальные просадки опор появляются еще до ввода сооружения в эксплуатацию.

Необходимо отметить, что еще 40–50 лет назад ни о каких расчетных программах при проектировании фундаментов не было и речи, что уж говорить, например, о проектировании и строительстве в 1870–1920 годах больших железнодорожных мостов через широкие реки Европейской части России и Сибири. Тогда и механика грунтов, и строительная механика только зарождались как науки, большого опыта не было.

Выдающиеся инженеры-проектировщики того времени руководствовались, пожалуй, самым важным своим качеством – инженерной интуицией, поэтому построенные 100–150 лет назад опоры мостов стоят и успешно используются до сих пор, переживая второе, а то и третье пролетное строение.

Инженерная интуиция – это еще одно важное качество, которого из-за недостатка опыта лишены молодые проектировщики. А в таком серьезном деле, как проектирование мостов, очень важно уметь чуть ли не на уровне подсознания оценить результат расчета, чтобы заподозрить ошибку и перепроверить себя.

Кроме того, современные проектировщики очень неохотно выезжают на объект строительства – на бурение первых скважин или на забивку первых свай, а ведь прак-

тический опыт невозможно получить, не вставая из кресла.

В СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы» предусмотрен ряд обязательных испытаний, направленных на подтверждение надежности фундамента и проверки несущей способности грунта. К ним относятся:

- контроль качества (сплошность) бетона свай;
- штамповые испытания грунтов в основании буровых скважин;
- статические испытания грунтов сваями.

Данные испытания – это первейшие помощники инженеру-проектировщику в принятии правильного решения.

Со сплошностью бетона все понятно, поскольку ее необходимо проверять для контроля качества бетонирования свай. Если качество бетона сваи недостаточное, ГИП может вовремя запроектировать дублирующую сваю.

Штамповые испытания грунта выполняются для определения фактической несущей способности грунта на забое скважины. Это помогает проектировщику вовремя принять решение о понижении отметки забоя или увеличении количества свай в ростверке. Однако в последнее время штамповые испытания грунтов проектировщикам стали неинтересны, особенно в свете последнего Изменения № 5 СП 46.13330.2012. В Таблице 5 этого документа ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» заменили на ГОСТ 20276.1-2020 «Грунты. Метод испытания штампом».

Формально все верно: раз испытания штамповые, то и ГОСТ должен применяться на штамповые испытания. Однако область применения ГОСТ 20276.1 – это изыскания, а не строительство. По методике ГОСТ 5686 определяется фактическая несущая способность грунта, которая нам и нужна. А по методике испытаний, изложенной в ГОСТ 20276.1, определяется модуль деформации



Рис. 5. Входной оголовок водопропускной трубы. Высота отверстия трубы над уровнем льда – 1,35 м

грунта, который еще на стадии изысканий уже был определен в лабораторных условиях.

Многие ГИПы, ссылаясь на СП 46.13330.2012, считают, что результаты штамповых испытаний грунта теперь не нужны, поскольку предстоят еще статические испытания грунта сваями, чего будет достаточно. При этом ГИПы забывают, что если будут получены неудовлетворительные результаты статических испытаний, то в стесненных условиях, например, в русле реки или плотной городской застройке, развить уже готовое свайное поле и добавить дополнительные сваи будет практически невозможно.

Практика показывает, что по результатам порядка 50% штамповых испытаний выполняется понижение отметок забоя свай. Таким образом, грамотно выполненные штамповые испытания – это практически 95–99% гарантии того, что увеличения количества свай после статических испытаний не потребуется.

Статические испытания грунтов сваями – это, безусловно, самый надежный способ для проектировщика понять, будет ли будущий фундамент нести проектную нагрузку или нет. Однако со статическими испытаниями тоже не

всегда все гладко. Ниже – еще один свежий пример.

Водопропускная труба на автодороге

Водопропускная труба была введена в эксплуатацию в 2024 году. Труба состоит из железобетонных секций прямоугольного сечения 2×2 м (рис. 5). Из-за слабых грунтов труба устроена на свайном фундаменте из забивных свай 35×35 см длиной 16 м. Однако уже через два месяца после открытия участка автодороги были выявлены существенные вертикальные просадки. На момент обследования, в марте 2025 года, максимальные вертикальные просадки секций трубы по оси автодороги достигали 87 см и продолжали увеличиваться (рис. 6). Суммарное раскрытие стыков между секциями привело к увеличению длины трубы на величину порядка 50 см.

Анализируя рабочую и исполнительную документацию, мы увидели следующую картину. Расчетная проектная несущая способность свай составляет 86 тс при максимальной расчетной нагрузке на голову сваи 85 тс, то есть фундамент был запроектирован фактически без запаса.

При строительстве по результатам динамических испытаний трех пробных свай фактическая



Рис. 6. Габарит трубы по оси автодороги не превышает 0,5 м

несущая способность составила порядка 59–60 тс. Дефицит несущей способности свай составляет порядка 30%.

Получив отрицательные результаты динамических испытаний, проектировщик не стал требовать проведения статических испытаний грунта сваями, а заменил их испытаниями по методу волновой теории удара. Был получен положительный результат, причем с большим запасом (несущая способность – 120 тс), и проектировщик разрешил проведение дальнейших работ по устройству фундамента трубы. Казалось бы, что же могло пойти не так?

Проектировщик, видимо, невнимательно читал п. 8.4 ГОСТ 5686 и пропустил, что ударно-волновой метод испытаний – это метод, позволяющий лишь «ориентировочно» оценить несущую способность, и его результаты должны подтверждаться результатами статических испытаний. В результате... потребуются полное переустройство водопропускной трубы.

Проблемы, с которыми сталкиваются наши специалисты, не ограничиваются вышеперечисленными случаями и касаются не только фундаментов опор, но и всех остальных конструкций.

Отечественная система высшего образования, безусловно, одна из лучших в мире. Большая тройка транспортных вузов (РУТ (МИИТ), ПГУПС и СГУПС), а также другие институты и университеты ежегодно выпускают из своих стен несколько сотен инженеров по специальности «Мосты и тоннели». Кто-то из них остается на кафедрах и продолжает научную и преподавательскую деятельность, кто-то идет работать в строительство, а не менее половины становятся проектировщиками...

Чтобы обладать соответствующей компетентностью, проектировщик должен не только иметь высшее профильное образование, но и набраться соответствующего опыта. Как известно «опыт – сын ошибок трудных». А чтобы эти ошибки не стали фатальными, всем проек-

тировщикам, особенно молодым, необходимо внимательнее относиться к результатам изысканий и расчетов, не бояться и не лениться их перепроверять – как самостоятельно, так и с помощью натурных полевых испытаний.

Немаловажным фактором здесь является «наставничество» – когда более опытный специалист в процессе работы делится знаниями, навыками и практическими умениями с молодыми коллегами, вчерашними студентами. Со временем этот процесс приобретает двусторонний характер. Молодые специалисты сами начинают накапливать и передавать опыт своим наставникам.

Только комплексный подход может помочь избежать ошибок при проектировании и обеспечить надежность фундаментов опор мостовых сооружений. В свою очередь, специалисты ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты» всегда готовы помочь проектным организациям в принятии правильных решений.

А.А. Сергеев,
канд. техн. наук,

генеральный директор,

В.С. Мыщик,

канд. техн. наук, заместитель
генерального директора,

С.А. Лок,

заведующий лабораторией
железобетонных пролетных
строений и опор мостов,

ООО НИЦ «Мосты»



Москва, ул. Полярная
д. 33, стр. 3, пом. 6
тел./факс: +7 (499) 476-79-72
nic-mosty@mail.ru
nic-mosty.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 24.1333.2021 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты».
2. СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*».
3. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91».
4. СП 79.1333.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86».
5. ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».
6. ГОСТ 20276.1-2020 «Грунты. Метод испытания штампом».

ПЯТЬ ПРИРОДНЫХ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ, СОКРАЩАЮЩИХ СРОК СЛУЖБЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Как известно, срок службы автомобильной дороги определяется не только качеством материалов и соблюдением строительных технологий. На протяжении всего жизненного цикла сооружение подвергается воздействию природных факторов, которые при неблагоприятном сценарии могут привести к деформациям, снижению несущей способности и преждевременному разрушению конструкции.

Природные факторы не всегда приводят к повреждению дороги. Риск разрушения возникает в случаях, если интенсивность воздействия превышает возможности конструкции, и/или влияние деструктивных процессов не было учтено при проектировании и эксплуатации. Поэтому важно объективно и своевременно оценить возможные механизмы воздействия природных факторов и правильно выбрать инженерные решения, которые снижают вероятность повреждений.

Рассмотрим пять групп природных и геотехнических рисков, сокращающих срок службы автомобильной дороги, а также инженерные подходы к снижению их влияния.

Вода — один из ключевых факторов деградации дорожной инфраструктуры

Осадки, талые, грунтовые и русловые воды относятся к числу наиболее опасных природных факторов, сокращающих срок службы ав-

томобильных дорог. Проникая в основание дорожной конструкции, вода снижает несущую способность грунтов, вызывает суффозию и внутреннюю эрозию, а также создает гидростатическое давление. Одновременно поверхностный сток разрушает откосы, а течение рек и паводковые воды размывают береговую линию, русла и зоны примыкания искусственных сооружений.

Такие процессы постепенно приводят к просадке земляного полотна, потере устойчивости откосов, разрушению водоотводных сооружений и подмыву опор мостов. При этом большинство повреждений развивается скрыто, задолго до появления первых дефектов дорожного покрытия, поэтому эффективное управление водным режимом рассматривается как одно из ключевых условий долговечности транспортной инфраструктуры.

Для защиты дорожных объектов от гидравлического воздействия

применяются расчетные габионные системы, состав которых подбирается в зависимости от защищаемого элемента и характера нагрузок. Подтопленные откосы могут укрепляться матрацами Рено, русла и береговые линии — сочетанием матрацев, коробчатых габионов и армогрунтовых конструкций Террамеш®, а конусы мостов и подмостовые пространства — комплексными решениями, обеспечивающими одновременно устойчивость грунтового массива и защиту от размыва. Геометрия сооружения, тип крепления и сочетание элементов определяются на основании гидравлических и геотехнических расчетов с учетом скорости потока, паводковых уровней, предполагаемой глубины размыва и нагрузок на конструкцию. Гибкость сетчатых элементов позволяет воспринимать локальные деформации основания, а каменное заполнение снижает воздействие водного потока и стабилизирует защищаемую поверхность.

