



ИНН 7710946388 КПП 770701001 ОГРН 1137746777871

Россия, 127006, г. Москва, Страстной бульвар, д. 9

Тел.: +7 (495) 775-99-20, post@avtodor-eng.ru, www.avtodor-eng.ru

«Утверждаю»

Генеральный директор

ООО «Автотор-Инжиниринг»

_____ К.В. Могильный

ОТЧЕТ

Опыт применения цементобетонных покрытий при строительстве автомобильных дорог

№ НТО-2021-001

Москва

2021 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зам. генерального
директора

Борыгин Сергей
Тимофеевич
2021-12-07
08:54:06

С.Т. Борыгин
(общее руководство)

Зам. генерального
директора

Черкасов Александр
Викторович
2021-12-06 17:27:
57

А.В. Черкасов
(общее руководство,
справочная информация)

Начальник нормативно-
технического отдела,
канд. техн. наук

Козлов Андрей
Владимирович

А.В. Козлов
(общее руководство в
подготовке разделов 1-8,
приложения В,
редактирование отчета)

Главный специалист
по СМК нормативно-
технического отдела

Новиков Андрей
Геннадьевич

А.Г. Новиков
(подготовка материалов к
разделам 1-8, приложению
В, оформление отчета)

Главный специалист
нормативно-технического
отдела

Сигачев Константин
Игоревич

К.И. Сигачев
(подготовка материалов к
разделам 3, 4, 6)

Начальник отдела
сопровождения
проектирования

Шестак Станислав
Сергеевич

С.С. Шестак
(подготовка справочной
информации)

Начальник управления
диагностики,
канд. техн. наук

Шамраев Леонид
Георгиевич

Л.Г. Шамраев
(общее руководство в
подготовке разделов 2, 4, 5)

Ведущий специалист

Бородин Кирилл
Станиславович

К.С. Бородин
(подготовка материалов к
разделам 2, 4, 5)

РЕФЕРАТ

Отчет 102 с., 55 рис., 9 табл., 82 источн., 3 прил.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ, БЕТОННЫЕ РАБОТЫ, ЖЕСТКАЯ ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА, УКЛАДКА ЦЕМЕНТОБЕТОНА, КОМПЛЕКТ МАШИН ДЛЯ УКЛАДКИ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ, РОВНОСТЬ, КОЛЕЙНОСТЬ.

Цель работы – изучение отечественного и зарубежного опыта применения цементобетонных покрытий с позиции возможного их использования при строительстве перспективных объектов Государственной компании «Автодор».

Отчет содержит следующие материалы: историческую справку по анализу причин снижения объемов строительства цементно-бетонных покрытий, перечень документов; регламентирующих строительство, эксплуатацию и ремонт цементобетонных покрытий; опыт строительства и эксплуатации цементобетонных дорог на территории бывшего СССР и дальнего зарубежья; опыт Государственной компании «Автодор» по эксплуатации участков автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями; анализ приведённой перспективы улучшения цементобетонных дорог.

Отчет оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 СИБИД.

Содержание

1	Введение	5
2	Строительство дорог с цементобетонным покрытием в Северной Америке и Китае.....	7
2.1	Соединенные штаты Америки.....	7
2.2	Канада.....	16
2.3	Китайская народная республика (КНР).....	27
3	Строительство дорог с цементобетонным покрытием в СССР	39
4	Современный опыт строительства дорог с цементобетонными покрытиями на территории СНГ	43
4.1	Российская Федерация. Общая ситуация с цементобетонными покрытиями автомобильных дорог	43
4.2	Российская Федерация. Дороги Федерального дорожного агентства (Росавтодор).....	45
4.3	Российская Федерация. Дороги Государственной компании «Автодор».....	49
4.4	Республика Беларусь	50
4.5	Республика Казахстан.....	54
5	Опыт Государственной компании «Автодор» по эксплуатации цементобетонных покрытий автомобильных дорог.....	57
5.1	Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 52 – км 71	58
5.2	Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 651 – км 655	72
6	Анализ нормативных и рекомендательных документов	75
7	Заключение	77
8	Библиография	81
П Р И Л О Ж Е Н И Я		86
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Письмо государственной компании «Автодор» №17874-18 от 06.10.2020 г.		87
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Письмо государственной компании «Автодор» №6507-18 от 20.04.2020 г.		92
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Нормативно-технические документы по цементобетонным покрытиям		97

1 Введение

Решение Правительственной комиссии по транспорту от 27.07.16 № 5 и Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.09.2018 № 2101-р [1] предусматривают реализацию проекта «Автомобильная дорога «Меридиан» (далее – Проект), платной автомобильной дороги в составе транспортного маршрута «Европа – Западный Китай», ответственный исполнитель – ЗАО «Русская Холдинговая Компания». ООО «Меридиан» и Государственная компания «Российские автомобильные дороги» в соответствии с решением Правительства Российской Федерации форсирует разработку и практическое осуществление Проекта от границы с Республикой Беларусь до границы с Республикой Казахстан». Основная идея Проекта – обеспечение преимуществ в скорости и простоте оформления доставки грузов по международному маршруту для грузовых перевозок из Азии в Европу и обратно, создание альтернативы морским перевозкам по пути через Суэцкий канал.

Проект предусматривает строительство дороги ИБ технической категории общей протяженностью по территории Российской Федерации 2021 км с прохождением по Смоленской, Брянской, Орловской, Липецкой, Тамбовской Саратовской, Самарской, Оренбургской областям (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Автомагистраль «Меридиан»

В 2016 г. ЗАО институт «МАДИ-проект» по заказу ООО «Меридиан» разработало Специальные Технические условия (СТУ), предусматривающие

использование в Проекте лучших по надежности и экономичности европейских технических решений в строительстве автомагистралей. Проектные работы завершены по участку протяженностью 158 км в пределах Тамбовской обл., однако по мнению Группы по управлению проектом технические, технологические решения и оценки стоимости строительства, представленные проектировщиком, могут быть существенно оптимизированы.

В соответствии с Протоколом совещания у Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации М.Ш. Хуснуллина от 11.11.2021 № МХ-П49-153пр Минтрансу России, Минэкономразвития России, Минфину России, Росавтодору, Государственной компании «Автодор», ЗАО «Русская Холдинговая Компания» поручено проработать комплекс вопросов по реализации проекта «Меридиан». Заместителем Председателя Правительства РФ М.Ш. Хуснуллиным в целях минимизации рисков в оценках стоимости и сроков строительства, как необходимого условия получения достаточных государственных гарантий, поставлена задача осуществить предварительную оценку реальных сроков строительства и эффективности использования технологий в части строительства и эксплуатации автомобильной дороги с цементобетонным покрытием в регионах прохождения, включая оценку стоимости строительства и затрат на эксплуатацию с привлечением надежных высококвалифицированных экспертов. В этой связи подготовлены и обобщены материалы по анализу применения цементобетонных покрытий автомобильных дорог:

- опыт строительства и эксплуатации цементобетонных дорог на территории бывшего СССР и дальнего зарубежья;
- историческую справку по анализу причин снижения объемов строительства цементобетонных покрытий;
- перечень документов, регламентирующих строительство, эксплуатацию и ремонт цементобетонных покрытий;
- опыт Государственной компании «Автодор» по эксплуатации участков с цементобетонными покрытиями;
- анализ перспективы строительства цементобетонных дорог.

2 Строительство дорог с цементобетонным покрытием в Северной Америке и Китае

2.1 Соединенные штаты Америки

США имеют большой опыт строительства дорог с жесткой дорожной одеждой. Первые работы по устройству цементобетонных уличных покрытий выполнены в конце 19 века:

- в г. Беллефонтейне, Корт-авеню, штат Огайо (Court Avenue, Bellefontane, OH). Автор проекта – Джордж Бартоломью (George Bartholemew), 1891 г. [26];

- в г. Рочестере, Южная Фитцхью-стрит, штат Нью-Йорк (South Fitzhugh Street, Rochester, NY). Автор проекта – Д.И. МакКлинток (J.Y. McClintock), 1893 г. [25].

Опубликованный в 1914 г. отчет Национальной конференции по бетонному дорожному строительству (National Conference on Concrete Road Building) подытожил основные принципы по всем аспектам проектирования и строительства цементобетонных покрытий и стал одним из первых нормативных документов.

В 1917 г. в штате Вирджиния впервые использовались дюбели, что в дальнейшем привело к развитию множества вариантов поперечных сечений плит, схем их соединения и армирования. В 1921-1923 гг. в Питтсбурге, штат Калифорния (Pittsburg, California), а также на Бейтс-Роуд в Иллинойсе (Bates Road, Illinois) были проведены испытания дорог с различными цементобетонными покрытиями, конфигурациями и схемами армирования. Для создания нагрузки использовались армейские грузовики на цельнолитых резиновых шинах. Эти испытания выявили возможности уменьшения количества трещин в цементобетонных покрытиях за счёт увеличения толщины плит и создания продольных центральных швов по полосам покрытия. Результаты испытаний позволили:

- выявить эксплуатационные преимущества цементного бетона над кирпичными и асфальтовыми покрытиями;
- получить первое уравнение для расчёта толщины бетонных плит;

– подтвердить необходимость укладки стальной сетки для укрепления швов и предотвращения разрушения плит под воздействием транспортных нагрузок. Позднее это решение было использовано для обоснования уменьшения толщины армированных цементобетонных плит на 1 – 2 дюйма (25...50 мм) от расчётных значений.

Существенным препятствием в развитии этих технологий явилась Великая депрессия в период с 1929 по 1933 гг. (Great Depression). Данные о строительстве дорог с цементобетонными покрытиями в этот период отсутствуют. В 1934 году подготовлен меморандум с изложением маршрутов для трансконтинентальной сети платных магистралей на широкой полосе отчуждения и без захода трассы в города и прочие населённые пункты. Из-за бюджетных ограничений проект программы «Платные и бесплатные дороги» вышел лишь в 1939 году. Тогда впервые сформулирована программа строительства сети новых шоссе протяжённостью 70 тыс. километров (Рисунок 2.1.1). Вторая мировая война отложила реализацию проекта на 17 лет, к нему вернулись лишь в 1952 г. С учетом положительного опыта эксплуатации автобанов Германии (переброска войск и др.) было принято решение о строительстве автомобильных дорог с жесткими цементобетонными покрытиями.

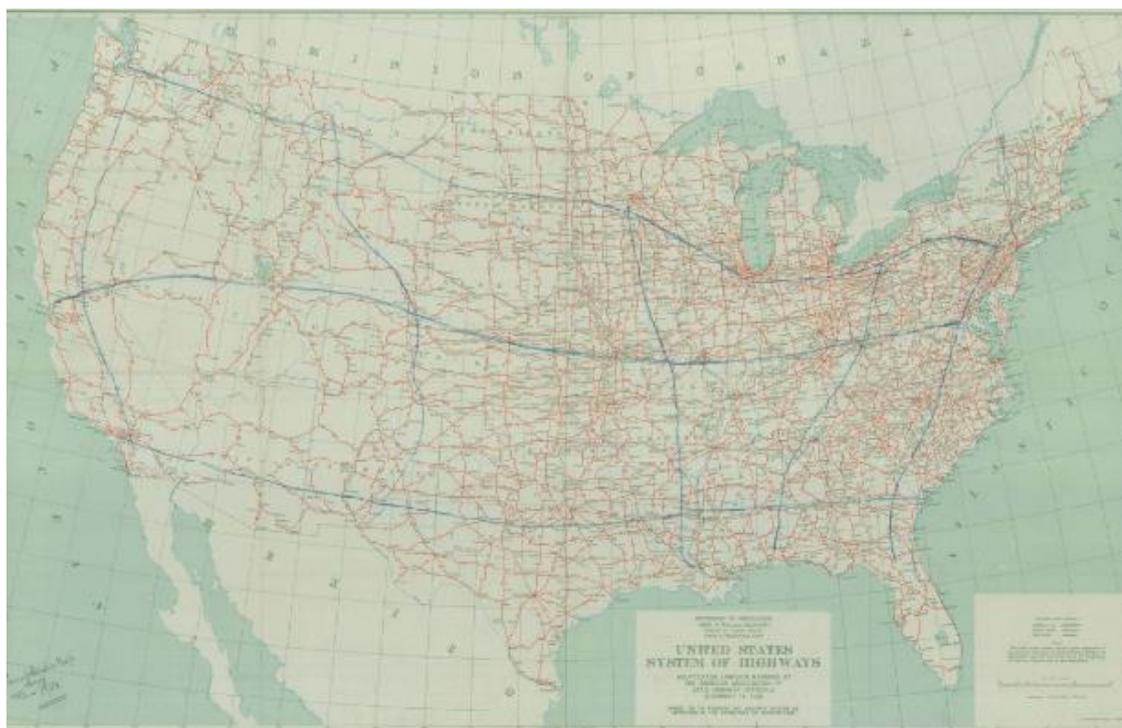


Рисунок 2.1.1 – Карта скоростных дорог США по программе Рузвельта, 1939 г.

В 1950-1951 гг. Бюро дорог общего пользования (ныне FHWA) совместно с Советом по исследованиям автомобильных дорог (Highway Research Board¹), несколько штатов, производители грузовиков и другие компании, связанные с автомобильными дорогами, провели испытания (Road Test One – MD) к югу от Вашингтона, Округ Колумбия. Участок действующей двухполосной автодороги со сборным цементобетонным покрытием длиной 1,1 мили (1,8 км) тщательно инвентаризировали, оснастили различными приборами и обеспечили нагрузку – 1000 грузовиков в день. Результаты показали необходимость обеспечения хорошей передачи нагрузки между плитами, влияние скорости и осевых нагрузок, а также выявили проблемы, вызванные давлением воздуха в шинах. По результатам этих испытаний были определены первые динамические коэффициенты эквивалентности нагрузки колёс разных транспортных средств.

