



НО «Ассоциация по развитию дорожного цементобетона
и цементобетонных покрытий»



СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

с применением цементобетона
и минеральных вяжущих:
возможности и перспективы



**АССОЦИАЦИЯ
БЕТОННЫХ ДОРОГ**

НО «Ассоциация по развитию дорожного цементобетона
и цементобетонных покрытий»

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**с применением цементобетона
и минеральных вяжущих:**
возможности и перспективы

Редактор — В. В. Ушаков

УДК 625.7
ББК 39.311
С 86

С 86

Строительство автомобильных дорог с применением цементабетона и минеральных вяжущих: возможности и перспективы /
редакционная коллегия: В. А. Бодренков, И. С. Дубровский, В. В. Ушаков. —
Кемерово: ИП Анисеева Е. А., 2026. — 224 с.

ISBN 978-5-6054242-5-3

В настоящем издании представлены материалы, посвященные возможности и перспективам строительства автомобильных дорог с применением цементабетона и минеральных вяжущих.

Представлены преимущества технологии строительства автомобильных дорог с применением цементабетона, минеральных и комплексных вяжущих.

Расширение строительства автомобильных дорог с цементабетонными покрытиями и основаниями в Российской Федерации позволит возводить объекты транспортной инфраструктуры с высокими транспортно-эксплуатационными показателями, длительными межремонтными сроками службы и низкими эксплуатационными затратами.

Издание предназначено для представителей федеральных и региональных органов исполнительной власти, научно-образовательных, проектных, подрядных и эксплуатационных организаций, производителей дорожно-строительной техники и оборудования.

УДК 625.7
ББК 39.311

ISBN 978-5-6054242-5-3

© Коллектив авторов, 2026

Введение



Российская Федерация занимает пятое место в мире по протяженности автомобильных дорог общего пользования. По информации на 1 января 2024 года, данный показатель составлял 1580,8 тысячи километров, из них 66,2 тысячи (или 4,2%) — трассы федерального значения, 502,4 (31,8%) — регионального, 1012,2 (64%) — местного. С каждым годом дорожная сеть нашей страны расширяется.

Растет со временем и количество автомобилей. Причем речь идет не только о легковых, но и о большегрузных транспортных средствах. Возрастают динамические характеристики транспортных средств, их скорость. Не будет преувеличением сказать, что сегодня 150 километров в час — нормальная скорость движения автомобильного транспорта.

Повышенные транспортные нагрузки оказывают влияние на состояние дорожных одежд и покрытий, снижают сроки их службы. Как следствие, существенно увеличиваются затраты на ремонт и содержание автомобильных дорог. Для снижения воздействия транспортной нагрузки на дорожные одежды в нашей стране вводят ограничения по массе и нагрузкам на оси транспортных средств. В результате большегрузы нередко выходят на маршруты недозагруженные, то есть эксплуатируются неэффективно. Кроме того, в весенний период многие регионы дополнительно ужесточают ограничения по проезду транспортных средств. Аналогичные меры принимают и летом: когда температура воздуха превышает +32°C, на отдельных участках трасс движение грузовых автомобилей запрещено.

Вместе с тем, перед Российской Федерацией стоит задача по увеличению объема товаров, перевозимых автомобильным транспортом. А значит, проблема повышения «грузоподъемности» дорог актуальна как никогда. Конструктивные возможности современных машин позволяют им доставлять в среднем на 20% больше грузов, чем сейчас — при ограничениях, обусловленных способностью действующих автомобильных дорог выдерживать без деформаций и разрушений определенную массу транспортного средства. С учетом этих ограничений максимальная масса грузового автомобиля, передвигающегося по трассам РФ, составляет 40 тонн для пятиосного седельного тягача и 44 тонны — для шестиосного. В Европе аналогичные показатели равны 44 и 50 тонн соответственно. Что касается нагрузки на оси, то в нашей стране она не должна превышать 10/15/22,5 тонны на ведущую/двойную и ведущую/тройную тележку полуприцепа, в европейских государствах — 11,5/18/24 тонны.

По данным ФАУ «РОСДОРНИИ», в России в настоящее время только 34% автомобильных дорог федерального значения и 4% регионального способны выдержать осевую нагрузку в 11,5 тонны. Большегрузам с соответствующими характеристиками доступно лишь 12% (8 640 км) протяженности магистралей, включенных в опорную сеть страны (такой вывод можно сделать на основе паспортов автомобильных дорог, а также с учетом оценки их технического состояния). Остальные дороги — в соотношении примерно 50/50 — рассчитаны на автомобили с нагрузкой на оси не более 10 и 6 тонн.

Помимо повышения несущей способности дорожных одежд важнейшей задачей остается и увеличение срока их эксплуатации. Согласно Постановлению Правительства РФ № 658 от 30.05.2017 года «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения», капитальный ремонт автодорог I-IV категории необходимо проводить раз в 24 года, ремонт — раз в 12 лет. Однако указанные сроки нередко нарушаются: распространенные в нашей стране дороги с асфальтобетонными покрытиями, как правило, требуют ремонта уже через 4-7 лет после начала эксплуатации, а капитального ремонта — через 12 лет. Чтобы увеличить межремонтный период, принимаются меры по повыше-

нию качества дорожных битумов (применение полимерно-битумных вяжущих), ужесточаются требования к заполнителям, внедряются новые виды асфальтобетонов (ЩМА, литой, вибролитой, сероасфальтобетон), совершенствуются методы контроля качества работ. Но пока изменить ситуацию кардинально не удастся.

С нашей точки зрения, основанной на анализе мирового опыта, решить проблемы повышения срока службы дорожных одежд и увеличения их несущей способности невозможно без широкого внедрения инновационных технологий, без применения при строительстве автомобильных дорог цементобетона, минеральных и комплексных вяжущих. Как показывает практика государств, активно использующих соответствующие технологии и материалы, магистрали с цементобетонными покрытиями и основаниями нуждаются в ремонте лишь раз в 12 лет, общий же срок их эксплуатации составляет от 30 до 50 лет. Важно, что на таких автомобильных дорогах вводить ограничения по массе и нагрузкам на оси транспортных средств не требуется. При этом цементобетон применяется не только для строительства и ремонта дорог, но и для обустройства элементов дорожной инфраструктуры (парапетные ограждения, водоотводные лотки и др.). Сегодня востребованы технологии укрепления и стабилизации грунтов минеральными и комплексными вяжущими, что особенно актуально при наличии слабых грунтов и возможности применения местных малопрочных инертных материалов.

Все необходимое для широкого использования в дорожном строительстве цементобетона и минеральных вяжущих есть сейчас в нашей стране. Отечественные цементные заводы готовы в полном объеме обеспечить отрасль высококачественными дорожными цементами, на основе которых выпускают бетоны нового поколения — повышенной прочности и долговечности. При этом стоимость цемента растет намного медленнее, чем стоимость битума.

Так почему же, несмотря на явное преимущество, так мало в Российской Федерации строится автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями и основаниями? Чтобы найти ответ на этот вопрос, следует обратиться к истории.

Строительство бетонных магистралей развернулось в Советском Союзе в начале пятидесятих годов прошлого столетия, хотя в государствах Европы, в том числе в Германии, автобаны из цементобетона успешно возводили и до начала Второй мировой войны.

Первое время в нашей стране работы велись с применением отечественных комплектов бетоноукладочных машин Д-181, Д-182 и Д-195 на рельсовом ходу. В 1970-х в СССР перешли на новую технологию — для строительства цементобетонных дорожных покрытий стали использовать технику со скользящей опалубкой на гусеничном ходу. В США были закуплены бетоноукладочные комплекты высокопроизводительных машин «Автогрейд», они послужили основой для выпуска отечественных бетоноукладчиков марок ДС-100 и ДС-110 Брянского завода. Именно в этот период построены автомобильные магистрали с цементобетонными покрытиями «Москва — Волгоград», «Омск — Новосибирск», «Екатеринбург — Челябинск», «Екатеринбург — Серов», «МКАД — Серпухов — Тула», «МКАД — Кашира», возведен обход Коломны и другие трассы. Протяженность дорог с цементобетонными покрытиями превысила 10 тысяч километров.

Однако в ходе эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями дали о себе знать их существенные недостатки: появлялись разрушения в поперечных температурных швах и раскрывающиеся трещины, сколы кромок и углов плит, возникало шелушение и выкрашивание поверхностного слоя бетона. Среди основных причин преждевременных повреждений — дефицит качественных дорожных цемента в стране при отсутствии соответствующих ГОСТов; применение для строительства бетонов низких марок; отсутствие эффективных пластифицирующих и воздухововлекающих добавок, а также качественных герметизирующих материалов для деформационных швов; нарушение технологии строительства; слабый технический контроль. Иными словами, страна оказалась не готова к активному строительству дорог с цементобетонными покрытиями.

С 1980 года возведение таких магистралей в СССР прекратили. Количество объектов в проектах, которых предусматривали строительство цементобетонных покрытий, резко сократилось. Были заморожены научные исследо-

вания в этой области, остановлено производство машин и механизмов для укладки и уплотнения бетонных смесей, ликвидированы крупные подрядные организации, специализировавшиеся на строительстве таких дорог, перестала обновляться нормативная база. Сложились распространенные и сегодня стереотипы, что автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями дорого строить и невозможно ремонтировать, а качество выполняемых работ оставляет желать лучшего.

На самом деле в настоящее время каждое из этих утверждений ошибочно. За 30 лет, прошедших после отказа СССР от строительства бетонных дорог, разработаны и успешно внедрены в мировую практику новые технологии, предполагающие полную механизацию и автоматизацию основных процессов по укладке и уплотнению бетонных смесей, отделке поверхности бетона, уходу за бетоном и устройству деформационных швов. Бетоноукладчики со скользящими формами за один проход выполняют весь комплекс работ по устройству дорожного покрытия.

При доступности качественных дорожных цементов, а также бетонов повышенной прочности и долговечности, наличии современных технологий строительства развеян миф о неэффективности строительства цементобетонных покрытий. Теперь нарезка деформационных швов осуществляется в затвердевшем бетоне, для их герметизации применяются эффективные материалы. Доказано и то, что стоимость возведения дорог с цементобетонными покрытиями примерно равна расходам на строительство дорог с асфальтобетонными покрытиями, а в некоторых случаях капитальные затраты на возведение первых ниже.

Таким образом, нам необходимо по-новому посмотреть на строительство дорожных покрытий из цементобетона. Решение о выборе того или другого типа покрытия должно основываться, прежде всего, на экономических расчетах и приниматься с учетом наличия дорожно-строительных материалов (в первую очередь, вяжущего).

Сегодня при строительстве цементобетонных покрытий применяют только высококачественные бетонные смеси. Строгие требования предъявляются

как к самому бетону, так и к используемым материалам (инертным заполнителям, цементу, химическим добавкам). Изготавливают смеси с помощью мобильных бетоносмесительных установок. Обычно они имеют два двухваловых смесителя принудительного действия с суммарной производительностью от 240 до 300 м³/час, а также автоматизированную систему дозировки материалов и управления.

Выбор технологии строительства цементобетонных покрытий во многом зависит от предполагаемого вида и интенсивности движения транспортных средств, климатических условий эксплуатации, в том числе в зимний период, с учетом применения колес с шипованной резиной.

В настоящее время в мировой практике применяются американская и европейская технологии строительства. В первом случае используются в основном бетоноукладочные комплексы фирмы Gomaco, во втором — оборудование WIRTGEN GROUP и STRABAG. Помимо отличий в системе уплотнения бетонной смеси предполагаются разные технические решения: по европейской технологии укладывают двухслойные цементобетонные покрытия, по американской — однослойные. И в том и в другом случае применяется штыревое армирование в деформационных швах.

Основное преимущество европейской технологии — возможность укладки тонкого (5–6 см) верхнего слоя с особыми техническими характеристиками, его можно назвать слоем износа. Формирование слоя, который отличается повышенными требованиями к бетону и заполнителям, позволяет придать поверхности дорожного покрытия улучшенные свойства. При этом существенно уменьшаются затраты на устройство покрытия в целом за счет использования более дешевых и доступных во многих регионах материалов для создания нижнего слоя бетона.

В то же время при устройстве цементобетонного покрытия в один слой значительно возрастает производительность, упрощается технология работ, а также логистика поставки материалов и бетонной смеси. Однако в этом случае, чтобы добиться высоких характеристик по истираемости, потребуется в 3,5 раза больше высококачественного щебня, увеличится и расход цемента, а значит, вырастет стоимость дорожного покрытия.

По нашему мнению, в тех регионах, где в зимний период применяются колеса с шипованной резиной, при строительстве автомагистралей и скоростных дорог эффективнее покажет себя технология обустройства двухслойных покрытий. При этом будет обеспечено и более качественное выполнение работ по механизированному армированию деформационных швов.

Прочность, износостойкость и сцепные качества цементобетонных покрытий во многом зависят от ухода за бетоном, а также от отделки поверхности покрытия. Поверхность бетона текстурируют стальными или полимерными щетками, поперек, вдоль и под углом. Распространенный вариант отделки верхнего слоя при строительстве двухслойного покрытия — создание поверхности бетона с обнаженным заполнителем. Основные преимущества этого варианта — хороший коэффициент сцепления дорожного полотна с колесом, обеспечивающий лучшую сопротивляемость к истиранию и полированию; снижение уровня шума (данный показатель сопоставим с аналогичным для асфальтобетона).

Для повышения стойкости поверхностного слоя бетона к эксплуатационным и природно-климатическим воздействиям цементобетонные покрытия обрабатывают пропиточными укрепляющими составами. Проникая в поверхностный слой, они образуют в порах и капиллярах труднорастворимые в воде соединения, что способствует, с одной стороны, формированию более прочной структуры цементобетона, а с другой, гидрофобизации поверхности покрытия.

Как показывает мировой опыт, при строгом соблюдении технологии работ, должном содержании и своевременном устранении мелких дефектов цементобетонные дороги не нуждаются в крупных ремонтных работах в течение всего срока эксплуатации.

Более широкое внедрение технологии строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями и основаниями в нашей стране позволит строить объекты транспортной инфраструктуры с высокими техническими характеристиками, длительным сроком службы и низкими эксплуатационными затратами.

Цель данного издания — рассказать о специфике, преимуществах и возможностях технологии строительства автомобильных дорог с применением цементобетона, минеральных и комплексных вяжущих. Мы предлагаем читателям ознакомиться со специализированными и публицистическими статьями, научными исследованиями, другими материалами, посвященными данному вопросу.

Издание ориентировано на представителей федеральных и региональных органов государственной власти, экспертного сообщества, подрядных и проектных организаций, производителей строительных материалов, техники и оборудования.

Ушаков Виктор Васильевич,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

«Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ,

президент Ассоциации бетонных дорог

Современные проблемы в дорожно-строительной отрасли и тенденции их решения.

Рассуждения о неотвратимом характере перехода на строительство автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами



Бодренков

Валерий Александрович,

член Совета директоров Ассоциации бетонных дорог, Председатель Комитета по дорожному строительству НО «СОЮЗЦЕМЕНТ»

«Надежные дороги — это одно из ключевых условий динамичного роста всей экономики России, они позволяют инвестировать в привлекательность регионов по всем другим направлениям, улучшают качество жизни людей, дают мощный импульс развитию городов и поселков, способствуют росту внутреннего туризма».

(из выступления Президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина на церемонии открытия Северного обхода Твери и обхода Тольятти на 155-м км трассы М-11 «Нева» 16 июля 2024 года)

*Во французской стороне,
На чужой планете
Предстоит учиться мне
В университете...*

— строки этой песни широко известны на постсоветском пространстве еще с 1970-х годов. Но, наверняка, далеко не каждый, много раз пропевая эти

слова, задумывался, что они в том числе про дороги и их качество, потому что если дорог по сути нет, то даже в достаточно «компактной» Европе отъезд из дома в столицу, где располагался университет, сравним с переездом на другую планету.

В России, с ее расстояниями, эта проблема имеет еще больший масштаб и глубину. Переезд между двумя столицами в царской России занимал в среднем 4-6 дней. А отправить ребенка из Сибири учиться в Москву означало, что он в течение долгих лет уже не сможет вернуться домой, потому что дорога, по сути, превращается в многодневную экспедицию.

Так, например, когда в 1828 году один из видных представителей известной купеческой династии города Иркутска Василий Николаевич Баснин отправился с друзьями в поездку из Иркутска в Санкт-Петербург, то, по свидетельству историков, его путешествие заняло 36 суток и 20 часов.

20 век внес значительные изменения по части скорости и удобства перемещений. Помимо полномасштабного развития железных дорог и появления воздушного сообщения, преобразились и наземные дороги, которые с развитием автомобильного транспорта стали называться автомобильными. Новые технологии дорожного строительства позволили создать целую сеть автодорог, фактически опутав ими весь мир, а передвижение по этим дорогам стало намного более быстрым и комфортным.

Однако развитие промышленности и экономики — это не только новые технологические и технические возможности для дорожного строительства, но и новые требования к качеству автомобильных дорог, потому что, чем интенсивнее развивается экономика, тем выше у людей потребность перемещаться быстрее и комфортнее, а также перемещать грузы быстрее и в большем объеме. В связи с этим 21 век принес нам следующие тенденции:

- всё больше людей стремится передвигаться на индивидуальных автомобилях, а не на общественном транспорте, из-за чего многократно выросла интенсивность движения (трафик) на автомобильных дорогах;
- существенно увеличились скоростные возможности современных легковых автомобилей;

- существенно выросла мощность и, соответственно, грузоподъемность современных грузовых автомобилей.

В России к перечисленным выше общемировым тенденциям в последние годы еще добавились:

- увеличение потока грузовых машин в сторону восточных границ РФ, в связи с вводом антироссийских санкций и переориентацией экспорта товаров на восток;
- рост внутреннего туризма в связи с сокращением зарубежных путешествий россиян, также в связи с санкционной политикой США и европейских государств.

Все эти тенденции диктуют ряд требований к качеству автомобильных дорог.

1. Повышение несущей способности автомобильных дорог

На сегодняшний день в России значительная часть грузовых автомобилей выходит в рейсы не полностью загруженными. Средний недогруз составляет около 20%. Это объясняется действующими ограничениями нагрузки на автомобильные оси. В свою очередь, эти ограничения обусловлены прочностными характеристиками современных конструкций дорожных одежд, которые начнут интенсивно разрушаться, если разрешить следование по ним более тяжелого транспорта. Соответственно, требуются иные материалы и иные технологии строительства автомобильных дорог для того, чтобы увеличилась их несущая способность, а грузоперевозчики перестали бы «возить воздух».

Причем несущая способность автомобильных дорог не должна зависеть ни от времени года, ни от времени суток. На сегодняшний же день на российских дорогах вводятся сезонные ограничения нагрузки на ось — это происходит в весенний период, когда происходит оттаивание грунта земляного полотна и его насыщение влагой. Действующие в обычное время требования по ограничению нагрузки на ось становятся недостаточными для того, чтобы защитить автомобильные дороги от разрушения. В этот период времени грузовые автомобили начинают ездить по дорогам уже, в среднем, наполовину нагруженными.

В летнее время на дорогах начинают действовать ограничения, связанные с запретом движения большегрузных автомобилей в дневное время суток, когда температура воздуха превышает 32 градуса, поскольку асфальтобетонные покрытия при такой температуре начинают плавиться, и дорожные покрытия деформируются под колесами транспортных средств. Соответственно, когда грузоотправителям, грузополучателям и грузоперевозчикам не везет, и лето выдается жарким, грузы начинают передвигаться медленно и только под покровом ночи, а перевозки по срокам приближаются к тем, к которым привыкли в царской России.

2. Увеличение межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий

Мы уже привыкли, что с окончанием зимы на автомобильных дорогах начинаются массовые ремонтные работы, что вызывает ограничение их пропускной способности и, как следствие, километровые пробки и длительные простои в следовании грузов. Необходимость ремонтов обусловлена опять же свойствами дорог, которые подвержены быстрому разрушению, особенно при резких колебаниях температур, потому и родилась народная мудрость, что у нас «асфальт сходит вместе со снегом».

Соответственно, необходимы дороги не только более прочные, но и более «долговечные», т.е. такие, которые будут сохранять свои потребительские свойства как можно дольше.

3. Повышение удобства и безопасности дорожного движения

Общественное сознание в нашей стране всё больше и больше сдвигается к тому, что дороги не просто должны быть в наличии, но они по своим свойствам должны обеспечивать удобное и быстрое передвижение людей и грузов. Опыт строительства и эксплуатации в России платных автодорог свидетельствует о том, что на сегодняшний день и частный бизнес, и население готовы «из своего кармана» платить за скорость и комфорт, и это является серьезным подспорьем для развития в стране дорожного строительства. Но только при условии, что эти дороги будут реально обладать теми свойствами, за которые «потребитель» готов платить.

Имеются ли в мире и, особенно, у нас в стране технологические и технические возможности, чтобы создавать автомобильные дороги в соответствии с новыми вызовами? Безусловно. Но для этого необходимо на государственном уровне создать ряд условий. В частности:

- 1) опережающее развитие отрасли дорожного строительства;
- 2) внедрение долгосрочного планирования;
- 3) переход в дорожном строительстве к контрактам жизненного цикла;
- 4) переход к ценообразованию в дорожном строительстве с учетом стоимости жизненного цикла автомобильных дорог;
- 5) привлечение частных инвестиций;
- 6) внедрение инновационных технологий.

1. Концепция опережающего развития предполагает высокий темп экономического роста в среднесрочной и долгосрочной перспективах за счет качественных изменений институтов и структуры экономики. Инструментами опережающего развития являются новые технологии и специализация на получении нового знания.

В сегодняшнем стремительно развивающемся мире ставка на традиционное, как проверенное временем (традиционные технологии, материалы, оборудование), не оправдывает себя. «Сегодня» очень быстро превращается во «вчера».

Применительно к дорожному строительству это означает, что сегодня необходимо строить не как вчера, а как завтра.

2. Принцип любой эффективной экономики — вложить меньше, чтобы получить больше. И в случае с дорожным строительством (как и с другими инфраструктурными проектами) он плохо согласуется с задачей опережающего развития. Потому что использование новых знаний и новых технологий сопряжено с большими капитальными затратами в виде освоения этих технологий, приобретения дорогостоящей «техники будущего», подготовки квалифицированного персонала. Однако есть условия, способные «примирить» вышеупомянутый принцип экономики и опережающее развитие.

Первым, хоть и не главным, условием является создание государством возможности долгосрочного планирования хозяйствующим субъектам. Планы государства по строительству инфраструктурных объектов (в нашем случае — автомобильных дорог) должны быть конкретны и прозрачны и иметь глубину не менее 10-15 лет.

Именно на такой срок компаниям, занимающимся дорожным строительством, имеет смысл «заходить» в проект. Только при таких условиях хозяйствующий субъект пойдет на высокие капитальные затраты, связанные с:

- покупкой (а в идеале — с разработкой и развитием) новых технологий строительства;
- приобретением современной техники и оборудования;
- подготовкой квалифицированных кадров для работы с новыми технологиями и современным оборудованием.

3. Следующим по порядку, но не по значимости условием является делегирование государством хозяйствующим субъектам концентрированной ответственности вместе с предоставлением свободы предпринимательства, что эффективно достигается в формате контрактов жизненного цикла, когда исполнитель несет ответственность за весь комплекс работ от проектирования объекта до его изготовления и последующего обслуживания.

Контракт жизненного цикла — это соглашение на комплекс работ от проектирования объекта до его изготовления и последующего обслуживания. Модель разделения ответственности между подрядными организациями за разные этапы жизненного цикла объекта транспортной инфраструктуры демонстрирует свою неэффективность.

Оптимальная модель: «мне необходимо спроектировать и построить так, чтобы последующие затраты на эксплуатацию и ремонт объекта были минимальными».

При таких условиях я никогда не выберу технологию, которая не отвечает условиям эксплуатации, буду кропотливо соблюдать и контролировать соблюдение всех технологических условий при строительстве (в том числе не допущу воровства в ходе строительства).

4. Непременным условием, при котором может заработать система контрактов жизненного цикла, является изменение подходов государства к определению стоимости строительства автодорог — переход от составления смет на отдельные этапы работ, от стадии проектирования до строительства и последующей эксплуатации к определению стоимости автомобильной дороги в течение всей продолжительности её «жизни».

Иными словами, государство, по сути, «покупает» у исполнителя объект транспортной инфраструктуры (автомобильную дорогу) на определенный срок (например, на 25 лет), и от того, как сработает исполнитель, какую выберет технологию, какие материалы использует, будет зависеть, получит ли он от проекта прибыль или будет дополнительно вкладывать собственные средства в постоянные ремонты построенного объекта.

5. Соблюдение этих условий — возможность долгосрочного планирования, заключение контрактов жизненного цикла и определение государством стоимости строящихся объектов с учетом их жизненного цикла — позволяет расширить «предпринимательскую цепочку»: от «вложить меньше — получить больше» до «вложить достаточно, чтобы построить лучше, чтобы получить больше».

При этом исполнитель проекта наделяется полноценным статусом субъекта (права, обязанности, ответственность), а потому выступает уже не просто подрядчиком для выполнения определенного этапа заказанных государством работ, а соавтором проекта и полноценным партнером государства, которому в формате контракта жизненного цикла:

- делегирована ответственность за состояние объекта в течение всей его «жизни»;
- обеспечена предпринимательская свобода в выборе технологий, материалов, объемов работ, не ограниченная позицией профильного ведомства либо субъективными подходами государства к вопросам ценообразования.

В связи с этим проект представляет для него интерес с точки зрения инвестирования собственных средств, что обеспечивает привлечение частных инвестиций.

6. При соблюдении всех вышеперечисленных условий выбор в пользу инновационного развития отрасли за счет использования наилучших доступных технологий, фактически, predetermined.

В том числе выбор в пользу технологии строительства дорог с цементобетонными покрытиями и, в целом, в пользу расширения применения минеральных вяжущих в дорожном строительстве, чему и посвящен наш сборник.

Строительство дорог с цементобетонными покрытиями (далее — ЦБП) является инновационной технологией, поскольку отвечает двум главным критериям инноваций — позволяет строить дороги дешевле, причем дороги, обладающие улучшенными качествами, востребованными рынком.

Улучшенные потребительские свойства дорог с ЦБП:

- дороги со сроком службы 50 и более лет;
- дороги, которые нет необходимости ремонтировать каждый летний сезон, ограничивая грузопоток;
- дороги, способные выдерживать автомобили большей грузоподъемности (с большей нагрузкой на ось);
- дороги повышенной безопасности (лучше сцепление с колесом, лучше видимость);
- дороги с меньшим вредным воздействием на окружающую среду (в летний сезон отсутствуют испарения вредных компонентов асфальтобетона).

В октябре 2023 года Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет представил результаты научно-исследовательской работы по оценке экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог в зависимости от наиболее вероятных условий их эксплуатации в разных регионах России. Согласно результатам проведенного исследования, стоимость строительства дорог с цементобетонным покрытием в среднем на 10-15% ниже стоимости строительства дорог из асфальтобетона. Если же принимать во внимание жизненный цикл такой дороги (срок службы цементобетонных покрытий, как минимум, в два раза выше, чем у асфальтобетонных), то строительство и эксплуатация дорог с цементобетонными покрытиями обходится дешевле на 40%-50%.

В свою очередь, цементная промышленность Российской Федерации не просто готова обеспечить развитие строительства дорог с цементобетонными покрытиями и, в целом, расширение применения цементной продукции в дорожном строительстве (рис.1) поставками цемента требуемого качества и в необходимых объемах, но и жизненно заинтересована в этом.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕМЕНТА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СТАНДАРТЫ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ			
ОБОЗНАЧЕНИЕ СТАНДАРТА*	ТИПЫ ЦЕМЕНТА ПО НАЗНАЧЕНИЮ	ПРИМЕЧАНИЕ	
ГОСТ 33174-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования»	Для бетона дорожных покрытий (ДП)** и бетона дорожных оснований (ДО)	Стандарт включен в перечень НДТ, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог»	
ГОСТ 35288-2025 «Цементы для транспортного строительства. Технические условия»	Для бетона аэродромных покрытий (АП)** и для железобетонных изделий и мостовых конструкций (ЖИ)	Планируется включение стандарта в перечень по обязательной сертификации, (ПП РФ №2425)	
ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия»	Для стабилизации и укрепления грунтов при устройстве подстилающих слоев, рабочего слоя земляного полотна, откосов земляного полотна, слоев дорожных оснований и покрытий	Стандарт включен в проект изменений перечня по обязательной сертификации, (ПП РФ №2425)	
* РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ, НО ЕЩЕ НЕ УТВЕРЖДЕН МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ НА КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ. ** РАЗЛИЧИЯ В ТРЕБОВАНИЯХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ БЕТОНА ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗАКЛЮЧАЮТСЯ ТОЛЬКО В ТРЕБОВАНИЯХ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ЦЕМЕНТА ПРИ ОТЛУЗКЕ (ГОСТ 33174 УСТАНАВЛИВАЕТ НОРМАТИВ – НЕ БОЛЕЕ 80°С), ВО ВСЕМ ОСТАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЦЕМЕНТАМ ДЛЯ БЕТОНА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И БЕТОНА АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ ИДЕНТИЧНЫ.			

ЦЕМЕНТ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:

- В КАЧЕСТВЕ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ;
- ДЛЯ УСТРОЙСТВА БЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ;
- ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ;
- ДЛЯ УСТРОЙСТВА БЕТОННОГО ПАРАПЕТНОГО ОГРАЖДЕНИЯ АВТОДОРОГ;
- ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВОДОУВODНЫХ ДОРОЖНЫХ ЛОТКОВ.

Рис. 1. Использование цемента в дорожном строительстве

Так, сопоставление существующих производственных мощностей отечественной цементной отрасли с объемами ежегодно потребляемого в стране цемента (рис. 2 и 3) показывает, что отрасль работает в условиях существенного профицита мощностей, т.е. в условиях их недозагрузки. В свою очередь, такая недогрузка приводит к значительному росту себестоимости производимого цемента за счет высоких условно-постоянных расходов.

Расширение применения цемента в дорожном строительстве — это в текущих условиях одно из направлений увеличения сбыта и, соответственно, производства цементной продукции и существенного оздоровления финансово-экономической ситуации в российской цементной промышленности.

БОДРЕНКОВ В.А., СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РЕШЕНИЯ. РАССУЖДЕНИЯ О НЕОТВРАТИМОМ ХАРАКТЕРЕ ПЕРЕХОДА НА СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЖЕСТКИМИ ДОРОЖНЫМИ ОДЕЖДАМИ

ЦЕМЕНТНАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ



Рис. 2. Характеристика цементной отрасли России

ЦЕМЕНТ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА



НАЛИЧИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО ОБЪЕМА «СВОБОДНЫХ» МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ ОБЪЕМА ПРОИЗВОДСТВА

**Объем производства цемента, загрузка производственных мощностей
в Российской Федерации в 2008-2025 гг.**



НА ПРОТЯЖЕНИИ ПОСЛЕДНИХ 11 ЛЕТ СРЕДНЯЯ ЗАГРУЗКА ЦЕМЕНТНЫХ МОЩНОСТЕЙ НЕ ПРЕВЫШАЕТ 57%

Рис. 3. Предпосылки для наращивания объемов производства цемента

В связи с этим российские цементные заводы не только выражают свою готовность обеспечить своей продукцией крупные дорожные стройки страны, но и постоянно ведут работу по повышению качества цемента для нужд дорожного строительства, организации выпуска новых марок в соответствии с требованиями дорожников (рис. 4).

ВИДЫ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТА, ВЫПУСКАЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯМИ-ЧЛЕНАМИ НО «СОЮЗЦЕМЕНТ»



НАИМЕНОВАНИЕ ЦЕМЕНТА	ГОСТ	СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ	ПОЛНОЕ НАИМЕНОВАНИЕ	МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ МОЩНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ СПОСОБНЫ ПРОИЗВОДИТЬ ЦЕМЕНТ, ОБЛАДАЮЩИЙ КАЧЕСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, НЕОБХОДИМЫМИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ЦЕМ I 42,5Н ДП, ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б ДО, ЦЕМ II/B-Ш 42,5Н ДО	ГОСТ 33174- 2014, ГОСТ 30515- 2013	Применяется в транспортном строительстве для производства бетонов дорожных и аэродромных покрытий	Портландцемент без минеральных добавок на основе клинкера нормированного состава, типа ЦЕМ I, класса прочности 42,5, нормальноотвердевающий	
ЦЕМ I 42,5Н АП, ЦЕМ I 42,5Н ЖИ	ГОСТ Р 55224- 2020 (ГОСТ 35288-2025), ГОСТ 30515- 2013	Применяется в транспортном строительстве для производства бетонов аэродромных покрытий	Портландцемент типа ЦЕМ I, класса прочности 42,5Н для бетона аэродромных покрытий	

Рис. 4. Виды цемента для дорожного строительства, производимого российскими заводами

Приказом Минстроя России от 13 февраля 2026 г. № 82/пр комплексные минеральные вяжущие (КМВ) внесены в Классификатор строительных ресурсов (КСР). По итогам рассмотрения материалов Главгосэкспертизой России согласованы и включены в КСР четыре позиции: КМВ 12,5; КМВ 22,5Н; КМВ 32,5Н I; КМВ 32,5Н II. Благодаря включению КМВ в технологические группы ресурсов, проектировщики получили возможность применять иные марки вяжущих при наличии соответствующего технического обоснования, что значительно повышает гибкость и эффективность проектных решений в дорожном строительстве.

Инновационность технологии строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием оценена во многих странах мира.

Так, в США доля дорог с ЦБП составляет около 60% от всех строящихся и построенных автодорог; в странах Европы эта доля колеблется от 13% до 40%.

В КНР протяженность цементобетонных дорог по состоянию на 2020 год составила 71,8% от всей дорожной сети страны (учитываются только дороги с покрытием). Только за период с 2003 по 2020 гг. протяженность дорог с ЦБП увеличилась на 2,9 млн км. Доля дорог с ЦБП в общем объеме автодорог, построенных за этот период (с 2003 по 2020 гг.), составила 83%.

«Поворот сознания» в пользу дорог с цементобетонным покрытием происходит и в странах ближнего зарубежья — бывших советских республиках.

Президент Узбекистана Шавкат Мирзиёев поручил в 2020 году государственной компании «Узавтойул» и ее партнерам использовать при строительстве автомобильных дорог только цементобетонное покрытие, полностью отказавшись от асфальтобетона.

В Республике Казахстан за последние 10 лет произошло увеличение строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в 15 раз.

В Республике Беларусь по поручению главы государства реализуется подход, согласно которому технология возведения дорог с применением цементобетона является приоритетной при реализации проектов. И если она не применяется, проектировщики и строители должны обосновать перед независимой экспертной комиссией, почему на объекте целесообразно уложить именно асфальтобетон.

Несмотря на все очевидные преимущества технологий строительства дорог с цементобетонными покрытиями, их внедрение в нашей стране осуществляется очень медленно. И в этом нет чьей-то злой воли или корысти.

Инновационная деятельность — это всегда сложно, это всегда на этапе внедрения связано с существенными затратами времени, сил и денег, а также с системной трансформацией ранее существовавших взглядов, подходов, отношений. И такая трансформация, безусловно, не может проходить безболезненно — система, подлежащая «слому», всегда сопротивляется, генерируя в большом количестве страхи и негативные мифы, связанные с внедрением всего нового.

Так и в нашем случае новым технологиям приходится «продираться» через мнения, в том числе и в среде тех лиц, которые принимают соответствующие решения, о том, что дороги с цементобетонными покрытиями — «это очень дорого, очень сложно, и вообще, не подходит нашей стране с её уникальным ландшафтом и климатическими условиями». Именно поэтому в данном сбор-

нике мы постарались доступно и подробно поговорить о преимуществах дорог с цементобетонными покрытиями, как и в целом о преимуществах расширенного использования цементной продукции в дорожном строительстве; в том числе постарались привести имеющиеся доказательства необоснованности страхов относительно дороговизны, сложности и несовершенства технологий строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями.

В заключение хочу отметить: когда мне непосредственно приходится вступать в диалог с представителями органов власти разных уровней относительно необходимости развития строительства дорог с цементобетонным покрытием, я очень часто слышу мнение:

«Ну, понятно — вы же цементники, вы хотите больше продавать цемента — вот и продвигаете данные технологии». Это конечно справедливо, но лишь отчасти — мы не только цементники, мы граждане и жители России, которые хотят передвигаться по нашей большой стране быстро, комфортно, без пробок и перебоев, вызванных плохим качеством дорог и необходимостью постоянного их ремонта.

А ещё мы все — те, кто представил материалы для этого сборника, и многие другие, кто вместе с Ассоциацией бетонных дорог продвигает технологии, связанные с расширением применения цемента в дорожном строительстве — мы хотим жить в стране с высокотехнологичной передовой промышленностью, в т.ч. с высокоразвитым строительным комплексом, частью которого является отрасль дорожного строительства, а для этого крайне необходимо начать строить не «старыми, проверенными веками способами», а по-новому — с использованием инновационных технологий, современных материалов, высокотехнологичного оборудования и с высококвалифицированным персоналом.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Нормативные документы, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями

Публикуется свод действующих межгосударственных и национальных стандартов, которые применимы в сфере проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями.

ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия».

ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования».

ГОСТ 32703-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования».

ГОСТ 32730-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования».

ГОСТ 32824-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования».

ГОСТ 32826-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования».

ГОСТ 32872 «Дороги автомобильные общего пользования. Герметики битумные. Технические требования».

ГОСТ 32960-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения».

ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».

ГОСТ 33220-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию».

ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия».

ГОСТ Р 50597-2017 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля».

ГОСТ Р 52399-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования».

ГОСТ Р 56586-2015 «Геомембраны гидроизоляционные полиэтиленовые рулонные. Технические условия».

ГОСТ Р 56600-2015 «Плиты предварительно напряженные железобетонные дорожные. Технические условия».

ГОСТ Р 58818-2020 «Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет».

ГОСТ Р 58861-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков».

ГОСТ Р 59120-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования».

ГОСТ Р 59201-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила».

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 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции».

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».

ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия».

ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия».

ГОСТ Р 70458-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные. Общие технические условия».

ГОСТ Р 71329-2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси песчано-гравийные. Общие технические условия».

ГОСТ Р 71405-2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование дорожных одежд. Методика расчета коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной осевой нагрузке».

ПНСТ 1006-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Правила проектирования».

СП 34.13330.2021 «Свод правил. Автомобильные дороги. СНиП 2.05.02-85*».