Не менее важной задачей является удаление воды из самой дорожной конструкции. Для этого применяются дренажные геоконпозиты МакДрейн®, обеспечивающие организованный отвод фильтрационных вод, снижение гидростатического давления и поддержание стабильного водного режима основания. Такой подход позволяет не только повысить надежность дорожной одежды, но и сократить объем традиционных дренирующих материалов.

Показательный пример: устройство мостового перехода через реку Ликову на автомобильной дороге М-1 «Беларусь». Для укрепления русла и подходов к сооружению применили комплекс из матрацев Рено, коробчатых габионов и армогрунтовой системы Террамеш®.



Процесс возведения мостового перехода через р. Ликова

Решение позволило одновременно защитить русло от размыва и обеспечить устойчивость конструкций мостового перехода.

После ввода объекта в эксплуатацию необходимо контролировать состояние водоотводных сооружений, откосов и русла, особенно после паводков и интенсивных осадков. Это позволяет выявлять локальные размывы до того, как они повлияют на устойчивость дорожного сооружения.

Низкие температуры и морозное пучение

В регионах с сезонным промерзанием грунтов одним из наиболее опасных природных факторов становится морозное пучение. Оно развивается при сочетании трех условий: наличия пучинистых грунтов, отрицательных температур и поступления воды в зону промерзания. При замерзании вода образует ледяные линзы, которые вызывают подъем дорожной конструкции, а после оттаивания — просадки, снижение несущей способности основания и разрушение покрытия.

Предотвратить этот процесс позволяет управление водным режимом основания. Для этого Маккафери разработала специализированный дренажный геокомпозит МакДрейн® Арктик Бланкет, состоящий из объемной полимерной дренажной сердцевины и гидрофобного нетканого геотекстиля. Дренажный слой быстро отводит талые и инфильтрационные воды, а гидрофобный геотекстиль разрывает капиллярный подъем влаги из нижележащих грунтов, исключая условия для образования ледяных линз.

По сравнению с традиционными противокapиллярными слоями из песка или щебня МакДрейн® Арктик Бланкет позволяет уменьшить толщину конструкции основания, сократить расход инертных материалов и ускорить строительство. По данным лабораторных испытаний, в заданных условиях применение системы снизило деформации морозного пучения



Армирование основания насыпи с использованием высокопрочной георешетки ПараЛинк®

примерно в 30 раз по сравнению с незащищенным водонасыщенным грунтом.

В процессе эксплуатации необходимо контролировать состояние дренажной системы и участки возможного переувлажнения основания, особенно после интенсивного снеготаяния и сезонного оттаивания грунтов.

Слабые грунты

Водонасыщенные глины, торфяники, илистые и другие слабые грунты отличаются низкой несущей способностью и высокой сжимаемостью. Под действием собственного веса насыпи и транспортных нагрузок в основании развиваются общие и неравномерные осадки, которые могут приводить к колебательности, трещинам, деформациям дорожной одежды и потере устойчивости земляного полотна.

Полная замена слабого грунта требует значительных объемов

земляных работ и не всегда оказывается технически и экономически оправданной. Поэтому решение подбирают по результатам инженерно-геологических изысканий и расчетов, учитывающих устойчивость насыпи, величину возможной осадки и время консолидации основания.

По результатам расчета в основании насыпи, а при необходимости и в ее теле, укладывают один либо несколько горизонтальных слоев высокопрочных георешеток ПараЛинк® и ПараГрид®. Под нагрузкой слабое основание стремится деформироваться и смещаться в стороны, а георешетки воспринимают возникающие растягивающие усилия, перераспределяют давление и повышают общую устойчивость насыпи. При необходимости конструкцию дополняют дренажными элементами для отвода воды и ускорения консолидации водонасыщенного основания.



Система пассивной защиты СтилGRID® HR150 на а/д А-147



Процесс монтажа геомата МакМат R на а/д А-147 Джубга-Сочи

Состав системы, характеристики материалов и количество армирующих слоев определяются расчетом для конкретного участка. Такой подход позволяет сократить объем замены грунта, ограничить развитие неравномерных деформаций и обеспечить требуемую надежность дорожной конструкции. В процессе эксплуатации контролируются осадки насыпи, состояние дорожного покрытия и работа дренажной системы.

Скально-обвальные явления

В горной местности серьезную угрозу для автомобильных дорог представляют скально-обвальные процессы. Под воздействием выветривания, атмосферных осадков, перепадов температур и сейсмических нагрузок трещины в скальном массиве развиваются, а отдельные блоки породы постепенно теряют устойчивость. Их падение может привести к повреждению дорожных сооружений, перекрытию движения и непосредственной угрозе безопасности людей.

Способ защиты выбирается по результатам обследования склона, оценки трещиноватости массива, размеров потенциально неустойчивых блоков и расчетов устойчивости. Если фрагменты породы возможно удержать непосредственно на склоне, применяются системы активной защиты Стилгрид® HR. Сетка, усиленная стальными канатами и закреп-

ленная анкерами в устойчивой части массива, прижимает неустойчивые блоки к поверхности и передает возникающие усилия на анкерные крепления. Это позволяет стабилизировать поверхностную часть склона и снизить вероятность развития камнепадов.

Показательный пример: защита федеральной автомобильной дороги А-147 Джубга - Сочи. На 18 потенциально опасных участках общей площадью около 86 тыс. м² была смонтирована система Стилгрид® HR150, позволившая стабилизировать поверхностную часть скальных склонов и снизить риск локальных обрушений.

В процессе эксплуатации контролируется состояние скального массива, сетки, стальных канатов и анкерных креплений. Дополнительные обследования проводятся после интенсивных осадков, циклов замораживания и оттаивания, а также сейсмических воздействий, способных изменить устойчивость склона.

Поверхностная эрозия откосов

Дождевые и талые воды постепенно вымывают мелкие частицы грунта с поверхности дорожных откосов. При отсутствии устойчивого растительного покрова сначала образуются борозды и промоины, а затем нарушается геометрия откоса, засоряются водосточные сооружения и возрастает риск локальных деформаций земляного полотна.

Для защиты поверхности применяются геоматы МакМат®, которые закрепляются анкерами на подготовленном откосе. Их трехмерная структура удерживает частицы грунта и семенной материал, снижает скорость стока у поверхности и создает условия для развития растительности. После укоренения корневая система и геомат работают совместно, защищая верхний слой грунта от дальнейшего размыва.

На крутых откосах и участках с более интенсивным воздействием может применяться армированный геомат МакМат R. Встроенная сетка двойного кручения повышает механическую устойчивость системы, обеспечивает плотное прилегание материала к поверхности и позволяет надежнее закрепить защитный слой на склоне.

Геомат решает задачу защиты поверхностного слоя, но не заменяет организованный водоотвод и необходимость расчета общей устойчивости откоса. В процессе эксплуатации контролируются состояние растительного покрова, появление промоин, целостность материала и надежность креплений, особенно после сильных осадков и снеготаяния.

Долговечность дороги определяется не количеством примененных защитных систем, а тем, насколько точно на стадии изысканий и проектирования выявлен процесс, способный ограничить срок ее службы. Когда решение выбирается с учетом механизма воздействия, возможных последствий и требований к дальнейшему контролю, затраты на защиту становятся частью управления жизненным циклом объекта, а не реакцией на уже возникшие повреждения.

MACCAFERRI

ООО «Габионы Маккаферри СНГ»

Москва

ул. Ленинская Слобода, 26

тел. +7 (495) 108-58-84

info@maccaferri.ru

www.maccaferri.ru

УКРЕПЛЕННЫЕ ГРУНТЫ

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

В настоящее время расчет конструкций дорожных одежд при строительстве и ремонте автомобильных дорог, а также при устройстве оснований объектов транспортной инфраструктуры, в том числе грузовых и логистических терминалов, практически не обходится без включения в состав расчета слоев укрепленного материала.

Актуальность применения технологии подтверждается тем, что вводится в действие все большее количество нормативной документации в виде ПНСТ и ГОСТ, чаще встречаются в научной периодике публикации, связанные с темой укрепления грунтов.

Тем не менее, исходя из практического опыта, следует отметить отсутствие системного подхода при использовании технологии укрепления грунтов в строительстве объектов транспортной инфраструктуры. Это не может не вызывать появления различного рода противоречий, недопониманий и других конфликтных ситуаций между основными участниками строительного процесса – Заказчиком, Проектировщиком, Подрядчиком. Это оказывает негативное влияние, ставя под сомнение целесообразность применения технологии укрепления грунтов как одного из методов увеличения надежности и долговечности конструкций дорожных одежд.

Причин возникновения существующей ситуации несколько, но ключевыми являются следующие:

1. Достаточно высокая вариативность составов укрепленного материала (тип и вид материала, его гранулометрический состав, количество и тип вяжущего, количество и тип добавок к вяжущему, регулирующих технологический процесс укрепления, климатические и другие условия производства работ) не позволяет в высокой степени спрогнозировать и определить характеристики укрепляемого материала заранее. С достаточно высокой степенью объективности это может быть

сделано только при проектировании объекта.

2. Недостаточное количество показателей характеристик, входящих в критерий оценки укрепляемого материала, не позволяет в полной мере оценить свойства укрепляемого материала с позиции надежности и долговечности.

3. Значения показателей характеристик, входящих в критерий оценки укрепляемого материала, определены по принципу нормативности. Они могут отличаться от фактических, полученных при подборе состава на значительные величины, не позволяя Проектировщику принимать объективные решения, особенно по критерию долговечности.

Эффективность внедрения технологии укрепления грунтов во многом зависит от устранения вышеперечисленных причин и разработки норм, правил, стандартов, позволяющих Заказчику, Проектировщику, Подрядчику работать в единой информационной системе, получая тем самым заранее спрогнозированные результаты, необходимые для соблюдения критериев надежности и долговечности объектов транспортной инфраструктуры.

Необходимость разработки такого рода нормативной документации и порядок ее применения также регламентируются постановлением Правительства Российской Федерации № 708 (от 30.05.2024). В постановлении утверждаются «Требования к содержанию результатов применения предусмотренных частью 6 статьи 15

Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» способов обоснования соответствия архитектурных, функционально-технологических, конструктивных, инженерно-технических и иных решений и мероприятий по обеспечению безопасности зданий, сооружений, процессов, осуществляемых на всех этапах их жизненного цикла, требованиям, установленным указанным Федеральным законом».