К середине 1950-х годов в США начали набирать популярность непрерывно армированные цементобетонные покрытия (CRCP), поскольку их конструкция позволяла исключить проблемы деформации стыков. Впервые такое покрытие было рассмотрено в 1923 г. экспертами Бюро дорог общего пользования, за этим последовал проект Стайлсвилля в 1938 г., Вандалия в 1947 г., а затем в начале 1950-х гг. построен ряд экспериментальных участков в Мэриленде, Пенсильвании и других штатах. Стоимость стали для армирования покрытий CRCP была высокой, поэтому, для обеспечения их конкурентоспособности, плиты покрытий CRCP проектировали на 1-2 дюйма (25-50 мм) тоньше, что в итоге привело к их преждевременному повреждению.

В 1950-е годы в США вошли в употребление бетоноукладчики со скользящими опалубками. Это на $\frac{3}{4}$ сократило число рабочих на укладке покрытий. Кроме того, изменилась и экономика (структура затрат) процесса строительства: материалы стали более дешёвыми, а квалифицированная рабочая сила стала дороже. Как следствие, это привело к возврату покрытий однородной толщины, легко укладываемых с помощью скользящей опалубки. Таким образом, к середине 60-х годов в США отказались от устройства утолщённых кромок при строительстве цементобетонных покрытий.

¹ В настоящее время – Совет по исследованиям в области транспорта (Transportation Research Board).

За годы, прошедшие с испытаний Bates Road до конца 1950-х годов, Бюро автомобильных дорог общего пользования США провело комплексное изучение свойств дорожного покрытия (влажность и температурные градиенты, прогиб плиты под нагрузкой, ударопрочность, эффективность передачи нагрузки на швах и стыках, несущая способность земляного полотна и прочее). Результаты были опубликованы в Отчётах Бюро автомобильных дорог общего пользования, и позднее были обобщены Вестергардом (Harold Malcolm Westergaard) и другими исследователями на предмет назначения требований и выполнения расчетов при проектировании цементобетонных покрытий [28]. Эти исследования до сих пор финансируются Федеральным управлением шоссейных дорог (FHWA).

С 1958 по 1960 год в Оттаве, к югу от Чикаго AASHTO² провела натурные полигонные испытания жестких дорожных покрытий. В рамках статистического факторного анализа шесть полос покрытий подверглись нагружались грузовым движением. Результаты показали эффективность правильно подобранных щебёночных оснований (коэффициенты постели), а также рациональной установки штырей в швах сжатия [28].

Начавшаяся в 1956 г. эпоха государственного строительства цементобетонных покрытий в США дала большой толчок для развития технологии укладки бетона с помощью скользящей опалубки. Акцент сместился в сторону скорости строительства, что привело к компромиссу с улучшением технологии бетонирования.

Предварительно напряжённый железобетон в США использовали уже в конце 1940-х годов при строительстве взлётно-посадочных полос аэропортов (далее – ВПП). Примерно в 1959 году предварительно напряженные с двух сторон плиты использовали при реконструкции ВПП на военном аэродроме Биггс в штате Техас. Гладкое покрытие толщиной 24 дюйма (610 мм) было заменено на преднапряженные плиты толщиной 9 дюймов (230 мм). Однако, неопределённость срока службы и необходимость использования квалифицированной рабочей силы вызывали у подрядчиков, использующих скользящие опалубки, разумную сдержанность в части необходимой

² Американская ассоциация государственных служащих автомобильных дорог.

экономии цементного бетона для обеспечения экономической эффективности такого строительства. Тем не менее, в период с 1970 по 1990 годы в США было построено около десятка автомагистралей с предварительно напряжённым цементобетонным покрытием различной конструкции.

После дорожных испытаний AASHTO выполнено значительное количество исследований и разработок, многие из которых находятся в открытом доступе – в отчетах FHWA, Portland Cement Association (PCA) и Совета по исследованиям в области транспорта. Большое количество данных накапливается сегодня в рамках исследований Долгосрочной программы эксплуатационных характеристик дорожного покрытия (LTPP). База данных с результатами испытаний этой программы с 1984 по 2021 доступна по ссылке [29]. Другими источниками информации являются результаты работы испытательных центров Minnesota Test Road [30] и WesTrack, где в настоящее время тестируются нежесткие дорожные покрытия.

В настоящее время в США продолжаются исследования свойств жестких железобетонных покрытий различной конструкции. Большая часть этих исследований заключается в разработке более качественных нормативно-технических рекомендаций и порядка определения исходных данных для проектирования, для системы управления дорожными покрытиями, а также усовершенствовании методик сравнения характеристик альтернативных конструкций при воздействии динамических нагрузок. Проводятся поисковые исследования по проблемам долговечности цементобетона и внедрению наиболее экономичных способов его рециркуляции/реконструкции.

Так в промежуточном отчёте за 2019 год о выполнении работ по контракту № FHWA-HIF-18-025 по разработке стратегий сохранности цементобетонных покрытий [31] отмечалось, что в настоящее время при проектировании цементобетонных покрытий в США их расчетный срок службы не превышает 20 лет и продление этого периода может быть реализовано за счет следующих мероприятий:

- проектирование и строительство покрытий с минимальными повреждениями на протяжении всего срока их службы;

– использования асфальтобетонных и литых битумно-минеральных смесей в качестве гидроизолирующих верхних слоёв износа для поддержания функциональных характеристик дорожной одежды;

– поддержание работоспособности покрытия за счёт использования различных гидрофобизирующих обработок для восстановления верхнего слоя цементобетонного покрытия.

О распространённости применения таких решений можно судить по официальной информации Национальной ассоциации асфальтобетонных покрытий США (NAPA): по состоянию на 2013 г. почти 94 % покрытий на всей сети автомобильных дорог США имели асфальтобетонные или битумно-минеральные покрытия (рис. 2.1.2).

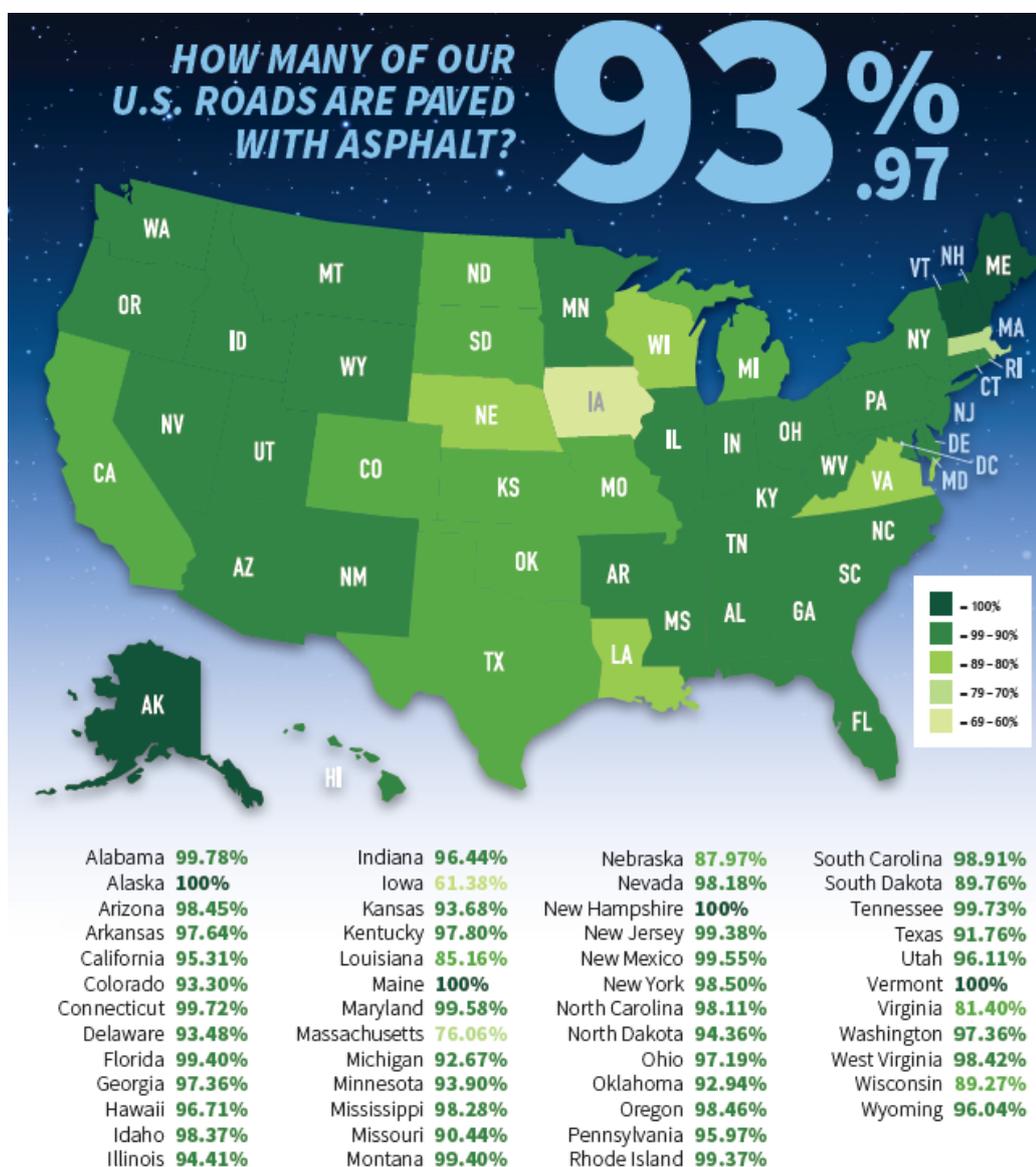


Рисунок 2.1.2 – Доля асфальтобетонных покрытий на сети автомобильных дорог США по состоянию на 2013 год

Аналогичные данные опубликованы на сайте Федеральной дорожной администрации США [32] в виде статистической отчётности за 2019 год по протяжённости автодорог сети с различными типами покрытий. Из этих данных следует, что протяжённость асфальтобетонных покрытий составляет 94,07 %, а цементобетонных 5,93 % от общей протяжённости сети. При этом протяжённость цементобетонных покрытий на городских дорогах составляет 10,4 %, а на загородных дорогах – не превышает 3,6 %. В качестве иллюстрации этих выводов приведены (с помощью ресурса Google Maps) фотографии покрытия автомагистрали I5, построенной в 1964 г. с жёсткой дорожной одеждой. Эта дорога, протяжённостью 2 223 км, проходит по территории пяти штатов вдоль западного побережья США от границы с Канадой на севере, и далее на юг до мексиканской границы (рисунки 2.1.3 – 2.1.9).

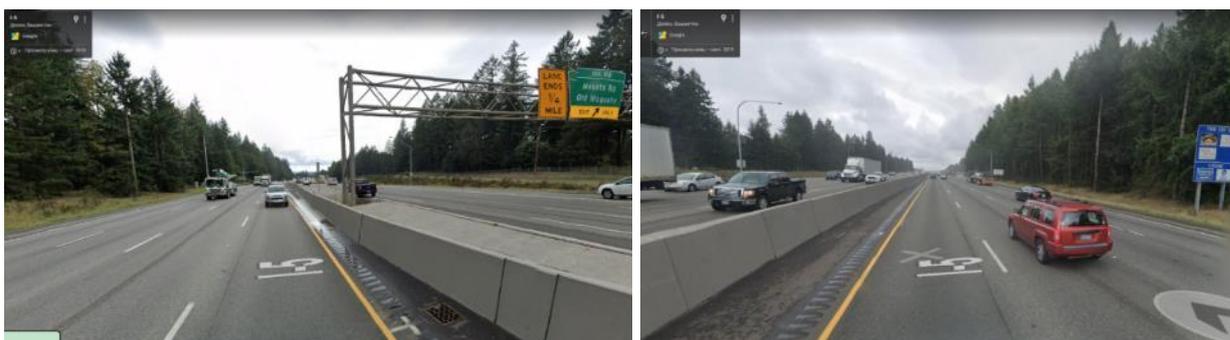


Рисунок 2.1.3 – Участок в районе г. Такома (Тасома) штат Вашингтон, навигатор 47.08441701999529,-122.65921781168912



Рисунок 2.1.4 – Участок на выезде из г. Олимпия (штат Вашингтон) навигатор 46.93598037593491, -122.94225302441791.



Рисунок 2.1.5 – Участок на подъезде к г. Реддинг, навигатор
40.33265365534606, -122.28124985772031



Рисунок 2.1.6 – Участок на подходе к г. Сакраменто (Калифорния), навигатор
38.6734092607031, -121.66585537946862



Рисунок 2.1.7 – Участок на подходе к г. Коллинг (Калифорния), навигатор
36.4450597500281, -120.4026282921311



Рисунок 2.1.8 – Участок на выезде из г. Санта Кларита (Калифорния), навигатор 34.3426791385165, -118.5263007465513.



Рисунок 2.1.9 – Участок в г. Сан Диего (штат Калифорния), навигатор 32.733290235830786, -117.17317790116364.

Из представленных фотографий (рисунки 2.1.3 – 2.1.9) покрытий автомагистрали I5 видно, что по состоянию на 2019 год севернее 35 – 36 широты (на евразийском континенте зона Кабул – Багдад / Триполи – Тактабаз, юг Туркменистана) цементобетонное покрытие обеих полос перекрыто битумно-минеральными или асфальтобетонными смесями. Важно отметить, что такое решение обусловлено практикой оценки текущего состояния дорожных покрытий в США по двум основным критериям – международный индекс ровности IRI (не более 2,7 м/км) и оценка состояния дорожного покрытия PCR (Pavement Condition Rating).

Как показала практика США последних лет, именно технологии перекрытия жёстких дорожных одежд износостойкими слоями асфальтобетона или битумно-минеральными смесями наиболее эффективно обеспечивает достижения приемлемых значений учетных индексов (IRI и PCR) с минимальными затратами. По мнению Ассоциации асфальтобетона штата Висконсин [34] такие покрытия имеют ряд преимуществ:

- безопасность – асфальтобетонные покрытия обладают большей стабильностью сцепных свойств в разных погодных условиях;
- ровность покрытий – асфальтовое, по сравнению с другими типами покрытий, обеспечивает более однородную поверхность;
- рентабельность – ровные дороги сокращают затраты на ремонты транспортных средств;
- снижение уровня шума – асфальтированные дороги могут снизить шум потока транспорта на 7 дБ;
- удобство для путешественников и бизнеса – укладка асфальтового покрытия не требует существенного перекрытия движения или обустройства большой ремонтной зоны; движение разрешается, как только катки заканчивают укатку покрытия;
- экологичность – асфальт на 100 % пригоден для вторичной переработки; в дорожном строительстве США он является наиболее перерабатываемым продуктом.