СП 78.133330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изменением №1)».

Составитель:

Ушаков Виктор Васильевич,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

«Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ,

президент Ассоциации бетонных дорог

Для ознакомления с дополнительными
материалами по данной теме —————→



Проектирование цементобетонных покрытий автомобильных дорог



Ушаков

Виктор Васильевич,

*д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
«Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ,
президент Ассоциации бетонных дорог*

Дорожные одежды с цементобетонными покрытиями относятся к жестким дорожным одеждам. Проектирование жесткой дорожной одежды состоит из следующих последовательно выполняемых этапов:

- 1) конструирование — установление вида покрытия и его минимально необходимой толщины, характеристик материала покрытия и основания в зависимости от среды эксплуатации, назначение швов сжатия и расширения в покрытии, их конструкции, предельных расстояний между швами, выбор материалов для устройства слоев основания и назначение их минимальной толщины, выбор материалов для устройства дополнительных слоев основания;
- 2) расчет — определение расчетных и нормативных нагрузок, основных конструктивных элементов (толщины и длины плит, толщины слоев основания, армирования плит и швов сжатия, необходимости устройства швов расширения), проверка сдвигоустойчивости рабочего слоя земляного полотна и конструктивных слоев из малосвязных материалов, испытания дорожных конструкций на морозоустойчивость и дренажную способность;
- 3) технико-экономическое сравнение вариантов конструкций дорожных одежд, заключающееся в выборе наиболее целесообразного варианта с учетом строительных и эксплуатационных затрат до следующего капитального ремонта.

Дорожные одежды по ширине проезжей части проектируют равнопрочными, исключение может быть сделано для участков с количеством полос шесть и более.

Расчеты дорожных одежд выполняют для однотипных участков дороги, имеющих:

- один тип земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка);
- схожие грунтово-гидрологические условия (один вид грунта и одна схема увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна);
- близкую приведенную интенсивность движения (отличающуюся не более чем на 10%).

Расчетный срок службы жесткой дорожной одежды следует устанавливать в соответствии с ГОСТ Р 58861.

Исходными данными для проектирования дорожной одежды являются:

- параметры дороги (категория, число полос движения, геометрические параметры, расчетная нагрузка, срок службы дорожной одежды до капитального ремонта, предельный коэффициент разрушения, уровень надежности);
- параметры движения (интенсивность, состав движения, показатель изменения интенсивности движения);
- природно-климатические факторы (дорожно-климатическая зона, тип местности по условиям увлажнения, уровень грунтовых вод, объем притока воды);
- параметры земляного полотна и условия его работы (тип поперечного профиля, расчетная схема увлажнения, вид грунта рабочего слоя).

Расчет жесткой дорожной одежды следует выполнять на нормативную нагрузку от одного колеса нагрузки АК согласно ГОСТ 32960. Значение осевой нормативной нагрузки следует принимать с капитальным типом дорожной одежды 115 кН для монолитных цементобетонных покрытий на всех типах оснований. При определении расчетной нагрузки на одно колесо Q следует ввести коэффициент динамичности, умножив на $k_{\text{дин}}=1,3$. Расчетное давление колеса на покрытие от нормативной нагрузки АК $p=0,8$ МПа.

Величина общего модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна (при расчетной влажности грунта земляного полотна) в зависимости от дорожно-климатической зоны (ДКЗ) должна быть не ниже следующих значений:

- 60 МПа — в ДКЗ I и II;
- 53 МПа — в ДКЗ III;
- 45 МПа — в ДКЗ IV, V.

Для достижения представленных модулей упругости поверхности рабочего слоя земляного полотна необходимо выполнить условия согласно ГОСТ Р 71404-2024 (пункт 6.13).

Дорожные покрытия из монолитного цементобетона следует проектировать однослойными:

- без армирования;
- с сетчатым армированием как по площади плиты, так и с непрерывным сетчатым армированием участков большой протяженности (сплошное армирование);
- с каркасным армированием по типу железобетонного покрытия.

При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается проектировать монолитные цементобетонные покрытия двухслойными, устраиваемыми методом сращивания слоев.

Жесткие дорожные одежды со слоем железобетонного покрытия, армированным арматурным каркасом, допускается проектировать только в однослойном варианте.

По всей ширине проезжей части толщина цементобетонного покрытия должна быть одинаковой, с учетом нормативных допусков. Исключение может быть принято на участках многополосной проезжей части с количеством полос шесть и более при соответствующем обосновании и задании Заказчика. Определение толщины цементобетонного покрытия в таких случаях выполняется на основе индивидуального проектирования.

Для проектирования дорожной одежды с цементобетонным покрытием применяют нормативные и расчетные характеристики цементобетона.

Между цементобетонным слоем покрытия и верхним несущим слоем основания из материалов, укрепленных неорганическим вяжущим, должна быть устроена разделительная прослойка из гидроизоляционного материала (гидроизоляционный геокомпозит, полиэтиленовая пленка, геомембрана по ГОСТ Р 56586).

Не допускается применение слоя из песка, укрепленного органическим вяжущим, между цементобетонным покрытием и несущим слоем основания при конструировании и проектировании жесткой дорожной одежды.

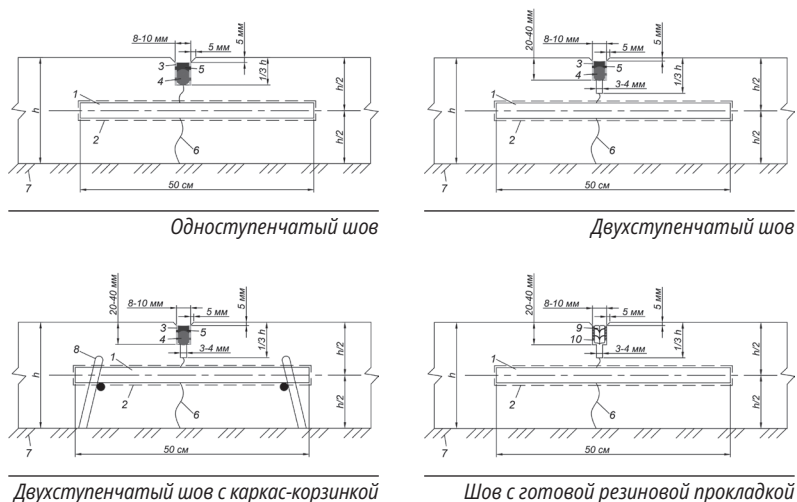
В качестве несущих слоев основания могут быть приняты слои основания из укатываемого бетона, каменных материалов и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими, из щебеночных и гравийных материалов. Минимальная толщина несущего слоя оснований из укатываемого бетона может составлять 14 см, из каменных материалов и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими, — 16 см, из щебеночных и гравийных материалов, устроенных на песчаном основании, — 15 см, и устроенных на прочном основании из каменного или укрепленного грунта — 8 см. Окончательную толщину и вид основания определяют при расчете толщины монолитного цементобетонного покрытия с предварительно назначаемыми параметрами выбранного вида основания, в процессе проектирования эти параметры уточняются.

Для прохода гусениц бетоноукладчика со скользящими формами нижележащий конструктивный слой должен быть устроен не менее чем на 80 см шире в каждую сторону, чем укладываемый выше слой цементобетона.

В монолитном цементобетонном покрытии устраиваются деформационные швы в поперечном и продольном направлениях. Поперечные швы обеспечивают возможность деформирования покрытия в продольном направлении, продольные швы — в поперечном направлении. К поперечным швам относят швы сжатия, расширения и рабочие швы. Продольные швы проектируются как швы сжатия.

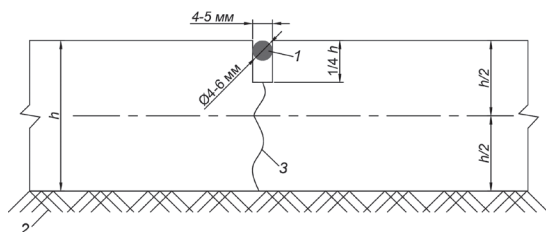
Деформационные швы в цементобетонном покрытии должны совпадать со швами в основании, независимо от его толщины и наличия разделительной прослойки между цементобетонными слоями, либо располагаться на расстоянии от них не более чем на 10 см.

Конструкции поперечных швов сжатия, применяемые на монолитных цементобетонных покрытиях, представлены на *Рис. 1*, на основаниях из укатываемого бетона — на *Рис. 2*. Конструкцию двухступенчатого поперечного шва сжатия с каркас-корзинкой следует использовать при отсутствии возможности обеспечить размещение дюбелей автоматической системой в процессе бетонирования.



1 — дюбель; 2 — антиадгезионный материал; 3 — праймер; 4 — уплотнительный шнур; 5 — герметизирующий материал; 6 — технологическая трещина; 7 — слой основания; 8 — каркас-корзинка; 9 — готовая резиновая прокладка; 10 — клей; h — толщина цементобетонного покрытия.

Рис. 1. Конструкции поперечных швов сжатия



1 — герметизационный шнур; 2 — дополнительный слой основания; 3 — технологическая трещина; h — толщина основания из укатываемого бетона.

Рис. 2. Конструкции поперечного шва сжатия для основания из укатываемого бетона

Расстояние между поперечными швами сжатия на основаниях из укатываемого бетона, каменных материалов, укрепленных минеральным вяжущим, и на устойчивом земляном полотне при толщине покрытия от 27 до 29 см принимают 6,0 м, от 30 см и более — 7,0 м. На основании из каменных материалов, не обработанных вяжущими, и на участках с ожидаемыми неравномерными осадками земляного полотна и на высоких насыпях, а также при толщине меньше 27 см на основаниях из каменных материалов, укрепленных минеральным вяжущим, расстояние между поперечными швами сжатия принимают 5,0 м. Длина и ширина плит цементобетонного покрытия не должны отличаться более чем в два раза.

Поперечные швы расширения обеспечивают продольную устойчивость цементобетонного покрытия в процессе эксплуатации. Их устраивают, чтобы предусмотреть линейные деформации плит при изменениях температуры.

Расстояние между поперечными швами расширения назначается в зависимости от температуры воздуха во время бетонирования по *Таблице 1*. Перед мостами и у пересечений дорог устраивают не менее трех швов расширения с расстоянием между ними от 10 до 20 м.

В конструкции шва расширения в обязательном порядке на каждом дюбеле должен быть установлен жестяной или полимерный колпачок с достаточным пространством (зазором) для расширения, при этом зазор должен быть на 5 мм длиннее, чем рассчитанный путь движения дюбеля в шве расширения.

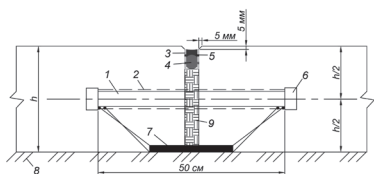
Конструкция шва расширения на основном протяжении дороги с цементобетонным покрытием представлена на *Рис. 3а*. Конструкция, устраиваемая перед искусственными сооружениями и на основании из укатываемого бетона, изображена на *Рис. 3б*.

Климат	Толщина цементобетонного покрытия, см	Температура воздуха во время укладки цементобетонного покрытия, °С			
		Ниже +5	+5 - +15	+10 - +25	Выше +25
		Расстояние между швами расширения, м			
Умеренный	28-30	40-50	72-85	114-130	145-185
	25-27	30-36	60-70	95-110	114-144
	22-24	25-28	50-56	80-90	90-110
	20-21	24-25	35-42	50-54	80-90
	18-19	18-20	25-30	30-35	40-45
Континентальный	28-30	36-48	65-72	108-120	140-175
	25-27	25-35	50-60	95-105	114-138
	22-24	20-24	40-48	80-90	90-110
	20-21	18-20	32-36	40-45	60-66
	18-19	16-18	22-25	25-28	36-40

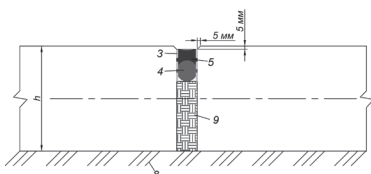
Примечания:

1. Континентальный климат характеризуется разницей между максимальной и минимальной температурами воздуха в течение 1 суток 12°С при повторяемости более 50 раз в год.
2. Для промежуточных значений следует использовать линейную интерполяцию.

Таблица 1. Расстояние между швами расширения



а) Шов с дюбелем

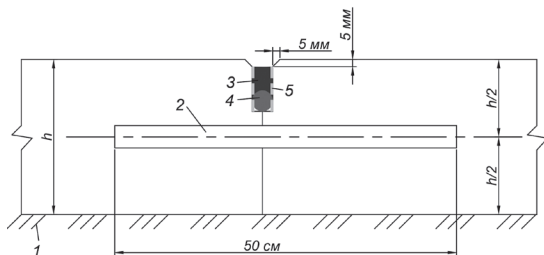


б) Шов без дюбеля

1 — дюбель; 2 — антиадгезионный материал; 3 — праймер; 4 — уплотнительный шнур; 5 — герметизирующий материал; 6 — колпачок с воздушным зазором; 7 — каркас-корзинка; 8 — слой основания; 9 — упругий материал; h — толщина цементобетонного покрытия.

Рис. 3. Конструкции поперечных швов расширения

Рабочие швы являются швами сжатия или расширения. Их устройство выполняется при перерывах в укладке смеси более 2 ч, после окончания рабочей смены, а также вследствие сбоев комплекса бетоноукладочного оборудования, в том числе, когда не удастся обеспечить сплошность и монолитность конструкции. Конструкция рабочего шва представлена на Рис. 4.



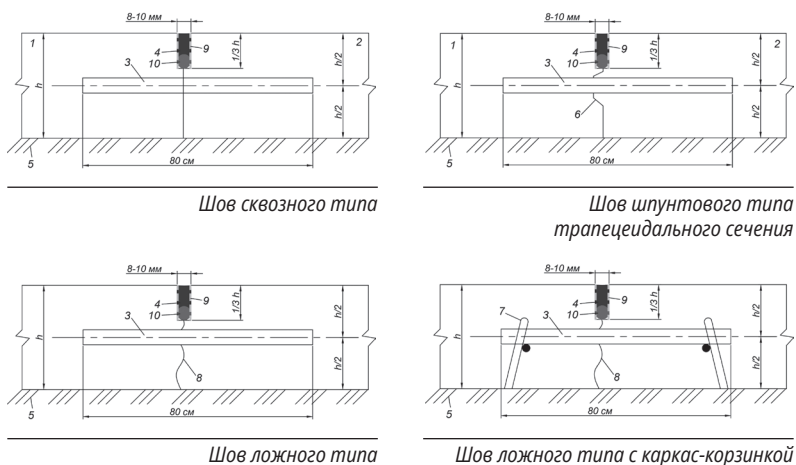
1 — слой основания; 2 — дюбель; 3 — герметизирующий материал; 4 — уплотнительный шнур; 5 — праймер; h — толщина цементобетонного покрытия.

Рис. 4. Конструкция рабочего шва

Продольные швы являются швами сжатия, расстояние между которыми должно соответствовать ширине полосы движения автомобильной дороги с учетом ее категории согласно ГОСТ Р 52399. Ширину цементобетонных

плит, примыкающих к обочине, следует увеличивать на ширину краевой полосы у обочины без устройства продольного шва. Конструкции продольного шва представлены на Рис. 5.

Наличие дюбелей в деформационных швах сжатия, расширения и рабочих швах для автомобильных дорог I и II категорий является обязательным. Применение дюбелей для дорог III и IV категорий обязательно при наличии грузовых автомобилей в составе транспортного потока категории транспортных средств С по ГОСТ 32965 более 35-40% на всех видах основаниях, а также на неукрепленных основаниях из каменных материалов вне зависимости от количества грузовых автомобилей. В процессе бетонирования предпочтительно устройство дюбелей методом вибропогружения.

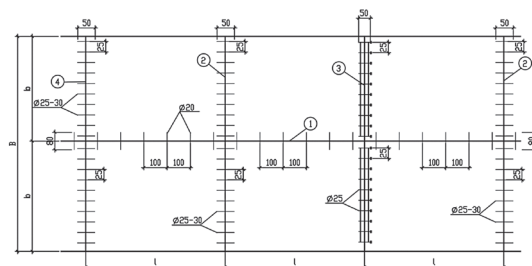


1 — бетон ранее уложенной полосы; 2 — свежее уложенный бетон; 3 — анкер; 4 — герметизирующий материал; 5 — слой основания; 6 — трапецидальный шпунт; 7 — каркас-корзинка; 8 — технологическая трещина; 9 — праймер; 10 — уплотнительный шнур; h — толщина цементобетонного покрытия.

Рис. 5. Конструкции продольного шва

Наличие анкеров в продольных швах является обязательным на всех видах оснований из неукрепленных каменных материалов.

Проектное расположение дюбелей и анкеров для поперечных и продольных швов представлено на *Рис. 6*.



1 — продольный шов; 2 — поперечный шов сжатия; 3 — поперечный шов расширения; 4 — рабочий шов; B — ширина проезжей части; l — ширина полосы движения

Рис. 6. Расположение дюбелей и анкеров в поперечных и продольных швах цементобетонного покрытия

Диаметр дюбелей, анкеров, расстояние между ними и их длина назначаются в зависимости от полученной при проектировании дорожной одежды толщины цементобетонного покрытия по ГОСТ Р 59628-2021 (см. Таблицу 6 ГОСТа). Для дюбелей в поперечных швах сжатия и расширения следует применять гладкую стержневую арматуру по ГОСТ 34028, предварительно обработанную антикоррозионным составом на основе эпоксидного материала, и иметь антиадгезионное покрытие (обмазку) для предотвращения сцепления с бетоном. Для анкеров в продольных швах необходимо использовать арматуру периодического профиля согласно ГОСТ 34028, предварительно обработанную антикоррозионным составом на основе эпоксидного материала.

Герметизацию деформационных швов выполняют с помощью герметиков горячего и холодного применения, а также готовых резиновых прокладок различных профилей. В качестве грунтовочного состава используют клей

при работе с готовыми резиновыми прокладками и праймер при герметизации пазов швов герметиками горячего применения. При задействовании герметиков холодного применения грунтовочный состав не наносится.

Коэффициент сцепления колеса автомобиля с цементобетонным покрытием должен быть не менее 0,3 при устройстве бороздок в поперечном и продольном направлениях, применении джутового полотна и создании открытой верхней поверхности бетона. Текстура поверхности покрытия должна обладать бороздками глубиной 3-5 мм и шириной 3 мм.

Для устройства монолитных цементобетонных покрытий и оснований следует применять бетоны, отвечающие требованиям ГОСТ 26633, ГОСТ Р 70362, ГОСТ 31384. Характеристики бетонов определяются в зависимости от среды эксплуатации в соответствии с ГОСТ 31384.

В районах, где применяются транспортные средства с шипованными шинами, на дорогах I и II категорий для предотвращения непосредственного истирания цементобетонных покрытий под действием колес автомобильного транспорта, продления срока их службы и повышения работоспособности могут устраиваться защитные слои. Они непосредственно воспринимают воздействие колес автотранспорта и погодно-климатических факторов и обеспечивают необходимые транспортно-эксплуатационные качества покрытия.

Защитные слои должны обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к транспортно-эксплуатационным характеристикам автомобильной дороги по ГОСТ Р 59120, ГОСТ 33220, ГОСТ Р 50597 и другим нормативным документам. Защитные слои выполняют из горячей битумоминеральной смеси с мембраной (мембранная технология) толщиной от 1,5 до 3,0 см и из литой эмульсионно-минеральной смеси быстрого формирования. Толщину защитного слоя назначают в зависимости от применяемых материалов, технологии устройства и не учитывают в расчете на прочность и морозостойчивость.

Расчет на прочность однослойного монолитного цементобетонного покрытия без армирования и с сетчатым армированием проводят путем проверки прочности покрытия по формуле:

$$K_{np}^{mp} \leq \frac{R_{pu}^{расч}}{\sigma_{pt}}, \quad (1)$$

где K_{np}^{mp} — требуемый коэффициент прочности, определяемый в зависимости от уровня надежности по *Таблице 2*;

$R_{pu}^{расч}$ — расчетная прочность бетона на растяжение при изгибе, МПа;

σ_{pt} — суммарное напряжение растяжения при изгибе, возникающее в монолитном цементобетонном покрытии от действия нагрузки и перепада температуры по толщине плиты, МПа.

Тип дорожных одежд	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения	Требуемый коэффициент прочности K_{np}^{mp}	Коэффициент надежности K_n
Капитальный	IA, IB, IB	0,1	1,10	0,98
	IB, II	0,1	1,00	0,95
	III	0,2	1,00	0,92

Примечание. Для односторонних проездов на участках съездов развязок требуемый коэффициент прочности принимается 1,00, коэффициент надежности K_n — равным 0,95.

Таблица 2. Коэффициенты надежности и требуемые коэффициенты прочности дорожных одежд

Расчетное сопротивление бетона на растяжение при изгибе определяется по формуле:

$$R_{pu}^{расч} = B_{tb} \cdot K_{н.н} \cdot K_y \cdot K_F, \quad (2)$$

где B_{tb} — класс бетона на растяжение при изгибе;

$K_{н.н}$ — коэффициент набора прочности со временем: для бетона естественного твердения в районах с умеренным климатом, приготовленного из цемента, полученного «мокрым» способом с помолом цементного клинкера

без сепаратора, $K_{н.н}$ принимают 1,2; при других способах производства цемента и в условиях сухого, жаркого климата, а также для пропаренного бетона $K_{н.н} = 1,0$;

K_F — коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания, равный 0,95;

K_y — коэффициент усталости бетона при повторном нагружении, определяемый по формуле:

$$K_y = 1,08 \cdot \sum N_p, \quad (3)$$

где $\sum N_p$ — суммарное расчетное число приложения приведенной расчетной нагрузки за расчетный (проектный) срок службы.

Суммарное количество приложений приведенной расчетной нагрузки $\sum N_p$ за проектный срок службы дорожной одежды определяют по исходным данным интенсивности по формулам (4) или (5).

Суммарное количество приложений приведенной расчетной нагрузки $\sum N_p$ за проектный срок службы дорожной одежды, ед., при известных фактических интенсивностях движения по видам транспорта на первый год эксплуатации дороги, определяют по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot f_{пол} \cdot K_c \cdot T_{пдг} \cdot k_n \cdot \sum_{m=1}^n N_{1m} \cdot S_{тсум}, \quad (4)$$

Суммарное количество приложений приведенной расчетной нагрузки $\sum N_p$ за проектный срок службы дорожной одежды, ед., при известной приведенной интенсивности движения к расчетной нагрузке на конец проектного срока службы проведения работ по капитальному ремонту, определяют по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{св}-1)}} \cdot T_{пдг} \cdot k_n, \quad (5)$$

где $f_{пол}$ — коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения, зависящей от числа полос движения, принимаемый при отсутствии данных натурных наблюдений по Таблице 3.

На перекрестках и подходах к ним (в местах перестроения потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете одежды в пределах всех полос движения следует принимать $f_{пол} = 0,50$, если общее количество полос проезжей части проектируемой дороги — три и более в обоих направлениях, в остальных случаях — по *Таблице 3*;

K_c — коэффициент суммирования, вычисляемый по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (6)$$

где q — показатель изменения интенсивности движения (знаменатель геометрической прогрессии), если $q = 1$, коэффициент K_c принимают равным $T_{сл}$;

$T_{сл}$ — проектный срок службы дорожной одежды, годы;

$T_{р\delta z}$ — расчетное количество дней в году, зависящее от района проектирования, соответствующее определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции, определяемое по *Таблице 4* и *Рис. 7*, дни;

k_n — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, определяемый по *Таблице 5*;

N_{1m} — интенсивность движения m -й марки в 1-й год эксплуатации, ед./сут.;

$S_{м\text{сум}}$ — суммарный коэффициент приведения к расчетной нагрузке автомобиля m -й марки по ГОСТ Р 71405;

N_p — приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки N_p на полосу движения на последний год проектного срока службы проведения работ по капитальному ремонту, ед./сут., определяемая по формуле:

$$N_p = f_{пол} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{м\text{сум}}, \quad (7)$$

где N_m — количество автомобилей m -й марки в обоих направлениях на конец проектного срока службы дорожной одежды, ед./сут.;

n — общее количество различных марок транспортных средств в составе транспортного потока.

Количество полос движения	Коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения $f_{пол}$	
	Движение в обоих направлениях	Одностороннее движение
1	1,00	1,00
2	0,55	0,90
3	0,50	0,70
4	0,45	0,70
5	0,40	—
6 и более	0,35	—

Примечание. Допускается назначать коэффициенты распределения интенсивности по данным фактических замеров.

Таблица 3. Значения коэффициента распределения интенсивности движения $f_{пол}$ в зависимости от количества полос

Номер района на карте	Географические границы районов	Рекомендуемое значение $T_{рдг}$
1	Зона распространения вечномёрзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу, Архангельск, Мезень, Нарьян-Мар, шестидесятый меридиан, до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Смоленск, Калугу, Рязань, Саранск, сорок восьмой меридиан, до линии, соединяющей Онегу, Архангельск, Мезень, Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Белгород, Воронеж, Саратов, Самару, Оренбург, шестидесятый меридиан, до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону, Элисту, Астрахань, Белгород, Воронеж, Саратов, Самару	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону, Элиста, Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели — для остальных территорий, полуостров Крым	205

Номер района на карте	Географические границы районов	Рекомендуемое значение $T_{рдз}$
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга — государственной границей	130-150 (меньше значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края, Камчатская область	140

Примечания

1. Значения $T_{рдз}$ на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.
2. Расчетным считается день, в течение которого состояние грунта земляного полотна по влажности обеспечивает возможность накопления остаточной деформации в грунте земляного полотна или малосвязных слоях дорожной одежды.

Таблица 4. Рекомендуемые значения $T_{рдз}$ в зависимости от номера района по карте

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n для категорий дорог		
	I	II	III
Капитальный	1,62	1,49	1,42

Таблица 5. Значение коэффициента k_n

Суммарное напряжение растяжения при изгибе определяется по формуле:

$$\sigma_{pt} = \sigma_p + \sigma_t, \quad (8)$$

где σ_p — напряжение растяжения при изгибе от нагрузки, МПа;

σ_t — напряжение от перепада температуры по толщине плиты, МПа.

Напряжение растяжения при изгибе от нагрузки определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{Q \cdot K_M \cdot 60 \cdot K_{ysl} \cdot K_{um}}{h^2} \cdot \left(0,0592 - 0,2137 \cdot \lg \left(\frac{R}{l} \right) \right), \quad (9)$$

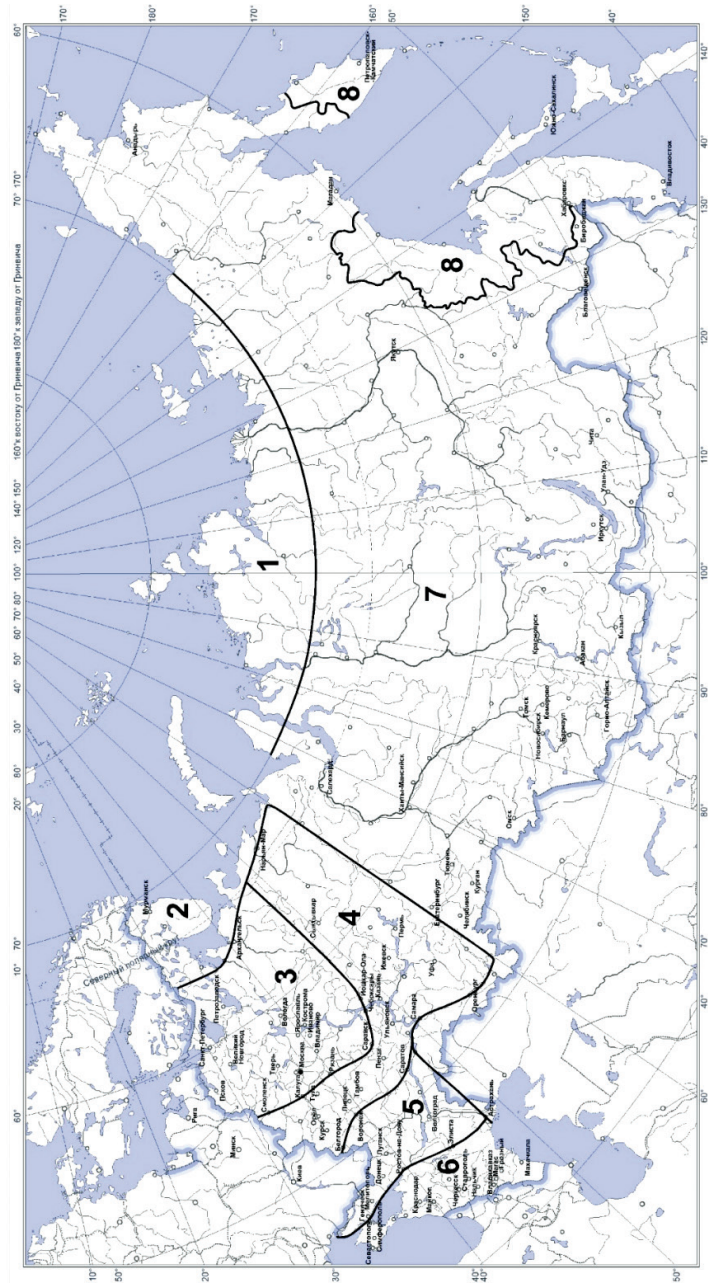


Рис. 7. Карта районирования по качеству расчётных дней в году Траз

где Q — расчетная нагрузка на одно колесо, кН;

K_M — коэффициент, учитывающий влияние места приложения колесной нагрузки, принимаемый равным 1,5 для нагрузки, расположенной на продольном внешнем крае в центре по длине плиты;

K_{ysl} — коэффициент условия работы, учитывающий заданную надежность дорожной одежды, принимаемый равным 0,66;

$K_{шт}$ — коэффициент, учитывающий влияние штыревых соединений на условия контактирования плит с основанием, принимаемый при наличии в поперечных швах штырей 1,0, при отсутствии штырей — 1,05;

h — толщина плиты, см;

R — радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса, см;

l — упругая характеристика плиты, см.

Радиус круга, равновеликого площади отпечатка колеса, определяется по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0,1 \cdot \pi \cdot p}}, \quad (10)$$

где p — давление на покрытие, принимаемое равным 0,8 МПа.

Упругая характеристика плиты определяется по формуле:

$$l = h \cdot \sqrt[3]{\frac{E \cdot (1 - \mu_o^2)}{6 \cdot E_o^3 \cdot (1 - \mu^2)}}, \quad (11)$$

где E — модуль упругости бетона, МПа;

μ — коэффициент поперечной деформации бетона (коэффициент Пуассона), принимаемый равным 0,2;

E_o — общий модуль упругости многослойного основания, МПа;

μ_o — коэффициент поперечной деформации материала основания (коэффициент Пуассона), принимаемый 0,25.

Общий модуль упругости многослойного основания определяется путем последовательного приведения многослойной системы к двухслойной по формуле:

$$E_0^3 = \frac{E_i}{0,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{\text{общ}}^{i+1}}{E_i}} \cdot \arctg\left(\frac{1,35 \cdot h_3}{D}\right) + \frac{E_i}{E_{\text{общ}}^{i+1}} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \arctg\left(\frac{D}{h_3}\right)}, \quad (12)$$

где D — диаметр круга, равновеликого площади силового контактирования верхнего слоя с нижележащим, принимается 50 см;

i — номер рассматриваемого слоя дорожной одежды, считая сверху вниз;

h_i — толщина i -го слоя, см;

$E_{\text{общ}}^{i+1}$ — общий модуль полупространства, подстилающего i -й слой, МПа;

E_i — модуль упругости материала i -го слоя, МПа;

h_3 — эквивалентная толщина приведенного слоя, определяемая по формуле:

$$h_3 = 2 \cdot h \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{6 \cdot E_{\text{общ}}^{i+1}}}. \quad (13)$$

Напряжение от перепада температуры по толщине плиты определяется по формуле:

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot E}{2} \cdot K_{\text{усл}}, \quad (14)$$

где α — коэффициент линейного температурного расширения бетона, принимаемый равным $1 \cdot 10^{-5}$, $1/^\circ\text{C}$;

Δt — величина температурного перепада по толщине плиты покрытия, $^\circ\text{C}$.

Величина температурного перепада по толщине плиты покрытия определяется по формуле:

$$\Delta t = A_n \cdot e^{\frac{-h}{100} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a_b}}}, \quad (15)$$

где A_n — расчетная амплитуда колебаний температуры за сутки на поверхности цементобетонного покрытия, °С, определяемая в зависимости от района строительства по *Таблице 6*;

ω — угловая частота суточных колебаний температуры, равная 0,26 рад./ч.

$a_{тб}$ — коэффициент температуропроводности цементобетона, принимаемый 0,004 м²/ч;

h — толщина плиты, см.

Субъект Российской Федерации	Величина A_n , °С
Мурманская область. Ненецкий, Ямало-Ненецкий автономные округа.	10,5
Санкт-Петербург. Архангельская, Ленинградская, Псковская, Нижегородская, Кировская, Костромская, Ярославская области. Республики: Коми, Карелия. Камчатский край. Чукотский, Ханты-Мансийский (Югра) автономные округа.	12,0
Москва. Новгородская, Владимирская, Ивановская, Вологодская, Тверская, Калининградская, Московская, Смоленская, Брянская, Тульская, Ульяновская, Магаданская области. Республики: Марий Эл, Мордовия, Чувашия, Башкортостан. Пермский край.	14,0
Калужская, Рязанская, Орловская, Курская, Белгородская, Воронежская, Тамбовская, Липецкая, Пензенская, Саратовская, Свердловская, Челябинская, Томская области. Республики: Татарстан, Бурятия, Саха (Якутия), Удмуртия; Приморский край, Хабаровский край.	14,5
Ростовская, Волгоградская, Астраханская, Оренбургская, Самарская, Курганская, Тюменская, Омская, Новосибирская, Кемеровская, Иркутская, Амурская, Сахалинская, Еврейская автономная области. Республики: Северная Осетия-Алания, Дагестан, Алтай, Калмыкия, Тыва, Хакасия. Забайкальский край, Алтайский край, Красноярский край.	15,0
Севастополь. Запорожская, Херсонская области. Республики: Ингушетия, Чечня, Адыгея, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Крым, Донецкая и Луганская Народные Республики. Краснодарский и Ставропольский края.	15,5

Таблица 6. Расчетная амплитуда колебаний температуры за сутки на поверхности покрытия

Проектное (требуемое) значение толщины цементобетонного покрытия следует определять методом графического решения уравнения:

$$f(h) = \frac{\sigma_{pt} \cdot K_{np}}{B_{tb} \cdot K_{nn} \cdot K_F} = K_y. \quad (16)$$

Необходимо построить график функции для нескольких значений h и по нему определить проектную (требуемую) толщину цементобетонного покрытия, соответствующую рассчитанному значению коэффициента усталости K_y по формуле (3). Допускается определение проектной толщины линейной интерполяцией.

Расчет на прочность двухслойного бетонного покрытия, устроенного методом сращивания верхнего слоя с нижним, следует выполнять по методике однослойного варианта с заменой двух слоев бетонного покрытия одним слоем, обладающим суммарной толщиной и средневзвешенным модулем упругости.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме →



Устройство оснований дорожных одежд с применением минеральных вяжущих по технологии стабилизации / укрепления грунтов



**Ружицкая
Анна Владимировна,**
*руководитель службы
по разработке материалов и технологий
компании «ЦЕМЕНТУМ»*

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

Грунт — это горная порода, почва и техногенное образование, представляющие собой многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени, используемые как основание, среда или материал при строительстве.

Щебеночно-гравийно-песчаная смесь — это искусственно приготовленная смесь из щебня и песка (щебеночно-песчаная смесь), гравия и песка (гравийно-песчаная смесь) или щебня, гравия и песка (щебеночно-гравийно-песчаная смесь).

Грунты укрепленные — это грунты, обработанные органическими, минеральными или комплексными вяжущими с целью повышения их физико-механических свойств (прочность, морозостойкость, трещиностойкость, водостойкость).

Грунты стабилизированные — это грунты, обработанные стабилизаторами с добавлением вяжущих с целью улучшения водно-физических свойств

(водопроницаемость, пучинистость, набухание, высота капиллярного поднятия, максимальная плотность при оптимальной влажности).

Грунты улучшенные — это грунты оптимального зернового состава и улучшенного минералогического состава (снижение числа пластичности), получаемые из природных грунтов путем улучшения их минеральными добавками или другими грунтами.

Стабилизаторы — многокомпонентные системы, включающие в своем составе (в основном) поверхностно-активные вещества как ионогенного, так и неионогенного типов и обладающие свойствами гидрофобизаторов, суперпластификаторов, полимеров, применяемые в строительстве для обработки грунтов с целью изменения их водно-физических свойств.

Минеральные вяжущие — это порошкообразные минеральные материалы, которые при смешивании с водой образуют пластично-вязкое тесто, способное со временем под влиянием физико-химических процессов затвердевать, постепенно увеличивая свою прочность. Различают два основных вида минеральных вяжущих: гидравлические (например, портландцементы) и воздушные (например, гипс и известь негашеная).

Комплексные минеральные вяжущие (КМВ) — это готовые к применению вяжущие, используемые для устройства дорожных оснований, подстилающих слоев, покрытий при укреплении, стабилизации и улучшении грунтов, обладающие гидравлической, скрытогидравлической и пуццолановой активностью и содержащие минеральные компоненты, придающие вяжущему дополнительные функциональные свойства и позволяющие в некоторых случаях активировать вяжущие свойства компонентов грунта.

Аннотация

В данной статье представлено описание активно набирающих популярность в нашей стране технологий укрепления и стабилизации грунтов, использование которых позволяет сократить сроки и стоимость строительства и реконструкции автомобильных дорог, увеличить их жизненный цикл, а также снизить негативное экологическое воздействие на окружающую среду.

1. Вяжущие материалы

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия» для стабилизации и укрепления грунтов применяются следующие минеральные вяжущие материалы:

- портландцементы по ГОСТ 33174-2014, ГОСТ 31108-2020, ГОСТ 22266-2013;
- комплексные минеральные вяжущие (КМВ) по ГОСТ Р 70196-2022;
- молотые высокоактивные и активные шлаки черной, цветной металлургии и фосфорные шлаки по ГОСТ 32826-2014;
- строительная известь по ГОСТ 9179-2018;
- активные материалы с удельной поверхностью не менее $150 \text{ м}^2/\text{кг}$ и полным остатком на сите с размером ячеек $0,063 \text{ мм}$ не менее 20% масс., с прочностью, определенной по ГОСТ 32820, не менее 2 МПа.