Алгоритм определения характеристик укрепленных материалов состоит в следующем:

1. Определение свойств отобранного с объекта грунта или смеси грунтов, подлежащих укреплению.

2. Определение свойств вяжущего, применяемого для укрепления.

3. Определение свойств укрепленного материала:

- физические
- прочностные
- деформационные
- циклические

4. Анализ показателей и обоснование конструктивных, инженерно-технических и иных решений, необходимых для реализации проекта.

В результате мы определяем показатели свойств, полученных:

- методом испытаний и замеров
- методом расчетов

Для объективности сравнения полученных данных при подборе составов укрепленного материала необходимо выполнение базовых условий:

■ при изготовлении образцов **уплотняющее усилие** должно быть приведено к единому значению, независимо от применяемого метода уплотнения – ударного, статического, вибродинамического. Определяется как отношение работы, выполненной при уплотнении

образца (Дж) к объему образца (см^3). Является ориентировочным значением при подборе отряда катков и их режиме при производстве работ;

■ **марочная прочность** (М5, М10, М20, М40, М60, М75, М100) принимается как значение прочности укрепленного материала на сжатие после водонасыщения ($\text{кг}/\text{см}^2$);

■ **количество вяжущего** принимается в процентном отношении к массе сухого материала или смеси материалов, подлежащих укреплению. Определяется, какой процент вяжущего соответствует той или иной марке прочности. Является расчетным значением при анализе экономической эффективности результатов применения вяжущего или вяжущего модифицированного добавками.

■ Исследованию подвергаются образцы с дальнейшим хранением:

I. «Образец материала» максимальной плотности при оптимальной влажности.

II. «Контрольный образец» – укрепляемый материал с добавлением цемента нормального твердения (бездобавочного).

III. «Тестируемый образец» – укрепляемый материал с добавлением цемента, модифицированного различными добавками в процессе изготовления цемента или в процессе дополнительного смешивания цемента с добавками.

1. Определение свойств отобранного с объекта грунта или смеси грунтов, подлежащих укреплению, производится по существующей нормативной документации и оформляется протоколами испытаний.

Основными характеристиками являются:

- коэффициент сбега грансостава $K_{сб}$
- максимальная плотность ρ_{max}
- оптимальная влажность W_{opt}

2. Определение свойств вяжущего, применяемого для укрепления:

- прочность на сжатие
- прочность на растяжение
- удобоукладываемость

- водопотребность
- начало схватывания
- конец схватывания

3. Определение свойств укрепленного материала:

Физические

- Плотность ρ
- Влажность W

Прочностные

Прочность на сжатие

- Сухих $R_{\text{сж}}^{\text{сух}}$
- После цикла водонасыщения $R_{\text{сж}}^{\text{W-D}}$
- После цикла замораживания $R_{\text{сж}}^{\text{F-T}}$
- После циклического нагружения $R_{\text{сж}}^{\text{N}}$

Прочность на растяжение

- Сухих $R_{\text{р}}^{\text{сух}}$
- После цикла водонасыщения $R_{\text{р}}^{\text{W-D}}$
- После цикла замораживания $R_{\text{р}}^{\text{F-T}}$
- После циклического нагружения $R_{\text{р}}^{\text{N}}$

Деформационные

Деформация разрушения ϵ

Модуль деформации

- Сухих $E_{\text{v1}}^{\text{сух}}$
- После цикла водонасыщения $E_{\text{v1}}^{\text{W-D}}$
- После цикла замораживания $E_{\text{v1}}^{\text{F-T}}$
- После циклического нагружения E_{v1}^{N}

Модуль упругой деформации

- Сухих $E_{\text{v2}}^{\text{сух}}$
- После цикла водонасыщения $E_{\text{v2}}^{\text{W-D}}$
- После цикла замораживания $E_{\text{v2}}^{\text{F-T}}$

- После циклического нагружения E_{v2}^{N}

На основании полученных данных строится приведенный ниже график, опираясь на который можно сделать расчеты дополнительных показателей:

- коэффициент водостойкости
- коэффициент морозостойкости
- коэффициент циклической прочности после N циклов.

При испытании образцов разгрузкой определяются:

- пластическая деформация
- упругая деформация
- упруго-вязкая деформация
- деформация разрушения

Рассчитываются для всех режимов испытаний:

- Модуль деформации E_{v1}
- Модуль деформации E_{v2}

Рассчитываются для всех режимов испытаний

■ Способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам – как площадь, образованная соответствующим графиком и точками между Упругой деформацией и Деформацией разрушения. Циклические испытания проводятся по трем видам циклического воздействия на укрепленный материал в период его эксплуата-

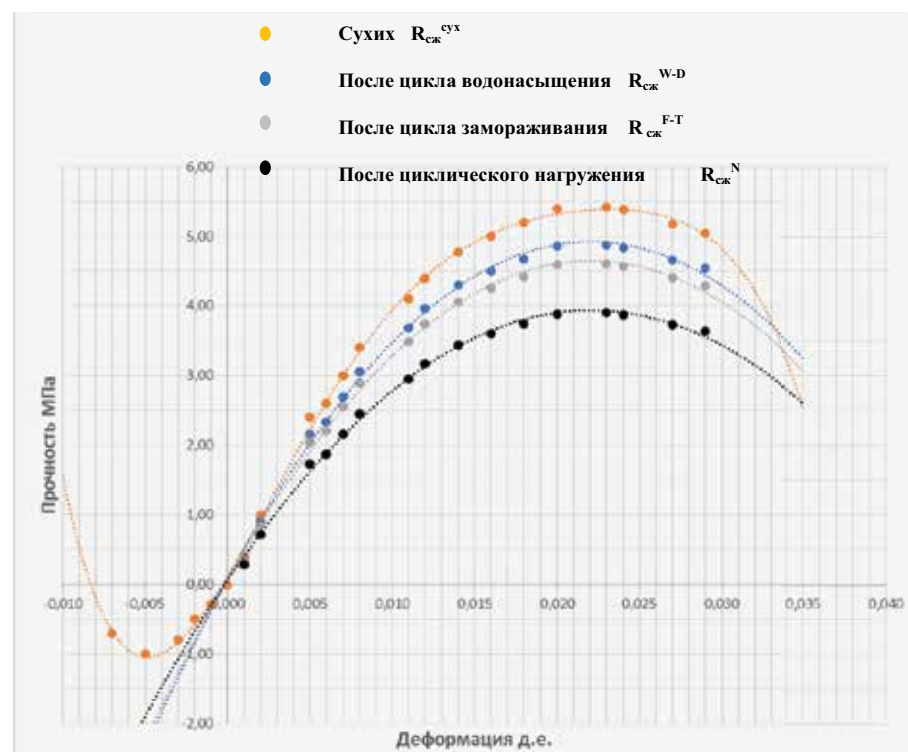


График испытаний в режиме «Нагружение – Деформация»

Табл. 1. Циклические испытания

Циклы «водонасыщение-высушивание»	5-10-15-20-25
Прочность на сжатие	$R_{сж}^{W-D}$
Прочность на растяжение	R_p^{W-D}
Плотность	ρ
Объем	V
Масса	m
Коэффициент регрессии «водонасыщение-высушивание»	K^{W-D}
Циклы «замораживание-оттаивание»	5-10-15-20-25
Прочность на сжатие	$R_{сж}^{F-T}$
Прочность на сжатие	R_p^{F-T}
Плотность	ρ
Объем	V
Масса	m
Коэффициент регрессии «замораживание-оттаивание»	K^{F-T}
Циклы «динамического нагружения»	
Прочность на сжатие 70% $R_{сж}^{W-D}$	$R_{сж}^{W-D N}$
Прочность на сжатие 50% $R_{сж}^{W-D}$	$R_{сж}^{W-D N}$
Прочность на сжатие N = месячный показатель	$R_{сж}^{W-D N}$
Прочность на сжатие N = трехмесячный показатель	$R_{сж}^{W-D N}$
Прочность на растяжение 70% R_p^{W-D}	$R_p^{W-D N}$
Прочность на сжатие 50% $R_{сж}^{W-D}$	$R_p^{W-D N}$
Прочность на сжатие N = месячный показатель	$R_p^{W-D N}$
Прочность на сжатие N = трехмесячный показатель	$R_p^{W-D N}$
Коэффициент регрессии «динамического нагружения»	K^N



График определения коэффициента регрессии динамического нагружения

ционного периода, заложенного в проектную документацию: «водонасыщение-высушивание», «замораживание-оттаивание», «динамическое нагружение».

Количество нагружения определяется исходя из проектируемо-

го количества лет эксплуатации (погодно-климатические циклы) и расчетного количества приложений с учетом увеличения трафика за проектируемый период (динамическое нагружение). Расчет циклов приведен в табл. 1.

Табл. 2

Расчетное количество лет	24
Расчетное количество приложений	24 000 000
Расчетное увеличение трафика, %	10

По результатам проведенных испытаний определяются коэффициенты регрессии, на основании которых устанавливаются расчетный модуль упругости и коэффициент усталости материала за период эксплуатации, а также рассчитываются межремонтные сроки и определяется экономическая эффективность варианта решения применяемой технологии с учетом конструкционных, инженерных решений и используемых материалов.

Целью циклических испытаний является определение коэффициентов регрессии, напрямую влияющих на степень снижения основных характеристик укрепленного материала, а следовательно, и на оценку конструкции по надежности и долговечности.

В зависимости от типа сооружения некоторых видов циклического влияния может и не быть (закрытый склад, утепленное помещение и т. д.), поэтому при проведении испытаний по подбору состава укрепленного материала следует учитывать этот фактор. Определение месячного количества приложений с учетом увеличения трафика движения на протяжении расчетного периода (см. табл. 2).

Исходя из полученных характеристик укрепленного материала и расчетных проектных данных производится анализ свойств укрепленного материала, определяются его начальные характеристики, степень влияния погодно-климатических условий и эксплуатационных нагрузок на снижение этих характеристик и определяется срок службы конструкции до капитального ремонта.

На основании количественного расхода вяжущего при получении заданных характеристик определяется эффективность данного подбора состава по сравнению с другими вариантами составов.

В.А. Коростелев,
ведущий научный сотрудник,
ООО «Центр Стратегических
Автомобильных Исследований»,
ЦАДИ

Примеры анализа применения
вяжущих будут приведены
в дальнейших публикациях

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Качество уплотнения асфальтобетона или степень уплотнения определяют через количество воздушных пустот в кернах. От степени уплотнения зависит большинство эксплуатационных свойств асфальтобетона: колееустойчивость, трещиностойкость, износостойкость и долговечность. Добиваясь необходимой плотности, нормативного количества воздушных пустот, мы задаем и обеспечиваем надежность и долговечность асфальтобетона на весь период его эксплуатации. Именно поэтому важно понимать взаимосвязь степени уплотнения и эксплуатационных свойств асфальтобетона.