2.2 Канада

Активное развитие транспорта в городах Канады начала XX века потребовало устройства конструкций дорожных одежд улично-дорожной сети с повышенными прочностным и эксплуатационным характеристиками. Устройство таких конструкций, с применением цементобетона (рис. 2.2.1), начали применять в Канаде на улицах городов Торонто (Toronto), 1900 г. и Виннипег (Winnipeg), 1903 г. [51].

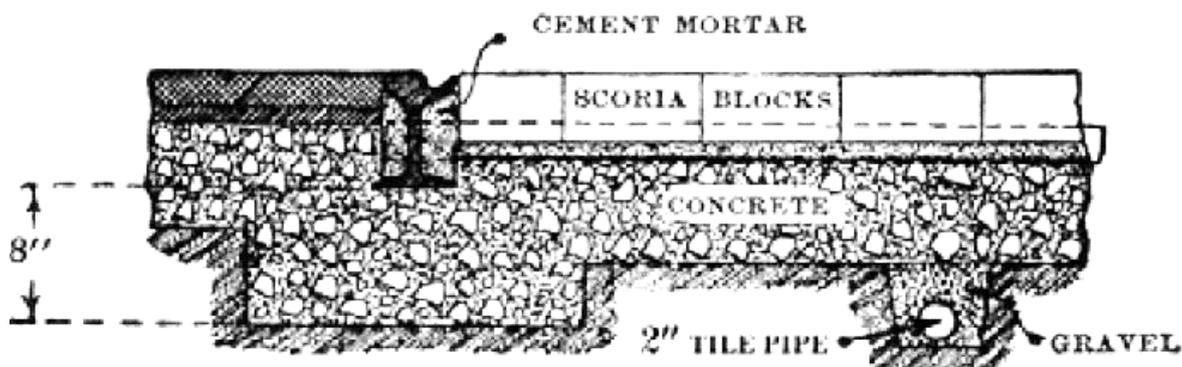


Рисунок 2.2.1 – Сечение типовой проектной конструкции главных улиц г. Торонто, 1900 г.

В настоящее время, по данным городских властей, более 80 % уличной сети Виннипега и основные объекты транспортной инфраструктуры города:

автовокзал Bus Rapid Transit, автомагистраль МВ 75 (до границы с США, рис. 2.2.2), автодороги Hwy 59 и Hwy 101 (участок трансканадской магистрали, рис. 2.2.3), а также и аэропорт г. Виннипега построены с использованием жестких цементобетонных покрытий.

Согласно материалам доклада Министерства транспорта Канады [52], первая автомобильная дорога с цементобетонным покрытием длиной 68 км была построена в 1916-1917 годах между городами Торонто и Гамильтон провинции Онтарио (Toronto-Hamilton, Ontario, рис. 2.2.4). Это была первая автомобильная дорога с основанием из укатываемого бетона



Рисунок 2.2.2 – Дорожное покрытие участков автодорог с жесткой дорожной одеждой в черте г. Виннипег:

- а) дорога МВ 75 сентябрь 2018 г. (навигатор: 49.7287622 - 97.1370359);
- б) дорога Hwy 59, апрель 2018 г. (навигатор: 49.9840561 - 96.9755882);
- в) дорога Hwy 101, май 2021 г. (навигатор: 49.9473438 - 97.0202235).

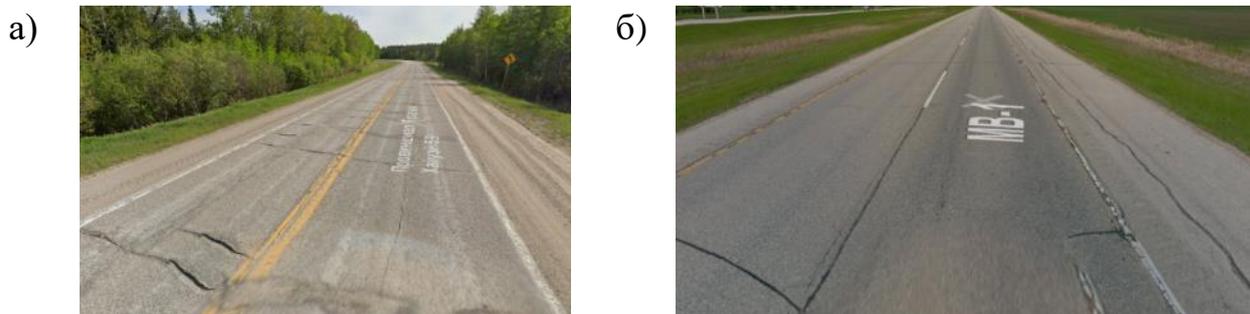


Рисунок 2.2.3– Дорожное покрытие участков автодорог с жесткой дорожной одеждой за пределами г. Виннипег:

- а) дорога Hwy 59, июнь 2021 (навигатор: 50.4017629,-96.5426418);
- б) дорога Hwy 101, июнь 2019 (навигатор: 49.8866419,-97.5723135).

7 ноября 1958 года Министерство общественных работ провинции Манитоба утвердило крупнейшую на тот период 5-ти летнюю программу строительства автомобильных дорог, предусматривающую реализацию 33 объектов общей протяжённостью 469 км, в том числе и 4-х полосных магистралей с цементобетонными покрытиями [54].

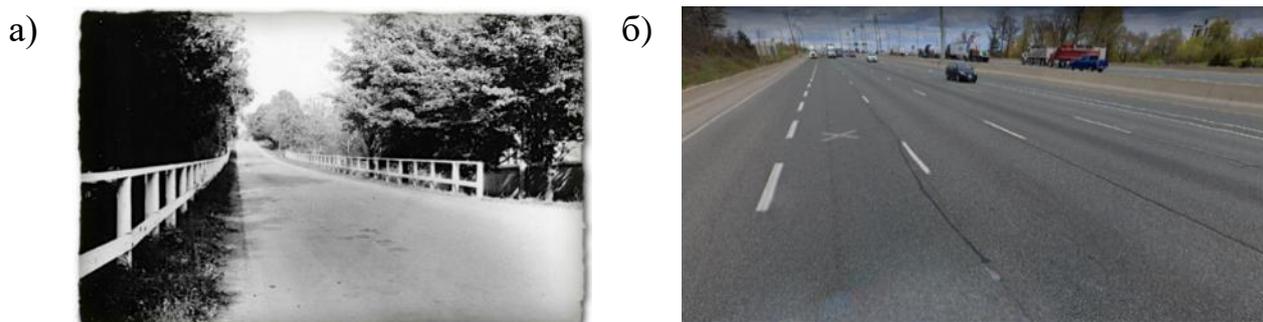


Рисунок 2.2.4 – Дорожное покрытие автодороги Hwy 401 на участке Торонто-Гамильтон (Kenneth Pletcher Trans-Canada Highway): а) 1917 год; б) 2019 год [53].

Из представленных в таблице 2.2.1 данных следует, что общая протяжённость объектов строительства автодорог с цементобетонным покрытием в период с 1959 по 1964 год составила 31,1 км, или 6,6 % от общей протяжённости построенных в тот период автомобильных дорог общего пользования. По объёмам строительства эта программа была самой масштабной в истории провинции Манитоба.

В 1994-1996 гг. Министерство транспорта провинции Квебек (Ministère des Transports du Québec) реализовало несколько объектов строительства автомобильных дорог с жёсткими цементобетонными покрытиями на улично-дорожной сети столицы и двух участках скоростных автодорог общего пользования – магистраль 20 (от Монреаля до Квебека), и магистраль 15

(Décarie Expressway) от границы США до г. Монреаля. В качестве крупного заполнителя для цементобетонных смесей использовали местный доломит и известняк. Этот заполнитель оказался весьма чувствительными к износу от воздействия транспортных нагрузок и шипованных шин. Кроме того, в процессе укладки покрытий на поверхности цементобетона использовали гидрофибирующие добавки, замедлители схватывания смеси и устраивали продольную нарезку канавок по технологии Astroturf (рис. 2.2.5) глубиной от 3-х до 6-ти мм, шириной 3 мм, шагом 19 мм.



Рисунок 2.2.5 – Финишная обработка цементобетонного покрытия «Astroturf» (провинция Квебек, 1994 год).

Таблица 2.2.1 – Перечень автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями, построенных в 1959 – 1964 году в провинции Манитоба (Канада)

№	Локация участка	Протяжённость (км)	Примечание
1	Camp Manitou Road – Headingley	3,9	в составе Транс-канадского коридора
2	St. Maryts Road - Red River	0,9	Южный обход Виннипега
3	Red River - Waverley Street	1,9	
4	Oak Bluff - Portage Avenue	8,4	УДС Виннипега
5	Sharpe Boulevard - Kirkfield Park	2,4	Highway 4W
6	North Kildonan	1,6	Highway 9
7	Warren's Corner - Manning Canal	12,0	Highway 59

В первый год эксплуатации этих участков проявился ряд проблем: необеспеченность сцепных качеств при увлажнении покрытий в весенне-

осенний и особенно в зимний периоды, чрезмерное разбрызгивание дождевых вод и снега, что приводило к аварийным ситуациям. Кроме того, отмечались чрезмерно высокий уровень шума транспортного потока и пылеобразование в летний период. В последующие 5 лет для решения этих проблем Министерство транспорта провинции реализовало ряд мероприятий, а именно: выполнена дробеструйная очистка покрытий до 6 мм, апробация технологии устройства бетонных поверхностей нового поколения (NGCS) – двухпроходная шлифовка в поперечном и продольном направлениях ромбическими фрезами с зазором 3,3 мм (рисунок 2.2.6). Все эти мероприятия не имели успеха, и в итоге все участки с цементобетонными покрытиями перекрыли асфальтобетонными смесями типа ЩМА 16 толщиной 50 мм [55].



Рисунок 2.2.6 – Вид покрытия бетонной поверхности нового поколения (NGCS).

В 2006 году Национальный исследовательский совет Канады (National Research Council Canada), руководствуясь материалами 8-ой Международной конференции по цементобетонным покрытиям в Колорадо-Спрингс (штат Колорадо, США), на которой широко обсуждались вопросы использования сборных железобетонных панелей при строительстве дорог, сделал выводы о том, что устройство таких одежд в условиях Канады ограничено летним периодом проведения работ, а ремонт цементобетонных покрытий нерентабелен и нецелесообразен. В этой связи, широко распространённая в

Канаде технология устройства таких покрытий из гидрофобизированных «укатываемых бетонов» может быть использована только на отдельных участках улично-дорожной сети крупных мегаполисов, на подъездных дорогах к складам лесоматериалов, грузовым депо и зернохранилищам. На автомобильных дорогах общего пользования жесткие цементобетонные покрытия могут применяться, в основном, при создании многофункциональных зон отдыха, на заправочных станциях и площадках отдыха, стоянках грузовиков и автобусов [56].

В 2015 году группа специалистов министерства инфраструктуры провинции Манитоба (Manitoba Infrastructure, Winnipeg), Ассоциации производителей цемента Канады (Cement Association of Canada), института долговечности материалов (Athena Sustainable Materials Institute, Ottawa, Ontario) и строительного факультета Массачусетского института технологий США (Department of Civil & Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA) с помощью программного комплекса Athena Pavement LCA сравнили воздействия на окружающую среду и стоимость жизненного цикла 10-ти автомобильных дорог с жесткими цементобетонными покрытиями из портландцементного бетона (PCC), построенных ранее на территории провинции Манитоба. Анализ различных сценариев показал, что с принятием новой конструкции бетонной смеси и конфигураций дюбелей/анкерных стержней можно ожидать снижение потенциала глобального потепления (Global Warming Potential (GWP) жизненного цикла цементобетонных покрытий примерно на 5 %. Дополнительного 7 % снижения GWP можно достигнуть за счет перехода на трехкомпонентную бетонную смесь и увеличения срока службы дорожного покрытия на пять лет. Внедрение нового состава бетонной смеси и конфигураций дюбелей и анкерных стержней позволило сократить общие затраты в течение жизненного цикла на 6 %. При дальнейшем совершенствовании состава бетонной смеси и конструкции самих плит возможно снижение общей стоимости жизненного цикла на 18 %. Насколько это важно для оптимизации технологий проектирования и строительства автомобильных дорог, авторы не сообщают [57].

Поскольку в Канаде (в отличие от США) нет стройной системы статистической отчётности по состоянию дорожных покрытий, анализ опыта применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах общего пользования сосредоточен на провинциях, имеющих наиболее протяжённую сеть автомобильных дорог. Исходя из данных таблицы 2.2.2, этому критерию соответствуют три провинции, а именно Саскечеван, Альберта и Онтарио.

Таблица 2.2.2 – Протяжённость сети автомобильных дорог общего пользования Канады, 2019 г. [58]

	Протяжённость (тыс. км, в двух-полосном исчислении)				Долевое распределение (в %)	
	с покрытием	без покрытия	Всего	Доля провинций / территорий от общей протяжённости Сети (в %)	с покрытием	без покрытия
Всего	415,6	626,7	1 042,3	100	39,9	60,1
Saskatchewan	29,5	198,7	228,2	21,9	12,9	87,1
Alberta	61,7	164,6	226,3	21,7	27,3	72,7
Ontario	119,8	71,1	191	18,3	62,8	37,2
Quebec	81,5	63,2	144,7	13,9	56,3	43,7
Manitoba	19,3	67,3	86,6	8,3	22,3	77,7
British Columbia	48,2	22,9	71,1	6,8	67,8	32,2
New Brunswick	19,5	12	31,5	3	61,9	38,1
Nova Scotia	18,1	9	27,1	2,6	66,8	33,2
Newfoundland and Labrador	10,6	8,6	19,3	1,8	55,2	44,8
Prince Edward Island	4,3	1,8	6	0,6	70,8	29,2
Yukon	2,2	3,5	5,8	0,6	38,5	61,5
Northwest Territories	0,9	3,6	4,5	0,4	19,2	80,8
Nunavut	0	0,3	0,3	0	0	100

Провинция Саскачеван. Согласно материалам отчета Министерства автомобильных дорог провинции Саскачеван (Saskatchewan Ministry of Highways, далее – Министерство) за 2020 – 2021 финансовый год дорожная сеть провинции является крупнейшей в Канаде, её протяжённость составляет 26 426 км, в том числе:

- 11 908 км с асфальтобетонными покрытиями (asphalt concrete pavement);
- 5 742 км дорог, отсыпанных гравием (gravel highways);
- 4 560 км дорог с тонкослойным покрытием (thin membrane surface (TMS));
- 3 937 км с зернистым покрытием (granular pavement);
- 279 км зимников (ледовые дороги).