Допускается применение вместе с неорганическими вяжущими медленнорастворимую дорожную битумную эмульсию по ГОСТ Р 58952.1 или дорожного жидкого нефтяного битума по ГОСТ 11955 с условной вязкостью не более 100 с.

Для технологий стабилизации или укрепления грунтов (природных и/или техногенных) различного генезиса и гранулометрического состава наиболее эффективным в качестве вяжущих является применение комплексных минеральных вяжущих (КМВ).

В состав КМВ могут входить вторичные материалы промышленных производств (металлургические шлаки, продукты сгорания твердого топлива: зола-уноса, золошлаковые смеси), пыль-уноса вращающихся печей цементных заводов, фосфогипс, фторогипс и др.

Компоненты КМВ позволяют:

- повысить эффективность работы вяжущего с конкретным грунтом (достижение требуемых физико-механических, водно-физических свойств);
- повысить эффективность работы вяжущего в конкретных погодных условиях;
- улучшить технологические свойства системы «грунт-вяжущее» (время живучести, легкость уплотнения);

- использовать в процессе дорожного строительства вторичные материалы (в том числе отходы промышленных производств, продукты сгорания твердого топлива на ТЭЦ).

Дополнительным преимуществом КМВ является возможность иммобилизации (обеззараживания) грунтов, содержащих в своем составе тяжелые металлы и другие соединения, повышающие класс опасности грунтов.

КМВ также могут применяться для холодной регенерации в составе холодных органоминеральных смесей.

В соответствии с ГОСТ Р 70196-2022 различают два типа КМВ по скорости твердения:

- медленнотвердеющее комплексное минеральное вяжущее (МКМВ) — это гидравлическое вяжущее, которое должно соответствовать требованиям, предъявляемым к прочности вяжущего на сжатие в возрасте 56 суток твердения;
- нормальнотвердеющее комплексное минеральное вяжущее (НКМВ) — это гидравлическое вяжущее, которое должно соответствовать требованиям, предъявляемым к прочности вяжущего на сжатие в возрасте 7 и 28 суток твердения.

Состав и свойства КМВ должны подбираться индивидуально под характеристики конкретного грунта: число пластичности, степень переувлажнения, pH, содержание и тип растворимых солей, содержание органических соединений, минералогического состава грунта и пр.

Дозировка КМВ также подбирается индивидуально, исходя из требований проектной документации.

2. Требования к грунтам

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 70452-2022 к укреплению допускаются:

- крупнообломочные грунты с размером частиц до 45 мм;
- пески;

- супеси;
- суглинки;
- глины — при условии доведения числа пластичности до 17 (добавление природного песка по ГОСТ 32824-2014, дробленого песка по ГОСТ 32730-2014, песчаного грунта по ГОСТ 33063-2014, введение стабилизаторов);
- техногенные грунты, в том числе золошлаковые смеси, которые могут быть применены в качестве вторичных материалов.

При укреплении грунтов минеральными вяжущими содержание легкорастворимых солей сульфатов не должно превышать 2%, а содержание хлоридов — 4%. Грунты с рН менее 7 перед укреплением должны быть нейтрализованы добавками извести, каустической соды или других щелочных соединений.

Допускается корректировка гранулометрического состава грунтов природными или дроблеными песками, вторичными сырьевыми материалами (фосфогипс, золошлаки, металлургические шлаки, отсеvy дробления), а также крупнообломочными грунтами.

Классификацию и определение основных свойств грунтов производят в соответствии с требованиями ГОСТ.

ГОСТ 25100-2020	Грунты. Классификация
ГОСТ 5180-2015	Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
ГОСТ 12536-2014	Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
ГОСТ 22733-2016 / ГОСТ 70456-2022	Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности / Дороги автомобильные общего пользования. Грунты. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности методом Проктора.
ГОСТ 28622-2012	Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости.
ГОСТ 26423-85	Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
ГОСТ 26213-2021	Почвы. Методы определения органического вещества.

3. Требования к укрепленным грунтам

На текущий момент в Российской Федерации до сих пор действуют два дублирующих ГОСТа, регламентирующие требования к укрепленным / стабилизированным грунтам: ГОСТ 23558-94 и ГОСТ Р 70452-2022. Применение того или иного ГОСТа определяется проектной документацией. В рамках актуализации нормативной документации ГОСТ 23558-94 должен быть отменен.

Как правило, приемка укрепленного слоя основания ведется по показателям коэффициента уплотнения, прочности на сжатие, прочности на растяжение при раскалывании образцов укрепленного грунта и морозостойкости.

С целью оперативного получения прочностных характеристик укрепленного грунта допускается определение прочности в установленные промежуточные сроки. Прочность в промежуточные сроки должна составлять не менее 50% нормируемого значения прочности в проектном возрасте. При возникновении спорных ситуаций за значение прочности принимают полученный в ходе испытаний результат в проектном возрасте.

Проектный срок набора прочности укрепленных грунтов — 28 суток. Он возрастает до 56 при применении медленнотвердеющих комплексных минеральных вяжущих. Допускается изменять проектный срок набора прочности при указании данной информации в проектной или контрактной (договорной) документации.

Значение коэффициента морозостойкости укрепленных грунтов должно быть не менее 0,80.

Приемка стабилизированного слоя основания ведется по показателям коэффициента уплотнения, индекса непосредственной несущей способности (PI), калифорнийского числа (CBR), линейного набухания и степени пучинистости.

4. Технология выполнения работ

Технология стабилизации / укрепления грунтов / холодной регенерации предполагает два варианта исполнения этапов перемешивания грунта с вяжущим: непосредственно на месте или в грунтосмесительной установке (ГСУ). В зависимости от варианта исполнения меняется парк техники, необходимый для осуществления работ (Рис. 1).



Рис. 1. Варианты технологии стабилизации / укрепления грунтов

В случае использования грунтосмесительной установки грунт, требующий стабилизации или укрепления, завозится самосвалами на ГСУ, где происходит его измельчение и смешивание с вяжущим.

ГСУ представляет собой мобильный или стационарный комплекс, который состоит из бункеров питания, конвейеров, смесителя, силоса цемента, резервуара с водой, битумного хранилища, а также бункера готовой продукции.

Производство укрепленного грунта в ГСУ происходит следующим образом: необходимые компоненты дозируются в соответствии с заданной рецептурой, последовательно подаются в смеситель, после чего перемешиваются в смесителе непрерывного действия и попадают в бункер-накопитель, откуда готовая смесь выгружается в кузов автосамосвалов. Смесь, получен-

ная в грунтосмесительной установке, характеризуется высокой однородностью и качеством.

Далее смесь из грунта и вяжущего перевозится непосредственно на участок строительства и распределяется автогрейдерами по площади с заданной толщиной слоя, с учетом изменения толщины за счет уплотнения катками.

При необходимости проводится дополнительный полив слоя грунта поливочной машиной для достижения показателя оптимальной влажности.

Затем происходит уплотнение слоя грунта, обработанного вяжущим. Для этого используется звено грунтовых катков. Первоначальный этап (так называемый обжим) выполняется при помощи катка с кулачковым вальцом. Основное уплотнение производится грунтовым катком с гладким вальцом.

После основного этапа уплотнения проводится финишное профилирование слоя автогрейдером.

Финишная «отделка» слоя после прохода автогрейдера выполняется грунтовым катком с гладким вальцом и tandemным катком.

При проведении работ по стабилизации / укреплению грунта непосредственно на месте для измельчения и перемешивания грунта с минеральным вяжущим используются самоходный распределитель вяжущего и ресайклер (роторный смеситель).

Распределитель вяжущего размещает минеральное вяжущее на поверхности грунта с заданной дозировкой, ресайклер осуществляет одновременное измельчение и перемешивание грунта с минеральным вяжущим за счет заглубленного на необходимый уровень роторного барабана с лопатками («зубьями»).

При необходимости дополнительного увлажнения системы «грунт-вяжущее» воду можно распределять посредством поливочной машины или ресайклера.

В остальном вариант исполнения последующих этапов перемешивания грунта с вяжущим непосредственно на месте не отличается от варианта, предусматривающего применение ГСУ.

Выбор одного из двух вариантов зависит от нескольких факторов:

- доступность техники / оборудования;
- необходимая толщина слоя стабилизированного / укрепленного грунта, а также возможность заглубления ресайклером (при наличии подземных коммуникаций, например, в черте населенных пунктов);
- скорость проведения работ;
- ограничения по риску пыления;
- наличие достаточного пространства для размещения ГСУ и маневра грузовой техники, удаленность от объекта и т. д.

Технология плоскостного укрепления / стабилизации грунта представляет собой процесс тщательного измельчения и перемешивания грунта с минеральными вяжущими материалами или КМВ с дозировкой от 2 до 10% от массы грунта с последующим уплотнением слоя грунта, обработанного вяжущими. Дозировка вяжущего подбирается индивидуально и зависит от физико-механических характеристик исходного грунта и требований проекта.

После набора прочности укрепленный / стабилизированный грунт становится более плотным и прочным, превращаясь в грунтобетон, обеспечивая высокую несущую способность основания автомобильной дороги.

Процесс укрепления грунтов включает следующие этапы (Рис. 2): 1 — отбор и лабораторный анализ грунта, выбор оптимального состава КМВ или минерального вяжущего и подбор требуемых дозировок; 2 — производство, отгрузка и доставка на объект вяжущего; 3 — распределение необходимого количества КМВ или минерального вяжущего на подготовленный грунт; 4 — смешивание вяжущего с грунтом, а также внесение воды (при необходимости); 5 — придание поверхности грунта необходимого профиля; 6 — уплотнение грунтовыми катками слоя грунта, обработанного вяжущим, финишное профилирование и уплотнение; 7 — дальнейшее устройство слоев дорожной одежды.

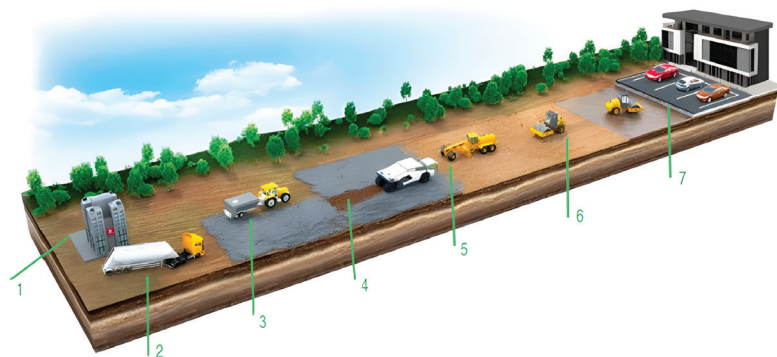


Рис. 2. Этапы процесса укрепления грунта

5. Контроль качества работ

Контроль качества работ проводится в соответствии с нормативно-технической документацией, определенной на стадии проектирования. На сегодняшний день в технологии укрепления грунта минеральными вяжущими наиболее применимыми являются следующие НТД:

1. ГОСТ 23558-94 «МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. СМЕСИ ЩЕБЕНОЧНО-ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫЕ И ГРУНТЫ, ОБРАБОТАННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ, ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. Технические условия»;
2. ГОСТ Р 70452-2022 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Дороги автомобильные общего пользования. ГРУНТЫ СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ И УКРЕПЛЕННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ. Общие технические условия».

Согласно ГОСТ Р 70452-2022, при входном контроле проводят испытания грунта и минерального вяжущего либо КМВ на соответствие техническим требованиям стандарта.

При операционном контроле проверяют точность дозирования материалов и влажность смеси.

При периодическом контроле, а также при подборе каждого состава выявляют прочность на растяжение при раскалывании и коэффициент морозостойкости.

При приемочном контроле укрепленных грунтов определяют прочность на сжатие. Приемку конструктивного слоя из укрепленного грунта осуществляют по коэффициенту уплотнения, его значение должно составлять не менее 0,98. Допускается проводить приемку конструктивного слоя по значению предела прочности на сжатие отобранных кернов в проектные и/или промежуточные сроки. Значение предела прочности на сжатие отобранных кернов должно быть не более чем на 5% ниже требуемых в проектной или договорной (контрактной) документации.

Также существует тенденция к применению неразрушающего контроля. В связи с этим для подтверждения фактического модуля упругости на поверхности слоя укрепленного грунта проводят штамповые испытания статической нагрузкой по ПНСТ 311-2018. Этот метод испытаний позволяет определить такие показатели, как модуль деформации, модуль упругой деформации (модуль упругости) и коэффициент относительного уплотнения.

Выводы

Применение технологий укрепления и стабилизации грунтов приводит к повышению несущей способности слабых грунтов и снижению деформативности природных оснований, позволяет исключить замену слабых грунтов на привозные материалы, уменьшить материалоемкость и стоимость строительства, увеличить эргономические показатели и темпы строительства, обеспечить максимальное использование местных грунтов. Все это дает возможность существенно сократить нагрузку на дорожную сеть в регионе, которая обычно возникает при крупном строительстве, поскольку в данном случае не требуется ни вывоз грунта, ни перевозка больших объемов инертных материалов.

Достигаемые результаты

Приведем пример. На 4-м и 6-м этапах строительства скоростной трассы I категории М-12 «Москва — Нижний Новгород — Казань» был успешно проведен комплекс работ по осушению, стабилизации и укреплению слоя основания рабочего слоя земляного полотна автомобильной дороги с применением KMB DOROMIX Special III CL-Q 60.

Согласно требованиям рабочей документации, показатель Ev_2 (на третьи сутки) и отношение Ev_2/Ev_1 должны были составлять: $Ev_2 \geq 96$ МПа, $Ev_2/Ev_1 \leq 2,5^*$. Применение DOROMIX Special III CL-Q 60 при работе со сложными грунтами (переувлажненными суглинками) позволило успешно выполнить требования проекта. Традиционная технология работ предусматривает при укреплении переувлажненных глинистых грунтов использование дорожными подрядчиками извести для осушения. Это дополнительная технологическая операция, требующая затрат времени и средств, так как необходимы отдельный завоз извести на объект, работа дорожной техники и персонала. После осушения глинистых грунтов известью для их укрепления применяется цемент.

Использование DOROMIX Special III CL-Q 60 в рамках обсуждаемого проекта позволило почти в два раза повысить темпы работ по укреплению основания рабочего слоя земляного полотна автомобильной дороги за счет исключения необходимости использовать для стабилизации переувлажненных глинистых грунтов цемент и известь по отдельности.

Ev_1 — модуль общей деформации, характеризующий как упругие, так и пластические свойства объекта при деформации под действием внешней нагрузки;

Ev_2 — модуль упругой деформации (модуль упругости), характеризующий упругие свойства объекта при деформации под действием нагрузки.

Экологические аспекты

Согласно расчетам, при строительстве автомобильной дороги с асфальтобетонным покрытием по технологии укрепления грунтов с применением KMB DOROMIX® выделяется на 10% меньше углекислого газа (CO₂)*, чем при возведении слоев основания автомобильной дороги по классической технологии (отсыпка песком и щебнем).

*Расчет производился по запросу компании «ЦЕМЕНТУМ» для проекта «Объездная автомобильная дорога села Детчино в Малоярославецком районе» (Калужская область). Дорога III категории (2 полосы, каждая — шириной проезжей части 3 м и шириной обочины 2 м), с расчетной интенсивностью движения от 2000 до 6000 приведенных единиц в сутки.

Расчет выполнен с применением программного обеспечения OpenLCA и метода оценки воздействия IPCC 2013 GWP 100a, используемого для подсчета показателя GWP-GHG.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Технология холодной регенерации дорожных одежд



**Ружицкая
Анна Владимировна,**
*руководитель службы
по разработке материалов и технологий
компании «ЦЕМЕНТУМ»*

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

Асфальтобетонный гранулят — материал, получаемый путем холодного фрезерования асфальтобетонного покрытия.

Асфальтобетон вторичный — асфальтобетонный гранулят или переработанный асфальтобетон (RAP).

Асфальтогранулобетонная смесь (АГБС) — вид органоминеральной смеси, получаемой смешением на дороге либо в смесительных установках асфальтобетонного гранулята и/или переработанного асфальтобетона, органического и/или минерального вяжущего и при необходимости скелетного материала, минерального порошка (в том числе порошковых отходов производства) и активных добавок.

Асфальтогранулобетон (АГБ) — уплотненная асфальтогранулобетонная смесь.

Зерновой состав асфальтогранулобетонной смеси — весовое содержание зерен (фракций) различной крупности в материалах фрезерования асфальтогранулобетонной смеси.

Регенерированный слой — конструктивный слой основания дорожной одежды, полученный после уплотнения распределенной асфальтогранулобетонной или грунтобетонной смеси.

Ресайклер — однопроходная универсальная самоходная машина для холодной регенерации слоев старой дорожной одежды; дорожная фреза с возможностью резки обратным ходом.

Скелетный материал — щебень, песок, песчано-гравийная смесь, щебеночно-песчаная смесь и другие материалы.

Смешение на дороге — технологический процесс приготовления всех видов асфальтогранулобетонных или грунтобетонных смесей с добавлением органических и/или минеральных вяжущих непосредственно на месте проведения работ.

Технология холодного ресайклинга (ресайклирование; технология холодной регенерации) — технология фрезерования старого дорожного покрытия с последующим смешением переработанного асфальтобетона с добавлением или без добавления каменного материала с вяжущим и уплотнением получившейся смеси.

Фреза дорожная — многопроходная дорожная машина навесного или прицепного типа.

Характерный участок — участок автомобильной дороги, обладающей одинаковыми транспортно-эксплуатационными характеристиками, конструкцией дорожной одежды и земляного полотна, интенсивностью и составом дорожного движения, состоянием покрытия по видам дефектов.

Холодная органоминеральная смесь — рационально подобранная смесь, получаемая перемешиванием на дороге либо в смесительных уста-

новках (стационарных или мобильных) без нагрева щебня (гравия), песка, добавок (при необходимости) и вторичного асфальтобетона с минеральным или комплексным вяжущим.

Холодная регенерация конструктивных слоев — измельчение конструктивных слоев методом фрезерования с введением при необходимости органических и/или минеральных вяжущих, нового скелетного материала и других добавок, с последующим перемешиванием всех компонентов, распределением полученной асфальтогранулобетонной или грунтобетонной смеси и ее уплотнением.

Основная часть

Холодная регенерация — метод повторного использования переработанного асфальтобетона и/или асфальтобетонного гранулята, предусматривающий введение вяжущего, а при необходимости — скелетного материала, воды и других добавок, перемешивание всех компонентов, распределение и уплотнение смеси.

Данный метод применяется для повышения несущей способности дорожных одежд. Он позволяет восстановить монолитность асфальтобетонных слоев на всю толщину или ее часть, тем самым снизить риск появления отраженных трещин в вышележащих слоях покрытия.

Технология холодной регенерации — процесс, при котором производится:

- измельчение покрытия (в некоторых случаях с захватом части основания) посредством холодного фрезерования;
- введение в образовавшийся асфальтобетонный гранулят при необходимости нового скелетного материала, вяжущего и других добавок;
- перемешивание всех компонентов до получения АГБС;
- распределение ее в виде конструктивного слоя и уплотнение.

Отличительная особенность технологии — восстановление монолитности (сплошности) асфальтобетонных слоев дорожной одежды на всю толщину или ее часть без разогрева асфальтобетона или асфальтобетонного гранулята.

Виды холодной регенерации:

- 1) холодная регенерация «на полную глубину», при которой регенерируется (измельчается барабаном) весь пакет асфальтобетонного слоя с захватом как минимум 3-5 см нижнего слоя основания;
- 2) холодная регенерация «на неполную глубину», при которой часть слоя асфальтобетонного пакета остается неизмельченной.

Показанием для применения метода служит трещиновато-блочное состояние пакета монолитных слоев дорожной одежды. Растрескивание происходит в процессе эксплуатации автомобильных дорог под влиянием циклического воздействия низких температур и движущегося транспорта. На покрытии могут отсутствовать видимые трещины (кроме температурных), поскольку усталостные трещины, возникающие в «подошве» пакета монолитных слоев, еще не достигли в своем развитии поверхности покрытия.

Обследование дорожной одежды

О степени скрытого растрескивания пакета монолитных слоев дорожной одежды можно судить по модулю упругости E_{10} , рассчитанному при 10°C , исходя из данных фактического общего модуля упругости дорожной конструкции и расчетных характеристик конструктивных слоев. При $E_{10} < 1100 \text{ МПа}$ ($E_{20}/E_{10} > 0,60$, где E_{20} — рассчитанный модуль пакета монолитных слоев при 20°C , можно считать, что пакет монолитных слоев дорожной одежды имеет трещиновато-блочную структуру.

Взятие вырубki позволяет оценить толщину всех слоев дорожной одежды и состояние материала, его влажность и плотность (степень уплотнения) в каждом слое. На что следует обратить особое внимание? Длина керна ограничена высотой коронки керноотборника. КERN не должен быть поврежден при выемке. Если зерна крупнее 19 мм, следует применять коронку диаметром 150 мм. При взятии вырубki невозможно получить образцы из неукрепленного материала.

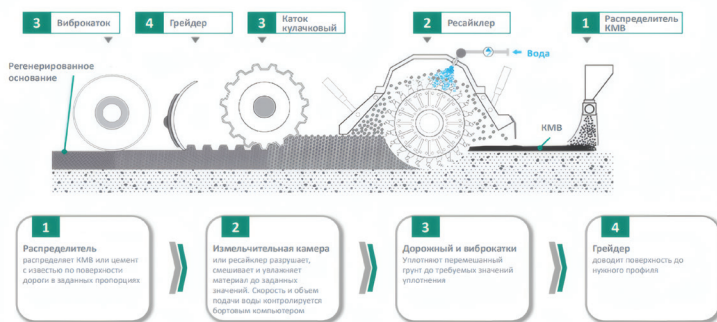


Рис. 1. Технологическая схема холодной регенерации (метод «на дороге»)

Выбор варианта проведения холодной регенерации — на «неполную» или «полную глубину» — зависит от толщины разрушения старого асфальтобетонного покрытия.

Варианты восстановления слоя покрытия



Рекомендуется провести сравнение ресурсным методом фрезирования асфальтобетона с перекрытием 2 слоями: выравнивающим и износа, и холодной регенерации с перекрытием слоем износа из асфальтобетона. Выбрать наиболее экономичный.

* Изображение взято из справочника «Виброкаток. Технологии старого ресайлинга»



Рис. 2. Выбор технологии ремонта автомобильной дороги при разрушениях до 100 мм

Варианты восстановления в случае разрушения верхних конструктивных слоев дорожной одежды



Рис. 3. Выбор технологии ремонта автодороги при разрушениях 100-300 мм

Варианты восстановления в случае глубоко лежащих структурных повреждений

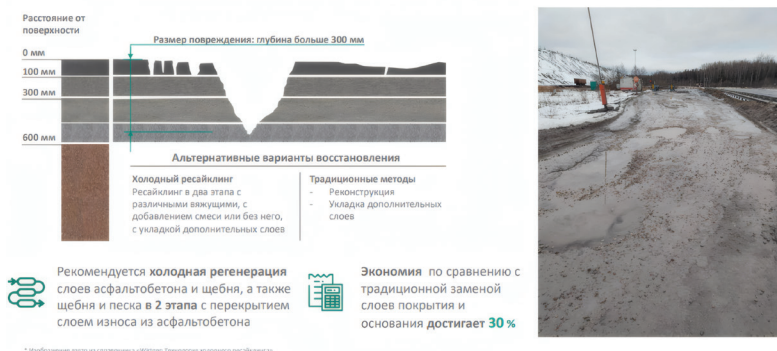


Рис. 4. Выбор технологии ремонта автодороги при разрушениях свыше 300 мм

Распределение неорганического вяжущего

Неорганическое вяжущее (в том числе комплексное минеральное вяжущее) можно внести в виде суспензии через суспензатор в барабан ресайклера, либо путем россыпи его специальной техникой (распределителем вяжущего), обеспечивающей точность внесения материала в килограммах на квадратный метр. При использовании распределителя необходимо постоянно

контролировать дозировку вяжущего (особенно при изменении его партии) на поверхности покрытия и однородность россыпи. Результаты следует фиксировать в соответствующем журнале.

Однородность при измельчении и перемешивании материалов

После прохода ресайклера не должно оставаться комьев, превышающих 50 мм. При выявлении в составе асфальтогранулобетона комков материала более 50 мм количество проходов должно быть увеличено минимум в два раза (т.е. требуется дополнительный проход). Кроме того, рекомендуется предварительно фрезеровать слой асфальтобетонного покрытия на глубину не менее 5-8 см. Таким образом, прочный верхний слой асфальтобетонного покрытия будет разрыхлен, и ресайклер обеспечит однородное перемешивание компонентов без значительного износа резцов на барабане.

Оптимальная влажность гранулята составляет 2% без учета ввода любых других составляющих. При добавлении щебня или щебеночно-песчаной смеси (ЩПС) в слой асфальтобетонного гранулята важно определить оптимальное количество воды, исходя из водопоглощения щебня, либо оптимальной влажности ЩПС с учетом процента ее количества в смеси. При использовании эмульсии также следует учитывать содержание в ней воды для определения оптимальной влажности гранулята.

Виды применяемых вяжущих

Минеральные: комплексные минеральные вяжущие (КМВ), цементы, известь, зола-уноса ТЭЦ, шлаки.

Органические: на основе битума, смол, дегтей.

Химические: химические реагенты, полимеры органического и неорганического происхождения.

Комплексные: смесь минеральных вяжущих с органическими или химическими добавками.

Минеральные вяжущие в процессе регенерации

КМВ и цементы могут работать как вяжущее, либо как блокаторы излишнего органического вяжущего при его высоком содержании в регенерируемом слое. Этот эффект предотвращает риск образования колеи, рекомендованная доля цемента в регенерированном слое — от 2 до 5%. Точное количество определяется только путем выполнения лабораторного подбора с учетом требуемых прочностных характеристик и количества вновь добавляемых материалов.

Известь крайне редко, но все же применяется в холодной регенерации. Задача материала — снизить негативное влияние содержания органического вяжущего в существующем асфальтобетоне, если оно превышает допустимые значения. Кроме того, известь может быть использована при выполнении регенерации «на полную глубину», если при этом в основании слоев существующего асфальтобетона находятся высокопластичные грунты (например, глины, суглинки, ЩПС с глинистым заполнителем). Еще один вариант применения извести — удаление избыточной воды из переувлажненного слоя и материала, с которым предстоит работать.

Золы-уноса, как и шлаки, в зависимости от степени активности могут работать как вяжущее и как наполнитель, улучшающий зерновой состав АГБС. Некоторые особенно малоактивные золы и шлаки нуждаются в активаторе своих вяжущих свойств. Таким активатором выступает цемент в обоих случаях.

Напомним о двух видах активности золы:

Наименование материала	Содержание $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, %	Содержание CaO , %
Зола класса F	70	15 и ниже
Зола класса C	50	15 и выше (20-40)

Таблица 1. Классификация золы-уноса на классы по химическому составу (ASTM C618)

Органические вяжущие в процессе регенерации

Битумные эмульсии и вспененный битум вводятся в стабилизируемый материал с целью снижения трещинообразования в слое регенерации.

Битумная эмульсия — это дисперсия битума в воде. Состоит из битумного вяжущего (40-70%), воды и эмульгатора. В некоторых случаях эмульсия может содержать добавки, улучшающие свойства смеси (повышающие сцепление), или полимеры. Для регенерации применяется битумная эмульсия ЭБДК М/ЭБПДК М по ГОСТ Р 58952.1-2020.

Важно: при работе с битумной эмульсией необходимо строго контролировать процесс смешения компонентов, не допускать сворачивания эмульсии (образования комочков с мелким наполнителем). Она должна быть хорошо перемешанной в смеси.

Химические реагенты в процессе регенерации

Если состав регенерируемого слоя не выдерживает испытаний на прочность, в лаборатории применяют химические вяжущие (реагенты). Иногда они становятся одним из компонентов комплексного вяжущего. К химическим вяжущим относятся в основном *полимеры*.

Работа полимеров в составе основывается на воздействии химической составляющей реагента непосредственно на каждую частицу смеси, изменяя при этом ее поверхность, которая в свою очередь меняет свои характеристики. Конечно, приоритетной задачей химического вяжущего является изменение гидрофобности смеси, а в некоторых случаях еще и создание «скелета» из частиц, воспринимающего нагрузки изгиба и растяжения без проявления трещинообразования.

Комплексные вяжущие в процессе регенерации

Самыми распространенными являются смеси КМВ, состоящие из цемента и битумной эмульсии в разном процентном соотношении, а также смеси цемента и вспененного битума.

Применение комплексного вяжущего всегда должно быть обоснованным путем лабораторного подбора.

Подбор состава регенерации

1. Этап оценки качественных характеристик существующего асфальтобетона.
 - 1.1. Определить толщину существующего пакета асфальтобетона на объекте.
 - 1.2. Произвести осмотр участка, оценить его состояние, выявить характерные места разрушений и колеи.
 - 1.3. Определить места отбора проб и отобрать керны на всю глубину слоев асфальтобетона (если такое возможно).
 - 1.4. Отобрать керны диаметром не менее 150 мм на максимальную глубину (нельзя отбирать керны по оси проезжей части).
 - 1.5. Произвести замеры толщин слоев в выбуренных кернах, визуально оценить толщины всех слоев дорожной одежды.
 - 1.6. Выжечь из образцов битумную часть и определить содержание остаточного вяжущего.
 - 1.7. Выполнить рассев минеральной части и определить содержание щебня в существующем асфальтобетоне.
2. Этап оценки потребности в добавлении новых минеральных материалов.
 - 2.1. Исходя из полученных результатов относительно качества существующего асфальтобетона и содержания в нем щебня определить необходимость ввода дополнительных компонентов.
 - 2.1.1. Если доля щебня составляет менее 50%, то потребуется ввести щебень или другой каркасный материал.
 - 2.1.2. При показателе более 60% щебень или каркасный материал можно не вводить при условии, что объема смеси достаточно на объекте.
 - 2.1.3. Если содержание щебня варьируется от 50% до 60%, то лучше добавить щебень или каркасный материал.
 - 2.1.4. Объем щебня или каркасного материала в результате не должен превышать 60-70%.
 - 2.1.5. Зерновой состав смеси в конечном итоге должен соответствовать требованиям нормативного документа, по которому производится подбор состава.

3. Этап оценки потребности в вяжущих материалах и их количестве.

3.1. Исходя из полученных результатов по содержанию остаточного вяжущего выбрать возможные типы и количество вяжущего.

3.1.1. Содержание остаточного вяжущего — менее 5%: в материал возможен ввод битумного вяжущего (битумной эмульсии или вспененного битума), либо цемента / КМВ или комплексного вяжущего.

3.1.2. Содержание остаточного вяжущего — более 5%: в материал возможен ввод битумного вяжущего (битумной эмульсии или вспененного битума), только если предусматривается добавление в состав смеси нового скелетного материала в объеме, достаточном для снижения количества остаточного битумного вяжущего.

3.1.3. Итоговый объем битумного вяжущего в общем составе не должен превышать 5,5% с целью недопущения колееобразования на регенерированной смеси.

4. Этап подбора состава.

4.1. Подготовить керны для подбора состава путем дробления их в лабораторной дробилке. Высушить асфальтогранулят до постоянной массы.

4.2. Взять (при необходимости) требуемое количество сухого нового скелетного материала и перемешать его с асфальтогранулятом.

4.3. Рассчитать теоретическую оптимальную влажность. Для этого определить оптимальную влажность вновь добавляемого материала и принять оптимальную влажность гранулята 2%, по процентному содержанию в смеси рассчитать теоретическое значение оптимальной влажности смеси. Если в состав будет добавляться битумная эмульсия, то содержащаяся в ней вода должна быть учтена при подборе как оптимальная влажность минус процент воды в эмульсии.

4.4. Добавить цемент в требуемом процентном отношении в расчете на сухой материал смеси. Все тщательно перемешать.

4.5. Если добавляется битумная эмульсия, то сначала ввести в состав воду и затем эмульсию. Все тщательно перемешать. Если эмульсия не добавляется, то ввести в состав воду и все перемешать.

4.6. Изготовить образцы по ГОСТ Р 70197.2-2022.

4.7. После изготовления образцы поместить в камеру нормального твердения, если в качестве вяжущего применялся цемент или комплексное минеральное вяжущее. Если в качестве вяжущего использо-

валась битумная эмульсия без минерального вяжущего, то образцы хранят на воздухе.

4.8. Через 3 (7) или 14 суток в зависимости от применяемого вяжущего проводится оценка прочностных и качественных характеристик. При подборе рекомендовано выполнять несколько серий образцов с различным содержанием вяжущего.

4.9. На основании полученных данных определяется оптимальный состав и оформляется рецепт.

Тип материала, включая RAP											
Вид вяжущего	Хорошо отсортированный гравий	Плохо отсортированный гравий	Пылевидный гравий	Глинистый гравий	Хорошо отсортированный песок	Плохо отсортированный песок	Пылеватый песок	Глинистый песок	Ил, ил с песком	Непластичная глина	Эластичный ил
Битумная эмульсия	x	x	x	x	x	x	x				
Вспененный битум	x		x	x	x	x	x				
Цемент, цемент + зола/ (известь), самоцементирующаяся зольная пыль класса С	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Известь								x		x	x
Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + минеральное вяжущее)	x	x	x	x	x	x	x				

Таблица 2. Выбор вяжущего

Расход (ориентировочный) вяжущих материалов в зависимости от типа технологии и вида асфальтогранулята (АГ), %								
Вид асфальто-гранулята (АГ)	Цемент		Известь + цемент		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент)		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + известь)	
	Холод-ная регене-рация на полную глубину	ре-сайклинг на за-данную глубину	Холод-ная регене-рация на полную глубину	ре-сайклинг на за-данную глубину	Холод-ная регене-рация на полную глубину	ре-сайклинг на за-данную глубину	Холод-ная регене-рация на полную глубину	ре-сайклинг на за-данную глубину
Асфальто-гранулят оптимального состава или близкий к нему, с нормальным содержанием крупных частиц	3-6	2-5	(2-3) + (3-4)	(0-2) + (3-4)	(3-5) + (3-5)	(3-5) + (2-4)	(2-6) + (3-5)	(2-6) + (3-5)
Асфальто-гранулят не оптимального состава с ма-лым содержа-нием крупных частиц	4-6	3-6	(0-3) + (3-4)	(0-2) + (3-4)	(3-5) + (3-4)	(3-4) + (3-4)	(3-6) + (0-3)	(3-6) + (0-2)

Таблица 3. Определение количества вяжущего

Преимущества применения технологии холодного ресайклинга по сравнению с традиционным методом капитального ремонта:

- 1) до 100% снижение затрат на утилизацию;
- 2) до 90% сокращение транспортных затрат;
- 3) до 90% снижение потребления строительных ресурсов;
- 4) до 50% уменьшение нижнего слоя покрытия;
- 5) до 50% сокращение сроков работ;
- 6) до 50% снижение общей стоимости;
- 7) максимальное использование доступных вторичных материалов.

Используемая литература

1. ОДМ 218.6.1.005-2021. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог мето-дом холодной регенерации (с Изменением).

2. ГОСТ Р 70197.1-2022. «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия».
3. ГОСТ Р 70197.2. «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Методы испытаний».
4. ГОСТ Р 70197.3-2022. «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Правила производства работ».
5. ГОСТ Р 59118.1-2020. «Дороги автомобильные общего пользования. Переработанный асфальтобетон (RAP). Технические условия».
6. ГОСТ Р 70196. «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия».

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Устройство оснований дорожных одежд с применением минеральных вяжущих и цементобетона



**Хрищатая
Екатерина Владимировна,**
руководитель направления
«Автомобильные дороги»
компании «ЦЕМЕНТУМ»

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

Автомобильная дорога (АД) — комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и/или грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения.

Дорожная одежда — многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая ее на грунт. Дорожные одежды классифицируют по типам исходя из их капитальности.

Основание дорожной одежды — несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна.

Основание цементобетонное (ЦБ-основание) — конструктивный слой дорожной одежды или нижний слой двухслойного цементобетонного покрытия, построенный из уплотненной цементобетонной смеси, включая укатываемый бетон или другие низкомарочные бетоны.

Реконструкция автомобильной дороги — комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение параметров автомобильной дороги, ее участков, ведущий к изменению класса и/или категории автомобильной дороги либо влекущий за собой изменение границы полосы отвода автомобильной дороги.

Ремонт автомобильной дороги — комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги, при выполнении которых не затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги.

Капитальный ремонт — комплекс работ по замене и/или восстановлению конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и/или их частей, выполнение которых осуществляется в пределах установленных допустимых значений и технических характеристик класса и категории автомобильной дороги и при выполнении которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги и не изменяются границы полосы отвода автомобильной дороги и ее геометрические элементы.

Бетоносмесительная установка (БСУ) — оборудование, при помощи которого осуществляется производство бетона и смешивание растворов на его основе. Принцип действия устройств основывается на вибрационных воздействиях, вследствие которых сыпучие материалы преобразуются в тяжелую однородную жидкую смесь.

Цементобетонный завод (ЦБЗ) — производственное предприятие дорожной организации для приготовления цементобетонных смесей или компонентов сухой смеси, которое состоит из комплекса машин, зданий и сооружений стационарного или передвижного типа с автоматизиро-

ванным управлением, расположенных в определенной технологической последовательности и обеспечивающих хранение, перемещение, дозирование и перемешивание компонентов смеси с выдачей готовой или сухой смеси в транспортные средства для доставки ее на объекты строительства.

Грунтосмесительная установка (ГСУ) — установка для рыхления и измельчения грунта и смешивания его с вяжущими материалами при постройке дорог облегченного типа и оснований дорожной одежды и аэродромных покрытий.

Основная часть

Цементобетонное основание является одним из наиболее надежных и перспективных решений при строительстве автомобильных дорог. Оно обладает высокой прочностью, долговечностью, устойчивостью к воздействию внешних факторов. Применение цементобетона экономически эффективно. Однако, как и любой другой материал, он имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при проектировании и строительстве АД.

В данной статье рассмотрены ключевые аспекты и принципы устройства ЦБ-основания автомобильных дорог. Приведена информация об основных методах и технологиях устройства оснований АД из цементобетона.

Жесткая дорожная одежда с основанием из цементобетона применяется на дорогах с высокой интенсивностью движения. Она увеличивает жизненный цикл АД, обеспечивает более высокую прочность и долговечность по сравнению с нежесткой дорожной одеждой.