Почему необходимо уплотнять асфальтобетон до требуемых значений и чем опасно, когда содержание пустот находится вне интервалов нормативной документации? Так, высокое содержание воздушных пустот асфальтобетона (вне нормы) приводит к тому, что:

1. растет проницаемость асфальтобетона, количество взаимосвязанных открытых пор (особенно это характерно для смесей с размером 22 и 32 мм);
2. увеличивается старение вяжущего, растрескивание и выкрашивание;
3. повышаются адгезионные повреждения от воды;
4. происходит доуплотнение под движением, что приводит к росту колеи.

«Увеличение содержания пустот на 1% (после 7% пустот) приводит к снижению срока службы на 10%» [1; 2].

Это также работает и в обратную сторону: по данным института NCAT, увеличение относительной

плотности в асфальтобетоне на 1% (с 92% до 93%) улучшает усталостные характеристики покрытия на 8,2–43,8%, повышает сопротивление к колееобразованию на 7,3–66,3% и увеличивает срок службы на 10% [3].

Низкое содержание пустот асфальтобетона вне нормы приводит к тому, что:

1. возникают такие дефекты, как пластичное течение, сдвиги, наплывы;
2. появляется колея пластики под движением;
3. происходит выпотевание, появляются пятна битума.

Высокое содержание пустот в асфальтобетоне обычно является проблемой недостаточного уплотнения, тогда как при низком содержании пустот чаще всего имеются проблемы с асфальтобетонной смесью (но не всегда). И если с высоким содержанием пустот получается логично (недоуплотнение приводит к снижению срока службы), то в случае с

низким содержанием пустот не все так однозначно. Данные различных экспериментов это подтверждают, и мнения специалистов разделяются [1; 2]:

1. при содержании пустот в кернах $\leq 2,5\%$ возможна нестабильность и ползучесть асфальтобетона (Foster);
2. асфальтобетоны, где $\leq 3\%$ пустот нестабильны, склонны к колееобразованию (NCAT);
3. при содержании пустот 1,6% в кернах колея минимальна (WesTrack);
4. для оснований «вечных дорог» рекомендуется проектировать смеси с 2% пустот (Harvey and Tsai).

Графические результаты экспериментов (рис. 1 и 2) также показывают низкую взаимосвязь между содержанием воздушных пустот и фактической глубиной колеи на дороге, что, скорее, тенденция.

Это происходит потому, что к низкому содержанию пустот могут приводить две основные причины:

1. первая (негативная) – некачественная асфальтобетонная смесь с избыточным содержанием битумного вяжущего;
2. вторая (позитивная) – переуплотнение, интенсивная работа уплотняющей техники на технологическом этапе производства работ.

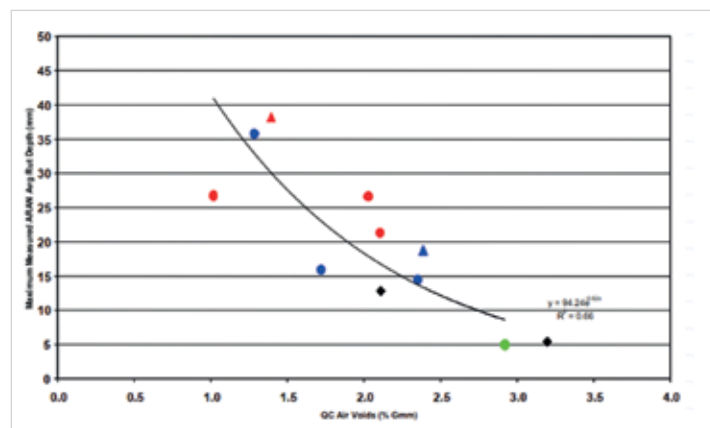


Рис. 1. Зависимость глубины колеи и содержания воздушных пустот в кернах (NCAT test track)

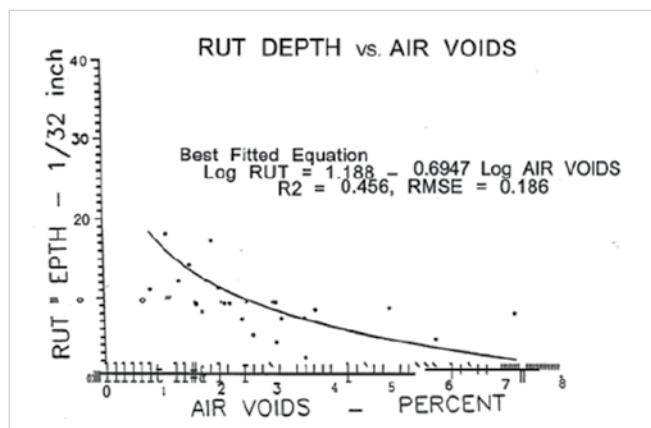


Рис. 2. Взаимосвязь содержания воздушных пустот в кернах и глубины колеи (NCHRP)

За рубежом снижают стоимость оплаты работ при отклонении контролируемого параметра, содержание воздушных пустот не является исключением. Действует так называемая система PWL – «Процент в пределах», которая допускает 100% оплату при отклонении 10% проб сверх нормы. Снижение оплаты может происходить до 50% при соответствующем отклонении.

Нижний предел уплотнения редко встречается в зарубежных спецификациях: его предпочитают не ограничивать [3]. В некоторых спецификациях минимальным пределом является 2%, при котором работы не оплачиваются и требуется переложить слой асфальтобетона. В табл. 1 приведены обновленные рекомендации для инженеров, принимающих решения по качеству выполненных работ.

Эти новые рекомендации фактически ужесточают требование к нижней границе уплотнения, но допускают к принятию слой асфальтобетона при содержании пустот 2,5%. В нашем случае граница нижнего предела строго ограничена и не предусматривает отклонений ниже нормы. Для верхних слоев это 3% пустот.

Что делать, если асфальтобетонная смесь запроектирована, протестирована, выпущена на АБЗ правильно и содержание вяжущего в норме, а содержание пустот в кернах после уплотнения и укладки получилось ниже 3%? Насколько это критично, как повлияет на эксплуатационные характеристики и долговечность?

Табл. 1. Новые рекомендации действий при низком содержании воздушных пустот [3]

Среднее содержание воздушных пустот, %	Интенсивность движения (20 лет)	
	Низкая (ESALs ≤3000 000)	Высокая (ESALs >3000 000)
3,0	1	1
2,9	1	2
2,8	2	2
2,7	2	2
2,6	2	3
2,5	3	3

1 – принять без снижения оплаты; 2 – рассмотреть вариант снижения оплаты и допустить к эксплуатации; 3 – рассмотреть вариант фрезеровки и новой укладки асфальтобетона

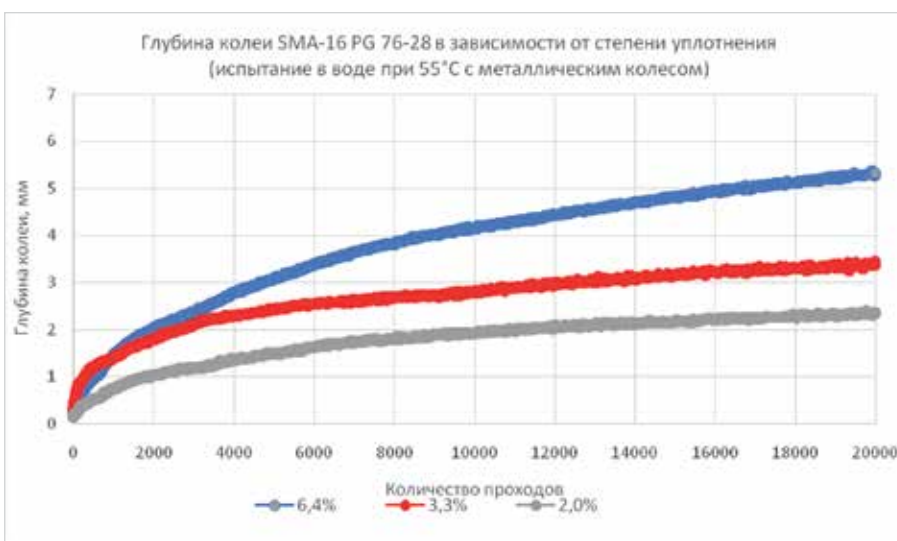


Рис. 3. Результаты испытания на колею SMA-16 на вяжущем PG 76-28 с разной степенью уплотнения

Особенно это актуально для SMA, где применяются прочные каменные материалы, что фактически исключает дробление при уплотнении, а содержание пустот ограничено очень узким интервалом: от 3 до 6%.

Мы провели эксперимент по определению свойств SMA-16 на вяжущем PG 76-28 с различной степенью уплотнения. Смесь была взята с производства, на гирато-

ре изготавливались образцы до 25, 100 и 300 оборотов. Были получены образцы с разной степенью уплотнения – выше, ниже и в пределах нормы. В табл. 2 приведены основные и дополнительные характеристики, ниже рассмотрены результаты, полученные в ходе поставленного эксперимента.

На рис. 3 видно, что наилучший результат по колееустойчивости показывают образцы с наимень-

Табл. 2. Характеристики SMA-16 с различным уровнем уплотнения

Кол-во оборотов гиратора	Объемная плотность, г/см ³	Содержание воздушных пустот, %	Колеестойкость, испытание в воде при 55°C, метал. колесо		Трещиностойкость, при -18°C, ИТР	Модуль жесткости, при прямом растяжении при 20°C	Морозостойкость, 5 циклов
			Глубина, мм	Угол наклона			
25	2,546	6,4	5,9	0,19	2421	2560	0,93
100	2,633	3,3	3,4	0,12	1674	3535	0,99
300	2,669	2,0	2,6	0,08	1556	4000	1,00



Рис. 4. Образцы SMA-16 после испытания на колееустойчивость в воде, слева направо – содержание пустот 6,1%; 3,3%; 2,0%



Рис. 6. Кривые испытания на низкотемпературную трещиностойкость образцов с разной степенью уплотнения

Табл. 3. Требования к содержанию воздушных пустот в ядрах из ЩМА по странам

Страна	Требование	Примечание
Турция	≤5%	не менее 90% измерений
Китай	≤5%	≤ проектного значения
Германия	≤6%	
Чехия	2–7%	
Венгрия	≤5%	
Словакия	1–7,5%	
Дания	≤ 5%	
Новая Зеландия	2–7%	+3/-2 от проектного значения
Италия	≤6%	
США	≤7 (6)%	зависит от штата (Колорадо – 3–7%)
Мексика	3–6%	требование совпадает с РФ



Рис. 5. Оборудование по испытанию на низкотемпературную трещиностойкость при непрямом растяжении

шим содержанием пустот. При этом разница по глубине колеи – больше чем в 2 раза. Более плотные образцы показывают лучший результат, чем менее плотные. А поскольку испытание проводилось в воде с металлическим колесом, а на образцах отсутствуют признаки адгезионных разрушений (см. фото, рис. 4), дополнительно можно сделать вывод о хорошей водостойкости.