Дорожно-строительные проекты, реализуемые в 2021 году на территории провинции, выполняются без применения жестких дорожных одежд. Таким образом, в настоящее время на территории провинции

Саскачеван строительство или реконструкция автомобильных дорог с использованием жёстких цементобетонных покрытий не осуществляется.

Провинция Альберта. В середине 1970-х годов правительство провинции Альберта вокруг городов Калгари и Эдмонтон создало зоны ограниченного развития (Restricted Development Areas (RDAs), (аналог отечественных Планов Планировки Территорий) для формирования транспортных коридоров за счет перспективного строительства кольцевых четырехполосных скоростных автодорог с нежесткой дорожной одеждой и разделительными полосами (Эдмонтон RDA – [59], Калгари RDA – [60], рис. 2.2.7). Строительство этих объектов продолжалось в течение 35 лет, и закончилось лишь в 2007 году. В период согласования технической части проекта по итогам анализа стоимости жизненного цикла аналогичных проектов, жёсткое цементобетонное покрытие заменили на асфальтобетонное.

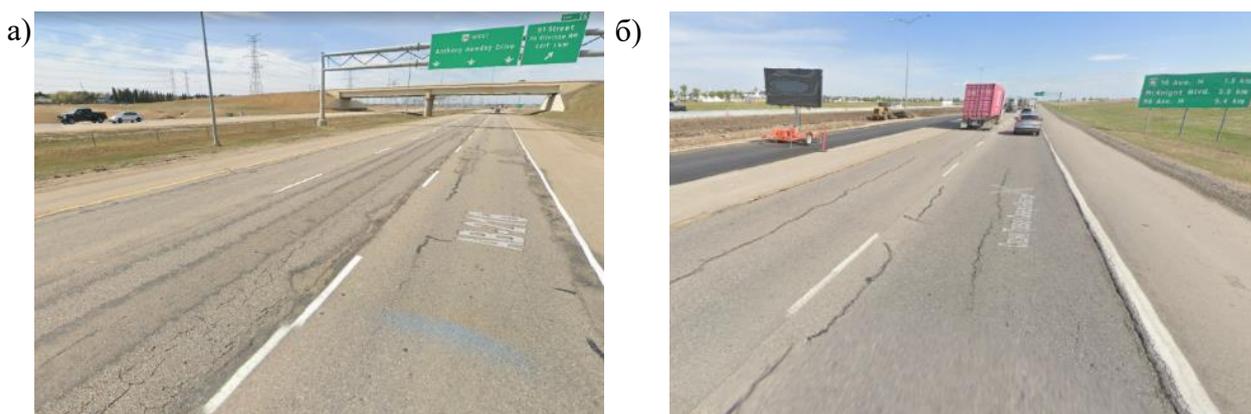


Рисунок 2.2.7 – Дорожное покрытие и работы по уширению участка кольцевой дороги:

- а) г. Эдмонтон, Альберта (южный сектор, июнь 2021);
- б) г. Калгари, Альберта (восточный сектор, июнь 2021).

Динамика состояния покрытий на сети скоростных автодорог провинции Альберта за период с 2005 – 2020 год показывает отчётливую тенденцию ухудшения продольной ровности покрытий сети скоростных дорог провинции (рис. 2.2.8). При этом в краткосрочной перспективе улучшить этот показатель не планируется.

Диаграмма, приведенная на рисунке 2.2.8 составлена по средневзвешенному значению международного индекса ровности (IRI) на 1 км

дороги в % от общей протяжённости сети за период с 2005 по 2020 гг., и по плановым значениям на период 2021-2024 гг. (по материалам ежегодных Отчётов Правительства Альберты / раздел Transportation / Physical Condition of Provincial Highways/, доступных по ссылке [61] и Бизнес-плану Министерства транспорта Альберты на 2021-2023 гг.).

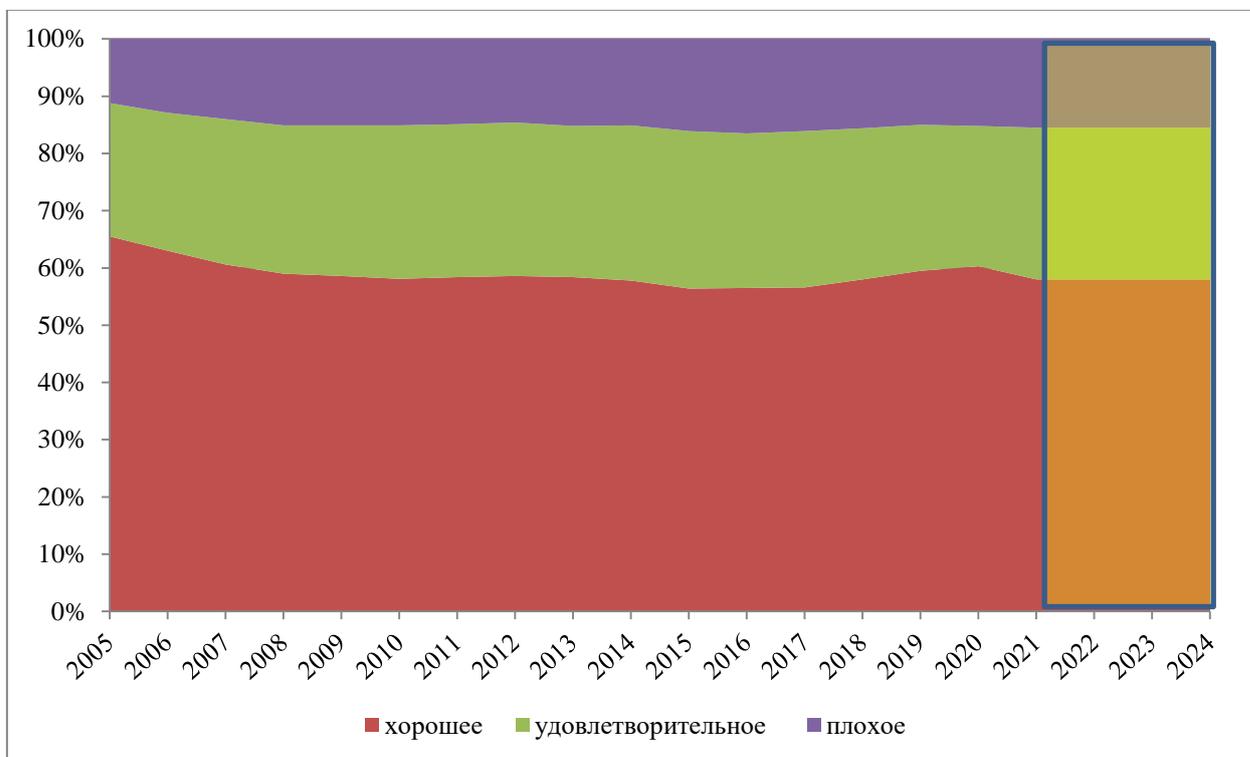


Рисунок 2.2.8 – Оценка состояния дорожных покрытий скоростных автомагистралей провинции Альберта

Следует отметить, что в 2013 Министерство транспорта провинции Альберта (Alberta Transportation) совместно со специалистами университета штата Вашингтон (США) разрабатывали модель прогнозирования ровности дорожных покрытий по IRI с учетом влияния климатических условий провинции, разрушения дорожного покрытия и особенностей конструктивных решений, представленных в Руководстве по механико-эмпирическому проектированию дорожного покрытия (MEPDG). Это исследование проводилось в рамках Системы управления дорожными покрытиями (Pavement Management Systems (PMS) для выявления значительных изменений: климатических, структурных и связанных с деградацией асфальтобетонных покрытий (АС) на зернистых основаниях (GBC) сети автомагистралей провинции Альберта. Регрессионный анализ показал, что такие переменные, как возраст покрытий, трафик, содержание мелких частицы

в слое земляного полотна, колейность, поперечные и прочие трещины, являются наиболее значимыми показателями прогнозирования ровности по IRI. Кроме того, в ходе исследований было обнаружено, что показатель IRI для участков с цементобетонными покрытиями, перекрытых асфальтобетоном, зависит от возраста конструкции, трафика, индекса промерзания (FI) грунтов, толщины слоев зернистого слоя основания (GBC) и асфальтобетона, а также пластичности грунта земляного полотна и динамики проявления колейности [62].

Провинция Онтарио. Согласно информации, Ontario Asphalt Pavement Council (OAPC) по состоянию на 2019 год 95 % автомобильных дорог провинции Онтарио имеют асфальтобетонное покрытие [63].

В 2001 году Министерство транспорта Онтарио (далее – МТО), крупнейший владелец дорожной и шоссейной инфраструктуры в Канаде, инициировало «Альтернативный тендерный процесс по контрактам на реконструкцию автострад». Этот процесс позволяет участникам торгов подготовить свои заявки на строительство на основе конструкции цементобетонного или асфальтового покрытия. При этом, как и во всех строительных проектах, выигрывает заявка с самой низкой заявленной стоимостью. Однако, при рассмотрении заявок МТО учитывает стоимость жизненного цикла за 50-летний период, поэтому более высокие первоначальные затраты на цементобетонные покрытия могут быть компенсированы более низкими затратами на последующее содержание. При этом, плановые затраты и типовые графики технического обслуживания и ремонтов дорог с цементобетонными и асфальтобетонными покрытиями за 50-летний жизненный цикл, составлялись и утверждались непосредственно МТО, на основе статистической информации и опыта территориальных органов управления в тесном контакте с производителями асфальтового и цементного бетона. Такой подход к управлению контрактами даёт определённый эффект. Так например, компания Concrete Specialties-Aecon, в рамках контракта по капитальному ремонту участка автодороги 401 на участке 10 км применила жёсткое цементобетонное покрытие, а на остальном участке использовала нежёсткое асфальтобетонную конструкцию [64].

Обобщения практики использования цементобетонных покрытий в провинции Онтарио нашли своё отражение в последней редакции Руководства по проектированию и ремонту дорожных покрытий г. Торонто (2019) [65].

Резюме по канадским дорогам. В настоящее время в Канаде конструктивные решения жёстких дорожных одежд из портландцемента (PCC pavement) разрабатываются на основе теоретических исследований, включая анализ методом конечных элементов, лабораторных испытаний, результатов эксплуатации экспериментальных участков и оценки характеристик существующих покрытий. Расчёт толщины жёстких покрытий усовершенствован с учётом механистических принципов, что значительно улучшило эксплуатационные характеристики этих покрытий. Значительные изменения претерпели как сами конструкции бетонных покрытий, так и конструкция стыков. Сегодня в Канаде для устройства цементобетонных покрытий наиболее часто применяют простой бетон со шпонками и короткими плитами. Значительный эффект дает использование более коротких интервалов между стыками, что снижает вероятность случайного растрескивания и сглаживает эффект скручивания и коробления плит покрытия.

В общем виде, выбор между разными типами покрытий подчиняется следующему алгоритму. Жёсткие цементобетонные покрытия используются на улично-дорожной сети мегаполисов и крупных агломерациях, а также на подъездах к грузовым терминалам, автостанциям и торговым центрам, где возможны длительные стоянки грузового и пассажирского транспорта. Комбинированные покрытия используются на отдельных участках скоростных автомагистралей с наиболее интенсивным движением, или где возможны сезонные выезды лесозерновозов и грузовиков с природными ископаемыми. Асфальтобетонные покрытия в дорожном строительстве наиболее распространены. Их используют для создания верхних слоёв износа жёстких и комбинированных покрытий, а также при устройстве нежёстких дорожных одежд на основной протяжённости автомобильных дорог общего пользования, вне границ населённых пунктов. Как правило, верхний слой таких покрытий выполняется:

- на улицах премиум-класса (высоких категорий) из ЩМА S 9.5 и ЩМА 12.5 по методологии SuperPave, на основе битумного вяжущего с PG 58-28;
- на автомобильных дорогах с разрешённой скоростью движения менее 110 км/час из ЩМА 12.5 по методологии SuperPave, на основе битумного вяжущего с PG 70-28 (рис. 2.2.9);
- на автомобильных дорогах с разрешённой скоростью движения более 110 км/час из ЩМА 19.0 по методологии SuperPave, на основе битумного вяжущего с PG 70-28.

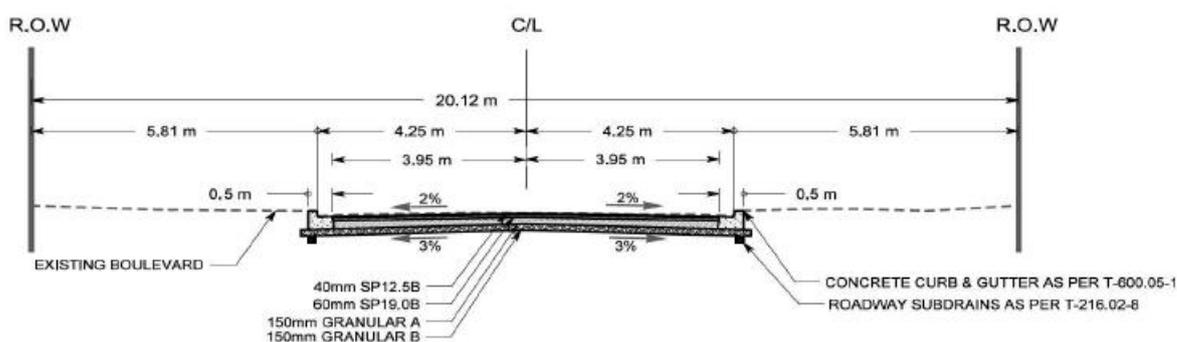


Рисунок 2.2.9 – Типовая комбинированная дорожная одежда, применяемая на автомагистралях с расчётной скоростью движения менее 110 км/час в черте агломерации Торонто (Онтарио), 2018 г.