Основными преимуществами применения цементобетона являются сокращение общей толщины основания, снижение затрат на транспортировку материалов для его устройства, повышение несущей способности дорожной одежды и увеличение межремонтных сроков службы.

При устройстве жесткой дорожной одежды с ЦБ-основанием применяется тяжелый бетон. Для приготовления бетонной смеси в качестве заполнителей

могут использоваться различные местные инертные материалы, минеральным вяжущим является цемент. Бетонную смесь выпускают различные бетоносмесительные установки и цементобетонные заводы, расположенные в радиусе до 25 км от строительного объекта. Их количество и производительность рассчитывается индивидуально, в зависимости от темпа и технологии предполагаемого строительства.

Толщину слоя цементобетонного основания (обычно 15-25 сантиметров), а также требования к прочностным показателям бетона на растяжение при изгибе (от $R_{bt} 1,2$ до $R_{bt} 2,8$) определяют при проектировании с учетом дорожно-климатической зоны проектируемого объекта. Требования к морозостойкости бетона, как правило, не превышают стандартов, действующих в отношении марки F100, марка по водонепроницаемости бетона — не более W6.

Производство работ по строительству цементобетонного основания вне зависимости от применяемой технологии и требований к бетону делится на следующие этапы:

- 1) подготовка и профилирование участка;
- 2) приготовление бетонной смеси на БСУ или ЦБЗ;
- 3) транспортирование бетонной смеси до строительного участка;
- 4) укладка и уплотнение бетонной смеси;
- 5) нанесение на поверхность пленкообразующего материала и уход за бетоном;
- 6) нарезка деформационных швов (при необходимости, если требует проект);
- 7) устройство верхних слоев покрытия.

Важным условием проектирования и строительства жестких дорожных одежд с цементобетонным основанием является оценка необходимости применения и расположения швов. Они нужны для предотвращения появления трещин в основании. Швы позволяют бетону расширяться и сжиматься без повреждений, а также снижают напряжение, возникающее при изменении температуры и влажности.

Нарезка швов в цементобетонных основаниях может производиться различными способами в зависимости от требований и условий проекта. На выбор технологии нарезки швов влияет также наличие необходимого оборудования и квалификация персонала.

Существуют основные методы, которые могут применяться при нарезке швов.

1. Ручная нарезка с использованием специальных инструментов: ручных пил и фрез. Этот метод подходит для выполнения небольших объемов работ и позволяет контролировать глубину и ширину шва.
2. Механизированная нарезка с использованием такого специализированного оборудования, как нарезчики швов, которые могут работать на различных типах поверхностей и обеспечивать высокую производительность.

В настоящее время применяются следующие технологии строительства цементобетонных оснований автомобильных дорог:

- строительство оснований с применением виброрейки;
- строительство оснований с укладкой жестких бетонных смесей асфальтоукладчиком или автогрейдером с уплотнением дорожными катками;
- строительство оснований с укладкой бетонных смесей бетоноукладочным комплексом в скользящей опалубке.

Для устройства ЦБ-оснований с помощью виброрейки необходимы следующие ресурсы:

- 1) БСУ или ЦБЗ в радиусе доступности объекта, общая производительность — от 60 кубических метров в час;
- 2) автобетоносмесители — для транспортировки бетонной смеси с показателем подвижности П2-П4. Минимальный перевозимый объем в одной машине — 7 кубометров бетонной смеси. Количество автобетоносмесителей рассчитывается исходя из необходимой сменной производительности строительного участка;
- 3) виброрейки — для уплотнения и выравнивания бетонной смеси. Различаются по типу двигателя (бензиновый или электрический), типу движения (прямые, угловые, реверсивные); размеру и мощности (легкие, средние, тяжелые). Выбор применяемых виброреек зависит от сложности и площади выполняемых работ;

- 4) опалубка — для придания бетону необходимой формы и направления. Она бывает металлической, отделанной ламинированной фанерой, деревянной и комбинированной. Применение опалубки предполагает наличие карты опалубочных работ — комплекс работ по ее монтажу и периодическому перемещению;
- 5) арматура — для усиления бетонного основания. Стальная арматура служит для формирования каркаса, ее расположение и шаг закладывается в проекте. Для производства арматурных работ необходим комплекс специального оборудования из гибочных и отрезных станков или ручного электроинструмента;
- 6) бетононасосы — для подачи бетонной смеси на большие расстояния. Применяются по необходимости. Рекомендуемая минимальная длина «хобота» — 24 метра;
- 7) промышленные распылители — используются для нанесения пленкообразующего материала ручным способом;
- 8) пленкообразующий материал — для ухода за бетоном. В России встречаются в основном водные эмульсии на парафиновой основе;
- 9) персонал — для реализации проекта необходима квалифицированная бригада.

Данная технология применима при строительстве дорог малой протяженности, в том числе складских, сельскохозяйственных и производственных территорий. Технология отличается доступностью, не требует наличия специализированной дорожной техники.

Для строительства оснований с укладкой жестких бетонных смесей асфальтоукладчиком или бетоноукладчиком с уплотнением вибрационными катками необходимы следующие ресурсы:

- 1) БСУ или ЦБЗ в радиусе доступности объекта производительностью от 100 кубических метров в час. Предпочтение следует отдавать установкам с двухвальными смесителями и бункерами под инертные материалы (не менее 4);
- 2) группа ГСУ общей производительностью от 200 тонн в час — применяется для производства щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных цементом. Предпочтение также отдается установкам с двухвальными смесителями и бункерами под инертные материалы (не менее 4);

- 3) автосамосвалы — для транспортирования бетонной смеси с уровнем подвижности Ж2-Ж4. Минимальный перевозимый объем в одной машине — 8 кубических метров бетонной смеси. Количество автосамосвалов рассчитывается исходя из необходимой сменной производительности строительного участка. Самосвалы также используются для транспортировки щебеночно-гравийно-песчаной смеси, обработанной цементом;
- 4) автоцистерна с водой — применяется по необходимости для предварительного увлажнения поверхности до устройства слоя из цементобетона и для обеспечения водой оборудования, предназначенного для нарезки деформационных швов;
- 5) асфальтоукладчик — для распределения и выравнивания бетонной смеси. Максимально возможная толщина распределенного слоя — 25 сантиметров. Ширина захватки — настраиваемая, зависит от модели асфальтоукладчика;
- 6) автогрейдер — может применяться в качестве альтернативы асфальтоукладчику, а также в случаях необходимости распределения бетонной смеси толщиной более 25 сантиметров;
- 7) фронтальный погрузчик — может использоваться для перемещения разгруженной бетонной смеси по участку;
- 8) тандем из гладковальцовых и пневмошинных катков — для укатки бетонной смеси до необходимого коэффициента уплотнения. Модель, масса, количество катков и их проходов определяется индивидуально в зависимости от толщины укладываемого слоя;
- 9) промышленные распылители — для нанесения пленкообразующего материала ручным способом. При большой сменной производительности участка в данных целях рекомендуется использовать автоматизированные установки;
- 10) пленкообразующий материал — основной материал для ухода за бетоном. В России встречаются в основном водные эмульсии на парафиновой основе;
- 11) нарезчики швов — применяются в случае, если проектной документацией предусмотрена нарезки швов. При использовании нарезчиков швов важно обеспечить наличие воды. Работы осуществляются оператором после достижения прочности бетона на сжатие 8 МПа;

- 12) персонал — для реализации проекта необходима квалифицированная бригада машинистов специализированной дорожной техники и оборудования, сотрудники лаборатории для операционного контроля качества выполняемых работ.

Данная технология применима при строительстве всех категорий автомобильных дорог. Отличается достаточно высокой скоростью производимых работ и экономичностью за счет использования доступной дорожно-строительной техники и строительных материалов.

При строительстве оснований с укладкой бетонных смесей бетоноукладочным комплексом в скользящей опалубке применяются следующие материалы, оборудование и человеческие ресурсы:

- 1) БСУ или ЦБЗ в радиусе доступности объекта производительностью от 120 кубических метров в час. Предпочтение необходимо отдавать установкам с двухвальными смесителями, оснащенным двумя дозаторами под химические добавки и бункерами (не менее 4) для инертных материалов;
- 2) самосвалы — для транспортировки бетонной смеси подвижностью П1-П2. Минимальный перевозимый объем бетонной смеси в одной машине составляет 8-10 кубических метров. Количество самосвалов должно быть достаточным для обеспечения бесперебойной поставки бетонной смеси на объект, по мере его удаленности от БСУ / ЦБЗ число единиц транспорта увеличивают. Ритмичность поставок определяется в зависимости от производительности комплекса БСУ / ЦБЗ и скорости бетоноукладчика;
- 3) автоцистерна с водой (водовозка) — применяется по необходимости для увлажнения подбетонного слоя и для обеспечения водой оборудования для нарезки швов;
- 4) фронтальный погрузчик — может использоваться для перемещения разгруженной бетонной смеси по участку. В случае высокой скорости укладки при необходимости применяется распределитель / перегружатель бетонной смеси;
- 5) бетоноукладочный комплекс — строительная машина, выполняющая комплекс работ по распределению, укладке и уплотнению бетонной смеси. Максимально возможная толщина распределенного слоя и ширина

укладки зависят от модели бетоноукладчика. Толщина укладываемого слоя может достигать 50 сантиметров, а ширина — 16 метров. Бетоноукладчик оборудован гидравлическими или электрическими вибраторами для достижения максимальной плотности и однородности уложенного слоя. Широкое применение получили бетоноукладочные комплексы GOMAKO (США) и Wirtgen (Германия);

- 6) пленкообразующий материал — служит для ухода за бетоном. В России встречаются в основном водные эмульсии на парафиновой основе;
- 7) нарезчики швов — применяются в случае, если проектной документацией предусмотрено устройство деформационных швов. Для использования оборудования необходимо обеспечить наличие воды. Работы осуществляются оператором после достижения прочности бетона на сжатие 8-10 МПа;
- 8) персонал — для реализации проекта необходима квалифицированная бригада машинистов специализированной дорожной техники и оборудования, сотрудники лаборатории для операционного контроля качества выполняемых работ.

Данная технология применима при строительстве всех категорий автомобильных дорог. Отличается высокой скоростью производимых работ и экономичностью. При устройстве бетонного основания с помощью бетоноукладчика достигается высокая однородность, сплошность и плотность уложенного слоя, а также максимально необходимая ровность и уклон профиля дорожной одежды.

Контроль качества работ

При устройстве цементобетонного основания ведется постоянный контроль за соблюдением требований проектных и нормативно-технических документов. Он осуществляется на всех этапах строительства инженерно-техническим отделом и лабораторией.

В процессе дорожно-строительных работ выполняются:

- 1) лабораторный входной контроль всех материалов;
- 2) операционный контроль и корректировка состава бетонной смеси;

- 3) проверка геодезических отметок, маяков, расположения копирных струн;
- 4) контроль качества уплотнения нижележащего слоя;
- 5) при применении виброрейки — проверка качества выполненных арматурных и опалубочных работ согласно ППР, а также высоты защитного слоя;
- 6) проверка работоспособности узлов и агрегатов применяемой при укладке дорожно-строительной техники;
- 7) контроль соблюдения режима доставки бетонной смеси на объект, скорости бетонирования, шага и частоты уплотнения бетонной смеси;
- 8) контроль геометрических параметров, толщины и ширины укладываемого слоя;
- 9) оценка качества уплотнения и ровности поверхности уложенного слоя;
- 10) контроль расхода пленкообразующего материала и качества его нанесения;
- 11) контроль за соблюдением сроков проведения мероприятий по уходу за уложенным бетоном для того, чтобы предотвратить появление температурно-усадочных трещин;
- 12) проверка своевременности нарезки деформационных швов, их расположения, глубины нарезки;
- 13) оценка прочности уложенного слоя в промежуточном и проектном возрастах разрушающими и неразрушающими методами;
- 14) оценка компетенций сотрудников, осуществляющих производство работ.

Оценка качества бетонных смесей и бетона проводится по следующим нормативно-техническим документам:

- ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний» (устанавливает методы испытаний бетонных смесей);
- ГОСТ Р 59301-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства оснований и покрытий» (устанавливает методы испытаний бетонных смесей);
- ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности бетона» (устанавливает методы определения прочности бетона на сжатие, растяжение при изгибе и осевое растяжение);
- ГОСТ Р 70363-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний» (устанавливает методы определения прочности бетона на сжатие, растяжение при изгибе и осевое растяжение).

Оценка прочности бетона выполняется по следующим нормативно-техническим документам:

- ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»;
- ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности»;
- ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля»;
- ГОСТ 28570-2019 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций».

Оценка качества щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных цементом, осуществляется по следующим нормативно-техническим документам:

- ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия»;
- ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия».

Контроль качества выполнения работ осуществляется согласно ППР или ГОСТ Р 70364-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ».

Автомобильные дороги в России эксплуатируются в сложных условиях постоянно растущей интенсивности движения транспортных средств и возрастающей нагрузки на ось. Применение цементобетона в основаниях значительно увеличивает межремонтные сроки, обеспечивая долговечность, качество и безопасность дорог.

Используемая литература, нормативные ссылки

1. ГОСТ Р 70364-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ» (приказ Росстандарта от 14.11.2022 № 1278-ст). Введен в действие с 1 декабря 2022 г.

2. Методические рекомендации «Строительство цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» (Министерство строительства и ЖКХ РФ, ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве»). Москва, 2018 г.
3. Ю.Г. Жуков, руководитель рабочей группы технического регулирования Ассоциации бетонных дорог. Презентация «Строительство дорожных оснований с применением минеральных вяжущих и цементобетона». II Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих», г. Москва, 29 сентября 2022 г.
4. Ю.Г. Жуков, представитель ООО «Виртген-Интернациональ-Сервис». Презентация «Строительство бетонных оснований для обеспечения нормативных сроков службы дорожных одежд». VIII Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии — пути повышения межремонтных сроков службы автомобильных дорог», г. Москва, 27 января 2022 г.
5. В.В. Ушаков, Президент Ассоциации бетонных дорог, д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ. Презентация «Обеспечение нормативных сроков службы автомобильных дорог с применением инновационных технологий». Международная выставка строительной техники и технологий СТТ Экспо 2022, г. Москва, 24 мая 2022 г.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Особенности использования полисульфидных герметиков для герметизации швов цементобетонных покрытий автомобильных дорог



Гладков

Сергей Александрович,

генеральный директор

ООО «Производственная Компания «САЗИ»

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

(Строительные) герметики — герметизирующие полимерные вязкотекучие при нанесении строительные материалы, применяемые для заполнения стыков и соединений элементов строительных конструкций, обеспечивающие разделение двух отличных друг от друга сред и ограничивающие проникновение воздуха и (или) влаги из одной среды в другую.

Отверждающиеся герметики — строительные герметики, которые, будучи приведенными в рабочее состояние, необратимо теряют свои текучие свойства (набирают твердость).

Тиксотропность — способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя.

Покрытие дорожное цементобетонное — капитальное покрытие, монолитное, сооружаемое из цементобетонных (или полимербетонных) смесей,

уплотняемых на месте работ, или сборное (сплошное или колежное) из индустриально заготовленных железобетонных плит.

Стык — область в непосредственной близости от границ сопрягаемых элементов строительной конструкции, герметизация которой превращает эти элементы в единую конструкцию.

Шов — конструктивный элемент, результат заделки стыка между элементами строительной конструкции герметиками.

Введение

В данной статье рассматриваются особенности применения полисульфидных герметиков для заделки швов цементобетонных покрытий автомобильных дорог, эффективность данных материалов по сравнению с традиционно используемыми аналогами, вопросы технологии проведения работ с этими герметиками.

В ходе строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог важно предусмотреть использование надежных, качественных материалов для герметизации деформационных швов. Полисульфидные герметики получили широкое применение в авиастроении, атомной и электронной, нефтяной промышленности, приборостроении.

В сфере строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов полисульфидные герметики в течение нескольких десятков лет успешно используются за рубежом.

Основная часть

1. Материалы

Рассматриваемые в данной статье материалы для герметизации деформационных швов цементобетонных покрытий обладают уникальным набором свойств, который обеспечивается благодаря полисульфиду — синтетическому полимеру, являющемуся основой данных герметиков.

Полисульфидный полимер не существует в природе, он изготавливается в промышленных условиях из неполимерных исходных видов сырья и состоит из регулярно повторяющихся органических радикальных групп, связанных между собой атомами серы — так называемыми полисульфидными мостами (отсюда и наименование полимера). Структура молекулы полисульфидного полимера представлена на *рис. 1*.

Полисульфидные мосты отличаются чрезвычайно высокой устойчивостью к влиянию широкого спектра агрессивных факторов, включая нефть и нефтепродукты, продукты сгорания топлива, ультрафиолет, противогололедные реагенты. Этот материал эффективно работает в диапазоне температур от -70°C до $+130^{\circ}\text{C}$.

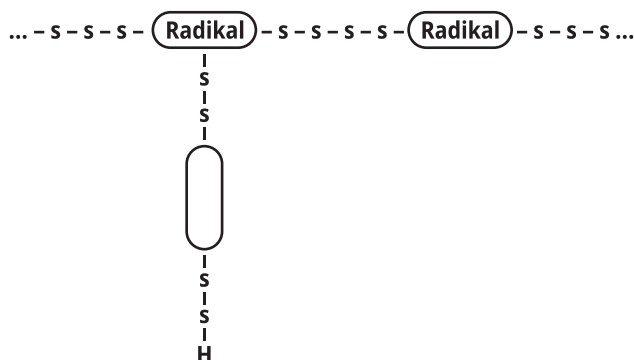


Рис. 1. Структура молекулы полисульфидного полимера

Кроме того, герметик содержит не только полимер, но и большой набор тщательно подобранных других веществ (наполнителей, пластификаторов и др.), благодаря которым разработчики могут создавать герметики с широким диапазоном других технических характеристик: текучести (для заливочных составов), тиксотропности (для герметиков, предназначенных для заделки наклонных и вертикальных швов), с заданным уровнем жесткости в шве и т. д.

Как показывают исследования и практический опыт применения, полисульфидные герметики надежно работают в швах цементобетонных покрытий дорог в течение длительного, 10÷15 лет, межремонтного срока. Однако для этого необходимо проводить работы по герметизации швов на цементобетонных покрытиях в точном соответствии с технологическими требованиями разработчика материала.

Ключевые аспекты, на которых следует заострить внимание:

- погодные условия в момент проведения работ;
- подготовка поверхностей стыков перед заливкой герметика;
- корректное смешение паст герметика¹;
- обеспечение геометрии и размеров шва при заливке герметика;
- соблюдение правил содержания шва на время набора герметиком эксплуатационных свойств.

2. Технология герметизации шва полисульфидными герметиками и технологическая оснастка и оборудование

Технология герметизации швов полисульфидными герметиками состоит из следующих операций:

- 1) нарезка паза;
- 2) очистка паза от мусора и несвязанных частиц;
- 3) укладка прокладки для обеспечения заданной толщины и геометрии шва;
- 4) обезжиривание стенок стыка;
- 5) праймирование стенок стыка в зоне контакта с герметиками при формировании шва;
- 6) подготовка герметика к использованию (заключается в смешении его компонентов);
- 7) заливка герметика в стыки.

* — Полисульфидный герметик состоит из двух паст: в первой, основной, содержится непосредственно полисульфидный полимер, во второй («вулканизирующей»), — катализатор, который после смешения паст оказывается вблизи полисульфидных окончаний и запускает химическую реакцию их соединения в полисульфидные мосты, таким образом удлиняя полимерные цепи и «сшивая» их между собой. Это приводит к нарастанию вязкости смеси и превращению ее в эластичную резиноподобную массу (по сути, полисульфидные герметики и есть резины, только не горячей, а холодной вулканизации).

Операции 1,2,3,4,5 выполняются так же, как и при заливке швов мастиками горячего применения.

Для выполнения технологических операций 6,7 используется специализированное технологическое оснащение. Смешение компонентов герметика производится с помощью смесительного устройства, а заливка в стыки — с помощью пневмопистолета, как указано на *Рис. 2* и *Рис. 3*. Энергопитание этих устройств производится от стандартного генератора.



Рис. 2. Смесивающее устройство



Рис. 3. Пример устройства частичного цикла

3. Экономическое сравнение технологий заливки швов полисульфидным герметиком и мастиками горячего применения

Несмотря на существенно более высокую стоимость полисульфидного герметика, стоимость одного погонного метра шва, выполненного с его исполь-

зованием, лишь незначительно, на 20÷30%, превышает стоимость метра шва с мастиками горячего применения.

Это связано с кратно меньшим расходом герметика в сравнении с такими мастиками (на *Рис. 4* представлена геометрия шва с полисульфидным герметиком), применением очень дешевых нетермостойких прокладок под шов, малым расходом энергии на подготовку и ведение производственного процесса.

Кроме того, указанная разница в стоимости погонного метра пренебрежимо мало влияет на общую смету строительства или ремонта дорожного покрытия. А с учетом очень длительного межремонтного срока эксплуатации швы с полисульфидными герметиками обеспечивают в несколько раз меньшие затраты на жизненный цикл.

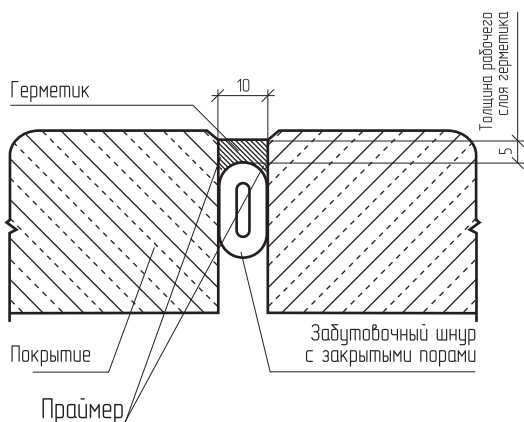


Рис. 4. Геометрия шва с полисульфидным герметиком

Выводы

С 70-х годов прошлого века во всем мире бурно развивается промышленность синтетических материалов. Сфера их использования постоянно расширяется благодаря значительно более высоким эксплуатационным свойствам

по сравнению с материалами природного происхождения. Синтетические материалы активно применяются в быту и промышленности, в домостроении, во многих отраслях экономики. Целесообразно их использование и в транспортном строительстве.

Для герметизации деформационных швов цементобетонных покрытий традиционно используют битумно-полимерные герметики. Однако полисульфид — более чем достойная альтернатива.

Отсутствие практики использования полисульфидных герметиков при строительстве цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов в России — это исключение из общемировой тенденции. Сегодня в нашей стране имеется всё необходимое для обеспечения дорожной отрасли такими материалами: сырье и производственные мощности, доступное оборудование для герметизации. Имеются также специалисты, готовые оказать квалифицированную помощь на этапе проектирования дорог и согласования документации и способные предложить различные конструкции деформационных швов.

Есть уверенность в том, что со временем полисульфидные герметики займут прочные позиции на отечественном рынке герметизирующих материалов.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме →



Технология строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог



Семаш
Дмитрий Владимирович,
генеральный директор
ООО «Альянс-Сервис»



Шевелев
Александр Изосимович,
директор департамента
ДСТ АО «Квинтмади»

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

Анкер — крепежное изделие, которое различными способами закрепляется в несущем основании и удерживает какую-либо конструкцию.

Армирование — метод увеличения несущей способности конструкции при помощи материала с более высокими показателями прочности, чем у основы. Широко применяется в промышленном, дорожном, гражданском строительстве.

Деформационный шов — разрез в конструкции сооружения, разделяющий его на блоки для повышения упругости. Данный элемент конструкции позволяет перераспределить нагрузки в зонах возможных деформаций, которые создаются сейсмическими явлениями, усадкой почвы и прочими внешними факторами.

Дюбель — крепежный элемент закрытого типа, который предназначен для крепления строительных материалов к разным поверхностям.

Керн — образец цементобетона, имеющий цилиндрическую форму и извлекаемый из одного или нескольких слоев дорожной конструкции путем бурения. Отбор кернов осуществляется с целью контроля качества работ, определения физико-механических характеристик смеси (толщины слоя, степени уплотнения и т.д.).

Копирная струна — стальная проволока, нейлоновый шнур или синтетический трос, который натягивается между опорными точками (штырями или кронштейнами) для обеспечения ровности и точности укладки покрытия.

Осадка конуса — понятие, характеризующее пластичность бетона. Показатель, измеряемый в сантиметрах, позволяет просчитать, насколько опустится бетонная смесь после снятия формы конуса.

Сменная захватка — линейный участок строительства, на котором заданный объем работ выполняют за единицу времени (как правило, за смену). Длину захватки определяют с учетом требований технологии производства работ и рационального использования оборудования.

Удобоукладываемость — способность бетонной смеси заполнять форму при заданном способе уплотнения и образовывать в результате уплотнения плотную, однородную массу.

Уплотнение — процесс, позволяющий с помощью специального оборудования удалить из бетонной смеси воздух, равномерно распределить крупно- и мелкофракционные заполнители.

Введение

Сегодня перед дорожной отраслью Российской Федерации стоит задача по развитию сети безопасных качественных автомобильных дорог. Ее решение предполагает внедрение инновационных технологий и материалов, позволяющих существенно увеличить срок службы дорожных одежд и покрытий, снизить расходы на содержание и ремонт объектов в течение всего жизненного цикла.

Долговечность автомобильных дорог, не требующих значительных эксплуатационных затрат, может быть обеспечена за счет более широкого применения цементобетона в конструктивных слоях дорожных одежд. Однако о преимуществах цементобетонных покрытий — длительном сроке службы и межремонтном периоде, экономической эффективности соответствующих проектов, экологической безопасности и многих других — можно говорить лишь при строгом соблюдении технологии строительства, должном уходе за свежееуложенной смесью, надлежащем контроле качества материалов и работ.

В данной статье рассмотрены основные этапы цикла работ по устройству однослойных цементобетонных покрытий с применением бетоноукладчиков со скользящими формами, даны рекомендации по выполнению технологических операций, организации контроля качества работ.

Основная часть

1. Порядок работ по устройству однослойных покрытий и оснований с помощью бетоноукладчиков со скользящими формами

Цикл работ по устройству однослойных цементобетонных покрытий включает следующие технологические операции:

- подготовительные работы, в том числе приемка основания, устройство разделительной прослойки, установка копирных струн (либо работа по системе нивелирования 3D без струны);
- разгрузка бетонной смеси и распределение ее перед бетоноукладчиком;
- укладка и уплотнение бетонной смеси бетоноукладчиком;

- автоматическая установка дюбелей (армирующих элементов), если иное не предусмотрено проектом;
- отделка поверхности цементобетонного покрытия, уход за свежееуложенным бетоном;
- устройство деформационных швов и их герметизация;
- контроль качества работ.

2. Подготовительные работы перед распределением и укладкой бетонной смеси

Перед началом работ по бетонированию дорожного покрытия необходимо определить оптимальную длину сменной захватки. При этом учитывается требуемый объем бетонирования, производительность бетоносмесительной установки и бетоноукладчика, принятый темп укладки, погодные условия. Как правило, длина сменной захватки кратна расстоянию между деформационными швами, что позволяет совмещать рабочий шов со швом сжатия или расширения.

Перед укладкой бетонной смеси должен быть в установленном порядке обустроен нижележащий слой, а также технологический слой уширения и обочины. Это даст возможность свободно перемещаться технике, занятой на строительстве автомобильной дороги.

При выборе специализированного бетоноукладочного оборудования необходимо иметь в виду конструктивные и технологические особенности устройства однослойных и двухслойных цементобетонных покрытий, в том числе специфику применения различных вариантов армирования. Так, возможна предварительная установка дюбелей и анкеров в корзинах с последующим закреплением на основании, либо их размещение в поперечных швах в процессе бетонирования с использованием специального оборудования, установленного на бетоноукладчике.

Также следует принять во внимание технические характеристики машин: их мощность, производительность, толщину и ширину укладываемых ими покрытий, наличие систем автоматического управления процессом укладки,

дополнительного оборудования для автоматического вибропогружения дюбелей и анкеров в поперечные и продольные швы, дополнительного оборудования для контроля и регулирования частоты вибрации, а также контроля ровности свежееуложенного покрытия в процессе укладки.

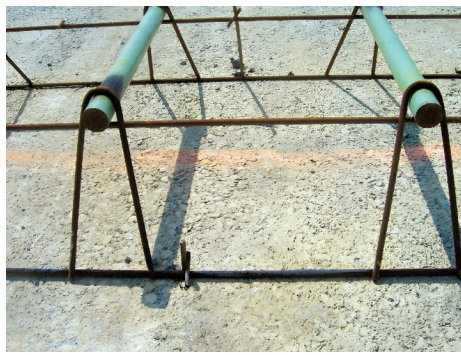


Рис. 1. Варианты установки дюбелей перед бетонированием



Рис. 2. Дюбели, предварительно установленные в корзины и закрепленные на основании



*Рис. 3. Устройство шва расширения
(для уплотнения бетона вдоль шва используются
ручные вибраторы)*



Рис. 4. Строительство цементобетонного покрытия

3. Строительство цементобетонного покрытия

Строительство дорожного покрытия осуществляется с помощью комплекта бетоноукладочных машин на гусеничном ходу. В его состав входят бетоно-распределитель, бетоноукладчик, машина для нанесения текстуры и пленко-образующей жидкости.

Бетонную смесь для укладки приготавливают на бетонном заводе, производительность которого должна соответствовать темпу строительства объекта. Важно, чтобы время транспортировки готовой продукции до места ведения работ не превышало 30 минут. Время может корректироваться в зависимо-

сти от погодных условий. Укладку и уплотнение бетонной смеси выполняют при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. При этом запрещено восстанавливать подвижность бетонной смеси с помощью добавления (распыления) воды на поверхности свежешелюженного бетона.

Важные этапы укладки — подача смеси и ее распределение на основании перед бетоноукладчиком. Если проект предусматривает работу с большим объемом смеси и предварительную установку дюбелей и/или анкеров, а также сетки армокаркаса, целесообразно использовать бетонораспределитель либо перегружатель стрелового (веерного) типа. Данное оборудование предназначено для приема бетонной смеси из автосамосвалов с задней разгрузкой и последующего её распределения перед бетоноукладчиком. Широкие возможности дает применение подающего складывающегося конвейера, открывающего транспортным средствам доступ, ограниченный только боковой стороной участка укладки. При эксплуатации перегружателя-распределителя (бокового загрузчика) скорость его движения коррелирует со скоростью движения бетоноукладчика.

В исключительных ситуациях, при отсутствии специализированного оборудования, для равномерного распределения бетонной смеси допустимо использовать экскаватор на колесном ходу с ковшом без зубьев. Он также необходим для перемещения контейнера под бетонную смесь. Но следует учитывать, что такой способ выполнения работ приводит к снижению скорости укладки бетонной смеси и качества строительства.

Формование бетонного покрытия ведется, как правило, с применением бетоноукладчика со скользящей опалубкой. Технологический разрыв между распределителем смеси и бетоноукладчиком должен составлять от 10 до 30 м (при этом высота бетона после распределителя контролируется оператором). Оборудование бетоноукладчика ведущих мировых производителей оснащено гидравлическими или электрическими вибраторами. Модели с гидравлическими вибраторами (с индивидуальным регулированием частоты от 0 до 10500 колебаний в минуту) могут работать при широком диапазоне осадки конуса цементобетонной смеси (от 0 до 45 мм), с электрическими — при ограниченном значении осадки конуса (от 0 до 10 мм).

За счет применения электрических и гидравлических высокочастотных глубинных вибраторов, обладающих оптимальными характеристиками (частота и амплитуда колебаний, радиус действия в бетонной смеси), обеспечивается качественное уплотнение смеси, не допускается сегрегация, при которой частички щебня под воздействием вибрации высокой частоты уходят вниз, а на поверхности образуется так называемое цементное молочко. В итоге бетон соответствует заданным проектным требованиям по всей толщине и ширине укладки с учетом скорости движения бетоноукладчика и осадки конуса смеси.

Для уплотнения бетонной смеси применяют изогнутые глубинные вибраторы с электрическим или гидравлическим приводом. Частоту их работы настраивают с учетом скорости движения бетоноукладчика, подвижности бетонной смеси (рекомендуемый показатель — от 5 000 до 8 500 колебаний в минуту). При этом рекомендуется для менее подвижных смесей устанавливать более высокие частоты колебаний и меньшую скорость укладчика, так можно исключить риск недоуплотнения смеси, не допустив при этом ее сегрегации. Для более подвижного материала и слоев меньшей толщины оптимальна меньшая частота колебаний и более высокая скорость укладки. Такие параметры помогут избежать расслоения смеси.

Чтобы добиться качественного уплотнения бетонной смеси, необходимо постоянно контролировать соблюдение следующих параметров выполнения работ (так называемого треугольника укладки): скорость укладки, осадка конуса, частота вибрации. Требуется регулярно проверять частоту и амплитуду колебаний вибраторов с помощью виброметров. Если реальные показатели не соответствуют установленным, нужно немедленно прекратить работы и заменить неисправное оборудование.

Характерные признаки нормального протекания процесса уплотнения — отсутствие видимых следов (более темных полос, раковин, открытых пор) на поверхности свежеложенного бетона за точками установки вибраторов; стабильность кромки свежеложенной полосы (опływ кромки указывает на несоблюдение рецептуры изготовления бетонной смеси, либо на нарушения в технологическом процессе устройства покрытия). Качество уплотнения, а также отсутствие сегрегации проверяются путем отбора кернов или с помощью неразрушающих методов контроля.



Рис. 5, 6 и 7. Примеры боковой разгрузки бетонной смеси



Рис. 8. Поверхность свежеложенного бетона

Перед началом укладки машины бетоноукладочного комплекта должны быть заправлены всеми рабочими жидкостями, проверены на работоспособность, настроены в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Настройку рабочих органов оборудования (в том числе скорость движения бетоноукладчика, частоту вибрации вибраторов) следует производить при пробном бетонировании до выхода на объект, используя при этом смесь, изготовленную по рецептуре, которая предусмотрена проектом.

Перед началом бетонирования бетоноукладчик выставляется по копирной струне. В дальнейшем он должен двигаться без остановок и с постоянной скоростью, которую необходимо соотносить с подвижностью бетонной смеси, частотой вибрации. Отслеживание ровности покрытия производится геодезической службой в течение всего времени выполнения работ.



Рис. 9. Укладка бетонного покрытия с использованием скользящей опалубки

Для достижения наилучшего качества работ и обеспечения проектной ровности при укладке бетонного покрытия с использованием скользящей опалубки необходимо, чтобы движение бетоноукладчика вперед было непрерывным. Частые остановки приводят к ухудшению ровности покрытия и снижению производительности оборудования.

В процессе укладки бетонной смеси тщательно контролируют геометрические параметры, ровность поверхности и качество кромки свежееотформованного



Рис. 10. Контроль геометрических параметров, ровности поверхности и качества кромки бетонного покрытия



Рис. 11. Выглаживающий рабочий орган Auto Float, предназначенный для автоматической окончательной отделки поверхности свежеложенного слоя бетона

бетонного покрытия, при необходимости дополнительно регулируют рабочие органы бетоноукладчика.

4. Уход за свежеложенным бетоном

По всей площади свежеложенного бетона необходимо равномерно нанести пленкообразующую жидкость. Траверс с форсунками для распределения пленкообразующего материала должен быть установлен на высоте 50-60 см над уложенным покрытием.



Рис. 12. Нанесение текстуры и пленкообразующего состава с помощью машины-текстурировщика

Скорость движения машины-текстурировщика при распределении пленкообразующего материала обеспечивает заданную норму расхода вещества. Поверхность бетона покрывают пленкообразующей жидкостью в два слоя: первый наносят сразу после отделки и исчезновения влаги, второй — спустя 20-40 минут после того, как сформировался первый слой.

Пленкообразующий материал наносят по всей поверхности, включая боковые грани плиты. Запрещено распылять жидкость из шланга или разливать ее.

Если работы выполняются в ветреную или жаркую сухую погоду (температура наружного воздуха выше 25°C при относительной влажности менее 50%), поверхность сформированного бетонного покрытия, на которое пока не нанесены слои пленкообразующих жидкостей, нужно защищать от прямого действия ветра и солнечных лучей. Для этой цели используют специальные передвижные тенты.

5. Устройство деформационных швов

Чтобы предотвратить образование трещин и разрушение бетона, вызванное изменением его температуры и влажности, монолитные цементобетонные покрытия разделяют на отдельные плиты деформационными швами,

которые формируют в процессе строительства. Размеры плит, а также конструкцию швов и их расположение устанавливает проектная документация. Нарезку деформационных швов производят при достижении бетоном прочности на сжатие 8,0-10,0 МПа.

6. Контроль качества производства работ

При строительстве цементобетонного покрытия необходимо вести постоянный контроль за соблюдением требований нормативно-технических документов. Его осуществляют инженерно-технические специалисты, выполняющие дорожно-строительные работы, и сотрудники лаборатории подрядной организации.

До начала выполнения работ по укладке бетонной смеси должен быть принят слой основания, оформлены соответствующие акты, подтверждающие качество выполнения скрытых работ.

Перед тем, как приступить к укладке бетонной смеси с помощью комплекта бетоноукладочных машин, необходимо проверить ровность, правильность и надежность установки копирных струн, обеспечивающих получение покрытия требуемой ровности и толщины.

При работе бетоноукладчика в процессе устройства покрытия важно соблюдать режимы эксплуатации его рабочих органов и заданную скорость движения. Кроме того, постоянно контролируются такие параметры, как толщина и ширина полосы бетонирования; качество уплотнения, отделки и ровности поверхности покрытия, расположенного за бетоноукладчиком; устойчивость кромок и боковых граней.

Специалисты должны убедиться в наличии сопроводительной документации, подтверждающей качество применяемого пленкообразующего материала; проверить нормы его розлива и качество распределения; обеспечить своевременное проведение мероприятий по уходу за покрытием и достаточность мер, помогающих предотвратить появление температурно-усадочных трещин.

При устройстве деформационных швов необходимо помнить о своевременности их нарезки, соблюдать геометрические размеры пазов, проверять состояние кромок (отсутствие выкрашивания кромок).

Ровность и поперечный уклон уложенного бетонного покрытия проверяют с помощью трехметровой рейки не реже, чем через каждые 20 м. Подвижность (жесткость) бетонной смеси определяют на месте укладки после ее разгрузки из транспортных средств (для каждой партии). Контроль объема вовлеченного в бетонную смесь воздуха на месте бетонирования производится не реже одного раза для каждых 150-200 м покрытия.