Таким образом, высокая плотность, обеспеченная качеством уплотнения, дает положительный эффект по колееустойчивости.

Низкотемпературную трещиностойкость в нашем эксперименте определяли при температуре -18° . Согласно методике [4], испытание проводится на том же оборудовании (рис. 5) и при тех же требованиях к содержанию воздушных пустот (6% для ЩМА и 7% для Sp), что и при определении водостойкости по ГОСТ Р 58401.18. По результатам определяется Индекс трещиностойкости ИТР – чем выше значение, тем лучше деформационная способность и трещиностойкость.

На рис. 6 показаны характерные кривые, получаемые при испытании на низкотемпературную трещиностойкость. Между 6,4% и 3,3% есть существенная разница, тогда

как между 2% и 3,3% эта разница минимальна.

Трещиностойкость образцов, уплотненных сверх нормы и до нормы близка по своим значениям. Фактически отличие индекса трещиностойкости составляет 7,5% (табл. 2).

Модуль жесткости при непрямом растяжении возрастает с увеличением плотности, при снижении пустот на 1% модуль увеличивает примерно на 12% или 300 МПа. То есть существенно возрастает прочность конструкции только за счет качественного уплотнения (см. табл. 2). Аналогичная ситуация с морозостойкостью: чем меньше количество пустот, тем лучше, выше морозостойкость.

По результатам проведенного эксперимента, можно сделать сле-

дующий вывод: качественная асфальтобетонная смесь SMA-16 при уплотнении выше нормы (или ниже 3% пустот), в сравнение со стандартным уплотнением, показывает:

- аналогичные результаты по низкотемпературной трещиностойкости;
- повышение модуля жесткости и прочности;
- существенное улучшение при испытании на колееустойчивость и морозостойкость.

Мы предлагаем расширить нижнюю границу требований содержания пустот в кернах для SMA до 2–2,5% (до 2% для SMA-22, SMA-16 и до 2,5% для SMA-11, SMA-8).

Мы упускаем возможность сделать наши дороги лучше. Уже сейчас мы можем улучшить свойства

наших покрытий из SMA, стабильно уплотнять до 3% пустот и получать отличные результаты по всем эксплуатационным характеристикам: как по колее, так и по трещиностойкости.

В качестве дополнительного аргумента приведем сводную таблицу с требованиями к содержанию воздушных пустот в кернах из ЩМА по разным странам (табл. 3), где в основном либо отсутствует нижняя граница, либо нормируется на уровне 2% пустот. А требования, которые сейчас действуют в РФ, совпадают с требованиями Мексики!

Д.А. Колесник,
руководитель,
В.Е. Ефименко,
ведущий инженер,
НИЦ АО «ВАД»

Ссылки на используемые материалы:

1. <https://engineering.purdue.edu/NCSC/services/2010%20Presentations/Effect%20of%20Low%20Air%20Voids.pdf>
2. <https://engineering.purdue.edu/NCSC/research/PDF%20files/Risk-Management-of-Low-AV-AC-Mixtures.pdf>
3. <https://www.eng.auburn.edu/research/centers/ncat/files/technical-reports/rep17-05.pdf>
4. <https://zaovad.ru/upload/file/2024/05/06/kolesnik-efimenko-avtomobilnyie-dorogi-2024-5-s-112-117.pdf>

Предлагаем оформить подписку на журнал «Дорожная держава».
Стоимость годовой подписки (7 номеров) – 6 300 рублей
Стоимость подписки на полгода (4 номера) – 3 600 рублей

**Подписаться на журнал
можно с любого номера,
позвонив по телефону:
(812) 320-04-08 или (812) 320-04-09**



АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

В представленной статье с позиции инженера-проектировщика рассмотрены вопросы применения в дорожном хозяйстве вторичных ресурсов и вторсырья; приведены примеры такого использования в конструкциях дорожных одежд и земляном полотне. Кроме того, дан анализ действующей нормативной базы и наиболее популярных программных комплексов для автоматизированного расчета дорожных одежд. Статья основана на материалах вебинара «Аспекты проектирования автомобильных дорог с применением вторичных ресурсов» (<https://consult.rosdorspk.ru/vebinary/1134345117>), организованного ФАУ «РОСДОРНИИ».

При производстве работ на объектах дорожного хозяйства используется достаточно большое количество невосполнимых природных ресурсов.

В целях снижения потребления природных строительных материалов целесообразно рассматривать вопрос их частичной замены альтернативными материалами, полученными из вторичных ресурсов (вторичными материала-

ми). В этом случае одновременно решаются задачи экономии невосполняемых сырьевых запасов, утилизации отходов промышленного производства, а также улучшения экологической обстановки.

Применение вторичных материалов в рамках дорожной деятельности возможно при соответствующем технико-экономическом обосновании на конкретных объектах за счет сокращения логистических затрат

на транспортировку материалов, частичного замещения различных вяжущих и инертных материалов и т. д.

Отраслевой программой «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022-2030 годы» от 10.10.2022 № 11795п-П11, утвержденной заместителем председателя правительства Российской Федерации В.А. Абрамченко, для дорожного хозяйства определены различные направления для широкого применения вторичных материалов.

К ним можно отнести вторичный асфальтобетон, вторичную резину, металлургические шлаки, золошлаки, белитовый (нефелиновый) шлам, вскрышные породы, прочие техногенные грунты (рис. 1).

СПРАВКА

По экспертной оценке ФАУ «РОСДОРНИИ», предварительный прогноз потребности в дорожно-строительных материалах на период 2025-2028 годов (на примере щебня) составит 275,7 млн т (с учетом содержания щебня в асфальтобетонных смесях в размере 60%).

Из общего объема потребления щебня (275,7 млн т) на вышеуказанный период распределение по видам дорожной деятельности следующее: на строительство уйдет 43,5 млн т (15,8%), на реконструкцию – 20,8 млн т (7,5%), на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог – 211,4 млн т (76,7%).



Рис. 1. Основные вторичные ресурсы и вторичное сырье, применяемые в дорожной деятельности

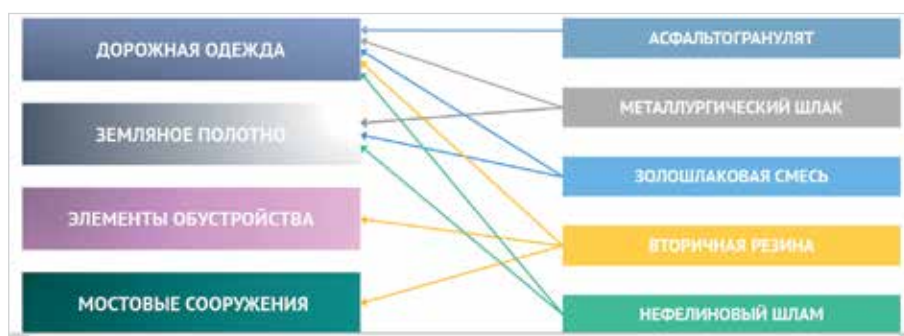


Рис. 2. Области применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожном строительстве

В настоящее время в Российской Федерации действует достаточно большое количество документов по стандартизации, регламентирующих применение вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожном строительстве, что, безусловно, должно способствовать расширению практики их использования.

Остановимся на актуальной нормативной базе и особенностях применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в рамках дорожной деятельности. Объекты стандартизации и области применения некоторых из них представлены на рис. 2.

Росстандартом – в целях нормативного обеспечения применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в составе асфальтобетонных на автомобильных дорогах общего пользования – утверждены и успешно применяются документы национальной системы стандартизации. Например, с использованием вторичных ресурсов и вторичного сырья допускается изготавливать асфальтобетонные, в том числе щебеночно-мастичные смеси, выпускаемые на базе методологии объемно-функционального проектирования (ГОСТ Р 58406.1-2020, ГОСТ Р 58406.2-2020 и ГОСТ Р 58401.1-2019), литые асфальтобетоны (ГОСТ Р 54401-2020), холодные асфальтобетоны (ГОСТ Р 70648-2023).

Вторичный асфальтобетон (асфальтобетонный гранулят, переработанный асфальтобетон – RAP) широко применяется при проведении дорожных работ в ходе устройства слоев основа-

ния и покрытия, при смешении на дороге или в установке методами холодной и горячей регенерации.

Кроме того, асфальтогранулят, в соответствии с действующими национальными стандартами, успешно применяется для укрепления, стабилизации грунтов и щебеночно-гравийно-песчаных смесей в основании дорожных одежд (ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесей органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия», ГОСТ Р 70454-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесей щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные органическими вяжущими. Общие технические условия», ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»), при укреплении обочин (ГОСТ Р 59201-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила»).

По статистическим данным, полученным ФАУ «РОСДОРНИИ» от федеральных казенных учреждений, подведомственных Росавтодору, и органов управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации, на сети автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального, межмуниципального и местного значения в 2024 году было применено более 4 000 тыс. т асфальтобетонного гранулята.

Металлургические и фосфорные шлаки используются для реализации широкого спектра дорожно-строительных работ, а именно в составе асфальтобетонных, в том числе щебеночно-мастичных смесей (верхний и нижний слой покрытия, верхний слой основания), в составе цемента, минерального порошка, органоминеральных, щебеночно-гравийно-песчаных смесей, а также для повышения прочностных характеристик земляного полотна и укрепительных работ. Их применение регламентировано следующими стандартами: ГОСТ 32826-2014 на шлаковые щебень и песок, ГОСТ Р 58770-2019 на шлаковые щебеночно-песчаные смеси, ГОСТ 32761-2014 на минеральный порошок, ГОСТ 33174-2014 на цемент и другими документами.