2.3 Китайская народная республика (КНР)

На третьем этапе экономических реформ Дэн Сяопина (1992-2002 годы) под лозунгом «Социалистическая рыночная экономика» в Китае начала формироваться новая экономическая система, направленная на дальнейшее расширение и развитие рынка, создание управления предприятиями, а также формирование макрорегулирования и контроля со стороны государства. Развитию дорожного строительства, как важнейшего элемента укрепления внутренней экономики и преодоления социального неравенства Китая, в этот период уделялось особое внимание (рисунок 2.3.1). Прежде всего, это касалось развития производственно-технологической базы дорожно-строительных материалов и техники, а также качественно-нового обучения специалистов, в том числе и в ведущих университетах США, Германии и Австралии.

В результате реализации этой политики к началу 2008 году на внутреннем рынке КНР сложилась ситуация, когда кубометр цементобетонной смеси стал значительно дешевле кубометра асфальтобетона. Это обстоятельство

позволило в дальнейшем широко применять цементобетон в дорожном строительстве.

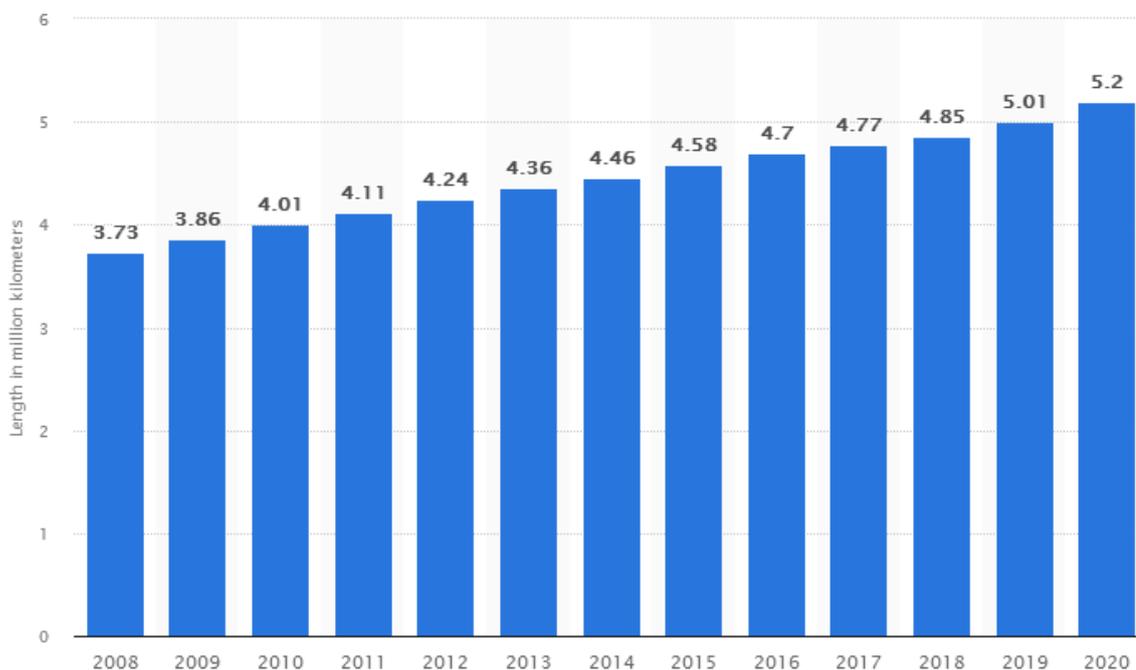


Рисунок 2.3.1 – Протяжённость сети автомобильных дорог Китая 2008 – 2020 гг. (средний ежегодный прирост 113 000 км).

Важно отметить, что в 2014 году Фонд Билла Гейтса проводил сравнительный анализ производства портландцемента в Китае и сообщал о том, что за трехлетний период КНР использовала на внутреннем рынке на 68% больше портландцемента, чем США за весь XX-й век его применения в строительной индустрии (рисунок 2.3.2).

Центральным пунктом оглашённой на XIX съезде Коммунистической партии Китая (18-24 октября 2017 года) стратегии развития КНР является понятие «социализма с китайской спецификой в новую эпоху». Признано, что «новая эпоха» наступает в 2020 году и будет длиться 30 лет – до 2050 года. Содержание «новой эпохи» КПК определяет, как построение к 100-летию образования КНР (1949) полностью модернизированного социалистического общества всеобщего благосостояния (всеобщей зажиточности) с высоким по мировым меркам уровнем материальной, политической, духовной культуры. К этому времени 98 % городов и 85 % населённых пунктов страны должны быть соединены единой сетью автомобильных дорог с твёрдым покрытием.

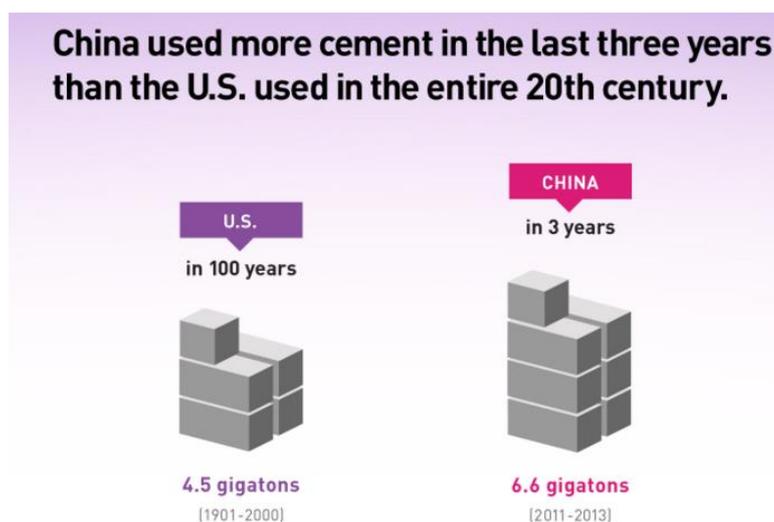


Рисунок 2.3.2 – Соотношение применения портландцемента в Китае и США [66].

Из материалов обзора академических исследований по проектированию дорожных покрытий в Китае за 2020 год следует, что за последние 40 лет реформ и открытий строительство автомагистралей в Китае достигло существенных успехов (рисунок 2.3.3), и в значительной степени обеспечивает быстрое социально-экономическое развитие страны. При этом по уровню качества скоростные автодороги и основные магистрали улично-дорожной сети крупных мегаполисов Китая сравнились с аналогичными объектами дорожно-транспортной инфраструктура западных стран. Благодаря активной поддержке отрасли со стороны Национальной премии Китая в области науки и технологий, проектах Министерства науки и технологий (MOST) и Национального фонда естественных наук Китая (NSFC) в последние годы в Китае созданы свои новые теории, новые методы проектирования, новые технологии строительства и эксплуатации, новые процессы управления активами, новые конструкции и новые материалы, связанные с дорожными покрытиями [67].

В тоже время, в стране реализуется множество совместных проектов со специалистами крупнейших американских университетов штатов Теннесси, Мичиган и Вирджиния. В частности, на 2,5 км южного участка кольцевой скоростной автомагистрали G104 в городе Цзинань (провинция Шаньдун) реализуется совместный американо-китайский проект по созданию «умной дороги». Проектом предусмотрено единое информационно-аналитическое управление дорожным движением, в том числе и беспилотными

автомобилями, с учетом фактического состояния дорожного покрытия, интенсивности, скорости движения и состава потока, погодных условий, времени суток.

Схема скоростных автомобильных дорог Китая

中華人民共和國國道



Рисунок 2.3.3 – Схема скоростных автомобильных дорог Китая (2019г.) [68].

Судя по ряду публикаций, с 1997 года в дорожном строительстве Китая преобладают комбинированные дорожные одежды на стабилизированных известью основаниях. Доля таких конструкций в общем объеме дорожного строительства составляла чуть более 90% [69]. При этом для предотвращения восходящего усталостного растрескивания покрытия обычно проектировались таким образом, чтобы деформации при растяжении в нижней части асфальтобетонной конструкции были меньше, чем предел усталостной выносливости (Fatigue Endurance Limit (FEL) асфальтобетонной смеси в нижнем слое. Типичные значения для FEL варьировались от ранних, консервативной оценки в 70 микродеформаций, до более поздних значений в 200 микродеформаций. Для предотвращения пластичной деформативности

(колейности) предельно-допустимое значение вертикальной деформации верхнего слоя земляного полотна принимали за 125-200 микродеформаций, в зависимости от числа приложений приведённой осевой нагрузки 100 кН и расчётной скорости движения.

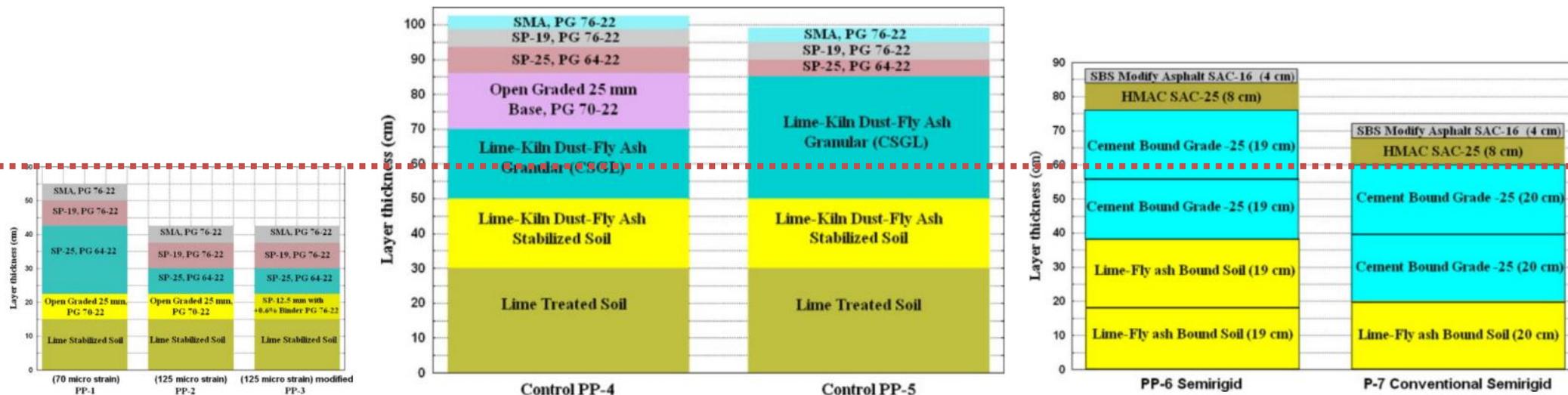
В 2003-2005 годах, по мере развития американским «Альянсом асфальтобетонных покрытий³» теории «вечных покрытий⁴», в Китае стали заниматься такими типами покрытий с учётом ранее полученного опыта строительства и эксплуатации комбинированных дорожных одежд. В этой связи, на трёх участках скоростной магистрали G 102 заложили опытные участки с комбинированной дорожной одеждой, представленной на рис. 2.3.4. Как следует из представленных проектных решений, конструктив «вечного покрытия» в китайской интерпретации отличался от типовых жёстких дорожных одежд с двумя слоями цементобетона марки 25 (по стандартным спецификациям КНР) только наличием дополнительного верхнего слоя основания (толщиной 19 см) земляного полотна, укреплённого 12 % извести.

Наблюдения за состоянием этих участков показали, что «вечные покрытия» оказались более устойчивыми к восприятию транспортных нагрузок, даже в те периоды, когда по ним осуществлялись сезонные перевозки зерновой сельскохозяйственной продукции с превышением нормативных осевых нагрузок. Этот положительный эффект позволил органам управления дорожным хозяйством ряда провинций Китая одобрить применение таких конструкций при строительстве и реконструкции автомобильных дорог класса 1 и класса 2 на своих территориях.

В последующие 5-6 лет в рамках государственной программы повышения квалификации инженеров-дорожников, реализуемой Университетом скоростных автомагистралей Ксианя [70], Китай направляет в ключевые университеты северных штатов США (Миннесота, Мичиган, Висконсин, Пенсильвания) несколько тысяч студентов и аспирантов для освоения теории, и лучших практик проектирования, строительства и эксплуатации дорожных покрытий со сроком службы не менее 40 лет.

³ Asphalt Pavement Alliance (APA).

⁴ Perpetual asphalt Pavement (PP).



Примечание: покрытия PP-1, PP-2, PP-3, Control PP-4 и Control PP-5 применили на участках западного обхода г. Биньчжоу, провинция Шаньдун (дорога G25 Шанхай – Тянджин (Shanghai to Tianjin), 2004 г. Полужёсткие покрытия PP-6 и «P-7 стандартное» использовали при реконструкции участков автодороги G102 в районе г. Циньхуандао (Циньлунь-манжурский автономный район), 2006 г.

Рисунок 2.3.4 – Конструктив анализируемых дорожных одежд, запроектированных в парадигме «вечных покрытий», и построенных на опытных участках скоростных автомагистралей Китая в 2003 – 2006 гг. [69].

Как следствие, на рубеже 2014-2015 годов в КНР создаётся собственная школа проектирования и строительства дорожных покрытий «нового поколения». Эти покрытия представляют собой типичные комбинированные дорожные одежды с верхним слоем износа из щебеночно-мастичных асфальтобетонов, запроектированные в парадигме американских «вечных покрытий», но с поправками на климатические условия и геологические особенности района прохождения трассы, и с учётом принятых в Китае стандартов, более значимых (чем в США) расчётных осевых нагрузок⁵.