Контроль прочности бетона в готовом покрытии осуществляется с помощью кернов. По отобранным из покрытия кернам контролируются:

- прочность и плотность — по ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций»;
- характеристика поровой структуры — по ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости»;
- равномерность распределения щебня вокруг погруженных стержней.

7. Контроль качества работ в процессе укладки цементабетона

При уплотнении бетонной смеси и отделке поверхности с помощью секундомера проверяется скорость перемещения бетоноукладчика (требуется обеспечить его непрерывное перемещение с постоянной скоростью ≤ 3 м/мин). Она должна соответствовать подвижности бетонной смеси и частоте вибрации, что поможет добиться качественного уплотнения и избежать сегрегации. Кроме того, следует визуально контролировать работу глубинных вибраторов бетоноукладчика (они должны быть полностью погружены в бетонную смесь), инструментально — с помощью рулетки и линейки — ширину и толщину полосы бетонирования (данные показатели должны соответствовать требованиям проекта).

При наличии армирования качество уплотнения, отсутствие сегрегации бетонной смеси проверяется путем отбора кернов или с помощью нераз-

рушающего метода контроля. По отобранным из покрытия кернам контролируются:

- прочность и плотность — по ГОСТ 28570-2019 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций»;
- характеристика поровой структуры — по ГОСТ 12730.4-2020 «Бетоны. Методы определения параметров пористости»;
- равномерность распределения щебня вокруг погруженных стержней.

Неразрушающие методы контроля прочности по ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» и ГОСТ 17624-2021 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» применяют для ориентировочной оценки прочности бетона покрытий и оснований, времени распалубки, нарезки швов и т.п. Для производственного контроля прочности данные методы не используются.

В процессе укладки — в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56925-2016 «Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий» — необходимо контролировать толщину уложенного слоя через каждые 100 погонных метров, ровность и поперечный уклон — через каждые 20 погонных метров.

Толщину слоя цементобетонного покрытия определяют по геодезическим измерениям (с помощью нивелирования нижележащего слоя основания и слоя покрытия по одним и тем же точкам).

Значимый показатель качества уложенного покрытия — ровность. Ее измеряют в реальном времени. Изменение данного показателя при укладке покрытия может свидетельствовать о проблемах, связанных с оборудованием, соблюдением технологии или качеством материалов. Для мониторинга непрерывного контроля ровности (по IRI) укладываемого покрытия рекомендуется использовать бесконтактное устройство контроля (типа GSI), установленное на бетоноукладчике.

Основные условия достижения ровности — использование качественных материалов (и, как следствие, смеси с высокой степенью удобоукладываемо-

сти и постоянным составом), а также обеспечение непрерывного движения бетоноукладчика со скоростью, адаптированной к рецептуре поставляемой смеси и другим условиям на объекте.

Приемку бетонов покрытий автомобильных дорог проводят по показателям качества, определенным в проектной документации, утвержденной в установленном порядке.

Выводы

- Автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями отличаются долговечностью, длительным межремонтным периодом, не требуют значительных затрат на содержание в течение всего жизненного цикла.
- Обеспечить надежность и высокое качество покрытий из цементобетона можно лишь при строгом соблюдении технологии выполнения работ, эксплуатации технически исправного оборудования, использовании качественных материалов.
- Для каждого этапа работ по устройству цементобетонных покрытий предусмотрены эффективные методы контроля, позволяющие своевременно выявлять и решать возникающие проблемы.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме →



Международная практика строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями



Шевелев
Александр Изосимович,
директор департамента
ДСТ АО «Квинтмади»

Опыт строительства цементобетонных покрытий в США и Канаде

Строительство автомобильных магистралей с высокой интенсивностью движения практически всегда за рубежом осуществляется с применением цементобетона в качестве материала в конструктивных слоях дорожных одежд.



Рис. 1. Строительство автодороги в штате Небраска (США) с применением бетоноукладчика GP3

США имеют одну из самых протяженных в мире сеть автомобильных дорог, поэтому американский опыт строительства и эксплуатации дорожной сети в целом и жестких покрытий в частности наиболее интересен.



Рис. 2. Строительство автодороги в штате Небраска (США) с применением бетоноукладчика GP3

Автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями в этой стране стали идеальным решением для городских агломераций за счет долговечности и низких эксплуатационных затрат.



Рис. 3. Строительство автодороги с цементобетонным покрытием в штате Айова (США)



Рис. 4. Строительство автодороги в штате Пенсильвания (США)

Стандартный срок службы цементобетонных покрытий за рубежом составляет 30-40 лет, на практике же он нередко превышает официальные цифры в 1,5-2 раза. При этом жесткие дорожные одежды отличаются более высокой экологичностью и безопасностью за счет высокой светоотражающей способности цементобетона, его сопротивления скольжению. Кроме того, такое покрытие снижает риск возникновения аварийных ситуаций в связи с отсутствием необходимости постоянного проведения ремонтных работ, перекрытия трасс и их участков в летний период для движения большегрузного транспорта.



Рис. 5. Строительство автодороги с цементобетонным покрытием в штате Айова США (предустановленные дюбели в корзинах)

В США практически во всех штатах действует процедура выбора конструкции дорожных покрытий на конкурсной основе. На базе анализа совокупных затрат в течение жизненного цикла («стоимости владения») объекта определяется оптимальный вариант конструкции. Следует отметить, что по сравнению с асфальтобетоном цементобетон в большинстве случаев оказывается предпочтительнее.



Рис. 6. Строительство междуштатной автомагистрали в штате Колорадо (США)

В США из цементобетона строят не только дорожные покрытия проезжей части, но и тротуары, пешеходные дорожки.



Рис. 7. Тротуары и пешеходные дорожки из цементобетона

В целом, как правило, масштабы стройки зависят от имеющихся в распоряжении транспортных департаментов штатов финансовых средств.



Рис. 8. Строящаяся автомагистраль с цементобетонным покрытием в штате Небраска (США)

В последнее время наметилась тенденция к увеличению объемов строительства цементобетонных покрытий (данные показатели значительно не менялись в течение 10-12 предшествующих лет), ожидается, что рост продолжится с принятием новой инфраструктурной программы.



Рис. 9. Устройство цементобетонного покрытия автомобильной дороги, бордюра, тротуара из монолитного цементобетона в штате Айова (США)

Цементобетон активно используется не только в ходе строительства автомагистралей, но и при возведении автомобильных дорог с менее высокой нагрузкой. Другим материалам сложно конкурировать с ним по показателям затрат.



Рис. 10. Перегрузатель бетонной смеси GOMACO RTP-500 на строительстве автодороги в штате Айова (США)

Отдельно следует сказать о применяемом оборудовании. Распределители с боковой подачей (например, PS-2600) и перегружатели «веерного» типа TP9500 и GOMACO RTP-500, отличающиеся по технологии подачи и распределения бетонной смеси, обеспечивают непрерывную, с минимальным количеством остановок, работу основной машины комплекса — бетоноукладчика со скользящей опалубкой.

Пожалуй, самым распространенным типом покрытия в большинстве стран, где жесткие дорожные одежды используются при строительстве значительной части наиболее загруженных автомагистралей, являются цементобетонные покрытия с армированными швами (предустановленные дюбели в корзинах, либо автоматическая установка стержней в процессе укладки).

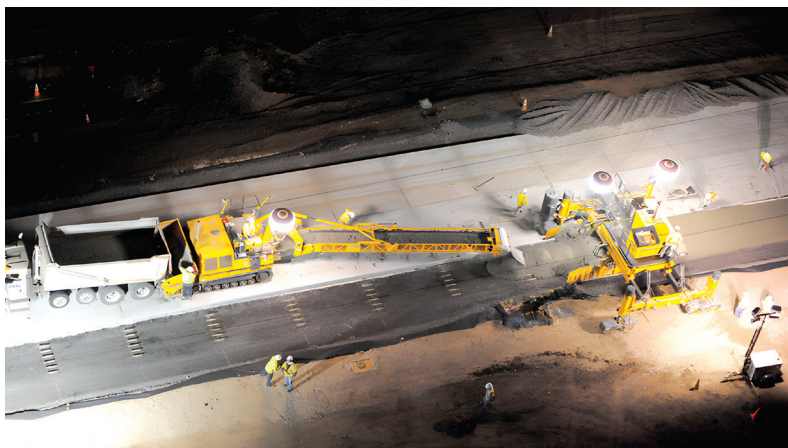


Рис. 11. Работа перегружателя GOMACO RTP-500 на приеме бетонной смеси из самосвалов и последующем распределении бетона поверх предустановленных дюбелей в корзинах перед бетоноукладчиком при реконструкции / расширении автомагистрали в США

Бетоноукладчик GOMACO, оснащенный полностью автоматизированной высокотехнологичной системой для армирования швов — IDBI (In-the-pan Dowel Bar Inserter), осуществляет операцию по армированию швов одновременно с укладкой покрытия, при этом обеспечиваются точность и своевременность погружения арматурных стержней на заданную глубину, качественное уплотнение смеси и ровная поверхность покрытия.

Ровность поверхности отслеживается специальным устройством — GSI (GOMACO Smoothness Indicator), а для контроля качества армирования шва применяется как отбор кернов, так и различные методы неразрушающего контроля (например, сканирование специальным оборудованием).

Как показывает многолетний опыт строительства автомобильных дорог из цементобетона в США и Канаде, технология устройства цементобетонных покрытий с армированными швами за один проход, в один слой (толщиной даже до 60 см), с использованием одного комплекта бетоноукладочного оборудования и одного цементобетонного завода для приготовления состава смеси, дает возможность подрядчику и конечному заказчику получать стабильно качественный результат. При этом экономятся время и финансовые средства.



Рис. 12. Строительство автомагистрали в провинции Онтарิโอ (Канада) бетоноукладочным комплексом в составе PS2600, GP3, TC600

Применение инновационного бетоноукладочного оборудования нового поколения

Несколько лет назад в США появились модели магистральных бетоноукладчиков GOMACO GP4 и GP3. Они сохраняют все зарекомендовавшие себя у строителей особенности предыдущего поколения машин, но по сравнению с предшественниками обладают более высокой производительностью за счет возросшей маневренности и нового уровня автоматизации.

Отличительная черта этих бетоноукладчиков — способность качественно обрабатывать смеси с широким диапазоном осадки конуса. Технологические особенности устройства скользящей формы, возможность выполнения «тонкой» настройки (в том числе в процессе укладки) позволяют достигать заданных допусков по ровности покрытия, качества профиля кромки при устройстве пилотных рядов и других ответственных параметров.

Применение навигационных систем 3D на бетоноукладочных комплексах, задействованных в строительстве автомобильных дорог, экономит рабочее время персонала, сокращает простои и трудозатраты, повышает эффективность производства в целом. Весь комплекс, начиная от профилировщика основания и заканчивая самоходной автоматизированной установкой для нанесения шероховатости и пленкообразующего состава на поверхность свежееуложенного покрытия (модели GOMACO T/C-600, T/C-5600), работает как единое целое, опираясь на заложенную в систему управления машин 3D-модель.

Еще одной технологической новинкой, направленной на повышение качества выполняемых работ и сокращение издержек подрядной организации, эксплуатирующей бетоноукладчик или комплекс машин, стал прибор GSI® собственной разработки компании GOMACO. В своей наиболее простой комплектации GSI® устанавливается на бетоноукладчик для бесконтактного контроля ровности (по IRI) свежееуложенного покрытия с высокой степенью точности. Благодаря этому устройству оператор, руководитель участка, менеджмент подрядчика получают полную картину выполняемых работ в режиме онлайн, что чрезвычайно полезно, поскольку есть возможность вносить изменения в настройки параметров укладки, корректировать частоту вибрации рабочих органов машины, скорость укладки, состав смеси и т. д.

Причины применения цементобетона в строительстве высоконагруженных автомагистралей

При проведении сравнения «стоимостей владения» (анализа затрат в течение всего жизненного цикла) двух типов дорожных одежд (жесткого и нежесткого типов) выгодность применения цементобетона очевидна. При сроке эксплуатации объекта в 40 лет общая стоимость нежесткого покрытия из асфальтобетона почти в 2,5 раза превысит аналогичный показатель некоторых типов жестких покрытий из цементобетона, чему есть достаточно простое объяснение. Нежесткие и композитные покрытия требуют ремонта максимум через 10 лет после строительства, жесткие — не ранее, чем через 15 лет (речь идет о поверхностных ремонтах дорожных покрытий), при этом ремонт цементобетонного покрытия может быть совсем незначительным и, соответственно, менее дорогостоящим.

Если нежесткое (композитное) покрытие после 12 лет эксплуатации нуждается в повторном ремонте поверхности и полной замене не менее 30% площади, а после 25 лет — полной утилизации, то покрытию жесткому из цементобетона после 25 лет эксплуатации понадобится лишь повторный поверхностный ремонт и/или замена 10% площади, либо ремонт по специальным технологиям: фрезерование с нанесением продольной текстуры, а после 40 лет — очередной поверхностный ремонт и/или замена всего лишь 20% покрытия, либо ремонт по вышеупомянутым технологиям, после чего цементобетонное покрытие в полном объеме готово служить в течение еще 10, 20 и более лет.

Помимо значительных экономических преимуществ (снижение затрат, долговечность) необходимо упомянуть и другие не менее важные плюсы применения цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

В последние годы во многих странах мира используются технологии, позволяющие получить дороги с пониженным уровнем шума и одновременно с повышенным коэффициентом сцепления даже при неблагоприятных погодных условиях. Например, в странах ЕЭС устраивают цементобетонные покрытия с обнаженным заполнителем, в США популярна технология нанесения продольной текстуры специальным алмазным инструментом, в Великобритании производится укладка тонкого слоя асфальтобетона поверх цементобетонного покрытия, изначально построенного со сплошным продольным армированием.

Нельзя не отметить экологичность цементобетона за счет возможности полной переработки и вторичного использования всех составных компонентов покрытия по окончании его срока службы. Кроме того, такие дороги обеспечивают движение транспорта с существенной экономией топлива (порядка 5-7%), что также важно для сохранения окружающей среды.

Цементобетонные покрытия чрезвычайно устойчивы к различным экстремальным погодным условиям, в частности, высокой температуре воздуха. Они не плавятся в зной и не выделяют при этом вредных веществ в атмосферу.

С применением цементобетона не только строятся новые дорожные покрытия дорог, но еще и прокладываются отдельные полосы движения, проводится реконструкция обочин и существующих полос из других материалов.

Технология усиления дорожных одежд цементобетоном и фрезерование дорожных покрытий

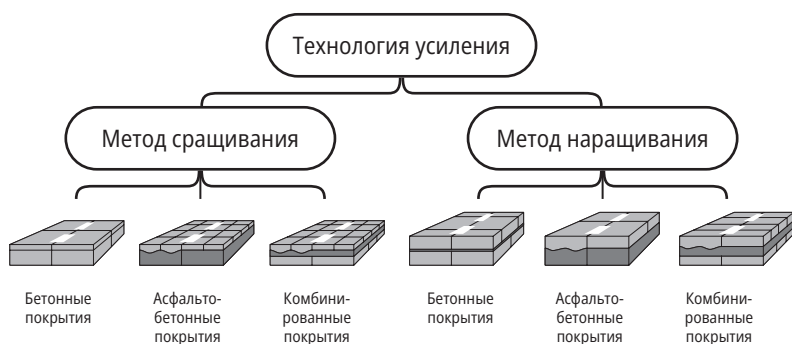


Рис. 13. Технология усиления дорожных одежд цементобетоном

Технология, предусматривающая усиление дорожных одежд методом укладки слоя цементобетона поверх существующего асфальтобетонного покрытия, также известна строителям во всем мире. В последнее время она стала широко востребованной (прежде всего в США) вследствие ряда преимуществ. В их числе — быстрота выполнения, экономичность, технологичность и, что наиболее важно, долговечность отремонтированного таким способом покрытия.



Рис. 14. Улица с цементобетонным покрытием в г. Ломбарде, штат Иллинойс США (2003 год)



Рис. 15. Перекрытие слоем цементобетона по технологии Whitetopping автомагистрали I-70, Западный Канзас (США)

При устройстве слоя цементобетона поверх имеющегося покрытия происходит их сращивание; если состояние основания приемлемое, то предварительной замены существующего покрытия или его части не требуется. После холодного фрезерования и очистки оно готово к приему бетонной смеси, укладываемой по технологии, практически идентичной устройству нового цементобетонного покрытия.



Рис. 16. Перекрытие слоем цементобетона по технологии Whitetopping и качественная заделка швов на автомагистрали в штате Миннесота (США)

Толщина укладываемого слоя при технологии Whitetopping может варьироваться в пределах 5-10 см и 10-15 см в зависимости от поставленных задач по усилению существующего покрытия и его состояния. Но во всех случаях налицо преимущества данного метода:

- экономическая эффективность (цементобетон сегодня часто дешевле асфальтобетона, за счет повышенного светоотражения вновь устроенного слоя потребность в освещении городских улиц снижается на 24%),
- долговечность (срок службы такого покрытия составляет около 30 лет),
- высокая эксплуатационная пригодность в течение всего срока службы,
- повышение безопасности движения (отсутствие колеи, улучшенная освещенность проезжей части).



Рис. 17. Перекрывание слоем цементобетона по технологии Whitetopping на автомагистрали в США осуществляется без остановки движения транспорта

Фрезерование (нанесение продольной текстуры, канавок) используется в Северной Америке с 1960-х годов. Обработанное таким образом покрытие способно прослужить ориентировочно 11-17 лет до следующего выполнения данной процедуры по необходимости. Технология фрезерования цементобетонных покрытий алмазными дисками с целью восстановления их ровности, коэффициента сцепления, а также снижения шумового эффекта получила широкое распространение в США и успешно применялась в 45 штатах.

В связи с тем, что в процессе фрезерования снимается лишь от 3 до 8 мм изношенной поверхности, его можно выполнить в любое время. Иначе говоря, для выполнения ремонтных работ нет необходимости надолго перекрывать движение автотранспорта по дорогам, можно организовать график, учиты-

вающий час пик. Не требуется каких-либо дополнительных работ, связанных с переустройством дренажа, барьерных ограждений, не нужно думать об ограничениях габаритов по высоте, что приходится делать при применении слоев асфальтобетона для ремонта.

Практика показала, что данная технология восстановления цементобетонного покрытия обеспечивает повышение сопротивления скольжению в среднем на 54% и снижение уровня шума на 4-6 dBA.

Опыт Северной Америки показывает, что в течение жизненного цикла цементобетонное покрытие может подвергаться фрезерованию не менее трех раз без сколь-нибудь значительного изменения несущей способности, при этом начальные свойства покрытия по сопротивлению скольжению и эффекту шумоподавления полностью восстанавливаются, а срок службы увеличивается на 20-30 лет.

К уже перечисленным достоинствам цементобетонных покрытий можно добавить ряд факторов, связанных с возрастающей ролью автомобильных дорог, которые будут служить и служат уже (например, в Швеции, Бельгии) для интеграционных решений по взаимодействию транспортных средств, их автономности, зарядке батарей электрического транспорта, встроенных в дорожное покрытие датчиков и других устройств для обмена информацией всевозможного назначения.

Цементобетон в качестве материала для строительства и реконструкции дорожных покрытий полностью удовлетворяет этим требованиям.

На территории Российской Федерации, как и в Северной Америке, расположены несколько разных климатических зон, поэтому опыт дорожных строителей США и Канады может оказаться наиболее полезным для изучения и применения в нашей стране.



Рис. 18. Автодорога после фрезерования в штате Айова (США)

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Строительство монолитных объектов малых форм из цементобетона



Жуков

Юрий Георгиевич,

член Ассоциации бетонных дорог

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

ЖБИ — железобетонные изделия, изготовленные на специализированном заводе. Производятся с помощью литья бетона в формы с заранее помещенным в них арматурным каркасом. Впоследствии изготовленные таким образом изделия транспортируются к строительной площадке и монтируются.

Метод укладки «между гусениц» (inset) — способ укладки бетона, при котором бетоноукладчик со скользящими формами с помощью распределительного шнека распределяет смесь по всей ширине укладки и с помощью скользящей опалубки формирует бетонный профиль.

Метод укладки «сбоку от машины» (offset) — способ укладки бетона, при котором цементобетонная смесь по откидному ленточному или винтовому конвейеру поступает в скользящую форму, расположенную сбоку бетоноукладчика. По мере передвижения бетоноукладчика вперед с помощью скользящей формы создается монолитный профиль.

Объекты малых форм — различные по поперечному и продольным профилям конструктивные элементы автомагистралей, благоустройства территорий, а также элементы специального назначения.

Введение

Перспективная сфера применения цементобетона в дорожном строительстве — обустройство монолитных объектов малых форм. Конструкции, изготовленные с помощью современных бетоноукладчиков, имеют разное назначение.

В данной статье рассмотрены основные виды объектов малых монолитных форм из цементобетона, приведена информация об их преимуществах.

Основная часть

1. Дорожные объекты малых форм из цементобетона и методы их укладки

Помимо плоских покрытий, предназначенных для движения различных транспортных средств, неотъемлемыми элементами дорожной инфраструктуры являются объекты малых форм — различные по поперечному и продольным профилям конструктивные элементы автомагистралей, благоустройства территорий, а также элементы специального назначения. К ним относятся бордюры, лотки, тротуары, парапетные ограждения, подпорные стенки, ростверки и другие сооружения.

Традиционно объекты малых форм представляли собой сборные конструкции, изготовленные на заводах железобетонных изделий. Однако в последнее время все более широкое применение получают технологии обустройства монолитных конструкций из цементобетона. Их установка предполагает использование специализированных бетоноукладчиков со скользящей формой (опалубкой), выполняющих укладку непосредственно на строительной площадке — на месте размещения объекта.

Маневренные, мобильные, надежные, простые в управлении и высокопроизводительные машины имеют большое количество автоматизированных функций. Они способны укладывать бетонные смеси как методом «между гусениц» (inset), так и методом «сбоку от машины» (offset).

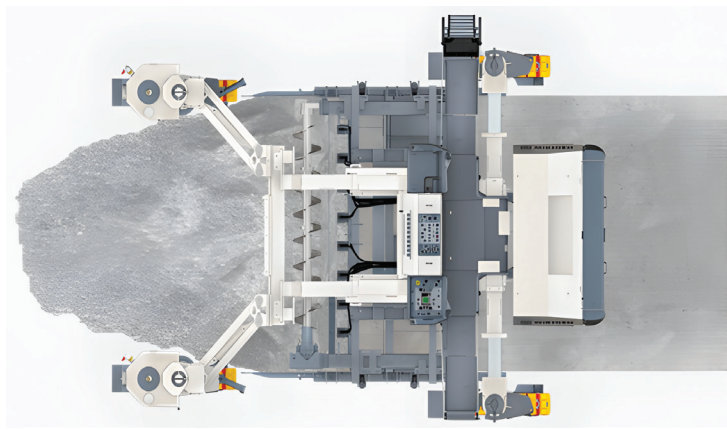


Рис. 1. Укладка методом «между гусениц»

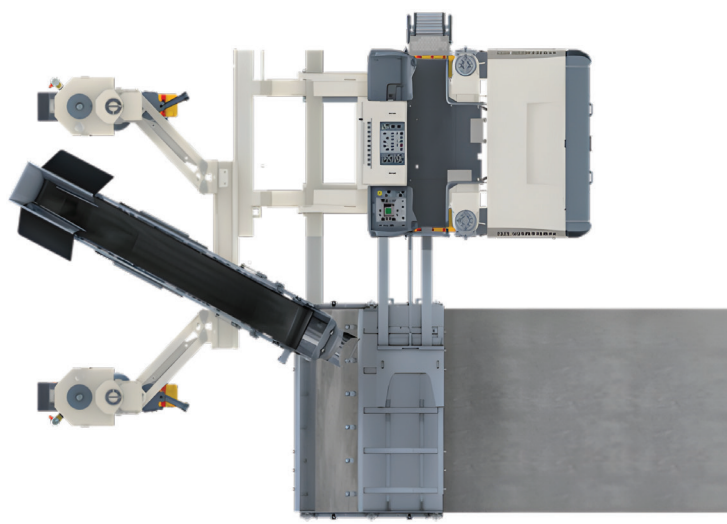


Рис. 2. Укладка методом «сбоку от машины»

2. Основные преимущества малых монолитных форм из цементобетона

Монолитные цементобетонные сооружения малых форм имеют ряд преимуществ по сравнению с аналогами.

В частности, эксплуатация бетоноукладчиков со скользящими формами (опалубкой) позволяет обустраивать сложные и малые конструкции, укладывать смеси по разным траекториям и радиусам, плавно изменять их при необходимости, что трудно обеспечить при сборке объектов из готовых изделий с подгонкой. Кроме того, использование соответствующей технологии дает возможность работать с различными видами сложных профилей, в том числе с теми, которые не производятся на предприятиях ЖБИ. При этом применение готовых заводских штучных изделий минимально (либо они не нужны совсем), а значит, существенно сокращаются или исключаются полностью затраты на изготовление и транспортировку такой продукции. При сопоставимой производительности значительно снижаются и трудозатраты: способ ручной укладки смеси требует больше средств механизации и человеческих ресурсов, однако уступает по качественным характеристикам и точности устройства конструкции.



Рис. 3. Бордюры



Рис. 4. Лотки



Рис. 5. Монолитные разделительные парапетные ограждения

Важно, что при возведении монолитных объектов для реализации проектов, предусматривающих строительство зданий и сооружений, а также обустройство прилегающей территории, будет нужен только цементобетон. Приобретать асфальтобетон или другие материалы не потребуется.

В настоящее время бетоноукладчики со скользящими формами способны создавать практически любые монолитные конструкции малых форм поперечного сечения — бордюры, лотки, монолитные разделительные парапетные ограждения (в том числе на мостовых сооружениях), колеиные дороги, вело- и пешеходные дорожки, тротуары, пути для движения рельсового транспорта, покрытия для автотранспорта в тоннелях.

Необходимо добавить, что после укладки бетонной смеси объекты малых монолитных форм требуют специального ухода — нанесения жидких пленкообразующих материалов или использования защитной полиэтиленовой пленки. Для контролируемого трещинообразования после набора бетонной смесью необходимой прочности производится нарезка температурных швов с помощью шовнарезчиков, оснащенных алмазными дисками. Чтобы защитить конструкции от попадания влаги, швы обрабатывают специальными герметиками.



Рис. 6. Монолитные парапетные ограждения на мостовых сооружениях



Рис. 7. Колейные дороги



Рис. 8. Пешеходные и велосипедные дорожки



Рис. 9. Тротуары



Рис. 10. Пути для движения городского рельсового транспорта



Рис. 11. Пути для движения рельсового транспорта и покрытия для автотранспорта в тоннелях

Выводы

Перечисленные выше преимущества и особенности цементобетонных монолитных объектов малых форм позволяют сделать вывод о том, что технологии их обустройства могут широко применяться при реализации проектов по строительству, расширению или реконструкции транспортной и городской инфраструктуры.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Гидрофобизация цементобетонных покрытий



Гладков

Сергей Александрович,

генеральный директор

ООО «Производственная Компания «САЗИ»

Глоссарий:

термины, сокращения и аббревиатуры

Вторичная защита бетона — защита строительной конструкции от коррозии, реализуемая после изготовления (возведения) конструкции применением мер, которые ограничивают или исключают воздействие на нее агрессивной среды.

Гидрофобизатор — раствор специальных кремнийорганических соединений в воде или органическом растворителе, предназначенный для обработки цементобетонных покрытий и сооружений из бетона с целью устранения смачиваемости пор и капилляров приповерхностного слоя.

Гидрофобизация — придание пористым минеральным строительным материалам, таким как бетон, кирпич, натуральный камень, гидроизоляционных свойств путем устранения смачиваемости пор и капилляров приповерхностного слоя.

Шелушение бетона — отслаивание тонких слоев поверхности и выкрашивание мелких частиц компонентов бетона — песка, щебня, цементного камня.

Водопоглощение — способность бетона впитывать воду.

Морозостойкость — способность бетона выдерживать в водонасыщенном состоянии циклы замораживания и оттаивания без видимых разрушений поверхности, снижения прочности и др. технических характеристик.

Водонепроницаемость — способность сопротивляться проникновению влаги внутрь бетона под давлением воды.

Паропроницаемость — способность бетона пропускать или задерживать водяной пар.

Защитный слой (глубина проникновения*) — слой бетона, в который проник гидрофобизирующий состав и произошла химическая реакция взаимодействия кремнийорганических соединений и бетона, в результате чего на поверхности пор и капилляров образуется несмачиваемая пленка, которая предотвращает проникновение воды внутрь бетона при малом давлении.

Введение

В данной статье рассматриваются физическая суть и технология защиты бетонных конструкций и сооружений от воздействия воды и агрессивной внешней среды с помощью гидрофобизации.

Бетон — один из самых распространенных строительных материалов, используемых в современном строительстве, в том числе в инфраструктурных объектах. Он обладает высокой прочностью и долговечностью, однако под воздействием различных факторов может подвергаться шелушению, выкрашиванию, коррозии, что постепенно ухудшает его эксплуатационные

* — Глубина проникновения — общепринятое понятие, указываемое в различных источниках как основной показатель качества гидрофобизации. Так как кремнийорганические соединения вступают в химическую реакцию сразу при контакте с поверхностью бетона, при продвижении гидрофобизатора по капиллярам вглубь бетона концентрация кремнийорганики в нем постепенно снижается. В связи с этим носитель (вода или растворитель) проникает в бетон глубже, чем толщина защитной (несмачиваемой) пленки на стенках капилляров. Поэтому термин «защитный слой» точнее, чем «глубина проникновения».

характеристики. Одним из таких факторов является проникновение воды и водных растворов в капилляры, поры и микротрещины бетона.

Для минимизации негативных воздействий воды и водных растворов на бетон, предотвращения шелушения и увеличения срока службы бетонных конструкций применяют методы вторичной защиты. Одним из самых эффективных способов вторичной защиты объектов от воды при низких её давлениях является гидрофобизация.

Основная часть

В данной части статьи рассматриваются принцип действия, основные характеристики кремнийорганических гидрофобизаторов и их преимущества в сравнении с другими защитными составами.

1. Физическая природа смачивания поверхности

Для понимания физической природы смачивания, гидрофобности и механизма действия кремнийорганических гидрофобизаторов необходимо обратить внимание на особые свойства воды.

Молекулы воды представляют собой электрические диполи, которые, притягиваясь друг к другу разноименными концами, склонны объединяться в глобулы и капли. Обусловлено это тем, что угол между атомами водорода в молекуле воды составляет 104,5 градусов (Рис. 1, 2). Благодаря такому строению электронная плотность в молекуле смещена к атому кислорода, который имеет частично отрицательный заряд, а атомы водорода — частично положительный.

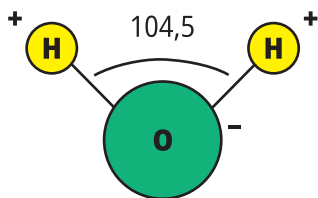


Рис. 1. Строение молекулы воды



Рис. 2. Механизм образования глобул и капель воды

Важнейшее свойство воды, связанное с дипольностью молекул, — то, что вода притягивается к любой поверхности, имеющей ненулевой заряд, например, к поверхности капилляров бетона, и поэтому проникает в них даже без давления. Это явление в макрообъектах называется смачиванием.

Нижe, на *Рисунке 3*, показано поведение капли воды на какой-либо поверхности, имеющей электрический заряд. На молекулы, находящиеся в непосредственной близости от поверхности, будут действовать электрические силы притяжения к соседним молекулам воды (желтые стрелочки) и электрические силы притяжения к поверхности (красные стрелочки).

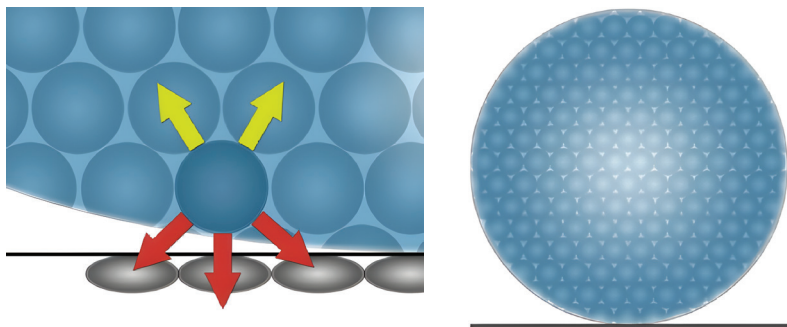


Рис. 3. Силы, действующие на молекулу капли, находящуюся вблизи заряженной поверхности

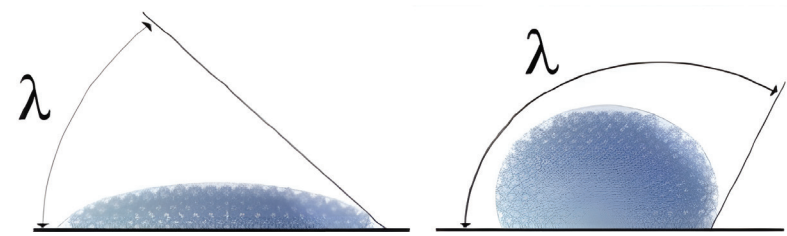


Рис. 4. Угол смачивания воды на гидрофильной и гидрофобной поверхностях

Если электрические силы притяжения к поверхности выше, чем силы притяжения к соседним молекулам, то эта молекула воды притянется к поверхности.

То же произойдёт и с соседними молекулами. В результате капля растечется по поверхности. Это явление называется смачиванием, а такая поверхность — гидрофильной.

Если же электрические силы притяжения между молекулами выше, то капля будет стремиться сохранить свою форму, не растекаясь — это явление называется гидрофобностью (Рис. 4).

Из всего сказанного выше следует вывод: чтобы вода не смачивала поверхность, достаточно, чтобы поверхность бетона не имела электрического заряда. То есть, для того, чтобы влага не проникала в бетон при контакте с ним, надо устранить заряды на поверхности его капилляров.

И способ это сделать существует — с помощью особых материалов, которые химическая промышленность производит на основе кремнийорганических соединений.

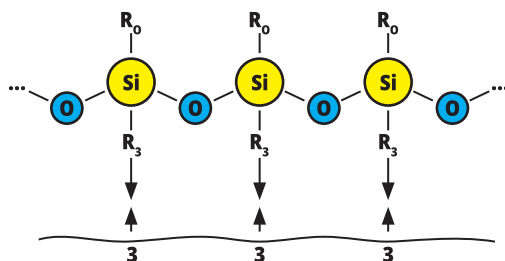


Рис. 5. Механизм устранения смачивания кремнийорганическими гидрофобизаторами

А поскольку атом кремния имеет четыре валентности, то на оставшиеся свободными две связи каждого такого атома химии «подвешивают» определенные органические группы. Так формируются боковые цепи.

В данном случае к каждому атому кремния «подвешивают» одну группу, имеющую концевой заряд, и вторую — нейтральную.

Молекулы этих соединений состоят из так называемых главной и боковых органических цепей. Главная цепь — это чередующиеся атомы кислорода и кремния.

Полученное таким образом вещество в небольших пропорциях растворяют в воде или растворителе и этим составом обрабатывают бетон.

Состав проникает в капилляры, а потом растворитель или вода испаряются. Молекулы кремнийорганики оказываются вблизи поверхности капилляра; имеющие заряд боковые цепи притягиваются к ней, а нейтральные разворачиваются от поверхности в пространство, создавая новую, теперь уже не имеющую заряда, и, следовательно, несмачиваемую поверхность (Рис. 5).

После этого вода в капилляры без давления уже не пойдет. А сами капилляры остаются свободными для движения газа и пара, т.к. пленка имеет чрезвычайно малую, субмолекулярную, толщину и не уменьшает размеры капилляров.

2. Кремнийорганические гидрофобизаторы

Кремнийорганические гидрофобизаторы — это концентрированные или готовые к применению составы, представляющие собой описанные выше кремнийорганические соединения, разведенные в определенных пропорциях в воде или органических растворителях.

Кремнийорганические гидрофобизаторы, в отличие от специальных лакокрасочных покрытий защитного типа, не являются пленкообразующими (то есть защита ими бетона от проникновения воды обеспечивается не созданием водонепроницаемой пленки на поверхности бетона). Поверхностные пленки под воздействием ультрафиолета в той или иной степени подвержены старению, растрескиванию и постепенному разрушению. Под воздействием механических нагрузок в таких пленках появляются микротрещины и другие разрушения, через которые начинают проникать вода и хлориды.

А покрытие стенок капилляров, естественно, находится внутри бетона, который сам защищает это покрытие от внешних воздействий.

Помимо этого, кремнийорганические гидрофобизаторы, как было сказано выше, сохраняют паропроницаемость бетона. Это позволяет влаге, поднимающейся с грунта по капиллярам, свободно выходить в виде пара, не задерживаясь в бетоне.

Выбор подходящего гидрофобизатора для бетона под требуемые задачи и условия эксплуатации является чрезвычайно важным этапом, так как неправильный выбор может привести к множеству негативных последствий. Так, гидрофобизатор, предназначенный для крупнопористых минеральных материалов, не будет проникать в структуру тяжелого бетона и не обеспечит необходимый уровень защиты. Более того, если выбранный гидрофобизатор не соответствует условиям эксплуатации, он может не только не обеспечить необходимую защиту, но и привести к ускоренному разрушению бетона.

Гидрофобизаторы на органическом растворителе обеспечивают более длительную и надежную защиту, потому что за счет большой текучести растворителя глубже проникают в поры и капилляры бетона, образуя защитный слой около 3 мм в тяжелых бетонах, что делает их идеальными для жестких условий эксплуатации, например, в дорожном строительстве.

Некоторое время назад специалисты компании САЗИ провели исследование с использованием электронной микроскопии, продемонстрировав описанный выше механизм действия кремнийорганических гидрофобизаторов и причины длительного срока службы гидрофобизаторов в пористых минеральных материалах. Более подробно об этом можно прочитать в статье, доступной по QR-коду:



В ходе исследований эффективности гидрофобизирующих составов для цементобетонных покрытий автомобильных дорог, проведенных Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом (МАДИ) было установлено, что обработка бетона гидрофобизирующими составами позволяет в значительной мере повысить морозостойкость обработанных конструкций благодаря повышению водонепроницаемости и, следовательно, уменьшению водопоглощения (Рис. 6, 7, 8).