Что касается металлургических шлаков, то, по информации ФАУ «РОСДОРНИИ», объем их применения на объектах дорожного хозяйства в 2024 году составил более 856 тыс. т.

Золошлаки (золы-уноса и золошлаковые смеси) могут использоваться в качестве техногенного грунта для возведения земляного полотна в качестве вяжущих материалов (в том числе в составе комплексных неорганических вяжущих) для укрепления грунтов и слоев дорожной одежды, в качестве техногенного грунта, укрепленного (обработанного) вяжущими, а также непосредственно для устройства слоев дорожных одежд. Применение золошлаковых материалов на сегодняшний день имеет широкую нормативную базу, насчитывающую более 15 документов по стандартизации: ГОСТ Р 70453-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Общие технические условия», ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия», ГОСТ Р 59300-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесей бетонные для устройства

слоев оснований и покрытий. Технические условия». ГОСТ 32761-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования», ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия» и др. Следует также обратить внимание на утвержденный в 2025 году ПНСТ 1003-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы золошлаковые. Классификация».

Статистические данные, которыми располагает ФАУ «РОСДОРНИИ», свидетельствуют, что количество примененных в 2024 году на сети автомобильных дорог золошлаковых материалов составило менее 1 тыс. т.

Белитовые (нефелиновые) шламы допускается применять для устройства несущих, морозозащитных и технологических слоев дорожных конструкций, в качестве слоев основания дорожной одежды и земляного полотна или для устройства переходного покрытия. Применение шламов в дорожной одежде регулируют, в частности, ГОСТ Р 70454-2022,

ГОСТ 70455-2022, упомянутые выше. К примеру, применение белитовых шламов в земляном полотне регламентируется ГОСТ Р 70452-2022.

При этом, по информации ФАУ «РОСДОРНИИ», в 2024 году отсутствуют сведения о дорожных объектах с применением нефелиновых шламов.

Вторичная резина (резиновый порошок, резиновая крошка) применяется для модификации асфальтобетонов и битумов, для изготовления элементов обустройства дорог, битумно-резиновых мастик, предназначенных для гидроизоляции конструктивных элементов мостовых сооружений. Использование в рамках дорожной деятельности материалов на основе вторичной резины также регулируется нормативной базой. Например, возможность применения модификаторов асфальтобетонной смеси на основе резинового порошка предусматривают ГОСТ Р 58406.1-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия», ГОСТ Р 58406.2-2020

«Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия», ГОСТ Р 54401-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия», ПНСТ 662-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Добавки модифицирующие и поверхностно-активные в битум и асфальтобетонную смесь. Классификация, выбор и применение», ГОСТ Р 55419-2013 «Материал композиционный на основе активного резинового порошка, модифицирующий асфальтобетонные смеси. Технические требования и методы испытаний».

В 2024 году объем примененного резинового порошка в составе модификаторов резиновой крошки составил менее 1 тыс. т.

Также производители материалов и изделий, созданных на основе резиновой крошки, предъявляют требования к использованию вторичной резины в рамках стандартов организаций на герметизирующие материалы, ограждающие и направляющие



Рис. 3. Примеры продукции, изготовленной на основе резиновой крошки

упругопластичные элементы обустройства и др.

Примеры элементов обустройства автомобильных дорог и битумно-резиновых мастик для гидроизоляции опорных частей, фундаментов, перекрытий мостовых сооружений, изготовленных на основе резиновой крошки, представлены на рис. 3.

Вскрышные породы и техногенные грунты фактически являются грунтами, которые могут быть отнесены к одному из разновидностей грунтов по ГОСТ 33063-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов», и их применение осуществляется в соответствии с общими принципами проектирования и проведения дорожных работ, в том числе по ГОСТ 33100-2023 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог», ГОСТ Р 71404-2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» и др.

Кроме того, такие грунты могут быть соответствующим образом подготовлены в соответствии с действующими требованиями, а именно: для песка – ГОСТ 32824-2014 и ГОСТ 32730-2014, для щебня – ГОСТ 32703-2014, для щебеночно-гравийно-песчаных смесей – ГОСТ Р 70458-2022 и др.

Объем техногенных грунтов, использованных в дорожной деятельности в 2024 году, ориентировочно составил чуть меньше 600 тыс. т.

Анализ полученных данных показывает, что объемы вторичных ресурсов и вторичного сырья, применяемых в дорожной отрасли, несопоставимо малы по сравнению с требуемым количеством природных ресурсов. Следует отметить, что одним из аспектов, сдерживающих применение вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожной деятельности, является проблема их эффективного применения на этапе проектирования.

До недавнего времени многие из таких материалов отсутствовали в базах данных наиболее популярных в нашей стране программных комплексов IndorPavement, Robur, РАДОН. Кроме того, не было нормативных документов, регламентирующих использование таких материалов в дорожных конструкциях, также отсутствовали расчетные характеристики этих материалов. Это вызывало определенные трудности при проектировании и расчете дорожных одежд.

На сегодняшний день в дорожной отрасли создана нормативная база для применения материалов с использованием вторичного сырья или вторичных ресурсов. Так, в частности, при проектировании дорожных одежд нежесткого типа руководствуются ГОСТ Р 71404-2024. При этом в базах программных комплексов имеются как характеристики типовых вторичных материалов из нормативной документации, так и сведения о представленных на рынке строительных материалов продуктах, которые возможно применять при проектировании дорожных одежд.

Проанализировав программы для расчета дорожных одежд IndorPavement, Robur, РАДОН на предмет наличия в базе данных материалов из вторичных ресурсов и вторичного сырья, был сделан вывод, что все программы позволяют рассчитать конструкции дорожной одежды с вторичными материалами, которые в достаточно широкой номенклатуре присутствуют в базе каждой из программ.

В частности, это асфальтогранулобетонные смеси на основе битумной эмульсии, минерального или комплексного вяжущего, щебень с заклировкой вторичным асфальтобетоном или активным и высокоактивным шлаком, шлаковые смеси, в том числе щебеночно-песчаные смеси из неактивных, малоактивных, высокоактивных металлургических и фосфорных шлаков, грунты, обработанные

зольным или шлаковым вяжущим. Сюда же следует отнести органоминеральные смеси, в том числе на основе битумных, минеральных или комплексных вяжущих с использованием вторичного асфальтобетона и др.

Те или иные материалы при отсутствии их характеристик в базе данных программного комплекса могут быть добавлены пользователем в индивидуальную библиотеку и в дальнейшем применяться при проектировании и расчетах. Следует учитывать, что материалы могут быть использованы в расчетах, если они прошли испытания и известны их прочностные расчетные характеристики.

В качестве примера представим конструкцию с применением одновременно и шлакового щебня, и асфальтобетонного гранулята (рис. 4). Расчеты выполнены в программном комплексе КРЕДО РАДОН по ГОСТ 71404-2024. Готовые вторичные материалы (шлаковый щебень, расклинцованный асфальтогранулятом, и т. д.) выбраны из базы программы.

Следует обратить внимание на особенности применения модификаторов асфальтобетона на основе резинового порошка.

Применение в асфальтобетонных смесях модификаторов асфальтобетона и битумного вяжущего, при условии соответствия показателей полученных модифицированных асфальтобетонных смесей нормативным требованиям, обеспечено действующими в Российской Федерации национальными стандартами, перечисленными выше, при этом расчетные характеристики асфальтобетонных смесей с модификаторами применяются по ГОСТ Р 71404-2024 для соответствующего вида асфальтобетона.

На рис. 5 представлен пример конструкции дорожной одежды с покрытием из асфальтобетона с модификатором на основе резинового порошка и с основанием из фракционированного шлако-

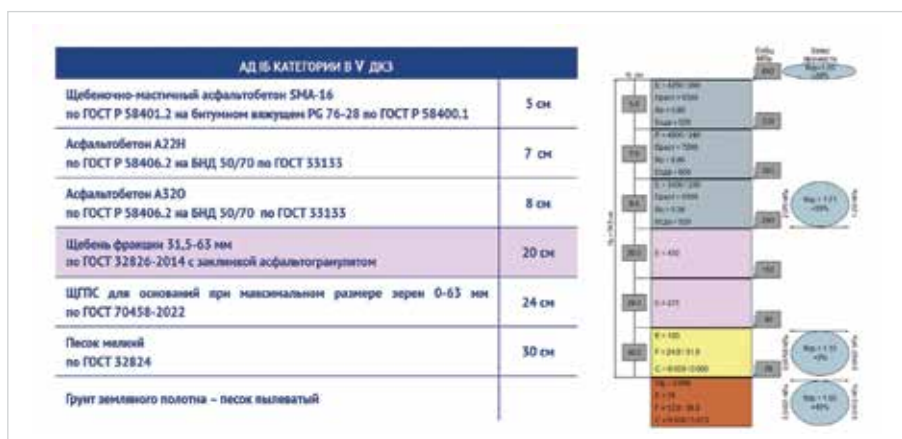


Рис. 4. Пример конструкции дорожной одежды с применением асфальтобетонного гранулята и шлакового щебня



Рис. 5. Пример конструкции дорожной одежды с применением резинового порошка и шлакового щебня

вого щебня с заклиной мелким активным шлаком.

Подробнее остановимся на направлении использования шлаков, золошлаков и шламов в земляном полотне, которые можно рассматривать в качестве техногенных грунтов. Согласно ГОСТ 33063, техногенные грунты (грунты особых разновидностей) имеют ограниченное применение в дорожном строительстве. Однако, согласно ГОСТ 25100, на территории Российской Федерации в целях классификации грунтов по ГОСТ 33063 техногенные грунты

возможно классифицировать как природные. При этом этот же ГОСТ 25100 позволяет относить шлаки, шламы и золошлаки к дисперсным несвязным грунтам.

В соответствии с ГОСТ 33063, несвязный грунт – это дисперсный грунт, обладающий физическими структурными связями с сыпучестью в сухом состоянии.

К подобным грунтам можно относить крупнообломочные и песчаные. Таким образом, золы, шлаки, шламы и золошлаки возможно классифицировать как

пески или крупнообломочные грунты и применять к ним соответствующие методы испытаний. По зерновому составу эти грунты, как правило, можно отнести к песчаным.

Кроме того, следует учитывать, что, как показывает практика, золошлаки ограниченно применимы в верхнем слое земляного полотна из-за высокой гигроскопичности. Поэтому их обычно используют в насыпях ниже рабочего слоя или стабилизируют, обрабатывают, укрепляют вяжущими.