В 2016 году, на страницах International Journal of Transportation Science and Technology (IJTST) публиковались материалы специалистов School of Transportation Engineering, Tongji University [71] с результатами применения базовых методик США при формировании матриц принятия инвестиционных решений и выборе оптимальных технических решений при реализации дорожных проектов в Китае. Аналитические расчеты выполнялись программным комплексом SAMP5 (Operational Pavement System Model) [72] с учетом нормативной осевой нагрузки США 8,8 т и базы данных эксплуатации дорожных покрытий Китая, построенных в период 2004-2006 гг. Сводные результаты анализа представлены в таблице 2.3.1. По мнению авторов анализа, из представленных данных следует, что конструкция покрытия PP-1 имела самую высокую стоимость жизненного цикла и максимальную стойкость к колейности. Это связано с устройством слоев износа с более толстыми слоями асфальтобетонов. Однако, функциональные характеристики этой конструкции совпадают с параметрами одежды «Контрольный PP-4», имеющий более тонкий слой износа.

При этом ожидаемый фактор отказа покрытия PP-1 – усталостное трещинообразование, а покрытия «Контрольный PP-4» – развитие колейности. Дорожные одежды PP-2 и PP-3 имели практически одинаковые конструкции, отличаясь лишь толщиной слоев дорожного покрытия. Конструкции «Контрольный PP-5», PP-6 и P-7 (типовая комбинированная дорожная одежда), несмотря на различия в слоях дорожной одежды, показали практически одинаковые эксплуатационные характеристики с точки зрения их

⁵ Equivalent single axle loads (ESAL).

работоспособности. В этой связи, в матрице принятия инвестиционного решения дорожная одежда под условным номером «Контрольный РР-4» должна быть признана наиболее эффективным инвестиционным решением, как с точки зрения затрат, так и с точки зрения работоспособности и с учётом следующих обстоятельств:

Таблица 2.3.1 – Результаты механико-эмпирического и инженерно-экономического анализа программным комплексом SAMP5 нескольких вариантов «вечных покрытий» (РР), построенных на опытных участках автомобильных дорог Китая в 2004 – 2006 годах.

Условный номер покрытия	Проектные расчетные показатели		Стоймость жизненного цикла покрытия (\$/м ²)	Прогнозные значения показателей прочности покрытий (по результатам анализа ТЭП в первые 10 лет эксплуатации)			
	Срок службы (лет)	Число приложенных расчетной нагрузки (млн. ESAL)		Предел растяжения нижнего а.б. слоя (tensile microstrain)	Предел прогиба верхнего слоя основания (tensile microstrain)	Число проходов приведенных осевых нагрузок до развития сетки трещин на 20% площади покрытия (Cracking life) млн. приложенный ESAL	Число проходов до появления колеиности более 1,2 см (Rutting life) млн. приложенный ESAL
РР-1	40	80	50,72	17,4	128	200	200
РР-2	30	50	42,57	15,4	190	200	62,62
РР-3	30	50	42,83	15,4	190	200	62,62
Контрольный РР-4	40	80	44,66	15,5	184	200	72,3
Контрольный РР-5	20	20	41,06	19,8	186	200	68,68
РР-6	20	20	44,17	7,5	15,7	200	147,12
Р-7 (стандартное комбинированное)	20	20	39,42	20,3	17,6	200	88,22
Примечание: За ESAL принималась расчётная нормативная осевая нагрузка США – 8,8 т (составлено по материалам IJTST № 5, 2016 г. [74])							

– модуль упругости более толстых слоёв асфальтобетона (как в случае с покрытием РР-1) обладает изменчивостью в зависимости от сезонной температуры, что может негативно повлиять на работоспособность покрытия под воздействием транспортной нагрузки. Причём, такой сценарий с достаточной вероятностью нельзя спрогнозировать в течение длительного срока службы;

- более толстые слои асфальтобетона не являются предпочтительными вариантами из-за быстрого старения битумного вяжущего и его отслаивания под воздействием факторов окружающей среды;

- асфальтобетон не является экологически чистым материалом, и его утилизация или переработка по окончании срока службы приведёт к серьёзным экологическим проблемам, если не использовать методы его переработки и повторного использования в дорожном строительстве;

- на момент выполнения анализа, дорожно-строительный комплекс Китая уже имеет национальную систему нормативно-технического регулирования и собственный многолетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации полужёстких (комбинированных) дорожных покрытий. В этой связи поэтапный переход к строительству полужёстких асфальтобетонных дорожных одежд с длительным сроком службы (Perpetual asphalt Pavement (PP)) не приведёт к реализации технологических рисков и неопределённостей, обычно сопровождающих масштабные внедрения новых технологий и материалов в дорожном строительстве.

Из материалов IOP Publishing следует, что в последние годы, конструкции композитного покрытия «асфальтобетон на цементобетонной плите» широко распространены в Китае (рис. 2.3.5), поскольку слой цементобетона противостоит усталостному растрескиванию и долговечен, а слой асфальтобетонного покрытия является функционально износостойким и гидроизолирующим материалом, обеспечивающим надлежащее транспортно-эксплуатационные показатели с точки зрения комфортности и безопасности дорожного движения [75].

Прогиб такой конструкции под воздействием транспортных нагрузок не превышает 10 мкм, а предельный срок службы – не менее 200 – 500 млн. проходов эквивалентной нормативной осевой нагрузки 10 тонн. Между тем, использование таких конструкций в холодных климатических условиях имеет ряд особенностей:

- общую толщину верхний слоёв асфальтобетона следует увеличить до 13 – 15 см, при этом нижний слой следует из горячих плотных смесей на более вязких битумах (PEN20/30 binders);

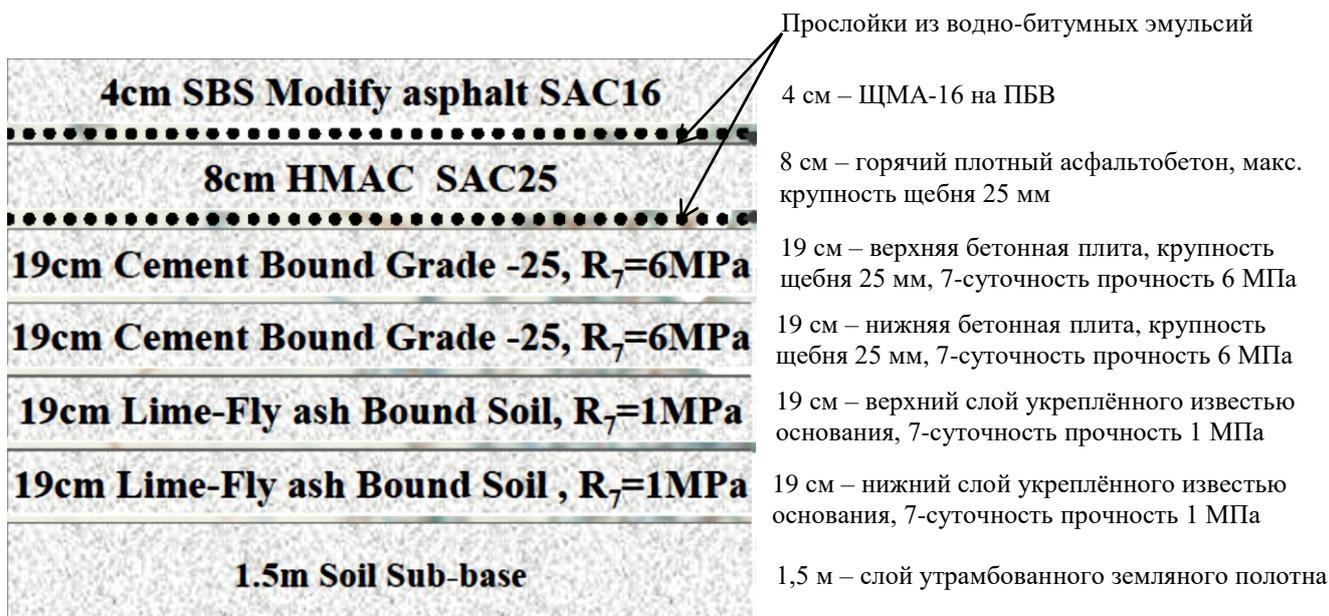


Рисунок 2.3.5 – Типовая конструкция полужёсткой (комбинированной) дорожной одежды, широко применяемой при реализации дорожно-строительных объектов в Китае.



Рисунок 2.3.6 – Укладка битумно-минерального слоя при строительстве комбинированного дорожного покрытия (по материалам доклада RION [76] на Asia Highway Investment Forum (21.06.2021 [77]).

– прослойки из водно-битумных эмульсий следует заменить укладкой битумно-минеральных смесей (рис. 2.3.6);

– по рекомендациям Харбинского политехнического института (Harbin Institute of Technology [78]) в северных регионах важно использовать «самонапряжённое эластичное асфальтобетонное покрытие», или асфальтобетоны с эластичным наполнителем, например, шинной резиновой крошкой с добавкой извести до 1,5 %. При температуре до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ такое покрытие сохраняет свойства небольшой упругой деформативности под воздействием транспортных нагрузок. Этого вполне достаточно для разрушения наледи и уноса снежного покрова до 9 см, что существенно сокращает расходы подрядных организаций на механическую уборку и обработку покрытий антигололёдными реагентами [79];

– при приемке работ по устройству каждого конструкционного слоя покрытия следует учитывать не только средние показатели прочности, но и их вариативность (однородность распределения) по всей площади контролируемого участка;

– при проектировании покрытия с длительным сроком эксплуатации⁶ в северных районах Китая крайне важно учитывать изменения температурного поля и глубину протаивания земляного полотна (рис. 2.3.7, 2.3.8). Ошибки в учёте этого показателя приводят к развитию серьёзных дефектов цементобетонных плит покрытия уже на второй год их эксплуатации (рис. 2.3.9).

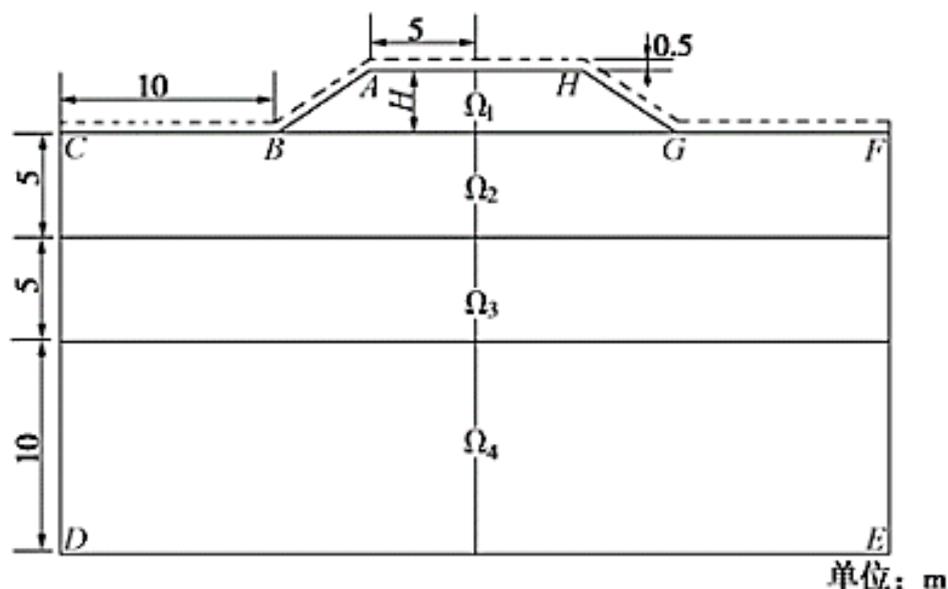


Рисунок 2.3.7 – Типовая модель для расчёта температурного поля грунта земляного полотна.

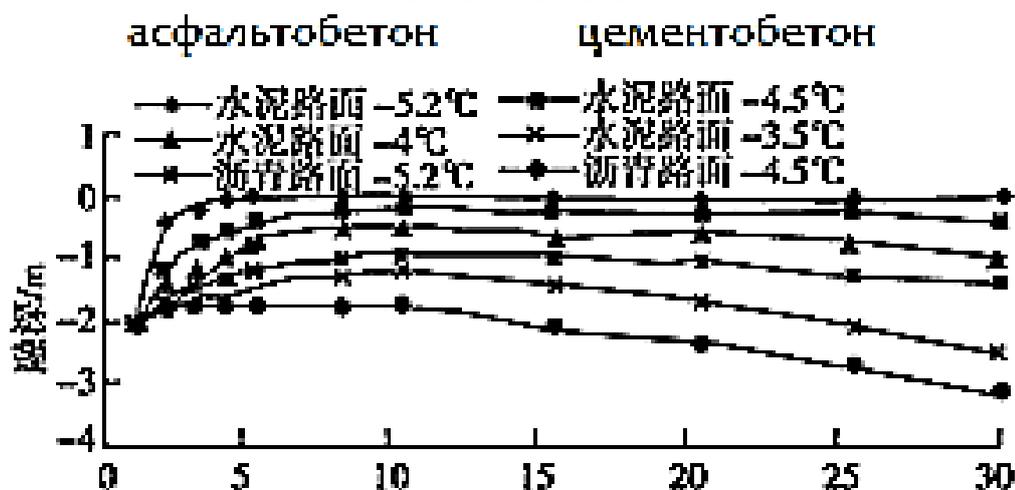


Рисунок 2.3.8 – Изменение температуры земляного полотна на глубине 2,75 м на дорогах с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями в районах с разными среднесуточными температурами декабря месяца [80].

⁶ Long-Life Asphalt Pavement (LLAP)



Рисунок 2.3.9 – Характерные дефекты дорожных покрытий из-за ошибок в оценке температурного поля грунта.

Важно отметить, что в последнее время в Китае при проектировании автомобильных дорог 1 класса предусматриваются отдельные прямолинейные участки длиной 2-3 км, с шириной проезжей части не менее 18 м, дальностью видимости не менее 800 метров, поперечным уклоном 1,5-2 %, способные выдерживать однократные нагрузки до 200 кН.

Так, например, в 2019 году специалисты Наньчанского технологического института (NIT) [81] опубликовали результаты своих расчётов дорожной одежды для такого участка на автомагистрали первого класса в провинции Цзянси. Приняв за исходную модель конструкцию, представленную на рисунке 2.3.10, и условия Технического задания (грунт дорожного полотна представляет собой ил с низким пределом текучести, верхняя точка дорожной одежды находится выше уровня грунтовых вод на 1,5 м, расчётная осевая нагрузка – 100 кН, максимальная однократная осевая нагрузка – 200 кН, интенсивность движения – 2 223 эквивалентных нагрузок на полосу в сутки, среднегодовой прироста интенсивности – 5 %), авторы получили оптимальную конструкцию комбинированной дорожной одежды, представленную на рисунке 2.3.11 [82].