Испытания на морозостойкость

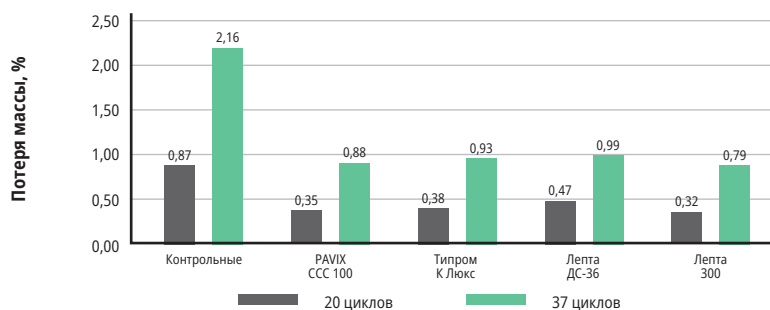


Рис. 6. Потеря массы образцов бетона

Испытания на шелушение

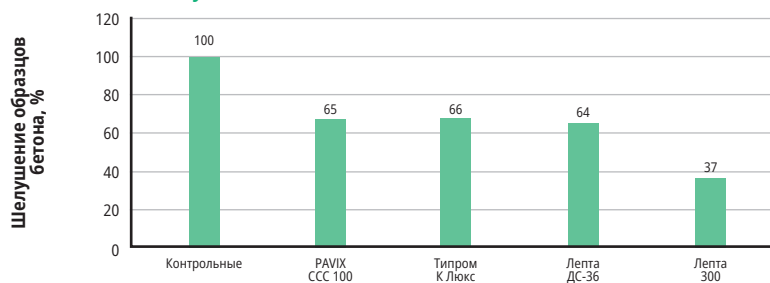


Рис. 7. Оценка шелушения образцов бетона

Испытания на водонепроницаемость

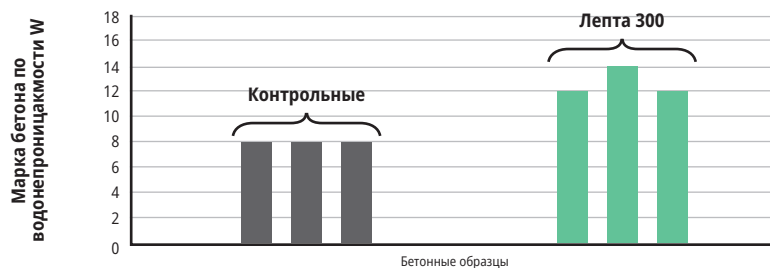


Рис. 8. Результат испытаний на водонепроницаемость

В испытаниях проверялись продукция, выпускаемая ПК «САЗИ», и продукция американского производителя Ravix. От ПК «САЗИ» были представлены гидрофобизаторы на водной основе Типром К Люкс, предназначенный для общестроительных работ, и гидрофобизаторы для транспортного строительства — Лепта ДС-36 (на водной основе) и Лепта 300 (на органическом растворителе).

По результатам проведенных испытаний наилучший результат показал гидрофобизирующий состав Лепта 300.

3. Процесс нанесения гидрофобизаторов на цементобетонное покрытие

Перед нанесением состава необходимо провести очистку поверхности цементобетонного покрытия от загрязнений. Поверхность должна быть визуалью сухой, очищенной от грязи, остатков лакокрасочных покрытий, следов от резины, высолов, наледи и снега, так как они будут препятствовать проникновению гидрофобизатора в поры бетона.

Нанесение гидрофобизатора, в зависимости от выбранного состава, обычно выполняется за 2-3 прохода — «мокрый по мокрому». Существует два способа нанесения — ручной и механизированный.

Нанесение гидрофобизатора на большие площади удобнее осуществлять механизированным способом — поливальной машиной или трактором с навесным оборудованием (Рис. 9).

При обработке небольших площадей, например, разделительных блоков Нью-Джерси, водоотводных лотков, бордюрного камня, обычно используют ручные распылители, валики или кисти (Рис. 10).

4. Способ контроля качества гидрофобизации в полевых условиях

До недавнего времени отсутствовал метод проверки гидрофобизации бетонных конструкций непосредственно на объекте производства работ.



Рис. 9. Обработка гидрофобизатором Лепта 300 дорожного цементобетонного покрытия



Рис. 10. Обработка гидрофобизатором Лепта 300 искусственных бетонных сооружений

Оценка угла смачивания (так называемый «биддинг-эффект») не является корректным показателем качества, так как показывает только наличие водоотталкивания на поверхности бетона, а капилляры при этом могут оставаться смачиваемыми. Обработка гидрофобизаторами проводится с целью исключить проникновение воды в приповерхностный слой бетона, то есть сделать его водонепроницаемым. Поэтому для оценки качества обработки и следует проверять водонепроницаемость, и такие устройства существуют.

Компания САЗИ много работает над технологическим оснащением процессов подготовки, применения и контроля производимых материалов. Для контроля гидрофобизации в дорожном строительстве специалисты компании разработали и защитили (патент №206115) «Устройство для оценки водопоглощения минеральных пористых строительных материалов и конструкций», которое серийно выпускается под названием «Трубка САЗИ».



Рис. 11. Измерение водонепроницаемости цементобетонного дорожного покрытия с помощью «Трубки САЗИ»

Трубка САЗИ выполнена из прочного материала и легко переносит тяжелые условия эксплуатации на объекте. На одной платформе трубки САЗИ применяются две шкалы измерений разного масштаба, для легких и для тяжелых бетонов. К тому же, конструкция устройства позволяет применять эти шкалы как на горизонтальных, так и на вертикальных поверхностях.

Следует отметить, что описанный метод испытаний следует использовать только для проверки качества обработки поверхности гидрофобизатором, но не для проверки самого состава на соответствие классу кремнийорганических гидрофобизаторов.

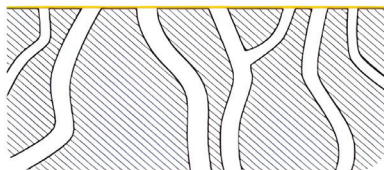
1.5. Как выбрать гидрофобизатор?

Выполнить защиту поверхности бетона от проникновения воды за счет смачивания можно двумя способами (Рис. 12).

Первый способ — это внешнее, «пленочное», покрытие (например, лакокрасочное), второй — гидрофобизация.

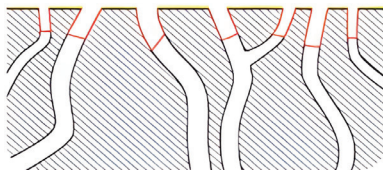
При втором способе капилляры бетона остаются открытыми, а на их поверхностях на некоторую глубину образуется тончайшая несмачиваемая (гидрофобная) пленка.

Доступ воды извне к капиллярам перекрыт сплошной пленкой на поверхности



■ несмачиваемая пленка на стенках капилляров

Вода при малых давлениях не проходит в капилляры, при этом капилляры открыты



■ несмачиваемая пленка на внешней поверхности; не является элементом гидроизоляции

Рис. 12. Схемы пленочного и гидрофобизирующего механизмов гидроизоляции бетона

Как было сказано выше, во втором способе работающая несмачиваемая пленка защищена от внешних механических воздействий самим бетоном, что обеспечивает достаточные сроки сохранения эффекта защиты от воды.

А вот внешняя пленка (по первому способу защиты) в условиях эксплуатации дорог и аэродромов быстро разрушается.

Себестоимость пленочных (внешних) покрытий существенно ниже, чем гидрофобизаторов. Это и приводит к большому количеству материалов, предлагаемых на рынке как «гидрофобизаторы», но таковыми не являющихся.

Существуют различные методы определения вида защитных материалов:

1. Проверка водопоглощения (стандартный метод испытаний) после снятия поверхностного слоя. Если применено внешнее пленочное покрытие, то водопоглощение резко вырастет. Если применен гидрофобизатор, то не изменится.
2. Проверка на впитывание машинного масла. Если капнуть масло на обработанную поверхность, то получим один из двух результатов. Если масло впиталось, то вы имеете дело с гидрофобизатором (если, конечно, другие стандартные тесты дали положительный результат). Если масло осталось на поверхности — это пленочный материал.

Чтобы проверить «впитываемость», через несколько минут после нанесения масла аккуратно удалите капли сухой ветошью. Если останется «мокрое» пятно — впитывание было, если нет — не было.

Можно усилить проверку. Удалите поверхностный слой с образца, где масло не впиталось, и вновь нанесите каплю на поверхность. Оно начнет впитываться.

Наш опыт показывает, что эти простые испытания абсолютно надежно отличают гидрофобизаторы от пленочных покрытий, что позволяет исключить ошибки в выборе гидрофобизатора и обеспечить ожидаемый эффект от применения этой технологии с целью вторичной защиты цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

Выводы

Вторичная защита цементобетонных покрытий автомобильных дорог позволяет существенно увеличить их межремонтный срок эксплуатации. Обеспечивая защиту бетона в условиях воздействия агрессивных сред и механических воздействий, гидрофобизация представляет собой наиболее эффективное решение, требующее к тому же минимальных затрат на материалы и выполнение работ.

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме —————→



Экономическая эффективность строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог

Статья написана по итогам научно-исследовательской работы (НИР) на тему «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог», выполненной учеными Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).

В настоящее время покрытия автомобильных дорог эксплуатируются в сложных условиях. Увеличение количества большегрузной техники и скоростного режима, нарастающий транспортный трафик, влияние климатических факторов, использование шипованной резины являются основными причинами ускоренного разрушения дорог с асфальтобетонными покрытиями. В числе ключевых задач дорожной отрасли — повышение срока службы автомобильных дорог и их пропускной способности, улучшение качества дорог и их эксплуатационных характеристик, сокращение затрат на их ремонт и содержание.

В декабре 2023 года Правительство Российской Федерации утвердило пятилетний план дорожного строительства на 2024–2028 годы, предусматривающий, в частности, внедрение новых технологий, материалов и решений, привлечение к их разработке отечественных научных организаций и профильных образовательных учреждений. Кроме того, была отмечена необходимость подготовить при участии комиссии Государственного Совета Российской Федерации по направлению «Транспорт» предложения о по-

вышении межремонтных сроков для всех категорий автомобильных дорог без увеличения норматива финансовых затрат на капитальный и текущий ремонты, содержание таких дорог, а также при условии сохранения уровня безопасности дорожного движения. Одно из эффективных решений, отвечающее всем этим требованиям, — широкое применение автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями.

Указ Президента РФ от 07.05.2024 №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» устанавливает среди прочих следующие целевые показатели и задачи, выполнение которых характеризует достижение национальной цели «Комфортная и безопасная среда для жизни»:

- увеличение к 2030 году в агломерациях и городах доли парка общественного транспорта, имеющего срок эксплуатации не старше нормативного, не менее чем до 85 процентов;
- увеличение к 2030 году доли соответствующих нормативным требованиям автомобильных дорог федерального значения и дорог крупнейших городских агломераций не менее чем до 85 процентов, опорной сети автомобильных дорог — не менее чем до 85 процентов, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения — не менее чем до 60 процентов;
- снижение смертности в результате дорожно-транспортных происшествий в полтора раза к 2030 году и в два раза к 2036 году по сравнению с показателем 2023 года.

29 августа 2025 года Правительство Российской Федерации утвердило шестилетний план дорожного строительства на 2025–2030 годы (Распоряжение Правительства Российской Федерации №2365-р). Данный план содержит информацию о проектах по созданию объектов транспортной, энергетической, телекоммуникационной, социальной и иной инфраструктуры, необходимых для реализации национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года согласно Указу Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Эти и другие задачи призван решить новый национальный проект «Инфраструктура для жизни», который стартовал 1 января 2025 года. Включенные в него (с учетом преемственности национального проекта «Безопасные качественные дороги») федеральные проекты предполагают в том числе благоустройство общественных и дворовых пространств, создание и обновление всей сопутствующей социальной и коммунальной инфраструктуры, а также строительство и ремонт дорог. Для того, чтобы дороги служили как можно дольше, необходимо использовать в ходе их строительства и реконструкции надежные, проверенные технологии и материалы.

За последние пять лет с участием ряда организаций — в том числе Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), ФАУ «РОСДОРНИИ», НО «Ассоциация по развитию дорожного цемента и цементобетонных покрытий», НО «СОЮЗЦЕМЕНТ» и других — выполнен масштабный комплекс исследований эффективности технологии строительства дорог с применением цемента и минеральных вяжущих, проведена оценка целесообразности увеличения объемов строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в России.

Результаты этих исследований неоднократно обсуждались экспертным сообществом в Минтрансе России, на заседаниях научно-технических советов Федерального дорожного агентства и государственной компании «Автодор». Вопросы рассматривались также на многочисленных российских и международных дорожных форумах, выставках, круглых столах и семинарах. Несмотря на активный интерес широкой общественности и поддержку значительной части экспертного сообщества, технология, признанная эффективной во всем мире, не получает должного распространения в России.

Дорог с цементобетонными покрытиями в нашей стране строится незаслуженно мало. По данным Минтранса России, прирост протяженности новых автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами за период с 2017 по 2021 год составил 57 км. Федеральным дорожным агентством построено автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями общей протяженностью всего 83,5 км, за период с 2022 по 2024 год.

Цементобетонное покрытие значительно прочнее, долговечнее, экономически выгоднее асфальтобетонного. Затраты на строительство бетонных дорог сегодня ниже стоимости строительства дорог с асфальтобетонными покрытиями, и это доказанный факт. Ученые Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) по заказу НО «СОЮЗЦЕМЕНТ» провели научно-исследовательскую работу с целью оценить экономическую эффективность применения в различных дорожно-климатических зонах России на примере отдельных регионов страны жестких с монолитными цементобетонными покрытиями и нежестких с асфальтобетонными слоями дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог. Специалисты рассчитали варианты конструкций дорожных одежд для дорог I, II и III категорий в зависимости от наиболее вероятных условий их эксплуатации в разных регионах России и отразили результаты в отчете о научно-исследовательской работе.

Отчет о научно-исследовательской работе
по теме:

**«Оценка экономической
эффективности
применения
жестких и нежестких
дорожных одежд для
различных категорий
автомобильных дорог»**

*Научный руководитель НИР,
д-р техн. наук
М.Г. Горячев*

Москва, 2023 г.

Список исполнителей

Профессор, д-р техн. наук, МАДИ	М. Г. Горячев
Доцент, канд. техн. наук, МАДИ	С. В. Лугов
Доцент, канд. техн. наук, МАДИ	А. Н. Кудрявцев
Инженер, МАДИ	С. В. Яркин

Реферат

Отчет 47 стр., 20 рис., 12 табл.

Автомобильная дорога, асфальтобетон, дорожная одежда, земляное полотно, проектирование, сроки службы, цементобетон.

Объектом исследования разрабатываемой НИР являются конструкции нежестких и жестких (со слоями покрытий из монолитного цементобетона) дорожных одежд автомобильных дорог для выполнения технико-экономического сравнения их вариантов для различных дорожно-климатических условий эксплуатации.

Цель работы — оценить экономическую эффективность применения в различных дорожно-климатических зонах (различных регионах) Российской Федерации жестких (с монолитными цементобетонными покрытиями) и нежестких дорожных одежд (с асфальтобетонными слоями) и для всех категорий автомобильных дорог.

Результаты работы. В отчёте представлены расчёт и конструкции нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог I...III категорий для технико-экономического сравнения их эффективности для всех дорожно-климатических зон Российской Федерации. Конструкции дорожных одежд назначены и рассчитаны строго на основе действующих нормативных доку-

ментов и с использованием современных дорожно-строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации и одобренных к применению в рамках требований технического регламента таможенного союза.

Область применения: проектирование, строительство и реконструкция автомобильных дорог Российской Федерации.

Внедрение результатов в организациях, осуществляющих деятельность по проектированию, строительству, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог.

Нормативные ссылки

В настоящем отчёте использованы ссылки на следующие нормативные документы.

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».
2. Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91) / Мин-во транспорта РФ. Гос. служба дорожного хозяйства России (Росавтодор).
3. СП 34.13330.2021. «Автомобильные дороги».
4. СП 78.13330.2012. «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85».
5. ГОСТ 33100-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог».
6. ГОСТ 33382-2015. «Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация».
7. ГОСТ 25100-2011. «Грунты. Классификация».
8. ГОСТ 8736-2014. «Песок для строительных работ. Технические условия».
9. ГОСТ 25607-2009. «Смеси щебёночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия».
10. ГОСТ 26633-2015. «Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия».
11. ГОСТ 32703-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования».

12. ГОСТ 32824-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования».
13. ГОСТ 32730-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования».
14. ГОСТ 32826-2014. «Автомобильные дороги общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования».
15. ГОСТ 32824-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования».
16. ГОСТ 32960-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения».
17. ГОСТ 33149-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях».
18. ГОСТ 33063-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов».
19. ГОСТ Р 58406.1-2020. «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебёночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические требования».
20. ГОСТ Р 58406.2-2020. «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические требования».
21. ГОСТ 23735-2014. «Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия».
22. ГОСТ 33133-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования».
23. ГОСТ Р 59120-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные одежды. Общие требования».
24. ГОСТ Р 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование жестких дорожных одежд. Типовые конструкции».
25. ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебёночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими».
26. ПНСТ 390-2020. «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Типовые конструкции».
27. ПНСТ 542-2021. «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования».

Термины и определения

В настоящем отчёте применены следующие основополагающие термины с соответствующими определениями.

Геосетка — рулонный геосинтетический материал в виде гибких полотен, полученный методами текстильной промышленности из волокон (филаментов, нитей, лент) с образованием ячеек размером более 2,5 мм.

Дополнительные слои основания — слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые для обеспечения требуемой морозоустойчивости и дренирования конструкции, позволяющие снижать толщину вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В зависимости от функции дополнительный слой бывает морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии, в том числе с применением геосинтетических материалов; из местных грунтов, обработанных различного вида вяжущими или стабилизаторами, а также из смесей с добавками пористых заполнителей.

Дорожная конструкция — комплекс, включающий дорожную одежду и рабочий слой земляного полотна с дренажными, водоотводными, удерживающими и укрепительными конструктивными элементами.

Дорожная одежда — многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая её на грунт; дорожные одежды классифицируют по типам исходя из их капитальности.

Дорожная одежда капитальная — дорожная одежда, обладающая наиболее высокой работоспособностью, соответствующей условиям движения и срокам службы дорог высоких категорий.

Дорожная одежда нежесткая — дорожная одежда, не содержащая в своём составе конструктивных слоёв из монолитного цементобетона, сборного железобетона или армобетона.

Дорожная одежда жёсткая — дорожная одежда с цементобетонными монолитными покрытиями, со сборными покрытиями из железобетонных или армобетонных плит с основанием из цементобетона или железобетона.

Интенсивность движения — количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени.

Категория дороги — критерий, характеризующий народно-хозяйственное значение автомобильной дороги в общей транспортной сети страны и определяемый интенсивностью движения на ней; в соответствии с категорией назначаются все технические параметры дороги.

Морозозащитный слой — дополнительный слой основания дорожной одежды из непучинистых материалов, обеспечивающий совместно с другими слоями основания и покрытия защиту конструкции от деформаций морозного пучения.

Надёжность дорожной одежды — способность дорожной одежды сохранять заданные эксплуатационные характеристики (прочность, ровность, шероховатость) в течение расчётного срока службы в заданных эксплуатационных условиях.

Нормативная осевая нагрузка — полная нагрузка от наиболее нагруженной оси условного двухосного автомобиля, к которой приводятся все автомобили с меньшими осевыми нагрузками, устанавливаемая сводами правил для дорожных одежд при заданной капитальности и используемая для определения расчётной нагрузки при расчёте дорожной одежды на прочность.

Основание дорожной одежды — несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна.

Покрытие дорожное — верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колёс автомобилей и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) — верхняя часть земляного полотна в пределах от низа дорожной одежды до уровня, соответствующего $2/3$ глубины промерзания конструкции, но не менее 1,5 м, считая от поверхности покрытия.

Расчётная осевая нагрузка — максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных автомобилей или на приведённую ось для многоосных автомобилей, доля которых в составе и интенсивности движения с учётом перспективы изменения к концу межремонтного срока составляет не менее 5%.

Слой износа — верхний замыкающий слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие колёс автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов; подлежит периодическому восстановлению в процессе эксплуатации.

Срок службы дорожной одежды — календарная продолжительность эксплуатации дорожной одежды от начала эксплуатации до момента достижения предельного состояния.

Уровень проектной надёжности дорожной одежды — характеристика надёжности дорожной одежды, определяющая вероятность отказа (наступление предельного состояния) ранее нормативного (расчётного) срока службы; связана с коэффициентом прочности дорожной одежды; иногда выражается через площадь недеформированных участков дорожного покрытия к окончанию срока службы.

Введение

Дорожные одежды автомобильных дорог работают в сложных условиях постоянно растущей интенсивности движения транспортных средств. Доля автомобильных дорог в России с цементобетонными покрытиями, которые обладают высокой несущей способностью и длительными сроками службы, крайне мала. Увеличение количества большегрузных автомобилей, рост интенсивности движения, эксплуатация дорог в сложных климатических условиях, использование шипованной резины, являются основными причинами ускоренного разрушения дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями. Для увеличения сроков службы нежестких дорожных одежд должны применяться современные типы асфальтобетонов, для производства которых, в свою очередь, нужны: высококачественный кубовидный щебень, выпуск которого ограничен на многих дробильно-сортировочных установках, и высококачественные битумы, производство которых до сих пор не налажено. Применение полимерно-битумных вяжущих ограничено небольшими объемами производства и высокими ценами на них, а вынужденная ориентация производителей битумных эмульсий на импортные компоненты не позволяет снизить цену продукции и увеличить объемы производства. Таким образом, сегодня крайне важно оценить экономическую эффективность для различных категорий автомобильных дорог применения жестких и нежестких дорожных одежд.

Президиумом (штабом) Правительственной комиссии по региональному развитию в Российской Федерации под председательством Заместителя председателя Правительства Российской Федерации М.Ш. Хуснуллина протоколом от 17.06.2021 № 24 было указано на необходимость усилить работу в части увеличения количества дорог с цементобетонными покрытиями. Было отмечено, что цементобетонные покрытия обладают большей прочностью и долговечностью, более высоким сроком службы, чем асфальтобетонные покрытия. В данной работе количественно и качественно подтверждается, что жесткие дорожные одежды с монолитными цементобетонными покрытиями существенно более технико-экономически эффективнее нежестких дорожных одежд с асфальтобетонными

слоями, устроенных на материалах оснований с модулями упругости значительно ниже, чем у асфальтобетонов. В отчёте приведены расчёты и конструкции дорожных одежд в наиболее вероятных эксплуатационных условиях всех дорожно-климатических зон и выполнена сравнительная оценка вариантов дорожных одежд.

1. Предпосылки разработки вариантов конструкций дорожных одежд

Дорожные одежды со слоями покрытий из монолитного цементобетона относятся к капитальным типам. Приоритетными категориями автомобильных дорог для строительства жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетоном являются I, II и III категории. Конкурирующими вариантами из нежёстких дорожных одежд также должны быть приняты дорожные одежды капитального типа. Облегчённые и переходные дорожные одежды в сравнительном анализе отсутствуют.

Нормативные сроки службы нежёстких и жёстких дорожных одежд отличаются. Наибольшие нормативные сроки службы для нежёстких дорожных одежд установлены для федеральных автомобильных дорог Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 мая 2017 года №658 и составляют 24 года. Нормативные сроки службы жёстких дорожных одежд регламентированы рядом нормативных документов (ГОСТ Р 59628-2021, ГОСТ Р 58861-2020) и должны приниматься не менее 25 лет.

Принимая во внимание различия в нормативных сроках службы нежёстких и жёстких дорожных одежд (хотя и несущественно влияющее на конечное конструктивное решение), расчётное обоснование вариантов для последующего сравнения следует выполнять по заданному суммарному количеству приложений расчётной нагрузки. В этом случае величина нормативного срока службы формально не оказывает влияния на проектирование дорожных одежд, несмотря на некоторые отличия в напряжённо-деформированном состоянии из-за различного интервала между циклами приложения расчётной нагрузки. При такой постановке также не будет иметь значение количество полос движения при многополосной

проезжей части. Для проектирования дорожных одежд приняты суммарные размеры движения в зависимости от категории автомобильной дороги (табл. 1.1).

Категория автомобильной дороги	Суммарное количество приложений расчётной нагрузки за срок службы, млн.
I	35,0
II	12,5
III	3,0
Примечание. Нормативная осевая нагрузка составляет 115 кН.	

Таблица 1.1

Указанные в табл. 1.1 суммарные размеры движения соответствуют середине интервалов для назначения типовых жёстких дорожных одежд по ГОСТ Р 59628-2021.

Назначение конструкций жёстких дорожных одежд осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 59628-2021. Проверка жёстких дорожных одежд по критериям морозостойчивости и дренирующей способности выполняется согласно «Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)». Проектирование нежёстких дорожных одежд проводится по ПНСТ 542-2021.

Учитывая опыт согласования проектной документации в Главгосэкспертизе, в пакет асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд не включаются армирующие прослойки (геосетки). На границе раздела слоёв оснований из неукреплённых каменных материалов и песчаных дополнительных слоёв оснований, а также между песчаными дополнительными слоями оснований и глинистыми грунтами рабочей зоны земляного полотна предусматривается размещение геотекстильных прослоек, удовлетворяющих требованиям действующих государственных стандартов.

В слоях оснований предусмотрена марка щебёночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных неорганическими вяжущими, М40, удовлетворяющая требованиям прочности на растяжение при раскалывании как по индексу А, так и по индексу Б (согласно ГОСТ Р 70455-2022).

В рабочем слое земляного полотна обычно применяют дисперсные грунты в самом широком спектре их наименований и свойств. Для выполнения нормативных требований в части минимальных значений расчётных модулей упругости на поверхности рабочего слоя грунта земляного полотна конструирование дорожных одежд предусматривает укрепление глинистых грунтов цементом. Грунт, укреплённый цементом, характеризуется маркой М10. Также для некоторых субъектов Российской Федерации в качестве рабочего слоя земляного полотна назначен песок мелкий с содержанием пылеватых частиц до 5 % по массе.

Объективная оценка экономической эффективности нежёстких и жёстких конструкций дорожных одежд в границах всей страны будет получена при охвате большого количества территорий. Поэтому в научно-исследовательской работе будут представлены все дорожно-климатические зоны. В каждой дорожно-климатической зоне выделены от 1 до 3 субъектов Российской Федерации (*табл. 1.2*), характеризующихся индивидуальными особенностями увлажнения, температурного режима и промерзания.

Дорожно-климатическая зона	Субъекты РФ
I	Республика Бурятия (I ₃), Мурманская область (I ₃)
II	Ленинградская область (II ₁), Московская область (II ₂), Свердловская область (II ₂) Приморский край (II ₂)
III	Пензенская область (III ₁) Самарская область (III ₁)
IV	Оренбургская область
V	Астраханская область
Всего	10

Таблица 1.2

Общее количество конструкций дорожных одежд дорог I, II и III категорий для проектирования во всех 5 ДКЗ (10 регионах) составляет 30 для нежестких и 30 для жестких дорожных одежд.

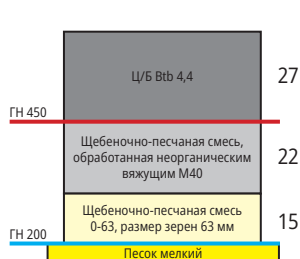
Для обеспечения равноценности и объективности сравнения вариантов нежестких и жестких дорожных одежд в идентичных условиях эксплуатации приняты одинаковые толщины дренающего / морозозащитного слоя, а также характеристики рабочего слоя грунта земляного полотна.

При определении сметной стоимости нежестких и жестких дорожных одежд затраты на строительство грунта рабочего слоя земляного полотна не учитывались по причине их одинаковой стоимости в сопоставляемых вариантах дорожных одежд.

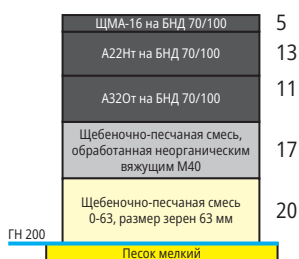
2. Разработка и экономическая оценка конструкций дорожных одежд

Ниже приведены варианты конструкций дорожных одежд, подлежащие сметной оценке и сравнению.

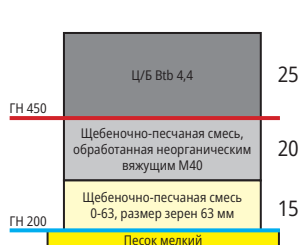
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5579,43 Р/м^2



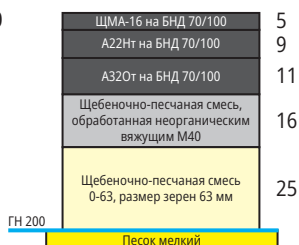
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7068,01 Р/м^2



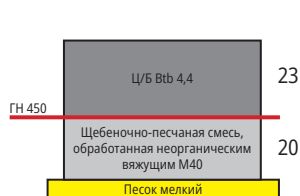
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5365,42 Р/м^2



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6119,98 Р/м^2



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4601,21 Р/м^2



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5014,11 Р/м^2

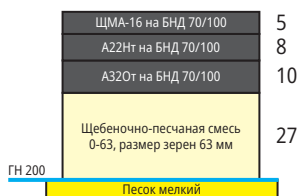


Рис. 2.1. Конструкции дорожных одежд в Республике Бурятия

Сметные показатели для дорожных одежд в Республике Бурятия

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7068,01	5579,43	1488,58	21,06
II	6119,98	5365,42	754,56	12,33
III	5014,11	4601,21	412,9	8,24

Таблица 2.1

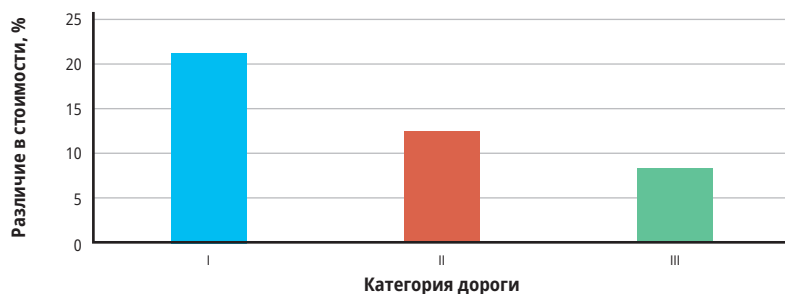


Рис. 2.2. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Республике Бурятия

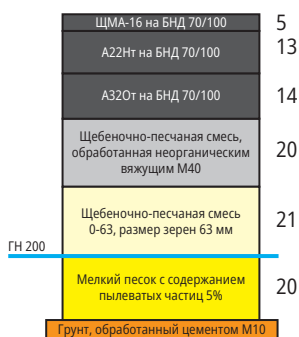
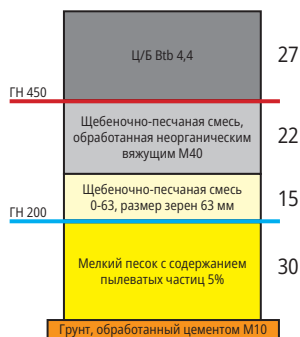
Заключение

Для Республики Бурятия сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 8,24 % до 21,06 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 7948,32 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 8191,30 Р/м²

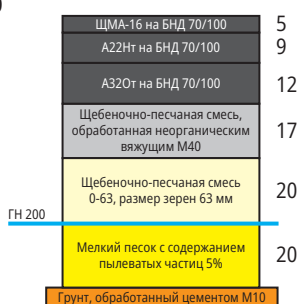
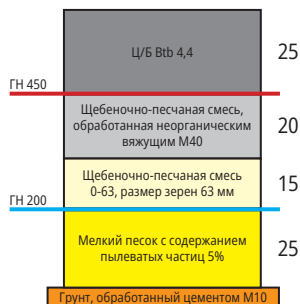
I кат. Р-50



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 7580,36 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7326,84 Р/м²

II кат. Р-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 6543,48 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5873,72 Р/м²

III кат. Р-5



Рис. 2.3. Конструкции дорожных одежд в Мурманской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Мурманской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	8191,30	7948,32	242,98	2,97
II	7326,84	7580,36	-253,52	-3,46
III	5873,72	6543,48	-669,76	-11,40

Таблица 2.2

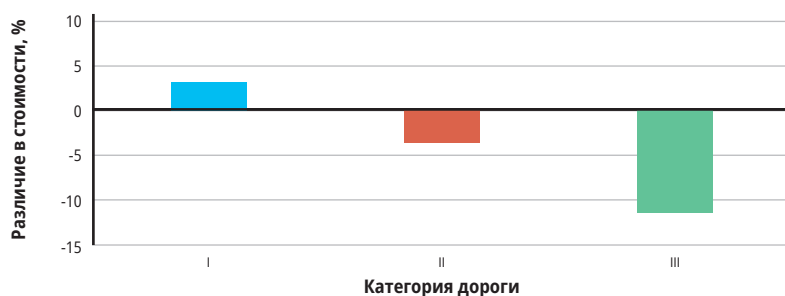


Рис. 2.4. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Мурманской области

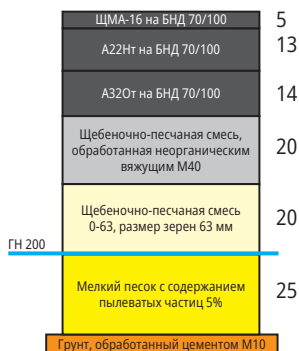
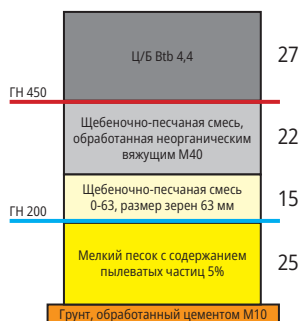
Заключение

Для Мурманской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием показала незначительную экономическую эффективность по капитальным затратам только для автомобильных дорог I категории — 2,97 %. Для дорог II и III категорий нежёсткие дорожные одежды несут незначительные, но меньшие по стоимости — соответственно 3,46 и 11,40 %. Следует заметить, что при использовании в конструкциях нежёстких дорожных одежд асфальтобетонов, запроектированных на менее вязких марках битума, что допустимо в северных регионах страны, стоимость дорожных одежд значительно увеличится, и различие в таком случае может достигать 40 %.