Обращаем внимание, что в настоящее время ФАУ «РОСДОРНИИ» для всех заинтересованных сторон осуществляет мероприятия, направленные на оказание методологической и консультационной помощи участникам дорожной деятельности в целях расширения эффективного применения вторичных материалов на объектах дорожного хозяйства.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время создана возможность для применения в дорожном хозяйстве весьма широкой номенклатуры вторичных ресурсов и вторичного сырья (при определенных технико-экономических обоснованиях) в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Не следует забывать, что решение об использовании конкретных материалов, в том числе вторичных, на автомобильных дорогах принимается на стадии проектирования конкретных объектов. Целесообразность и эффективность принятых решений оценивается технико-экономическим сравнением вариантов для заданных условий производства работ.

СПРАВКА

В настоящее время в Реестре новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения (РННТ, <http://rnnt.ru>), оператором которого является ФАУ «РОСДОРНИИ», есть данные о таких модификаторах, как УНИРЕМ, ЭЛАДОРМ, ВИЛЕН-А, ПОЛИДОРМ, ЭЛАСТДОР™, РЕЦИКЛИЗАТ Б, ЛУКОЙЛ РКМ. Реестр постоянно дополняется сведениями о новых материалах и технологиях.

М.В. Михайленко,
начальник отдела развития технологий замкнутого цикла в дорожной деятельности,
Д.И. Гайлитис,
главный специалист отдела развития технологий замкнутого цикла в дорожной деятельности,
ФАУ «РОСДОРНИИ»

Правильно – это Цинкировать!

**Цинкирование – технология,
позволяющая зарабатывать Больше!**

Это реальная замена горячего цинкования!

Заключения

ISO-12944:2018 C4veryhigh 121-130 мкм (более 25 лет)

ISO-12944:2018 C5high 121-130 мкм (15-25 лет)

ГОСТ 9.401 УХЛ1-120 мкм (более 25 лет)

Одобрение Российского Морского Регистра Судоходства

Технология Цинкирования внесена в СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85

Защита строительных конструкций от коррозии»

(Цинкирование ($t = 80-120$ мкм) в слабоагрессивных средах)



Отличительные особенности Цинкирующего состава

- 1) Образует стабильную субдисперсионную Zn-Fe зону на поверхности металла.
- 2) Обладает свойством межслойной диффузии.
- 3) Сохраняет функцию поверхностной самоконсервации и самовосстановления в течение всего срока службы.
- 4) Отличается достаточной стойкостью к абразивному воздействию.
- 5) Межатомное расстояние в цинкерном слое аналогично межатомному расстоянию в слое цинка, нанесённого с помощью процесса погружения в ванну.
- 6) Наносится даже зимой при температуре от -30°C .
- 7) UV-стабильно, имеет благородный серый цвет.

ВНЕСЕНО В СТО-01393674-007

**ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ
ОТ КОРРОЗИИ МЕТОДОМ ОКРАШИВАНИЯ**

**Закажите
бесплатный
образец**



01. Подготовка



02. Нанесение



реклама



8 800 222 3763 — Горячая линия по вопросам Цинкирования

📞 В 📱 🌐 📧 @ZinkerRussia

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

В условиях роста интенсивности дорожного движения в развитых странах мира растет применение цементобетона в качестве дорожного покрытия.

К примеру, по данным министерства транспорта КНР, протяженность автомагистралей с цементобетонными покрытиями за период с 2009 по 2020 год возросла на 1867170 км (с 1231000 до 3098170). Это в среднем по 155,6 тыс. км в год!

При выборе конструкции дорожной одежды на автомагистралях определяющими являются следующие факторы: экономическая целесообразность, увеличение продолжительности срока службы, повышение безопасности дорожного движения, снижение затрат на содержание и ремонт в течение жизненного цикла.

Бетонные покрытия автодорог требуют меньше энергии для строительства, они более прочны и имеют срок службы 30 лет и более. При движении грузовых автомобилей по бетонным покрытиям снижается расход топлива, уменьшаются выбросы углерода в окружающую атмосферу, улучшается экология.

Причем цементобетон используется не только для покрытий проезжей части, но и для устройства разделительных ограждений, бордюров, водоотводных лотков, пешеходных дорожек.

Для обеспечения качественной укладки цементобетонных покрытий совершенствуется и специализированная техника – бетоноукладчики для дорожного строительства.

Отличительная черта современных бетоноукладчиков – способность качественно обрабатывать смеси с широким диапазоном осадки конуса. Технологические особенности конструкции машины, скользящей опалубки, возможность выполнения «тонкой» настройки, в том числе в процессе укладки, внедрены и работают для достижения ровности покрытия, качества профиля кромки при устройстве pilotных рядов и других важных параметров.

Еще одним технологическим новшеством, направленным на повышение качества выполняемых работ и сокращение затрат подрядной организации, является применение устройства контроля ровности GSI®. Прибор GSI® устанавливается на бетоноукладчик для бесконтактного контроля ровности (по IRI) свежеложенного покрытия.

Оператор, сменный мастер, начальник участка, менеджмент подрядчика получают полную картину выполняемых работ в части ровности покрытия в режиме реального времени, что позволяет своевременно вносить изменения в настройки параметров укладки, корректировать при необходимости частоту вибрации гидравлических вибраторов, скорость укладки, состав смеси и так далее. (Примечание: при использовании электрических вибраторов на бетоноукладчике от подрядчика требуется повышенное внимание к соблюдению технологии устройства бетонных покрытий, чтобы избежать сегрегации бетонной смеси и обеспечить качественное уплотнение.)



Применение системы 3D-нивелирования при строительстве дороги в черте города. Бетоноукладчик GP3 на укладке покрытия городской улицы – 9 м за проход, с одновременным формованием бордюров с обеих сторон проезжей части



Нанесение пленкообразующего на уложенное покрытие городской улицы (после прохода бетоноукладчика с одновременным формованием бордюров с обеих сторон дороги)



Устройство из цементобетона путевых призм и различных профилей в железнодорожных тоннелях, проезжей части и различных профилей в автодорожных тоннелях с применением универсального бетоноукладчика Commander III в тоннельных комплексах трассы Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», где впервые в России применена система нивелирования 3D (без струны).



Устройство кювета (водоотводной канавы) на участке автомагистрали М1 «Беларусь» с применением бетоноукладчика Commander III, RTP500 GOMACO.



Укладка барьерного ограждения поверх армокаркаса с применением универсального бетоноукладчика Commander III на участках пролетных строений транспортного пересечения МКАД с магистралью Вешняки – Люберцы.



Устройство разделительного ограждения на автомагистрали М11 (Москва – Санкт-Петербург). Работа комплекса в составе: перегружатель RTP500, бетоноукладчик Commander III

Ведущие дорожно-строительные компании России на протяжении двадцати лет (с начала 2000-х годов) также активно изучали и по мере возможности осваивали на реальных объектах передовые технологии строительства цементобетонных покрытий.

Устройство разделительных ограждений, бордюров, водоотводных прикромочных лотков, кюветов из монолитного цементобетона способствует повышению безопасности дорожного движения, прочности и долговечности конструкций.

Реализация этих проектов стала возможной благодаря активной позиции руководства, инженеров дорожно-строительных компаний, стремящихся к применению передовых технологий и оборудования для выполнения поставленных задач с высоким качеством и в сжатые сроки.

Профессионалы дорожной отрасли (инженеры-дорожники, инжене-

ры-механики по эксплуатации и обслуживанию сложной современной техники) осваивают новые технологии и оборудование, успешно применяя их при решении задач по строительству взлетно-посадочных полос, перронов, рулежных дорожек аэропортов, а также дорог, мостов, путепроводов, тоннелей и других сложных инфраструктурных объектов.

Чтобы от разовых проектов в том или ином регионе мы перешли к системному масштабированию применения передовых технологий и оборудования для решения задач дорожного строительства, необходимо принятие соответствующей Программы строительства автодорог с цементобетонным покрытием на 2024–2028 годы! Это позволит сохранить и приумножить имеющиеся компетенции, знания и опыт специалистов в транспортном строительстве.

Важно добавить, что потенциал ведущих российских дорожно-строительных компаний, включающий

квалифицированных специалистов, освоенные ими технологии строительства, а также необходимое наличие бетоноукладочных комплексов, в настоящее время не востребован в полном объеме. При этом он позволяет существенно нарастить объемы строительства автодорог с применением цементобетона (при наличии соответствующей Программы).

Расширение применения цементобетона в качестве дорожного покрытия позволит:

- увеличить срок службы дорожных одежд,
- снизить эксплуатационные затраты в течение жизненного цикла,
- направить сэкономленные средства на строительство новых автодорог,
- уменьшить негативное воздействие на окружающую среду,
- повысить безопасность движения.

А.И. Шевелев,
директор департамента ДСТ
АО «КВИНТМАДИ»

ТТМ: СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ БУДУЩЕГО В РОССИИ

В конце мая 2026 года в Москве проходила главная выставка строительной техники и технологий — СТТ-Экспо. В обширных павильонах «Крокус-Экспо» и на прилегающем уличном пространстве экспонировались новинки специализированной техники и современного оборудования, асфальтобетонные заводы и установки. Как и ожидалось, значительная часть выставки была представлена продукцией из Китая.

Корреспонденту журнала «Дорожная держава» во время встречи с главой китайского представительства компании ТТМ господином Гао Дайлэ удалось взять у него небольшое интервью. Господин Гао рассказал о специфике китайского и российского рынков производства АБЗ, поделился впечатлениями о работе компании в России, ответил на вопросы, связанные с ближайшими планами предприятия и дальнейшими перспективами.

— Господин Гао Дайлэ, расскажите, насколько комфортно работать компании ТТМ на рынке АБЗ нашей страны? С какими трудностями пришлось столкнуться компании в процессе организации представительства в России?

— Наша компания работает в России с 2014 года, так что мы присутствуем на российском рынке уже более 10 лет. За эти годы нами было осуществлено большое количество поставок. На данный момент на территории Российской Федерации находится более 170 АБЗ нашего производства.

Безусловно, не обошлось и без сложностей. Организовать склад запасных частей, удовлетворяющий спрос такого количества клиентов, — это довольно большая задача. Мы начинали с небольшого помещения, где хранились в основном быстроизнашиваемые детали и узлы для наших комплексов.