При внимательном рассмотрении этой конструкции, можно сделать вывод о ее пригодности не только эффективно воспринимать в течение длительного срока службы обычные транспортные нагрузки, но и в определённых обстоятельствах выполнять функцию ВПП для приёма самолётов с максимальной взлётной массой до 25 тонн или тяжёлых военно-транспортных вертолётов.

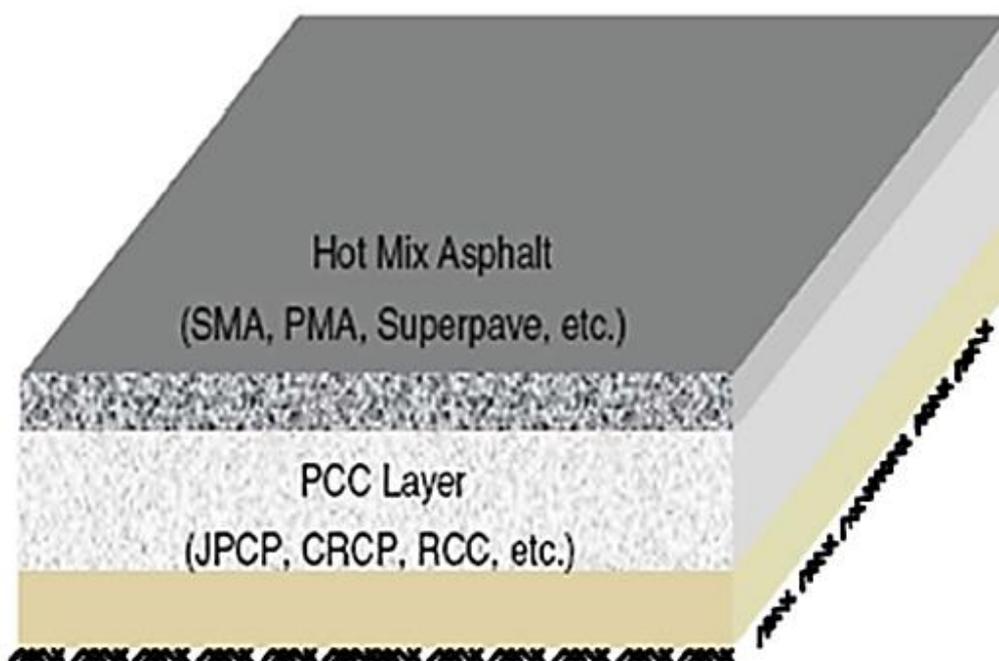


Рисунок 2.3.10 – Типовая расчётная конструкция комбинированного покрытия при проектировании автомобильных дорог 1 класса (расчётная скорость до 110 км/час)

40mm Fine-grained asphalt concrete	40 мм Мелкозернистый асфальтобетон
60mm Medium-sized asphalt concrete	60 мм Среднезернистый асфальтобетон
Modified asphalt waterproof adhesive layer	Гидроизолирующий адгезионный слой из модифицированного асфальтобетона
260mm normal concrete	260 мм Стандартная цементобетонная плита
200mm Graded macadam base	200 мм Основание из фракционного щебня
Soil base	Укреплённый грунт земляного полотна

Рисунок 2.3.11 – Оптимальная конструкция комбинированной дорожной одежды для отдельного участка автомобильной дороги 1 класса.

3 Строительство дорог с цементобетонным покрытием в СССР

Строительство цементобетонных покрытий в СССР началось в 50-х годах прошлого века с использованием собственных комплектов укладки: Д-180, Д-181 и Д-192 на рельсовом ходу (рельсовая опалубка) [41]. За период с 1950 по 1992 гг. в СССР построено значительное количество магистралей с цементобетонными покрытиями в различных климатических зонах.

Наибольшие объемы строительства цементобетонных покрытий в СССР наблюдались в 1970-х гг. До 1972 г. дороги строились с использованием советских рельсовых комплектов машин. В 1972 г. у американской фирмы

СМІ для строительства магистральных дорог и аэродромов с цементобетонным покрытием были закуплены 3 комплекта бетоноукладочных машин «Автогрейд» с лицензией на их изготовление [36].

Новые американские комплекты машин, с технологией быстрого строительства бетонных дорог в скользящей опалубке, позволяли прокладывать километр-полтора за смену. Комплекты таких машин выпускал Брянский завод. В 70-х годах были построены магистрали: Москва – Волгоград, Омск – Новосибирск, Екатеринбург – Челябинск, Екатеринбург – Серов и так далее.

Общая протяжённость дорог с цементобетонным покрытием в СССР тогда составляла порядка 10 тысяч км. Промышленность и строительный комплекс в страны не были готовы к «скоростному» строительству дорог по следующим причинам:

- наблюдался дефицит качественных цементов;
- требования к дорожному цементу не могли быть соблюдены из-за дефицита пластифицирующих, воздухововлекающих, гидрофобизирующих добавок, что отражалось на качестве и классе бетона;
- слабый технический контроль, повсеместно отмечались нарушения технологии;
- укладка бетона, как правило, осуществлялась без подготовки соответствующего основания, часто непосредственно на земляное полотно.

При этом, мониторинг технического состояния цементобетонных покрытий, построенных как в 50-60 годы рельсовыми комплектами машин, так и в период 1972-1992 гг. комплектами высокопроизводительных машин со скользящей опалубкой с учетом понесенных затрат на содержание и капитальный ремонт не проводился. Так же отсутствуют данные по сопоставлению эксплуатационных показателей цементобетонных дорог и асфальтобетонных покрытий, построенных в эти же годы.

В период 1976-1983 гг. шло строительство головного участка дороги МКАД – Серпухов (протяжённостью 77,3 км) в составе автомобильной дороги общегосударственного значения Москва – Харьков – Симферополь. Дорога запроектирована по нормативам I-й категории с жёсткой одеждой из

непрерывно армированного цементобетона (главные инженеры проекта Н.Н. Бычков и Ю.В. Преображенский). Строительство велось силами трестов «Центродорстрой» (управляющие – А.М. Сицкий и В.Е. Сергеев) и «Магистральдорстрой» (управляющий – О.С. Евтухов). Однако, уже весной 1984 года (по прошествии первого зимнего сезона после сдачи объекта в эксплуатацию) на поверхности цементобетонного покрытия проявилось массовое шелушение верхнего слоя. Причина появления дефектов (шелушения) – нарушение эксплуатирующей организацией правил содержания покрытий (зимой обильно посыпали дороги песчано-соленой смесью). Причём, из-за более длительных и обильных наледей, нормы расхода смеси были значительно увеличены. В результате, весной под транспортной нагрузкой верхний слой покрытия стал шелушиться и разрушаться. Расследованием причин и обстоятельств этого события занималась государственная комиссия во главе с первым заместителем председателя Совета Министров СССР Гейдаром Алиевым. Важно отметить, что по сводным данным с других объектов тоже поступала негативная информация о преждевременном разрушении цементобетонных покрытий из-за массового нарушения технологий строительства и содержания. По результатам работы госкомиссии строительство в СССР автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями остановлено.

Как следствие вышеуказанных событий, в начале 1984 года появился приказ Министерства транспортного строительства СССР о прекращении строительства автомобильных дорог со сборными и монолитными цементобетонными покрытиями. В результате, с 1984 года в СССР фактически прекратились любые проектные, научно-исследовательские работы в этом направлении. Тем не менее, за 1987 г. было построено 589 км цементобетонных и 17 673 км асфальтобетонных покрытий. По состоянию на 1987 год протяженность цементобетонных дорог в сети дорог общего пользования составляла 13,5 тыс. км (1,4%).

В это время Брянский завод прекратил выпуск комплектов машин ДС-110, а Коростенский завод снял с производства бетоноукладочные машины на рельсовом ходу как устаревшие. В состав комплекта ДС-110 входили десять

видов машин и дополнительного оборудования, в том числе: три основные гусеничные машины: профилировщик ДС-108, распределитель бетона и других дорожно-строительных материалов ДС-109 и бетоноукладчик ДС-111; две машины на пневмоколесном ходу: трубчатый финишер ДС-104А и машина для нанесения пленкообразующих веществ ДС-105А; оборудование для вспомогательных технологических операций: навесной к профилировщику конвейер-перегрузатель ДС-98А, прицепная к распределителю арматурная тележка ДС-103А, полунавесной к бетоноукладчику погружатель арматурной сетки ДС-102А и асфальтоукладочное оборудование ДС-106А (полунавесной бункер и навесная виброплита) к профилировщику или распределителю; два трейлера ДС-107 с тягачами МАЗ-537 для перевозки машин комплекта.

Таким образом два завода, которые изготавливали бетоноукладочные машины, прекратили их выпуск, а других конструкторских бюро, занимающихся машинами для скоростного строительства цементобетонных автомобильных дорог и аэродромов с цементобетонными покрытиями в стране, не было. Сняты с производства также нарезчики швов в цементобетонном покрытии и заливщики швов. Подрядные организации, которые осуществляли достаточно большой объем строительства перестают существовать, а некоторые из них переходят на строительство дорог с цементобетонными покрытиями за рубежом. Строительство цементобетонных покрытий в СССР подходило к концу [38].

Основными проблемами в развитии цементобетонных покрытий было: дефицит качественного минерального вяжущего материала, повышенная трудоемкость по строительству дорог советскими рельсовыми комплектами машин и, как следствие, повышенная стоимость строительства. Отмечаются факты некачественно выполненных работ по устройству оснований дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог. При этом, стоит отметить, что многие участки с цементобетонным покрытием совершенно не ремонтировались.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонным покрытием выявлены следующие особенности:

- ремонтно-восстановительные работы невозможны под движением;
- сложность ремонта (повышенные трудозатраты на фрезерование при устранении колеиности);
- шелушение поверхности покрытия в случае применения противогололёдных реагентов на основе хлористых солей;
- некомфортный проезд в связи с наличием значительного количества швов расширения и сжатия;
- образование усадочных трещин;
- увеличенная шумность (испытания проводились при скорости автомобиля 95-105 км/час на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части и определили следующие показатели: 86 дБ по цементобетонному покрытию против 78 дБ по плотному асфальтобетонному покрытию и 75 дБ по пористому [37];
- частый локальный ремонт трещин и деформационных швов.

4 Современный опыт строительства дорог с цементобетонными покрытиями на территории СНГ

4.1 Российская Федерация. Общая ситуация с цементобетонными покрытиями автомобильных дорог

В соответствии с письмом ФДА РОСАВТОДОР исх. № 01-24/12196 [39] от 08.04.2019 о предоставлении сведений об автомобильных дорогах общего пользования по формам федерального статистического наблюдения, по состоянию на 2019 г. автомобильных дорог с цементобетонным покрытием – 5 269,3 км (около 2 %), с асфальтобетонным покрытием – 359 570,4 км (учтены дороги федерального, регионального и межмуниципального значения, без учета местного). При этом за отчетный год протяженность дорог с цементобетонным покрытием сократилась на 1108,2 км (около 0,3%) в связи со строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом, ремонтом, в том числе уменьшение по итогам инвентаризации, паспортизации и списании, а также с учетом перевода в другой перечень дорог или передаче другим организациям. По информации, представленной на сайте Федеральной службы государственной статистики [40] общая протяженность автодорог с твердым покрытием: в 2019 году – 1 542 196,2 км, в 2020 году – 1 553 664,1 км.

В настоящее время в строительстве дорог с цементобетонным покрытием задействовано только импортное оборудование – 34 комплекса Gomaco и 13 – Wirtgen Group (ПРИЛОЖЕНИЕ А. Письмо государственной компании «Автодор» №17874-18 от 06.10.2020 г.), преимущественно задействованных при строительстве аэродромов.

В 2018 г. создана некоммерческая организация Ассоциация по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий, основная цель которой – продвижение технологии дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий в России. Ассоциация является связующим звеном между государственными органами власти, научными и научно-образовательными организациями, проектировщиками, заказчиками и представителями строительной индустрии для разработки технических нормативов, изучения и внедрения передовых и современных технологий с применением цементобетона. Это способствует эффективному развитию строительства автомобильных дорог и прочих инфраструктурных объектов с цементобетонными покрытиями в России.

В Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) на регулярной основе проводятся мероприятия, посвященные вопросам проектирования и строительства дорог с цементобетонными покрытиями с привлечением специалистов дорожной отрасли. 30 сентября 2021 года в МАДИ состоялась I Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих». Руководитель ФДА Р.В. Новиков сообщил, что за последние годы Росавтодором введено в эксплуатацию 50 км цементобетонных дорог. В стадии реализации находятся девять объектов с таким типом покрытия общей протяженностью почти 95 км. Один из крупнейших – обход Новосибирска, на всем протяжении которого будет уложено цементобетонное покрытие. Проф. В.В. Ушаков, высказал мнение о том, что с изменением нормативных межремонтных сроков толщина дорожных одежд в значительной степени возросла, так, расчетная толщина асфальтобетонных слоев при проектировании автомобильной дороги М-12 «Москва-Нижний Новгород-Казань» составила 26-30 см. Это требует

широкого применения укрепленных оснований, а также цементобетона в конструктивных слоях дорожных одежд [24]. Резолюция конференции рекомендует НО «Ассоциация бетонных дорог» информировать Минтранс России, Росавтодор и Государственную компанию «Автодор» по итогам анализа технико-экономического эффекта от применения строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Поскольку ни в СССР, ни в РФ, ни странах постсоветского пространства подобных аналитических материалов никогда не было, результаты работы НО «Ассоциация бетонных дорог» представляются актуальными и своевременными. В рамках мероприятия, НО «Ассоциация бетонных дорог» (В.В. Ушаков) и СРО «СОЮЗДОРСТРОЙ» (Л.А. Хвоинский) заключили соглашение о сотрудничестве. В рамках соглашения планируется проведение совместной работы по консолидации усилий, координации действий, направленных на развитие технологий дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий автодорог, технологии строительства и ремонта дорожных одежд и оснований с применением минеральных вяжущих на территории Российской Федерации.