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5697,48 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7381,83 Р/м²

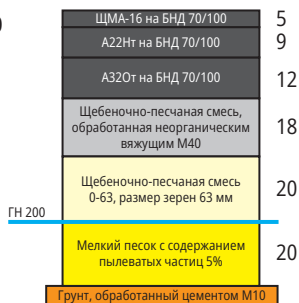
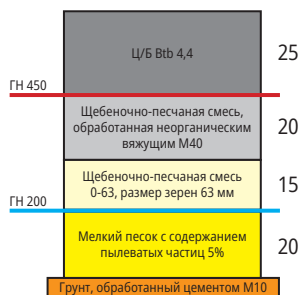
I кат. Р-50



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5449,58 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6381,26 Р/м²

II кат. Р-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4811,79 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5199,82 Р/м²

III кат. Р-5

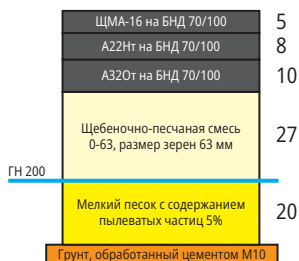
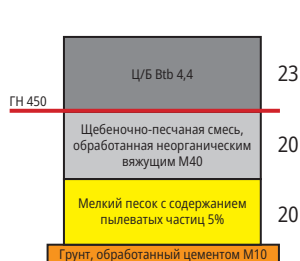


Рис. 2.5. Конструкции дорожных одежд в Ленинградской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Ленинградской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7381,83	5697,48	1684,35	22,82
II	6381,26	5449,58	931,68	14,60
III	5199,82	4811,79	388,03	7,46

Таблица 2.3

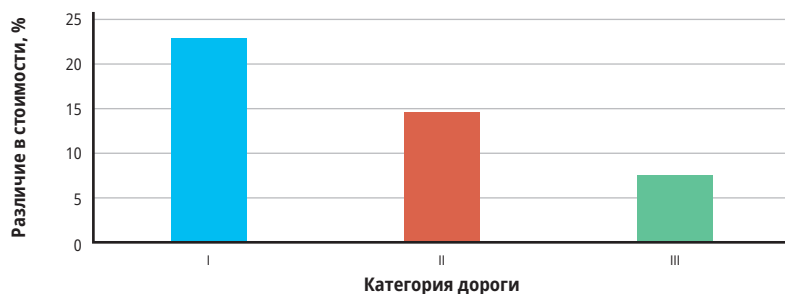


Рис. 2.6. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Ленинградской области

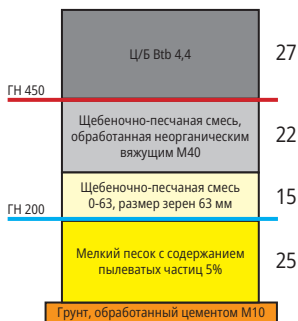
Заключение

Для Ленинградской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 7,46 % до 22,82 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 6066,55 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7496,49 Р/м²

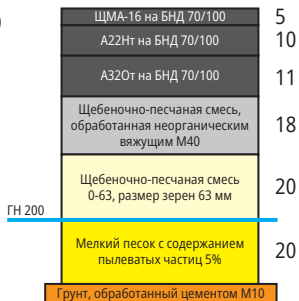
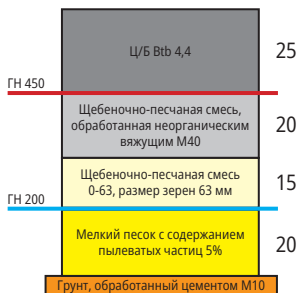
I кат. Р-50



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5707,22 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6455,39 Р/м²

II кат. Р-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4925,82 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5282,97 Р/м²

III кат. Р-5

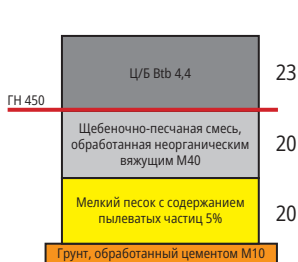


Рис. 2.7. Конструкции дорожных одежд в Московской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Московской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7496,49	6066,55	1429,94	19,08
II	6455,39	5707,22	748,17	11,59
III	5282,97	4925,82	357,15	6,76

Таблица 2.4

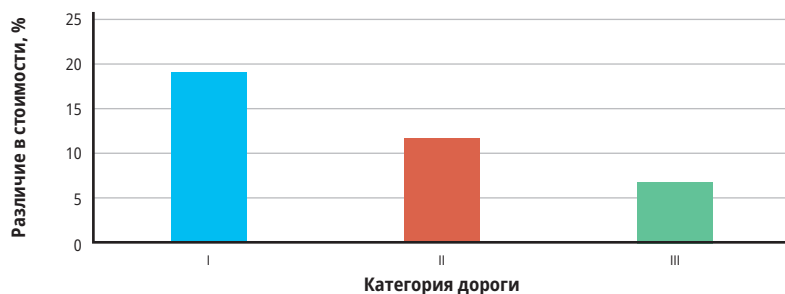


Рис. 2.8. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Московской области

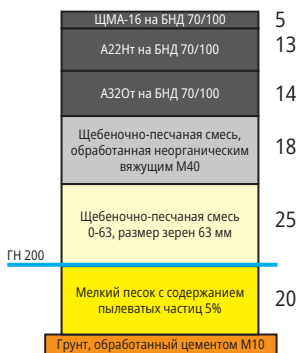
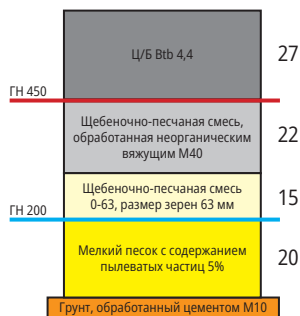
Заключение

Для Московской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 6,76 % до 19,08 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5785,86 ₽/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7439,75 ₽/м²

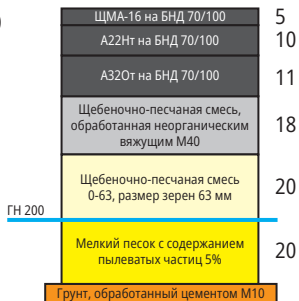
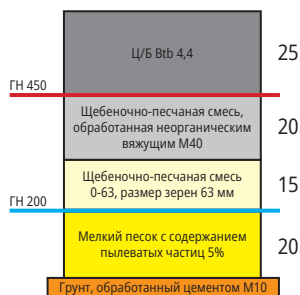
I кат. P-50



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5570,52 ₽/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6444,34 ₽/м²

II кат. P-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4808,54 ₽/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5230,85 ₽/м²

III кат. P-5



Рис. 2.9. Конструкции дорожных одежд в Свердловской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Свердловской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7439,75	5785,86	1653,89	22,23
II	6444,34	5570,52	873,82	13,56
III	5230,85	4808,54	422,31	8,07

Таблица 2.5

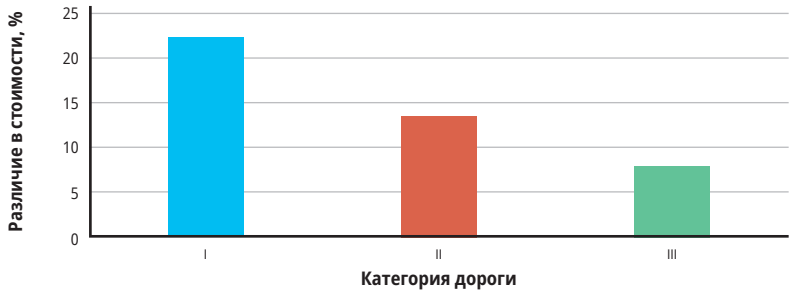


Рис. 2.10. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Свердловской области

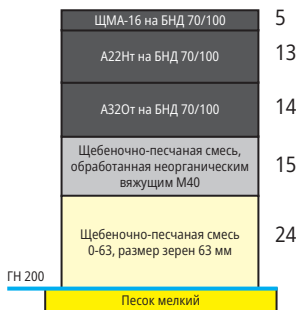
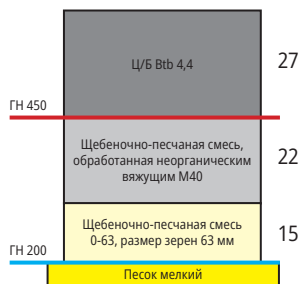
Заключение

Для Свердловской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 8,07 % до 22,23 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5949,13 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7235,42 Р/м²

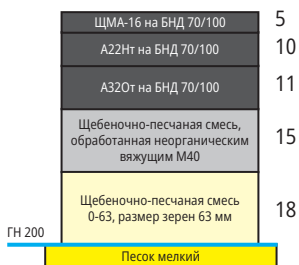
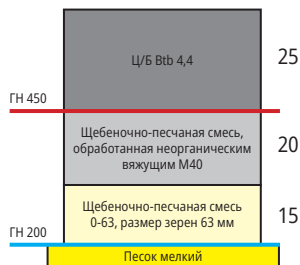
I кат. Р-50



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5718,37 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6195,68 Р/м²

II кат. Р-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4901,86 Р/м²

Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5042,16 Р/м²

III кат. Р-5

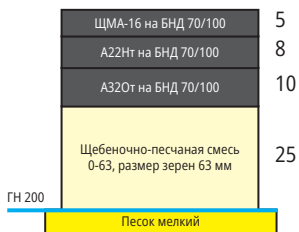
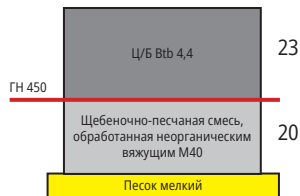


Рис. 2.11. Конструкции дорожных одежд в Приморском крае

Сметные показатели для дорожных одежд в Приморском крае

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7235,42	5949,13	1286,29	17,78
II	6195,68	5718,37	477,31	7,70
III	5042,16	4901,86	140,30	2,78

Таблица 2.6

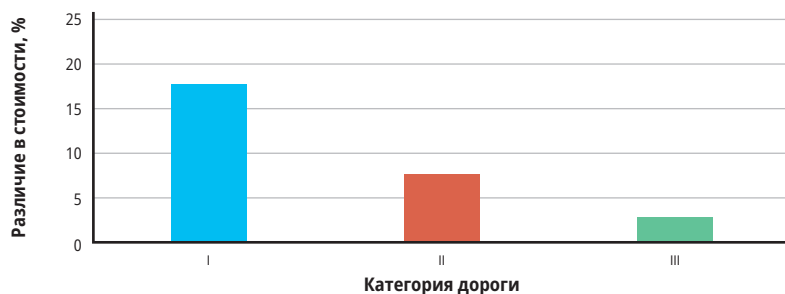
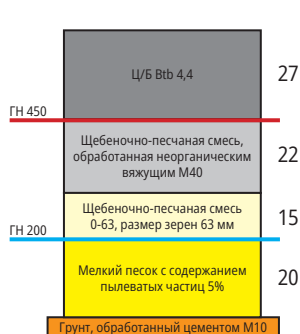


Рис. 2.12. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Приморском крае

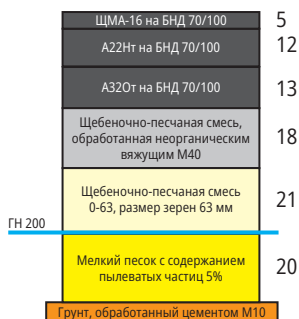
Заключение

Для Приморского края сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 2,78 % до 17,78 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

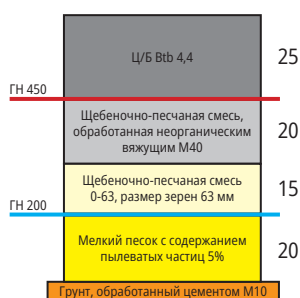
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5599,92 Р/м²



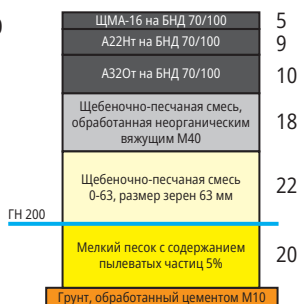
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6952,62 Р/м²



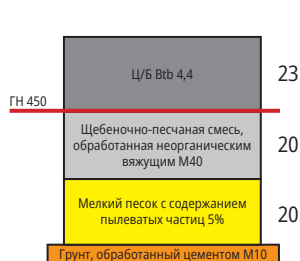
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5391,75 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6103,15 Р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4655,17 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5148,68 Р/м²

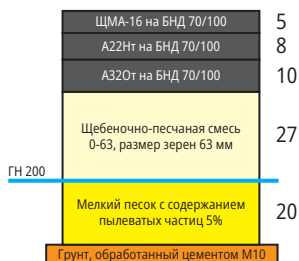


Рис. 2.13. Конструкции дорожных одежд в Пензенской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Пензенской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	6952,62	5599,92	1352,7	19,46
II	6103,15	5391,75	711,4	11,66
III	5184,68	4655,17	529,51	10,21

Таблица 2.7

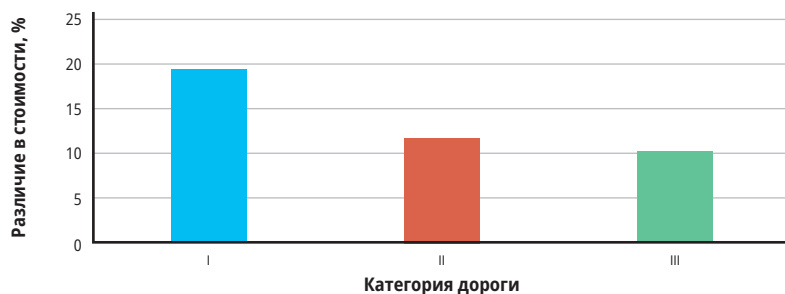
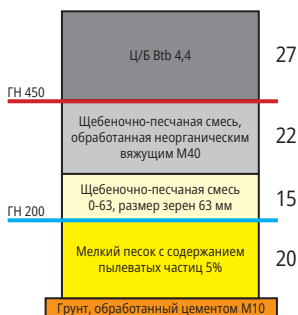


Рис. 2.14. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Пензенской области

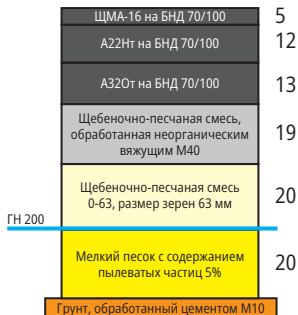
Заключение

Для Пензенской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 10,21 % до 19,46 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

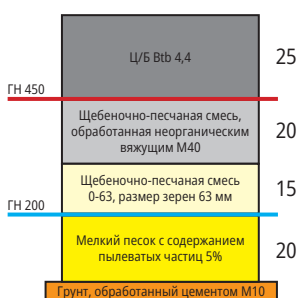
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5419,65 Р/м²



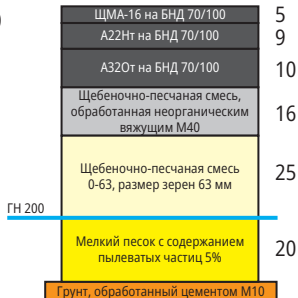
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6929,48 Р/м²



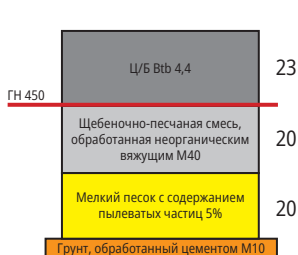
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5318,13 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6072,39 Р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4592,02 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5100,67 Р/м²

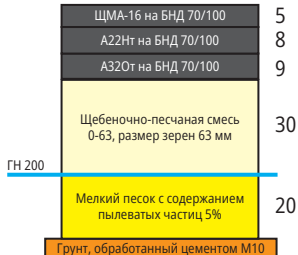


Рис. 2.15. Конструкции дорожных одежд в Самарской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Самарской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	6929,48	5419,65	1509,83	21,79
II	6072,39	5318,13	754,26	12,42
III	5100,67	4592,02	508,65	9,97

Таблица 2.8

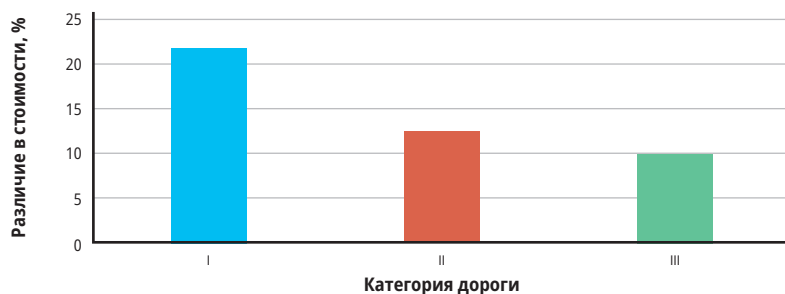
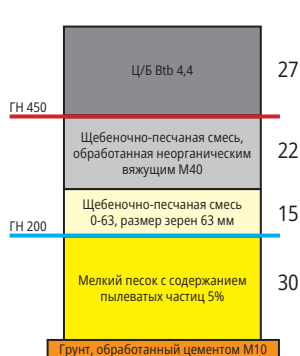


Рис. 2.16. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Самарской области

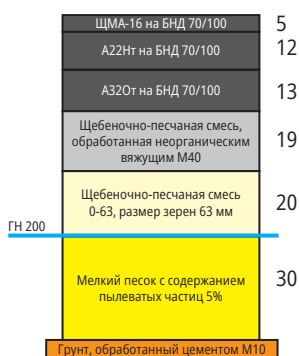
Заключение

Для Самарской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для III категории. Относительное различие составило от 9,97 % до 21,79 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

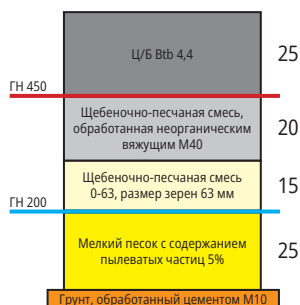
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5728,66 Р/м²



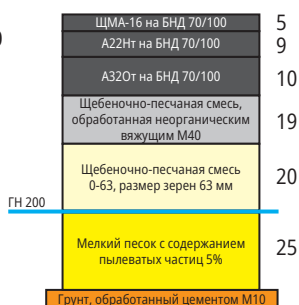
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7073,82 Р/м²



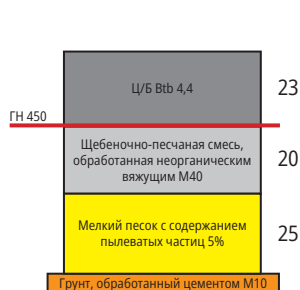
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5466,21 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6133,83 Р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4726,65 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5436,03 Р/м²

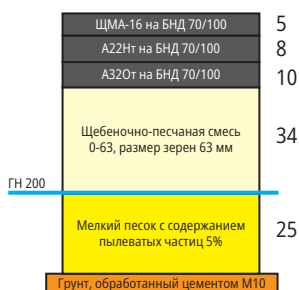


Рис. 2.17. Конструкции дорожных одежд в Оренбургской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Оренбургской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7073,82	5728,66	1345,16	19,02
II	6133,83	5466,21	667,62	10,88
III	5436,03	4726,65	709,38	13,05

Таблица 2.9

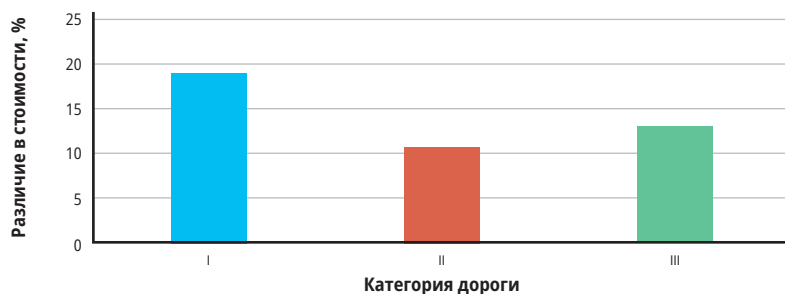
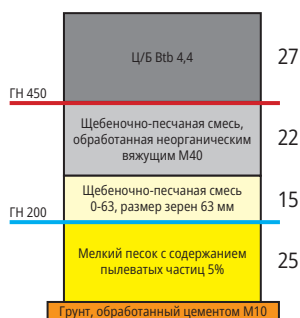


Рис. 2.18. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Оренбургской области

Заключение

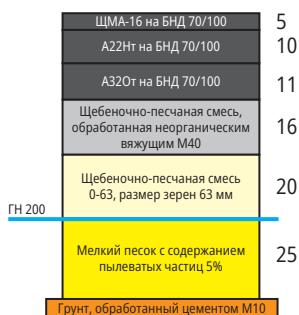
Для Оренбургской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую — для II категории. Относительное различие составило от 10,88 % до 19,02 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5608,95 Р/м²

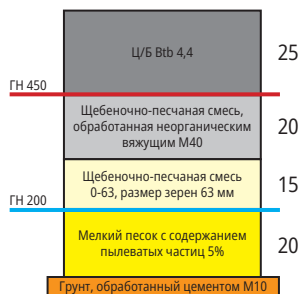


Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6273,20 Р/м²

I кат. P-50

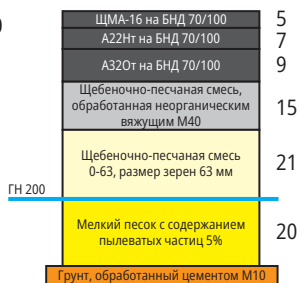


Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5349,68 Р/м²

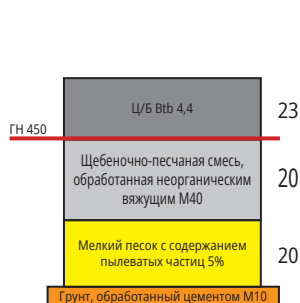


Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5438,86 Р/м²

II кат. P-20



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4619,08 Р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5189,12 Р/м²

III кат. P-5

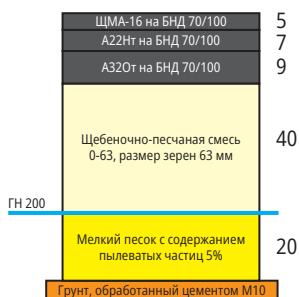


Рис. 2.19. Конструкции дорожных одежд в Астраханской области

Сметные показатели для дорожных одежд в Астраханской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , ₽		Разница в стоимости, ₽	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	6273,20	5608,95	664,25	10,59
II	5438,86	5349,68	89,18	1,64
III	5189,12	4619,08	570,04	10,99

Таблица 2.10

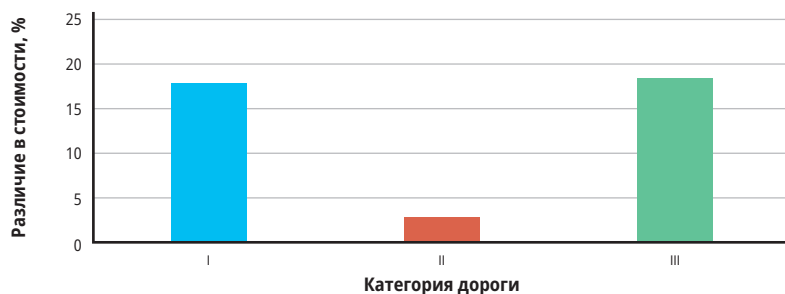


Рис. 2.20. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Астраханской области

Заключение

Для Астраханской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог III категории, наименьшую — для II категории. Относительное различие составило от 1,64 % до 10,99 %. Не очень существенное различие в стоимости объясняется довольно близкими суммарными толщинами асфальтобетонных слоёв и цементобетонного покрытия. Такой результат связан с применением вязких марок битума для асфальтобетонных смесей в регионе страны с очень высокими и за сезон суммарно продолжительными летними температурами.

Заключение

В отчёте о научно-исследовательской работе «Оценка экономической эффективности применения жёстких и нежёстких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» в соответствии с техническим заданием проведены назначение и расчёт вариантов дорожных одежд для дорог I...III категорий в наиболее вероятных условиях их эксплуатации разных регионов России. При конструировании верхней части земляного полотна и дорожных одежд использованы наиболее передовые и широко апробированные на практике материалы и технологии.

Экономическая оценка вариантов дорожных одежд проведена базисно-индексным методом на основе федеральных единых расценок.

В процессе подготовки и согласования отчёта в полном объёме были учтены замечания заказчика.

По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно отметить, что практически во всех случаях вариантного сравнения экономически более выгодным является конструкция с монолитным цементобетонным покрытием.

Следует отметить, что разница в стоимости вариантов сравнения во многом связана с соотношением толщины пакета асфальтобетонных слоёв и толщины цементобетонного покрытия.

На размер различия в стоимости нежёстких дорожных одежд с жёсткими дорожными одеждами во многом оказывает влияние разновидность асфальтобетона в нежёстких дорожных одеждах: по ГОСТ 58401.1-2019 или по ГОСТ 58406.2-2020, а также марка органического вяжущего. За счёт более низких нормативных значений модулей упругости асфальтобетонов типа «Суперпейв» толщина асфальтобетонных покрытий и слоёв оснований у них выше, чем у асфальтобетонов по ГОСТ 58406.2-2020, а следовательно, они оказываются существенно дороже. Кроме того, в южных районах России, где асфальтобетоны проектируют на более вязких битумах, толщины слоёв из

асфальтобетона и материалов оснований меньше, что в некоторой степени выравнивает стоимости оцениваемых вариантов нежестких и жестких дорожных одежд. Проектирование асфальтобетонных на битумах марок менее вязких, чем это было принято в данной работе, приведёт к существенному росту сметной стоимости нежестких дорожных одежд.

Выводы

В рамках научно-исследовательской работы проведена оценка экономической эффективности применения жестких с монолитными цементобетонными покрытиями и нежестких с асфальтобетонными слоями дорожных одежд для I, II и III категорий автомобильных дорог по капитальным затратам. Конструкции дорожных одежд назначены и рассчитаны строго на основе действующих нормативных документов и с использованием современных дорожно-строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации и одобренных к применению в рамках требований технического регламента Таможенного союза.

В исследовании описаны все дорожно-климатические зоны (ДКЗ), характеризующиеся различными особенностями температурного режима, увлажнения и промерзания грунта. Представлено в общей сложности 30 конструкций жестких и 30 конструкций нежестких дорожных одежд для проектирования автомобильных дорог I, II и III категорий в пяти ДКЗ. В ДКЗ I была рассчитана экономическая эффективность дорог с цементобетонными и асфальтобетонными покрытиями в Республике Бурятия и Мурманской области, в ДКЗ II — в Московской, Ленинградской и Свердловской областях и Приморском крае, в ДКЗ III — в Пензенской и Самарской областях, в ДКЗ IV — в Оренбургской области, в ДКЗ V — в Астраханской области. Согласно результатам научно-исследовательской работы, практически во всех случаях экономически более выгодными являются конструкции дорожных одежд с монолитными цементобетонными покрытиями.

Такой же вывод можно сделать исходя из утвержденных приказом Минстроя России №127/пр от 05.03.2025 г. укрупненных нормативов цен. Согласно документу, стоимость 1 км дороги с цементобетонным покрытием I и II технических категорий на 8-11% ниже стоимости аналогичного по техническим характеристикам участка дороги с асфальтобетонным покрытием.

Отдел 1. Показатели укрупненных нормативов цены строительства

Код показателя	Наименование показателя	Норматив цены строительства на 01.01.2025, тыс. Р
----------------	-------------------------	---

ЧАСТЬ 1. Автомобильные дороги общего пользования

РАЗДЕЛ 1. Автомобильные дороги I категории

Таблица 08-01-001 Автомагистрали категории IА, дорожная одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-001-01	4 полосные	268 746,50
08-01-001-02	6 полосные	328 910,85
08-01-001-03	8 полосные	389 353,61

Таблица 08-01-002 Автомагистрали категории IА, дорожная одежда капитального типа с цементобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-002-01	4 полосные	248 596,47
08-01-002-02	6 полосные	300 147,55
08-01-002-03	8 полосные	351 302,93

Таблица 08-01-003 Скоростные дороги категории IБ, дорожная одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-003-01	4 полосные	256 028,94
08-01-003-02	6 полосные	315 284,91
08-01-003-03	8 полосные	374 586,53

Таблица 08-01-004 Скоростные дороги категории IБ, дорожная одежда капитального типа с цементобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-004-01	4 полосные	233 891,91
08-01-004-02	6 полосные	284 435,55
08-01-004-03	8 полосные	335 067,85

Код показателя

Наименование показателя

Норматив цены строитель-
ства на 01.01.2025, тыс. Р**Таблица 08-01-005** Обычные дороги категории IV, дорожная одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-003-01	4 полосные	260 342,69
08-01-003-02	6 полосные	322 478,28
08-01-003-03	8 полосные	382 510,80

Таблица 08-01-006 Обычные дороги категории IV, дорожная одежда капитального типа с цементобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-01-004-01	4 полосные	235 644,22
08-01-004-02	6 полосные	283 824,73
08-01-004-03	8 полосные	334 476,11

РАЗДЕЛ 2. Автомобильные дороги II категории**Таблица 08-02-001** Обычные дороги категории II, дорожная одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-02-001-01	2 полосные	96 258,16
08-02-001-02	4 полосные	148 776,94

Таблица 08-02-002 Обычные дороги категории II, дорожная одежда капитального типа с цементобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-02-002-01	2 полосные	87 994,14
08-02-002-02	4 полосные	135 285,68

Код показателя	Наименование показателя	Норматив цены строительства на 01.01.2025, тыс. Р
----------------	-------------------------	---

РАЗДЕЛ 3. Автомобильные дороги III категории

Таблица 08-03-001 Обычные дороги категории III, дорожная одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-03-001-01	2 полосные	69 269,27
--------------	------------	-----------

Таблица 08-03-002 Обычные дороги категории III, дорожная одежда капитального типа с цементобетонным покрытием

Измеритель: 1 км

08-03-002-01	2 полосные	72 630,26
--------------	------------	-----------

Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме →



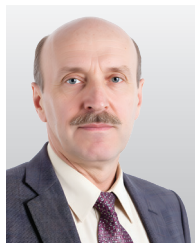
Приказ Минстроя России от 5 марта 2025 г. № 127/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства» «Укрупненные нормативы цены строительства. НЦС 81-02-08-2025. Сборник № 08. Автомобильные дороги» →



Мифы и факты об автомобильных дорогах с цементобетонными покрытиями



**Дубровский
Игорь
Семенович,**
советник первого
вице-президента
АО «ХК Сибцем»



**Шевелев
Александр
Изосимович,**
директор
департамента
ДСТ АО «Квинтмади»



**Семаш
Дмитрий
Владимирович,**
генеральный
директор
ООО «Альянс-Сервис»



**Никитин
Кирилл
Александрович,**
генеральный
директор
ООО «Мирастрой»

1. Повышенные требования к автомобильным дорогам

Сегодня перед дорожной отраслью нашей страны стоит сложная задача по сохранению и расширению сети автомобильных дорог, в условиях высокого уровня автомобилизации, роста социально-экономических показателей (в том числе объема перевозимых грузов), активного пространственного развития территорий. Ее решение среди прочих мер предполагает создание в составе сети дорог транспортных коридоров в юго-восточном направлении, их формирование предусмотрено утвержденной Правительством Российской Федерации концепцией. В соответствии с ней требуется оптимизировать и с учетом принципов «бесшовной логистики» привести

к единообразию основные характеристики данных магистралей — максимально допустимую нагрузку на ось, скоростной режим, пропускную способность и другие.

В настоящее время отечественные дороги эксплуатируются при постоянно увеличивающейся интенсивности движения: за последние 30 лет нагрузка на них возросла в три-четыре раза. Из-за увеличения количества большегрузных автомобилей и скоростного режима, нарастающего транспортного трафика, негативного влияния климатических факторов, использования шипованной резины происходит ускоренное разрушение трасс с асфальтобетонными покрытиями. На автомобильных дорогах накапливаются остаточные деформации, истираются покрытия, появляются различные повреждения. Это должно учитываться на стадии проектирования и строительства автомобильных дорог.

Самый дорогостоящий конструктивный элемент автомобильных дорог — дорожные одежды. Их толщина стала больше с изменением нормативных межремонтных сроков, определенных Постановлением Правительства РФ № 658 от 30.05.2017 года. Согласно документу, межремонтный период эксплуатации автомобильных дорог с покрытием усовершенствованного типа увеличен до 12 лет, капитальный ремонт таких объектов необходимо проводить раз в 24 года.

В нашей стране работы по увеличению межремонтных сроков службы автомобильных дорог ведутся только в одном направлении — специалисты стремятся улучшить характеристики асфальтобетонных покрытий. Для этого применяются меры по повышению качества дорожных битумов, подбору составов асфальтобетонных смесей, увеличению толщины конструктивных слоев, изменению требований к заполнителям, совершенствованию методов контроля качества работ. Однако характеристики битумов, несмотря на постоянно растущую стоимость данных материалов, нередко оставляют желать лучшего, а дорожные покрытия, обустроенные с их использованием, имеют короткий жизненный цикл. Другой недостаток нежестких дорожных одежд — необходимость вводить весенне-летние ограничения на массу и нагрузки на оси транспортных средств (далее — ТС).

2. Тенденции строительства цементобетонных дорог за рубежом

Сегодня важно внедрять технологии, строительства оснований автомобильных дорог с применением минеральных и комплексных вяжущих, применять цементобетон в конструктивных слоях дорожных одежд. За счет этого можно значительно повысить несущую способность дорожных одежд, сократив толщину конструктивных слоев. Увеличение общей жесткости конструкции уменьшит нагрузку на нижележащие слои и грунтовое основание. Соответственно, замедлятся процессы накопления повреждений, увеличится срок службы объекта до капитального ремонта. Отечественный и мировой опыт показывает: армирование дорожных одежд, применение композитных материалов при их конструировании позволяет в значительной степени повысить их работоспособность.

Практика многих государств подтверждает и то, что увеличение срока службы дорог, как и снижение эксплуатационных издержек, невозможно без применения современных технологий устройства дорожных одежд с цементобетонными покрытиями и основаниями. Для их распространения в нашей стране есть все необходимое: доступны в необходимом количестве высококачественные цементы отечественного производства (при этом цены на них растут намного медленнее, чем стоимость битумов, требующих помимо прочего специальных условий хранения и накопления), создано новое поколение бетонов повышенной прочности и долговечности и т.д.

По пути массового строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями пошли в США, Канаде, ФРГ, КНР, а также в странах ближнего зарубежья — республиках Беларусь, Казахстан и Узбекистан. Сегодня цементобетонное покрытие имеет 13-40% автомобильных дорог, расположенных в Европе, около 50% дорог в Китае, примерно 60% — в США. В России аналогичный показатель равен менее 2%.

Решение о выборе того или иного типа покрытия и дорожной одежды должно основываться, прежде всего, на экономических расчетах с учетом жизненного цикла объекта строительства. Важно иметь в виду и такие факторы, как

наличие исходных дорожно-строительных материалов (в первую очередь, вяжущего), предполагаемый состав и интенсивность движения, климатические условия эксплуатации.

3. Мифы

Со времен применения дорожного цементобетона в Советском Союзе, где не хватало качественных дорожно-строительных материалов и нередко нарушалась технология ведения работ, распространяется недостоверная информация о свойствах и характеристиках объектов с жесткими дорожными одеждами, о проблемах, с которыми можно столкнуться при реализации соответствующих проектов. Сегодня в профессиональной среде по-прежнему бытуют мифы:

- о более высокой стоимости строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с дорогами, построенными с применением асфальтобетона;
- о превышении предельно допустимых значений показателей продольной ровности на цементобетонных покрытиях;
- об образовании в короткие сроки колеиности на цементобетонных покрытиях в результате истираемости бетона под действием шипованной резины;
- о низком коэффициенте сцепления дорожного покрытия;
- о значительном уровне шума при движении ТС по цементобетонным покрытиям;
- о низкой морозостойкости дорожного бетона, шелушении поверхности дорожного покрытия, высокой стоимости противогололёдных средств, предназначенных для зимнего содержания автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями;
- о невозможности строить и эффективно эксплуатировать дороги в районах с перепадами температур от отрицательных значений к положительным, а также с обводненными грунтами;
- об отсутствии в Российской Федерации специальной дорожно-строительной техники, подрядных организаций и специалистов, осуществляющих строительство цементобетонных покрытий автомобильных дорог;

- об отсутствии необходимой нормативной базы по проектированию, строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями;
- об отказе от строительства дорог с цементобетонными покрытиями в экономически развитых западных странах и некоторых государствах СНГ.

Эти мифы мешают массовому внедрению инновационных технологий строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями.

4. Экономическая эффективность

Строительство автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями целесообразно с экономической точки зрения. В соответствии с НЦС 81-02-08-2025 «Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 08. Автомобильные дороги» (утв. Приказом Минстроя России от 05.03.2025 № 127/пр) стоимость 1 км автомагистрали категорий IБ и II с дорожной одеждой капитального типа, имеющей асфальтобетонное покрытие, на 11% превышает аналогичный показатель, рассчитанный для дорог с цементобетонным покрытием.

К аналогичным выводам пришли представители Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). В 2023 году по заказу НО «СОЮЗЦЕМЕНТ» они провели научно-исследовательскую работу «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог». Ее авторы рассчитали экономическую эффективность применения жестких (с монолитными цементобетонными покрытиями) и нежестких (с асфальтобетонными слоями) дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах России. Эксперты использовали базисно-индексный метод с учетом единых федеральных расценок. При этом конструкции дорожных одежд были назначены и рассчитаны строго на основе действующих нормативных документов, учитывалась стоимость современных дорожно-строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации и одобренных к применению в рамках требований технического регламента Таможенного союза.

Объективная оценка экономической эффективности нежестких и жестких конструкций дорожных одежд получена при охвате пяти дорожно-климатических зон страны. В каждой из них выделено по 1-3 субъекта Российской Федерации, характеризующихся индивидуальными особенностями увлажнения, температурного режима и промерзания. Расчеты показали: капитальные затраты на строительство автомобильных дорог с монолитным цементобетонным покрытием во всех случаях на 5-20% ниже сметной стоимости строительства нежестких дорожных одежд.

Цементобетонные покрытия выгоднее аналогов из асфальтобетона и с точки зрения жизненного цикла. Срок службы жестких дорожных одежд, выполненных в цементобетоне, превышает 30 лет. Текущего ремонта они могут потребовать лишь спустя 12-15 лет интенсивной эксплуатации, смены покрытия — через 30 и более лет. Нежесткие конструкции из асфальтобетона зачастую не выдерживают установленного межремонтного интервала 12/24, восстанавливать их приходится 3-5 лет. Поэтому с учетом жизненного цикла строить и эксплуатировать дороги с цементобетонным покрытием на 40-50% дешевле, чем автомобильные дороги с асфальтобетонными покрытиями.

5. Превышения предельно допустимых значений показателей продольной ровности

Один из ключевых показателей национального проекта «Безопасные качественные дороги» и пришедшего ему на смену в 2025 году нацпроекта «Инфраструктура для жизни» — доля автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям.

При этом качество объектов оценивают по двум основным критериям: продольная ровность (определяется инструментально) и отсутствие дефектов проезжей части. Кроме того, согласно СП 78.13330.2012, продольная ровность является одним из параметров оценки при приемке в эксплуатацию дорог после завершения строительства, реконструкции, капитального ремонта. Этот важнейший показатель определяет уровень комфорта для пользователей автомагистралей, безопасность дорожного движения, скорость проезда и эффективность перевозок, а также говорит о качестве работы дорожников.

В настоящее время технологии строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями позволяют обеспечивать требуемые значения продольной ровности. При обустройстве покрытий из цементобетона подрядные организации используют современные бетоноукладочные комплексы (в основном технику производства компаний Wirtgen и GOMACO). Они оборудованы высокотехнологичными, полностью автоматизированными системами, которые выполняют армирование швов одновременно с укладкой цементобетона покрытия. Благодаря этому обеспечивается точность и своевременность погружения арматурных стержней на заданную глубину, качественное уплотнение бетонной смеси, что обеспечивает ровную поверхность дорожного покрытия. Ровность поверхности отслеживается специальным устройством — GSI (GOMACO Smoothness Indicator), его устанавливают на бетоноукладчик для бесконтактного контроля ровности (по IRI) свежешвытопанного полотна с высокой степенью точности.

По инициативе НО «Ассоциация по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий» в 2023-2024 гг. проведен мониторинг (диагностика и оценка дефектов) дорожных покрытий с асфальто- и цементобетонными покрытиями в трех регионах страны. Цель исследования — оценить эффективность эксплуатации жестких и нежестких дорожных одежд.

В качестве примера для различных показателей состояния участков автомобильной дороги в жестком и нежестком конструктиве приведем результаты мониторинга за 2023 год по 13 участкам автомобильной дороги А-350 Чита — Забайкальск — граница с Китайской Народной Республикой (III категория), из них 6 участков с дорожной одеждой жесткого типа (общая протяженность 60 км) и 7 участков с дорожной одеждой с асфальтобетонным покрытием (общая протяженность 9,35 км). В частности, в выводах к данному отчету указывается:

1. Ровность поверхности на участках с асфальтобетонным покрытием сроком эксплуатации от 1 года до 11 лет не превышает предельно допустимого значения, установленного ГОСТ 33220-2015. В соответствии с требованиями ГОСТ 33388-2015 состояние по ровности участков дороги с асфальтобетонным покрытием на 8,35 км оценивается как отличное; на 1 км после 10 лет эксплуатации — как хорошее.

2. Ровность поверхности на участках с цементобетонным покрытием сроком эксплуатации от 4 до 10 лет не превышает предельно-допустимого значения, установленного ГОСТ 33220-2015. В соответствии с требованиями ГОСТ 33388-2015 состояние по ровности участков дороги с цементобетонным покрытием на 53 км оценивается как отличное; на 2 км соответственно после 5 и 9 лет эксплуатации — как удовлетворительное; на 2 км после 5 лет эксплуатации — как неудовлетворительное. Неудовлетворительная ровность на участках, эксплуатируемых дольше 5 лет, объясняется технологическими недостатками, допущенными при строительстве объектов, а также устройством шумовых полос в местах прохождения трассы в границах населенного пункта Шерловая гора. Неудовлетворительная ровность поверхности покрытия на участке после 9 лет эксплуатации обусловлена наличием местных неровностей на мосту и подходах к нему.
3. В целом после 10 лет эксплуатации ровность поверхности асфальтобетонных покрытий незначительно превышает аналогичные показатели для цементобетонных.

Следовательно, предположение о том, что на автомобильных дорогах с цементобетонными покрытиями в процессе длительной эксплуатации отмечаются существенные превышения предельно допустимых значений показателей продольной ровности, не подтверждается.

6. Образование в короткие сроки колеяности на цементобетонных покрытиях в результате истираемости бетона под действием шипованной резины

Еще один распространенный миф связан с использованием шипованной резины: из-за нее в нашей стране, где зима длится в среднем шесть месяцев, на дорогах быстрее образуется колея. Причем на цементобетонных покрытиях она появляется раньше, чем на асфальтобетонных покрытиях. После этого при ремонте цементобетонных покрытий применяют асфальтобетонные смеси.