Проанализировав требования и пожелания заказчиков и определив, какие узлы выходят из строя

быстрее всего, мы постепенно расширяли склад как в количественном, так и в стоимостном выражении, постоянно пополняя ассортимент. Для обслуживания проданных заводов мы отправляли в Россию своих специалистов — инженеров, технологов...

Нам активно помогал наш эксклюзивный российский партнер Денис Апкалимов. Он не только взял на себя коммуникации с клиентами, но и собрал штат грамотных специалистов, организовав полноценное представительство. Оно занимается подготовкой проектов, формированием комплектации под требования заказчика, логистикой, таможенным оформлением, шеф-монтажом и пусконаладкой, сервисным обслуживанием и обеспечением складских запасов запчастей. Таким образом, свою работу в вашей стране на сегодня мы можем признать достаточно комфортной.

— В чем заключаются основные отличия между российским и китайским рынками асфальтобетонных установок?

— Основное отличие — в производительности оборудования. Китайский рынок ориентирован на высокую производительность: установки там выдают от 200 до 240 тонн в час. Максимальная производительность АСУ в Китае достигает 400 тонн в час. В России же популярны установки меньшей мощности (около 160 тонн\ч).

Еще одним отличием является подход к использованию пере-



работанного гранулята. В Китае почти 100% потребителей применяют продукты рециклинга в составе асфальтобетонной смеси, тогда как в России такой спрос пока не активен по причине еще не сформированной законодательной базы. Если в РФ к 2030 году при производстве асфальтобетонных смесей планируется достичь использования 40% вторичных ресурсов, то в Китае этот показатель уже превышает 50%.

Третье различие касается экологических норм. До 2015 года Россия и Китай находились в этом плане на одном уровне. С 2015 года Китай активно стал внедрять строгие экологические нормы, которые сейчас обязательны для каждой комплектации. В Китае есть как общие, национальные, экологические нормы, так и местные, на уровне провинций, где существуют свои дополнительные требования, которые часто оказываются гораздо жестче государственных нормативов.

Государство закладывает определенный базис, на основании которого и создаются экологические нормы. Далее правительство той или иной провинции добавляет к этой нормативной основе свои требования — в зависимости от статуса городов (центральное подчинение, прибрежные районы, курортные зоны и так далее).

Основные моменты, которые учитываются в экологических нормативах, можно разделить на три вида: пылеулавливание (процесс очистки воздуха от взвешенных твердых частиц с целью защиты атмосферы и соблюдения санитарно-гигиенических норм); шумоизоляция (по количеству разрешенных децибел в дневное время или вечернее время, а также по месторасположению завода); уменьшение выхлопных газов и запаха.

Поставляя продукцию на рынок России, мы ориентируемся на экологические нормативы Китайской Народной Республики. Российские нормы, в отличие от китайских, не такие строгие, однако (со временем) и они могут поменяться в сторону ужесточения.

— **Получается, что для каждой провинции, имеющей свои экологические требования, ваша компания отдельно разрабатывает специальное дополнительное оборудование?**

— Безусловно. Каждый клиент, приходя к нам в компанию, указывает на экологические нормы, прописанные для его территории. При производстве установки мы должны обязательно учитывать определенное место размещения и конкретные экологические нормы, указанные заказчиком. Таким образом, перед тем как начать производить асфальт каждая установка должна получить соответствующее разрешение, поскольку в противном случае установка не будет допущена к вводу в эксплуатацию.

— **В настоящее время в России активно обсуждается вопрос строительства дорог из цемента-**



бетона. Насколько высок в Китае интерес к строительству таких дорог? Готова ли ваша компания, при необходимости, производить цементобетонные заводы для России?

— Если говорить о покрытиях дорог, то в Китае мы называем их «чёрной дорогой» (асфальт) и «белой дорогой» (бетон). В последнее время «чёрная дорога» стала превалировать над «белой» по ряду причин.

В первую очередь, это касается времени возведения. «Белая дорога» строится гораздо дольше «чёрной». Её ремонт и обслуживание также занимают больше времени. Следовательно, движение транспорта будет затруднено из-за длительных перекрытий и сроков высыхания бетона.

«Чёрная дорога» с начала устройства вводится в эксплуатацию в несколько раз быстрее, что является одним из ее главных преимуществ. А если говорить о долговечности, то бетонное покрытие в два раза долговечнее асфальтового: 50 лет против 25! Однако технологии не стоят на месте...

Теперь что касается производства цементобетонных заводов — если на рынке Российской Федерации будет наблюдаться устойчивый спрос на строительство «белых дорог», конечно же, мы будем ориентироваться на этот спрос и поставлять оборудование, соответствующее всем современным требованиям.

В связи с этим мне бы хотелось обратить внимание на Китай: изначально срок службы асфальтовой дороги в Поднебесной составлял 15 лет, но сейчас правительство КНР требует его повышения до 30 лет, а впоследствии и до 50 лет. Это может быть достигнуто за счёт передовых технологий: модификации битума, применения различных добавок, присадок.

Если мы сможем добиться срока службы асфальта в 30 лет, разница между «белой» и «чёрной» дорогой будет заметно сокращена. При этом добавлю, что использование битума — это способ решения экологической задачи по утилизации отходов нефтепереработки.

— **Господин Гао, входит ли в планы компании локализация**



производства асфальтобетонных заводов в России? Какие условия необходимы для этого?

— В России мы присутствуем как юридическое лицо более 10 лет. За это время специалистами нашей компании частично локализовано производство некоторых узлов, агрегатов и оборудования. Надеемся, что в будущем доля нашей продукции будет только расти. Однако для полной локализации необходимы крепкие цепочки поставок внутри страны и соответствующая логистика.

Мы не можем сами производить те компоненты, которые закупаем сами: электродвигатели, датчики, колёса и так далее. Установка подразумевает под собой огромное количество деталей (их может насчитываться сотни тысяч). Поэтому для локализации производства в России нужна серьезная компонентная база и надежные цепочки поставок, которых в России, к сожалению, пока недостаточно. Также нельзя забывать о себестоимости продуктов.

Так, если даже такие цепочки поставок будут созданы, то продукция все равно должна иметь соответствующие цены. Мы не можем собрать завод здесь, поставив цену выше рыночной, ведь тогда мы просто потеряем рынок.

А поскольку цель ТТМ — стать мировым производителем, не ограничиваясь рынками Китая и

России, наша основная задача — присутствовать не только как поставщик, но и как внутренний производитель там, куда мы поставляем оборудование. И как только мы увидим устойчивость цепочек поставок в России, которые будут соответствовать нашим потребностям по объему, цене и качеству, то локализация производства в вашей стране станет важным этапом для нашей компании.

Что касается политики государства в поддержке бизнеса, я думаю, что здесь никаких проблем или ограничений нет. Основными ограничениями, как я уже неоднократно говорил, являются цепочки поставок, а также квалифицированные кадры, которых на текущий момент заметно не хватает.



— О дефиците каких специалистов Вы говорите?

— Это, прежде всего, инженерные кадры. Но недостаток наблюдается и по другим специальностям. Не хватает сборщиков, сварщиков и так далее. Однако если мы откроем в России полноценное производство, то первоначально направим сюда своих китайских специалистов. И только спустя длительное время, которое нужно потратить на обучение кадров, мы сможем спокойно оставить работу производства на российских менеджеров, инженеров и других работников.

— Какие планы у компании на ближайшую и отдаленную перспективы?

— Если говорить про ближайшие пять-десять лет, то мы нацелены на улучшение нашего текущего продукта. Материалы и способы укладки меняются со временем, поэтому наше оборудование должно соответствовать реалиям рынка.

Сейчас наступает эра искусственного интеллекта, внедряются технологии беспилотной укладки, беспилотного производства. Процессы работы без участия людей в настоящее время становятся очень актуальными. Следовательно, наши заводы должны отвечать этим требованиям. В краткосрочной перспективе ос-



новой нашей задачей является создание интеллектуальных производств — т.н. «смарт-заводов», отвечающих требованиям эпохи искусственного интеллекта и автоматизации. Речь идет о полной трансформации производственных процессов.

В отдалённой перспективе компания видит себя производителем оборудования для полностью автоматизированных, взаимосвязанных и автономных производственных комплексов, где человеческий фактор будет сведён к минимуму, а управление и контроль будут осуществляться с помощью передовых цифровых технологий.

— Отражается ли уже сейчас постепенная трансформация производства АБЗ и автоматизация процессов их эксплуатации на кадровых ресурсах? Есть ли тенденция к сокращению рабочих мест?

— Если говорить о тенденциях китайского рынка, то наблюдается снижение использования человеческого труда там, где требуется тяжелый физический труд или

выполнение монотонных мелких задач. Например, работа водителя катка или укладчика. Участие человека становится минимальным благодаря автоматизации процедур.

Однако это не означает, что машины полностью заменят человека. Водители катков станут операторами беспилотной техники или сервисными инженерами, что повысит их интеллектуальную составляющую.

Если раньше человек работал по 10–12 часов физически, то теперь, когда он будет оператором смены, это займет 2–3 часа. Поэтому мысль о том, что автоматизация и искусственный интеллект полностью заменит человека, в корне неверна.

В краткосрочной перспективе требования к навыкам специалистов будут смещены в сторону повышения компетенций для разработки новых систем.

Я уверен, что люди, которые управляли катком или асфальтоукладчиком, перекавалифицируются и станут участниками в деле,

связанном с новыми разработками тех же беспилотных машин.

Могу добавить, что на примере японских коллег, которые следят за своей техникой настолько, что, машины, проработав даже десять–пятнадцать лет, имеют вид новых — чистых и блестящих. А это показатель высокой производственной культуры японцев.

Возможно, когда техника станет полностью беспилотной, у таких людей (с учётом их опыта и нюансов эксплуатации) появится больше времени и на ее обслуживание, и на участие в разработках новых моделей беспилотных машин. Убежден, что с появлением умной техники и умных дорог возникнет целая образовательная отрасль, которая обеспечит работой многие будущие поколения.

Беседовал Григорий Демченко

TTM® Tietuo Machinery

тел. +7 (846) 206-04-03
e-mail: info@fj-ttm.ru
fjttm.ru

ДШР

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ
РОССИИ



ЛИДЕР

ОТЕЧЕСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА

деформационных
швов

опорных частей
антисейсмических
устройств



ООО «ДШР»
143006, Московская обл.,
г. Одинцово,
ул. Транспортная, д. 2
тел: +7 (499) 189-42-87
www: dshr.rf
e-mail: info@dshoch.ru