Однако следует понимать: колеи образуются на тех участках цемента- и асфальтобетонных покрытий, где стабильно фиксируется высокая скорость

и интенсивность движения автотранспорта. В настоящее время в арсенале дорожников есть все необходимое для того, чтобы сохранить длительное время дорожные покрытия из цементобетона без образования колеи: имеются специально разработанные составы бетонов с повышенной износостойкостью, внедряется технология устройства на покрытии «обнаженного» заполнителя. Разработаны эффективные способы борьбы с колеиностью.

Данный вопрос изучался в рамках экспериментальных исследований процесса истирания цементобетонных покрытий, проведенных на кольцевом стенде ускоренных испытаний дорожных материалов на полигоне МАДИ. На основе полученных данных сделаны выводы о влиянии размера и прочности крупного заполнителя бетонной смеси и прочности бетона на процесс истирания.

Нужно отметить, что под воздействием нагрузок, связанных с проездом автомобильного транспорта (особенно с шипованной резиной) на больших скоростях, происходит абразивное истирание цементобетонных покрытий. Однако они сохраняют свои физико-механические характеристики при любых температурах окружающей среды, в то время как асфальтобетон при повышенных температурах становится более пластичным, при пониженных — хрупким. А значит, на цементобетонных покрытиях не появляется пластическая колея.

На истирание цементобетона влияет множество различных внешних и внутренних факторов, в том числе погодно-климатические условия, характеристики транспортного потока, состав бетонной смеси и другие. При этом за счет правильно подобранной бетонной смеси можно значительно снизить темпы образования абразивной колеи.

На основании проведенного эксперимента и комплексного анализа полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. Глубина колеи имеет обратную квадратичную зависимость от прочности бетона. Так, при уменьшении прочности бетона на 10% глубина колеи увеличивается на 50%.

2. Размер крупного заполнителя оказывает влияние на процесс истирания цементобетонных покрытий. Чем меньше фракция крупного заполнителя, тем быстрее происходит истирание.
3. Значительное влияние на процесс истирания цементобетонных покрытий оказывает и прочность крупного заполнителя. Например, при применении порфирита фракции 5-15 мм прочностью 400 МПа глубина колеи уменьшается на 35% по сравнению с составом, содержащим габбро фракции 5-20 мм прочностью 200 МПа.

На практике при строительстве и ремонте автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями используется технология «мытого бетона», предполагающая вымывание растворной части и оголение заполнителя, что благоприятно влияет на уменьшение истирания поверхностного слоя в период эксплуатации.

Приведем выводы, к которым эксперты пришли по результатам диагностики поперечной ровности (колеиности) поверхности покрытия участков автомобильной дороги А-350 Чита — Забайкальск до границы с КНР из упомянутого в предыдущей главе отчета МАДИ:

1. Поперечная ровность поверхности на участках с асфальтобетонным покрытием сроком эксплуатации от 1 года до 11 лет не превышает предельно-допустимого значения глубины колеи согласно ГОСТ 33220-2015. При этом глубина колеи изменяется от 2 мм (1 год эксплуатации) до 13 мм (10 лет эксплуатации) и 14 мм (11 лет эксплуатации).
2. Поперечная ровность поверхности на участках с цементобетонным покрытием сроком эксплуатации от 4 до 10 лет не превышает предельно-допустимого значения согласно ГОСТ 33220-2015. При этом глубина колеи на участках, эксплуатируемых от 4 до 10 лет, не превышает 3 мм. Исключение — участок км 352+000 — км 353+000 (после 4 лет эксплуатации), где она составляет 5 мм. Столь высокий показатель обусловлен ростом интенсивности движения грузового транспорта, осуществляющего вывоз угля с территории разреза «Харанорский» в ходе отопительного сезона.

Таким образом, использование шипованной резины в течение 10 лет не привело к более интенсивному образованию колеи на цементобетонном покрытии, если сравнивать его с асфальтобетонным. Данный факт опровергает предположение, высказанное в начале настоящей главы.

7. Низкий коэффициент сцепления с дорожным покрытием

Коэффициент сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием — это величина, которая показывает соотношение между максимально возможным значением силы сцепления шин с поверхностью дорожного покрытия и весом транспортного средства. Данный показатель зависит, в частности, от вида и состояния дорожного покрытия.

В последние годы во многих странах получили распространение технологии, позволяющие строить автомобильные дороги с пониженным уровнем шума и повышенным коэффициентом сцепления (в том числе при неблагоприятных погодных условиях). Например, в государствах Евразийского экономического союза широко применяют цементобетон с поверхностью в виде «обнаженного» заполнителя. Технологию нанесения продольной текстуры специальным алмазным инструментом активно используют в США, как и укладку тонкого слоя асфальтобетона поверх цементобетонного покрытия, изначально построенного со сплошным продольным армированием.

Практика показала: фрезерование цементобетонных покрытий алмазными дисками (нанесение продольной текстуры, канавок) дает возможность восстановить ровность дорожного покрытия, увеличить коэффициент сцепления, уменьшить шум от движения автомобилей. Опыт Северной Америки подтвердил, что в течение жизненного цикла цементобетонное покрытие можно фрезеровать не менее трех раз без значительного изменения несущей способности. При этом начальные свойства покрытия (сопротивление скольжению и эффект шумоподавления) полностью восстанавливаются, а срок службы увеличивается на 20-30 лет. Добавим, данная технология обеспечивает повышение сопротивления скольжению в среднем на 54%, снижает уровень шума на 4-6 dBA.

В отчете МАДИ по итогам мониторинга состояния участков автомобильной дороги А-350 Чита — Забайкальск до границы с КНР приведены следующие результаты диагностики коэффициентов сцепления:

1. Коэффициент сцепления полотна с колесом автомобиля на участках с асфальтобетонным покрытием сроком эксплуатации от 1 года до 11 лет не превышает предельно-допустимого значения, установленного ГОСТ 33220-2015. Однако стоит отметить, что поддержание высоких значений коэффициента сцепления обеспечивается за счет мероприятий по восстановлению износа асфальтобетонного покрытия способами «СЛАП-РИ СИЛ» или «Микросюрфейсинг».
2. Коэффициент сцепления на участках с цементобетонным покрытием сроком эксплуатации от 4 до 10 лет не превышает предельно допустимого значения, установленного ГОСТ 33220-2015.

Иными словами, у автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием, в части коэффициента сцепления, нет никаких преимуществ перед цементобетонными покрытиями. Скорее наоборот, чтобы поддерживать высокие значения коэффициента сцепления, асфальтобетонное покрытие требуется часто ремонтировать.

8. Значительный уровень шума при движении ТС по цементобетонным покрытиям

При движении транспортного средства происходит пневмоудар колеса о поверхность дорожного покрытия. Если сравнивать уровень шума, воспринимаемого прохожими, менее пористые бетонные покрытия показывают значения уровня шума на 4-5 дБА больше, чем асфальтобетонные покрытия.

Ключевой фактор снижения уровня шума при движении по цементобетонному покрытию — выбор оптимального варианта текстурирования. С учетом влияния глубины и типа текстуры на сцепление колес с покрытием и шум при движении, в Северной Америке получили распространение такие виды текстуры, как продольное текстурирование, алмазная шлифовка. При безусловном соблюдении технологии укладки и нарезки швов.

В то же время в некоторых странах Европы для устранения проблемы применяют технологию создания особой структуры поверхностного слоя бетонного покрытия — технологию мытого бетона (технологию устройства «оголенного» заполнителя). Современные способы строительства цементобетонных покрытий позволяют избавиться от шума, приблизиться по этому показателю к асфальтобетонным покрытиям. При правильном проектировании и соблюдении технологии строительства, покрытия с «обнаженным» заполнителем имеют пониженный уровень шума, хорошее сцепление колес с дорожным покрытием. Однако нужно иметь в виду, что стоимость строительства покрытий с открытым щебнем, как правило, увеличивается примерно на 10 процентов (а в некоторых случаях и более) по сравнению с укладкой покрытий с другими видами текстурирования.

Таким образом, можно сделать вывод, что современные способы строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог позволили приблизиться по уровню шума к асфальтобетонным покрытиям. Как показано выше, снижение шумности покрытия обеспечивается за счет современных технологий финишной обработки поверхности.

В то же время участники дорожного движения иногда говорят о неровностях полотна в местах обустройства температурных швов. Такое случается, когда в деформационных швах не уложены дюбели (гладкие стержни, заложенные в тело бетонного покрытия в местах стыков плит) и не срезаны фаски. Решение проблемы — применение технологии IDBI (системы вибропогружения дюбелей и анкеров). Система IDBI устанавливается на бетоноукладчиках со скользящими формами, например, ей оснащены бетоноукладочные комплексы GOMACO и Wirtgen. Устройства вибропогружения дюбелей размещаются внутри нее. Они контролируют закладку штырей по высоте, а также их размещение строго перпендикулярно или параллельно кромке уложенной полосы.

9. Низкая морозостойкость дорожного бетона, шелушение поверхности дорожного покрытия, высокая стоимость противогололёдных реагентов

Миф о низкой морозостойкости цементобетона — один из самых странных. Особенно в контексте сравнения с асфальтобетоном.

Действительно, подобная проблема возникает, если мы имеем дело с неверно подобранным составом бетона, в открытые поры которого проникает вода. Она расширяется при замерзании, вызывая растрескивание и шелушение поверхности. Но основная причина этого — в некачественном материале, неверных технологических расчетах при укладке (вибрация, скорость укладки, временные промежутки нанесения пленкообразующего состава и т.д.).

Чтобы избежать шелушения, нужно тщательно подбирать состав бетонной смеси, использовать качественные материалы: морозостойкий щебень из изверженных пород, песок без глинистых и пылеватых частиц, а также без содержания слабых пород, специальный цемент для дорожного строительства. Кроме того, химические добавки должны не только обеспечивать требуемую подвижность смеси, но и вовлекать достаточное количество закрытых воздушных пор. После подбора рецептуры смеси, перед выходом на объект, проводится тестовая укладка бетона для определения оптимальной скорости движения бетоноукладчика, настройки частоты вибрации, чтобы обеспечить качественное уплотнение и при этом избежать сегрегации бетонной смеси. Через месяц-два после укладки цементобетонного покрытия можно применить гидрофобизаторы, которые уменьшают водопроницаемость и защищают бетон от воздействия воды и агрессивных солей. Есть новейшие технологии применения новых гидрофобизаторов, добавок «улучшителей». При этом дорогостоящие противогололедные материалы без хлористых солей требуется применять только в первый год эксплуатации цементобетонного покрытия, если покрытие не обрабатывалось гидрофобизирующими составами. В последующие зимы можно использовать обычные реагенты.

10. Невозможность строить и эксплуатировать эффективно дороги с цементобетонными покрытиями в районах с высокими перепадами температур

Строительство и эксплуатация дорог с цементобетонными покрытиями в районах с температурами, переходящими через ноль градусов, — самое простое решение дорожного вопроса: качественный бетон после набора

марочной прочности (28 суток) становится невосприимчивым к перепадам температуры. Ярким подтверждением тому служит популярность автобанов с цементобетонными покрытиями в Германии, где нет сильных морозов, но частота переходов через ноль (а значит, и циклов разрушительного замораживания-оттаивания) намного выше, чем в России. При этом срок службы автомагистралей в ФРГ превышает 30 лет.

Можно привести и другие примеры строительства и успешной эксплуатации цементобетонных покрытий автомобильных дорог в схожих климатических условиях, расположенных в Европе и Азии, в Южной и Северной Америке. Важно правильно подобрать состав бетонной смеси с учетом всех аспектов эксплуатации, строго следовать установленной проектом технологии строительства.

Решить проблему помогают и воздухововлекающие добавки. Наличие воздушных пор в бетоне уберегает его от разрушения, связанного с замораживанием и оттаиванием воды. Когда поры слишком малы или их недостаточно, жидкость под воздействием отрицательных температур замерзает и расширяется, а позже оттаивает и поглощается цементным камнем. Многократное повторение таких циклов приводит к образованию трещин внутри бетона, а значит, к снижению его прочности. Если же в бетоне достаточно пор подходящего диаметра, замерзшая вода расширяется и просто занимает свободное пространство. Таким образом предотвращается рост внутреннего давления, разрушающего бетон.

Современные воздухововлекающие добавки позволяют создавать бетоны высокой морозостойкости. Кроме того, воздушные поры позволяют сделать бетонную смесь более удобоукладываемой — воздух повышает пластичность смеси, не требуя увеличения объема воды. К тому же, воздухововлекающие добавки существенно снижают риск расслоения бетонной смеси. При этом их применение требует тщательного контроля со стороны специалистов лабораторий (как на месте изготовления смеси, так и после ее доставки к месту укладки).

11. Невозможность строить дороги с цементобетонными покрытиями в обводненных грунтах

На обводненных грунтах сложнее строить дороги с любым типом покрытий. Качество основания играет важную роль, как и гидроизоляция, укрепление, стабилизация грунтов. Нельзя забывать, что строительство дороги начинается с грамотного проектирования, в том числе с моделирования и прогнозирования реакции дорожных одежд. Данные методы позволяют избежать фатальных ошибок, сэкономить средства налогоплательщиков и инвесторов.

Если грунт переувлажнен или обводнен, на нем невозможно строить дороги как с асфальто- так и с цементобетонными покрытиями без проведения специальных мероприятий. Традиционно производят водопонижение и замену грунтов на песок. Но сегодня активно развиваются технологии стабилизации и укрепления грунтов минеральными и комплексными минеральными вяжущими. За счет введения цемента и негашеной извести можно снизить содержание связанной и несвязанной воды в глинистых грунтах, изменить их механические свойства, а также стабилизировать, уменьшив пучинистость и водопроницаемость, в конечном счете, укрепить, обеспечив повышенную несущую способность земляного полотна или основания. Технология уже активно применяется при строительстве логистических комплексов, высокоскоростной автомобильной дороги федерального значения М-12 «Восток». Укрепленный грунт является идеальным основанием для цементобетонных покрытий автомобильных дорог.

12. Отсутствие в Российской Федерации специальной дорожно-строительной техники, подрядных организаций и специалистов, осуществляющих строительство цементобетонных покрытий автомобильных дорог

В нашей стране достаточно организаций с квалифицированным персоналом, имеющих опыт строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Они имеют современное оборудование и готовы внедрять передовые технологии.

Количество компаний, специалисты которых обладают необходимыми знаниями и умениями, год от года увеличивается. В качестве примера можно привести ООО «Трансстроймеханизация» (ООО «ТСМ»). В парке предприятия — техника для профилирования подстилающих слоев дорожной одежды, которая выводит каждый подстилающий слой на проектные отметки, при этом соблюдается продольный и поперечный уклон. Это позволяет экономить материал (песок, щебень), излишки которого собираются в самосвал и используются для формирования подстилающего слоя в дальнейшем. Компания работала над различными проектами, предполагающими среди прочего строительство цементобетонных покрытий. В их числе — строительство и реконструкция аэропортов острова Сахалин, городов Сочи, Хабаровск, Владивосток, Петропавловск-Камчатский, Нижний Новгород, Норильск, Воронеж, Ростов-на-Дону, Уфа, Геленджик, Луховицы, а также московских воздушных гаваней Шереметьево (искусственные взлетно-посадочные полосы 2 и 3, терминал D), Шереметьево-2, Внуково. Также ООО «ТСМ» выполняло работы на трассах М-11 «Нева» (15-58 км, 1, 2, 4 и 6 этапы, пункты взимания платы), М-4 «Дон» (57-71 км, пункты взимания платы), на автодороге Владивосток — Находка и дублере Курортного проспекта в Сочи (тоннели).

Еще один пример — деятельность АО «Центродорстрой» (АО «ЦДС»). Применяя бетоноукладочное оборудование GOMACO, специалисты компании успешно строили магистрали с цементобетонными покрытиями в Индии, в последующие годы выполняли большой объем работ по возведению автомобильных дорог различных категорий, мостов, путепроводов, по строительству и реконструкции аэропортов в городах Москва, Калуга, Иваново, Санкт-Петербург, Челябинск, Калининград.

Отметим также проекты АО «Донаэродорстрой», выполнившего реконструкцию 11-километрового участка четырехполосной автодороги Р-22 «Каспий» (922-932 км) с устройством покрытия из цементобетона толщиной 25 см. На этом же участке оборудовано разделительное ограждение из монолитного цементобетона в скользящей опалубке с применением бетоноукладчика 4400 GOMACO. В 2022 году завершилось устройство покрытия из цементобетона толщиной 25 см уже на втором участке автодороги Р-22 (с 903 по 922 км).

С цементобетоном успешно работают новые организации. Так, ООО «Строй-ДорСервис» (Якутия) использует два бетоноукладочных комплекса и другую технику, впервые в России применяет оборудование с контролем ровности укладываемого материала.

Опыт строительства цементобетонных покрытий, необходимую технику и квалифицированный персонал имеют и региональные компании: ООО «Региональная строительная компания» (г. Москва), ППК «Военно-строительная компания» (г. Москва), АО «СУ-288» (г. Санкт-Петербург), НП «ГПСК «Возрождение» (г. Санкт-Петербург), ООО «Мирастрой» (г. Москва), ООО «СМТ-11» (г. Сочи), ООО «Союзспецстрой» (г. Воронеж), ООО «Модуль Инжиниринг» (г. Москва), АО «Новосибирскдорстрой» (г. Новосибирск), ООО «Альянс-сервис» (г. Белгород) и другие.

Ассоциация по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий проанализировала уровень оснащенности подрядных организаций бетоноукладочным оборудованием. По состоянию на октябрь 2023 года в собственности 22 компаний в рабочем состоянии числилось 48 комплектов бетоноукладочных комплексов. В основном это оборудование производства GOMACO (США) и Wirtgen (ФРГ). По расчетам президента Ассоциации, профессора В.В. Ушакова, имеющаяся в РФ техника позволяет ежегодно строить около 5 тыс. км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием.

Членами Ассоциации по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий являются следующие проектные организации: АО «Институт «Стройпроект», АО «Союздорпроект», АО «Институт «Трансэкопроект», АО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект», ОАО «Институт Гипростроймост», ООО ПИИ «БАШКИРДОТРАНСПРОЕКТ», ООО «РОСИНСТАЛПРОЕКТ». Эти организации имеют большой опыт проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений дорожной инфраструктуры, в том числе дорог с цементобетонными покрытиями.

13. Отсутствие необходимой нормативной базы по проектированию, строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями

В данный момент в распоряжении проектных и дорожно-строительных организаций имеется необходимая нормативная база по проектированию и строительству автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. Так, разработан ГОСТ Р 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции» и ПНСТ 1006-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Правила проектирования». Кроме того, введены в действие следующие национальные стандарты, содержащие требования к бетонным смесям и бетонам для устройства слоев оснований и покрытий автомобильных дорог:

- 1) ГОСТ Р 59300-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесы бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия»;
- 2) ГОСТ Р 59301-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесы бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний»;
- 3) ГОСТ Р 59302-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смесы бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Правила подбора состава»;
- 4) ГОСТ Р 70362-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия»;
- 5) ГОСТ Р 70363-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний»;
- 6) ГОСТ Р 70364-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ».

Утверждены и национальные стандарты, устанавливающие требования к стабилизированному и укрепленному неорганическими вяжущими грунтам,

щебеночно-гравийно-песчаным смесям, обработанным неорганическими вяжущими:

- 1) ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»;
- 2) ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Сmesi щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия».

Введен в действие комплекс национальных стандартов, устанавливающих технические требования, методы испытания и правила производства цементобетонных работ:

- 1) ГОСТ Р 70362-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия»;
- 2) ГОСТ Р 70363-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний»;
- 3) ГОСТ Р 70364-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ».

Также приняты национальные стандарты, устанавливающие технические требования, методы испытания и правила производства работ при использовании холодных органоминеральных смесей в конструктивных слоях дорожной одежды (в том числе предусмотрено применение гидравлических вяжущих):

- 1) ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Сmesi органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия»;
- 2) ГОСТ Р 70197.2-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Сmesi органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Методы испытаний»;
- 3) ГОСТ Р 70197.3-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Сmesi органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Правила производства работ».

Формирование нормативной базы продолжается. Необходимо разработать ГОСТ на капитальный ремонт, ремонт и содержание цементобетонных дорожных одежд, либо внести дополнение к ГОСТ Р 59201-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила». Также требуется перевести национальные стандарты ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия» и ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия» в статус межгосударственных.

Помимо этого, необходимо внести изменения в постановление Правительства РФ от 30.05.2017 № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения». Корректировки должны учитывать особенности жестких и нежестких одежд (межремонтные сроки, технологии строительства, содержания и ремонта, сравнение затрат в условиях жизненного цикла).

Актуальной остается проблема формирования и обновления федеральной сметно-нормативной базы, которая должна включать сметные нормативы с учетом использования новых технологий строительства, технологических и конструктивных решений, а также современных материалов, изделий, конструкций, оборудования и машин. В числе первостепенных задач — разработка расценок на фрезерование цементобетона, гидрофобизацию цементобетонных покрытий, шлифование, устройство текстуры по технологии «wash beton» и т.п. Отсутствие расценок на работы и материалы вынуждает проектировщиков и сметчиков «терять» их стоимость в сводном сметном расчете, что возможно в единичных случаях, но становится существенным барьером для широкого применения цементобетонов.

Для обязательного технико-экономического сравнения вариантов жестких и нежестких конструкций дорожной одежды на стадии проектирования с учетом эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла объекта необходимо:

- 1) включить в план научно-технических исследований Росавтодора на 2026 год разработку отраслевых дорожных методических документов (ОДМ), позволяющих проводить технико-экономическое сравнение вариантов дорожных одежд с учетом их жизненного цикла;
- 2) направить в Министерство транспорта Российской Федерации предложение по изданию нормативно-правового акта, регламентирующего процедуру обязательного сравнения вариантов конструкций дорожной одежды;
- 3) разработать механизм, обязывающий подведомственные Росавтодору управления автомобильных дорог, профильные региональные исполнительные органы власти исполнять требование п. 5.4.1. ГОСТ 33100-2023 «Правила проектирования автомобильных дорог» и обращаться к методическим рекомендациям ОДМ 218.4.023-2015 «Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог» при проектировании новых объектов.

Таким образом, можно утверждать, что основная база нормативно-технической документации по проектированию, выбору технологий и строительству автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями сформирована. Безусловно, необходимо продолжать работу по ее дополнению и актуализации, однако это не мешает реализации соответствующих проектов уже сейчас.

15. Отказ от строительства цементобетонных дорог в экономически развитых странах Запада и некоторых странах СНГ

В выступлениях представителей организаций, являющихся федеральными заказчиками в сфере дорожного строительства, нередко звучат высказывания о небольшой доле автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в общей сети РФ и других государств, о снижении темпов их строительства или полном отказе от использования соответствующих технологий за рубежом. При этом спикеры говорят об отсутствии перспектив при строительстве магистралей с жесткими конструкциями дорожной одежды, приводят в качестве аргументов тезисы, которые мы уже рассмотрели в данной статье.

Чтобы развеять эти мифы, эксперты МАДИ и Ассоциации по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий ежегодно проводят международные научно-практические конференции. Об опыте возведения цементобетонных покрытий автомобильных дорог на таких мероприятиях рассказывают представители государственных заказчиков, профильных общественных, подрядных строительных, научно-образовательных и проектных организаций, а также производители дорожно-строительной техники и стройматериалов из стран дальнего и ближнего зарубежья. Ниже приведена информация из соответствующих докладов.

Китайская Народная Республика

С наибольшим размахом цементобетонные покрытия дорог возводят в КНР. Выступая на круглом столе «Новые возможности и перспективы строительства в условиях Сибири дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих», состоявшемся в рамках X Международного Сибирского транспортного форума (г. Новосибирск, 28–30 июня 2023 года), представители китайской строительной компании CRCC отметили, что с 1980 г. в стране ежегодно возводили сотни километров дорог с цементобетонными покрытиями и основаниями. В 1985 г. темпы строительства увеличились до тысяч километров в год, в 1994 г. — до десятков тысяч. С 2005 по 2007 гг. в Поднебесной прокладывали от 200 000 до 300 000 километров таких автомобильных дорог. К концу 2022 г., согласно неполным статистическим данным, общая протяженность дорог с цементобетонными покрытиями и основаниями достигла примерно 4,6 млн км. Среди дорог средней и высокой категории доля объектов с цементобетонными покрытиями составляет 40%, среди дорог низкой категории превышает 84%.

Соединенные Штаты Америки

По данным представителей американской компании GOMACO, до 2022 года входившей в Ассоциацию по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий РФ, общая протяженность дорог с покрытием в США составляет 4,8 млн км. Из них около 55% выполнены в цементобетоне — такой показатель приводит FHWA (Федеральное дорожное управление США).

Протяженность межштатных магистралей, на которые, по информации USDOT (Минтранс США), приходится свыше 17% общего объема движения, равна 74 000 км (1,5%). В 13 штатах более 90% межштатных автомагистралей выполнены в цементобетоне.

В докладе «Опыт строительства автодорог с цементобетонными покрытиями в США», прозвучавшем на международной научно-практической конференции «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих» (г. Москва, 30 сентября 2021 года), эксперт АСРА (Бетонная ассоциация США) Майкл Аэрс и представитель компании GOMACO Алексей Понамарев привели данные о внедрении соответствующих технологий в 2009-2021 гг. Спикеры отметили, что цементобетонные покрытия широко применяются в США, особенно на высоконагруженных автомагистралях, на которых покрытие имеет толщину 25-30 см, и участках, предназначенных для тяжелого транспорта.

Анализ совокупных затрат с учетом жизненного цикла объекта (LCCA), как и доказанная на практике долговечность, служит весомым аргументом в пользу строительства в цементобетоне городских и сельских дорог. Со временем соответствующие технологии становятся все более востребованными. Так, в штате Иллинойс планировалось увеличить объемы строительства магистралей, имеющих цементобетонное покрытие, с 207 тысяч кубических ярдов 2021 году до 1,035 млн в 2025-м.

В 2020 году эксперты «РБК Исследования рынков» выполнили работу «Анализ перспектив развития технологии строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в России». В ней указано, что общая протяженность автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в США достигает 231 243 км, что составляет 3,5% от общей протяженности дорог в США или около 65% от общей протяженности магистралей — дорог, имеющих статусы Interstate Highways и US Highways. Данные из этого отчета несколько отличаются от показателей, приведенных представителями GOMACO, но близки к ним.

Федеративная Республика Германия

По данным представителя строительной компании STRABAG Grossprojekte GmbH Алекса Эккерта, протяженность автомобильных дорог в ФРГ составляет 830 000 км. Сеть региональных, межрегиональных, а также федеральных автодорог и автобанов объединяет 229 783 км магистралей, прочих (городских, коммунальных, сельских) — приблизительно 600 000 км. На дороги федерального значения приходится 51 033 км, из них на федеральные автобаны — 13 191 км. Около 28% (3 693 км) — доля автобанов с цементобетонным покрытием.

С одной стороны, речь идет о небольших показателях для страны, известной высоким качеством и хорошим состоянием трасс. С другой стороны, важно учесть, что ФРГ имеет высокую плотность автодорог, новое строительство ведется редко. Из цементобетона возводят объекты, которые должны выдерживать высокую нагрузку по весогабаритным параметрам проходящего транспорта и суточному трафику. В доказательство этого приведем фрагмент статьи Алекса Эккерта «Строительство и содержание цементобетонных дорог в рамках проектов ГЧП в Германии», опубликованной в журнале «Мир дорог» (№ 120 за 2019 год). В числе прочего эксперт отмечает: «Абсолютное большинство дорожных проектов ГЧП в ФРГ выполняется с цементобетонным покрытием, и их привлекательность для частных инвесторов постоянно растет».

Канада

В настоящее время общая протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием в Канаде — около 1 млн км. Доля цементобетонных дорог — от 10 до 15%, в провинциях Квебек, Онтарио, Альберта — от 20 до 30%.

По расчетам экспертов, в ближайшие годы доля объектов, выполненных в цементобетоне, в общей сети канадских дорог будет расти (особенно в перечисленных выше провинциях, где уже накоплен положительный опыт, имеются соответствующие технологии и компетенции). По оптимистичным прогнозам, к 2035 году она достигнет 20-25%. Такие выводы можно сделать

на основе принятых государственных и местных программ дорожного строительства, учитывающих экономичность и долговечность цементобетона, его устойчивость к суровому климату и высоким нагрузкам.

Швеция

В настоящее время доля участков с цементобетонным покрытием на автомагистралях Швеции — около 30%, на городских дорогах — порядка 15% (прежде всего, они обустроены в местах с высоким уровнем нагрузки). Примерно 80% мостов и дорожных развязок построено из цементобетона, обеспечивающего прочность и долговечность сооружений, их устойчивость к вибрациям и деформациям, экстремальным погодным условиям. С учетом ориентации дорожной отрасли страны на активное внедрение инноваций, повышение уровня экологичности при строительстве автомобильных дорог (в том числе, существенного снижения выбросов углекислого газа) к 2030 году доля высокоскоростных магистралей, имеющих цементобетонное покрытие, может вырасти с сегодняшних 30% до 40%.

Республика Беларусь

В 2014 г. в Белоруссии была принята национальная программа строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями на 2014 — 2020 годы, а также программа эффективного использования мощностей организаций цементной промышленности на 2015-2020 годы.

По данным Министерства транспорта и коммуникаций страны, за 2015–2023 гг. возведено и реконструировано 188 км республиканских автодорог с цементобетонным покрытием. В 2024 г. введено еще около 30 км. По мнению генерального директора ОАО «ДСТ № 5» (холдинг «Белавтодор») А.С. Фикова, доля цементобетонных дорог в общей сети Республики Беларусь ежегодно будет увеличиваться.

По поручению главы государства в стране реализуется подход, согласно которому технология возведения дорог с применением цементобетона является приоритетной. Если она не применяется, проектировщики и строители

должны обосновать перед независимой экспертной комиссией, почему на объекте целесообразно уложить асфальтобетон.

Республика Казахстан

В своем выступлении на круглом столе «Практика и перспективы строительства в Сибири автомобильных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих», организованном в рамках XI Международного Сибирского транспортного форума (г. Новосибирск, 19 июня 2024 года), заместитель председателя правления АО «НК «КазАвтоЖол» Республики Казахстан Д.К. Саканов отметил: «Вопрос строительства автомобильных дорог в Казахстане имеет важное геополитическое значение, поскольку Казахстан является одним из участников международного стратегического проекта «Экономический пояс Шелкового пути». В рамках реализации проекта некоторые участки трассы Западная Европа — Западный Китай будут построены из цементобетона. Выбор цементобетона обусловлен, в том числе, дефицитом битума в стране».

За последние 10 лет объем строительства дорог с цементобетонным покрытием в стране увеличился в 15 раз. На сегодня разработана комплексная программа строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в Республике Казахстан.

Республика Узбекистан

По информации из СМИ, в 2020 году президент Узбекистана Шавкат Мирзиёев поручил государственной компании «Узавтойул» и ее партнерам использовать при строительстве автомобильных дорог только цементобетонное покрытие, полностью отказаться от асфальтобетона.

В 2022 г. принято постановление президента «О мерах по расширению сети автомобильных дорог с цементобетонным покрытием» (ПП №249 от 18.05.2022 г.), в соответствии с ним строительство и ремонт внутренних дорог с цементобетонным покрытием проводится кластерным способом. Всего в 2022 г. было предусмотрено строительство внутренних дорог с цементобетонным покрытием общей протяженностью 2 606 км.

Анализ зарубежного опыта позволяет сделать вывод о том, что автомобильные дороги с цементобетонными покрытиями успешно строятся и эксплуатируются во многих странах мира, вне зависимости от уровня социально-экономического развития государства, его площади, климатических условий. В ряде регионов доля таких магистралей в общей сети пока невелика, но продолжает расти.

Активное участие представителей профильных органов власти из бывших республик СССР в научно-практических конференциях, организованных МАДИ и Ассоциацией по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий, подтверждает: в этих странах заинтересованы в массовом внедрении инновационных технологий дорожного строительства. Закономерно, что IV Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих» прошла в Республике Беларусь в 2024 г., а V Международная конференция прошла в Республике Узбекистан в 2025 г.

Выводы

1. Приведенный в данной статье перечень включает далеко не все мифы о дорогах с цементобетонными покрытиями. До сих пор можно услышать высказывания о неремонтопригодности цементобетонных покрытий, низкой скорости их возведения и ремонта, климатических ограничениях, долгих сроках открытия движения после строительства и т.д. Данные вопросы многократно рассмотрены на научно-практических конференциях и семинарах и не требуют дальнейшего подробного обсуждения.

Системная планомерная работа, которую проводят представители Ассоциации по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий, помогает пресечь распространение недостоверной информации, развеивать мифы. К проверенным сведениям и расчетам все чаще обращаются специалисты организаций-заказчиков, которые планируют применять цементобетон как эффективный материал при реализации будущих проектов.

2. Проблемы, возникающие в процессе возведения и эксплуатации дорог с цементобетонными покрытиями, связаны с нарушениями технологии

строительства, деятельностью недобросовестных компаний-подрядчиков, отказом от применения качественных материалов, неправильным уходом за бетоном, нарушением эксплуатационного содержания.

3. Слабое развитие технологий строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в нашей стране объясняется отсутствием анализа мировой практики возведения таких дорог. Не разработаны методики и механизмы обязательного технико-экономического сравнения вариантов конструкций жестких и нежестких дорожных одежд с учетом их жизненного цикла.
4. Рассмотренные в статье мифы, которые воспринимаются как недостатки жестких дорожных одежд, можно разделить на две группы. Первая — недостоверные тезисы, их несложно опровергнуть как в теории, так и на практике. Вторая группа — утверждения, указывающие на существующие проблемы (отсутствие научно-технической документации, достоверной информации о строительстве цементобетонных покрытий в других странах, вопросы подготовки кадров, проведение необходимых научно-исследовательских работ и т.д.). Но и в этом случае сложности не являются непреодолимой преградой на пути внедрения инновационных технологий. Успешный опыт решения соответствующих задач в нашей стране есть, и системная работа продолжается.

Список литературы

1. НЦС 81-02-08-2025. «Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 08. Автомобильные дороги» (утв. Приказом Минстроя России от 05.03.2025 № N127/пр).
2. Отчет по научно-исследовательской работе «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» (МАДИ, 2023 год).
3. Отчет ООО «Трасса Плюс» по диагностике автомобильной дороги А-350 Чита — Забайкальск — граница с Китайской Народной Республикой на участках км 346+000 — км 367+000 и км 377+000 — км 426+000 в Забайкальском крае (г. Чита, 2023 год).

4. Отчет по научно-исследовательской работе «Влияние крупного заполнителя бетонной смеси на процесс истирания цементобетонных покрытий» (МАДИ, 2024 год).
5. Эккерт А. Строительство и содержание цементобетонных дорог в рамках проектов ГЧП в Германии // Мир дорог. — 2019. — № 120.

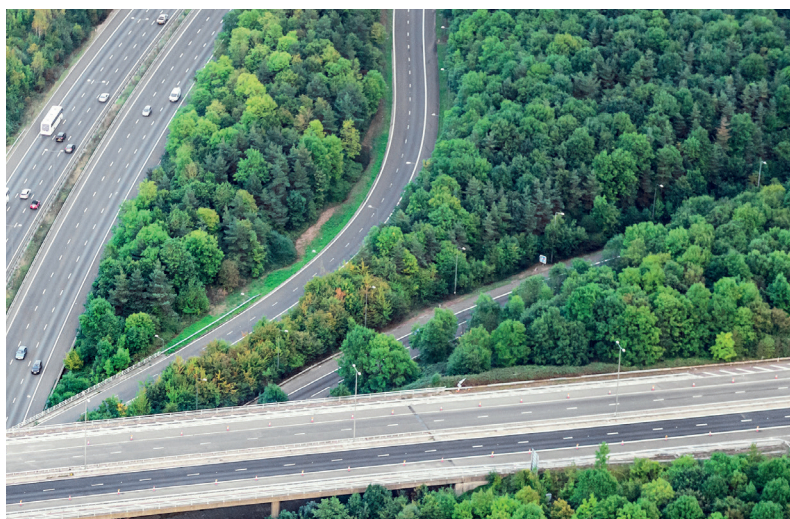
Для ознакомления с дополнительными материалами по данной теме →



Дополнительные фотоматериалы











Содержание

Введение

Ушаков В.В. 3

Современные проблемы в дорожно-строительной отрасли и тенденции их решения.

Рассуждения о неотвратимом характере перехода на строительство автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами

Бодренков В.А. 11

Нормативные документы, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями

Составитель: Ушаков В.В. 24

Проектирование цементобетонных покрытий автомобильных дорог

Ушаков В.В. 28

Устройство оснований дорожных одежд с применением минеральных вяжущих по технологии стабилизации / укрепления грунтов

Ружицкая А.В. 49

Технология холодной регенерации дорожных одежд

Ружицкая А.В. 62

Устройство оснований дорожных одежд с применением минеральных вяжущих и цементобетона

Хрищатая Е.В. 76

Особенности использования полисульфидных герметиков для герметизации швов цементобетонных покрытий автомобильных дорог	88
Гладков С.А.	
Технология строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог	95
Семаш Д.В., Шевелев А.И.	
Международная практика строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями	111
Шевелев А.И.	
Строительство монолитных объектов малых форм из цементобетона	126
Жуков Ю.Г.	
Гидрофобизация цементобетонных покрытий	133
Гладков С.А.	
Экономическая эффективность строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог	146
Статья по итогам научно-исследовательской работы	
Мифы и факты об автомобильных дорогах с цементобетонными покрытиями	187
Дубровский И.С., Шевелев А.И., Семаш Д.В., Никитин К.А.	
Дополнительные фотоматериалы	217

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**с применением цементобетона
и минеральных вяжущих:**
возможности и перспективы

Макет подготовлен ИП Аникеева Е. А.
Редактор: В. В. Ушаков.

Подписано в печать: 26.06.2026. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 14. Тираж 150 экз.

Отпечатано в ООО «Вектор-Принт». Заказ №968.
650021, г. Кемерово, ул. Стахановская 1-я, д. 39А, оф. 211.



**АССОЦИАЦИЯ
БЕТОННЫХ ДОРОГ**

ISBN 978-5-6054242-5-3



9 785605 424253