4.2 Российская Федерация. Дороги Федерального дорожного агентства (Росавтодор)

В ноябре 1998 года, в РФ был утверждён проект соединения М-51 и М-53 – вне границ Новосибирска (Северный обход г. Новосибирска, рисунок 4.2.1), длиной 76,5 км, включая мост через р. Обь в районе Красного Яра длиной 923 м.

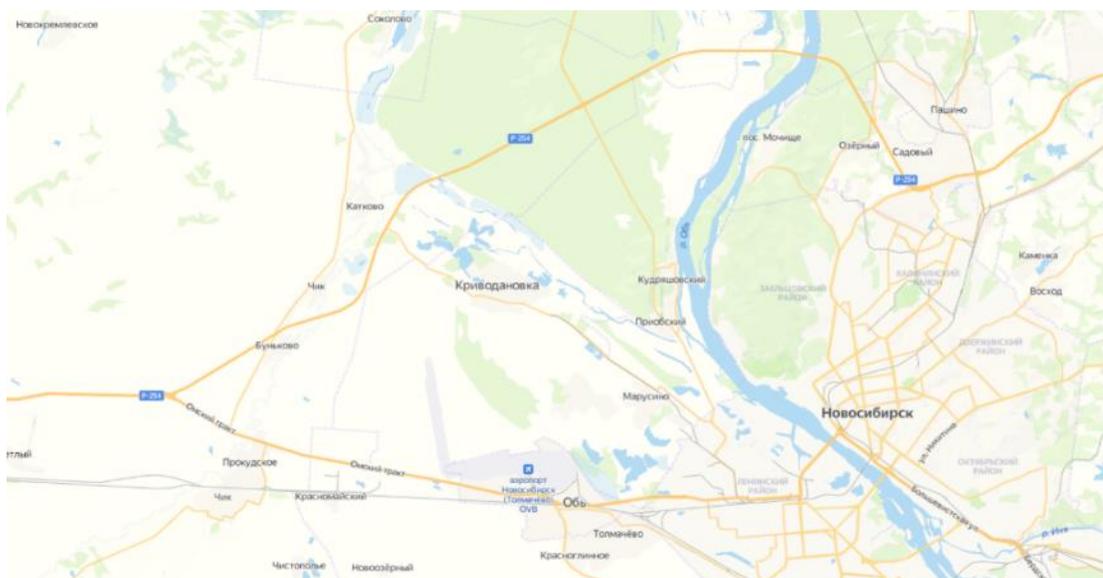


Рисунок 4.2.1 – Северный обход г. Новосибирска.

Строительные работы начались в 1999 году и 8 ноября 2011 года дорогу полностью сдали в эксплуатацию. В составе этой дороги построен участок длиной 27 км с цементобетонным покрытием под осевые нагрузки до 10 т. По информации Росавтодора, на дороге выполнялись следующие ремонтные работы (очевидно, вне работ по содержанию):

- 2017 год: на трассе «Иртыш» (Р-254) обновили 175 км, включая 53 км Северного обхода Новосибирска [18]. На путепроводе, расположенном на км 0+250 Северного обхода Новосибирска, произвели замену дорожной одежды с устройством покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона [19];

- 2018 год: км 0 – км 11 – фрезерование существующего покрытия, укладка выравнивающего слоя покрытия и устройство верхнего слоя из износостойкого щебеночно-мастичного асфальтобетона на полимерно-битумном вяжущем, укрепление обочин и ремонтируют водоотводных сооружений, ремонт двух путепроводов на 25-м и 46-м км трассы Р-254 [20];

- км 24 – км 37 и км 42 – км 43 – выполнение работ в рамках госконтракта № 427-16 от 08.12.2017 по ремонту участков цементобетонного покрытия автомобильной дороги Р-254 [21];

- 2019: км 24 – км 37 ремонт на двух участках Северного обхода Новосибирска общей протяженностью 15 км;

- 2020: км 44 – км 50 – укладка защитного слоя из битумоминеральной смеси для продления срока службы существующего покрытия [22];

- 2021: км 24 – км 44 – укладка защитного слоя из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси на битумном вяжущем и ремонт путепровода на 49 км [23].

Иными словами, через 10 лет эксплуатации практически весь участок цементобетонного покрытия перекрыли литыми битумно-минеральными или щебеночно-мастичными асфальтобетонными смесями. Современный внешний вид дороги приведен на рисунке 4.2.2 [42], [43], [44].

Другие примеры строительства современных автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями:

- автомобильная дорога Владивосток – Находка – порт Восточный, км 0 – км 18 в Приморском крае. Объем внедрения: 9 км (рис. 4.2.3), 2015 г.

Подрядчик: ООО «Трансстроймеханизация»; применены бетоноукладчики Gomaso [46];

- автомобильная дорога М-51, М-53, М-55 «Байкал», 1392+000 км – 1422+000 км, 3 этап ПК 239+00 – ПК 298+91,38 (рис. 4.2.4). Объем: 69336 м², 2016 г. [47];

- автомобильная дорога Р-22 «Каспий», км 922+000 – км 932+000. Объем: 232679 м², 190232,36 м² (2017 год).



Рисунок 4.2.2 – Современное состояние дороги [42], [43], [44].



Рисунок 4.2.3 – Работы по устройству цементобетонного покрытия с применением укладчика Gomaso (автомобильная дорога Владивосток – Находка – порт Восточный)



Рисунок 4.2.4 – Работы по устройству цементобетонного покрытия автомобильная дорога М-51, М-53, М-55 «Байкал».

В 2016 г. сдан в эксплуатацию участок четырехполосной автомобильной дороги регионального значения Приморского края – Владивосток – Артём (Идентификационный номер: 05 ОП РЗ 05Н – 295, рисунок 4.2.5). Дорожная одежда из цементобетона протяженностью 13,5 км запроектирована под нагрузку 11,5 тонн на ось [48].

По состоянию на 2020 год принят в эксплуатацию получил статус автодороги регионального значения участок км 0 – км 18 + 500 дороги

Владивосток – Находка – порт Восточный; (Идентификационный номер: 05 ОП РЗ 05А – 615 рисунок 4.2.6).



Рисунок 4.2.5 – Внешний вид дороги (шифр 05 ОП РЗ 05Н – 295), современное состояние, [50].



Рисунок 4.2.6 – Внешний вид дороги (шифр 05 ОП РЗ 05А – 615), современное состояние, [49]

4.3 Российская Федерация. Дороги Государственной компании «Автодор»

Протяженность дорог с цементобетонным покрытием, находящихся в доверительном управлении Государственной компании «Автодор» составляет 231,6 км или 6,8% от общей протяженности (ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Письмо государственной компании «Автодор» №6507-18 от 20.04.2020 г.): М-1 (менее 1 км), М-3 (около 190 км); М-4 (около 40 км).

Пункты взимания платы на платных участках так же устроены с цементобетонным покрытием.

По состоянию на 2021 год ряд участков автомобильных дорог перекрыты слоями асфальтобетона либо цементобетон на них деструктурирован.

В период эксплуатации этих дорог Государственной компанией «Автодор» выявлены следующие недостатки:

- стоимость противогололёдного материала в 3,1 раза выше (на 10 000 м² – для а/б покрытий – 2,6 тыс. руб., для ц/б покрытий – 8,2 тыс. руб. На ц/б покрытиях используют в 4 раза более дорогой ПГМ на ацетатной или карбомидной основе в отличие от ПГМ материалов на основе хлористых солей в случае, а/б покрытий, ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Письмо государственной компании «Автодор» №6507-18 от 20.04.2020 г.);

- сравнительная стоимость ремонта 100 м² дорожной одежды с цементобетонным покрытием против асфальтобетонного в 4 раза выше (1 255 тыс. руб. против 295 тыс. руб., ПРИЛОЖЕНИЕ А. Письмо государственной компании «Автодор» №17874-18 от 06.10.2020 г.);

Преимущества цементобетонных покрытий (в сравнении с асфальтобетоном):

- повышенная прочность;
- устойчивость к деформациям после значительного количества циклов замораживания-оттаивания;
- увеличение сроков периодичности по выполнению ремонтных работ и содержания покрытия (износостойкость);
- срок службы цементобетонного покрытия при должном уровне содержания может составлять 30 лет и более (долговечность);
- расходы на содержание 100 м² покрытия (без затрат на гидрофобизацию) в 1,4 раза ниже (асфальтобетонное покрытие – 328 тыс. руб., цементобетонное покрытие – 228 тыс. руб., ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Письмо государственной компании «Автодор» №6507-18 от 20.04.2020 г.).

4.4 Республика Беларусь

По данным открытых источников [3] строительство бетонных дорог в Беларуси началось в конце 60-х годов прошлого века, когда была возведена первая в республике автомобильная дорога второй категории с монолитно-

каркасным цементобетонным покрытием. Трасса протяжённостью 250 км соединила г. Калинковичи и г. Пинск. При строительстве участка автомобильной дороги первой категории Москва – Минск – Брест к Олимпийским играм 1980 г. использовались бетоноукладчики со скользящими формами. Строители использовали бетоноукладочный комплекс советского производства, с помощью которого дорожное основание устраивалось из гравийно-песчаных смесей, укрепленных цементом. Это положило начало массовому применению монолитного бетона при возведении дорог, в том числе и для местных дорог, а внедрение новой технологии в разы увеличило темпы строительства. В 90-е годы строительство бетонных дорог прекращено.

По состоянию на 2014 год [4] в Беларуси около 2 000 километров бетонных дорог. Нормативы к жёстким дорожным покрытиям вновь появились в разработанном по поручению Совета Министров техническом кодексе установившейся практики (Министерство архитектуры и строительства Беларуси). В том же году Беларусь и Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) подписали соглашение о финансировании проекта по реконструкции участка автомобильной дороги Р-80 Слобода – Паперня, км 0,000 – км 14,77, который был завершающим этапом строительства Второй кольцевой автомобильной дороги вокруг Минска (здесь и далее – МКАД-2). Покрытие проезжей части – цементобетон [5].

Для реализации проекта МКАД-2 холдингом «Белавтодор» (генеральный заказчик) были закуплены два бетоноукладочных комплекса Wirtgen (Германия) – для ОАО «Дорожно-строительный трест №5», и Gomaco (США) – для ОАО «Строительно-монтажный трест №8». Возможности этой техники позволили укладывать полотно шириной 7,5 м со скоростью 2 м в минуту и 1 км цементобетонного покрытия в смену.

Конструкция дорожного полотна МКАД-2 состояла из рабочего слоя земляного полотна, на который уложено песчаное основание толщиной 80 см, далее идет 15 см технологического слоя из щебеночно-гравийно-песчаной смеси. Затем укладывали слой из тощего бетона В 7,5 (14 см) и песчаного асфальтобетона толщиной 4 см, повышающий устойчивость цементобетонного покрытия к образованию уступов в швах сжатия и трещин

в самом покрытии. Сверху укладывали слой тяжелого бетона класса В 35 Втб 4,4, толщиной 24 см. Схема конструкции дорожной одежды автодороги МКАД-2 представлена на рисунке 4.4.1.

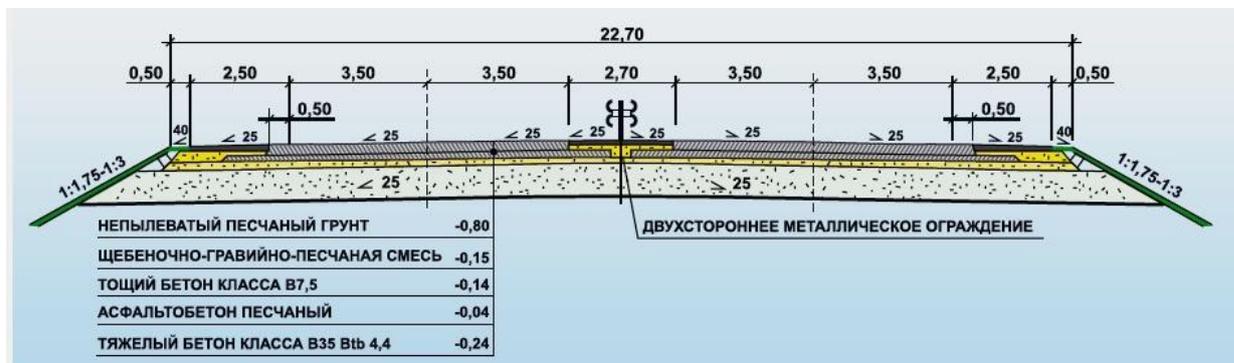


Рисунок 4.4.1 – Конструкция дорожной одежды автодороги МКАД-2.

В общей сложности за двухлетний период реализации проекта МКАД-2 было введено в эксплуатацию 88 км автомобильной дороги первой категории из цементобетона, в том числе и экспериментальный участок на трассе в районе д. Петришки по технологии «мытый бетон» (структурная обработка поверхности после укладки цементобетонного покрытия). За счёт удаления мелких фракций инертных составляющих из цементобетонной смеси, структура поверхности цементобетонного покрытия после обработки по технологии «мытый бетон» становится практически неотличима от асфальтобетонного (рисунок 4.4.2). По мнению специалистов, такое решение позволяет увеличить коэффициент сцепления колёс с покрытием и устранить излишний шум при движении автотранспорта в отличие от технологии устройства покрытия мешковиной или металлической щёткой, используемых в немецкой и американской технологиях.

В 2015 году Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 января 2015 года № 51в утверждена «Программа эффективного использования мощностей цементной промышленности на 2015 – 2020 годы» [6]. Основная задача Программы – строительство дорог с использованием цемента, как один из вариантов стабилизации объема рыночного потребления продукции цементной промышленности Беларуси, в условиях кризиса и сезонности. Первый заместитель министра транспорта и коммуникаций Беларуси Алексей Авраменко в 2016 году подтвердил дальнейшее планирование строительства дорог с цементобетонным покрытием. В 2021

году Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 апреля 2021 г. № 212 утверждается Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы [7].

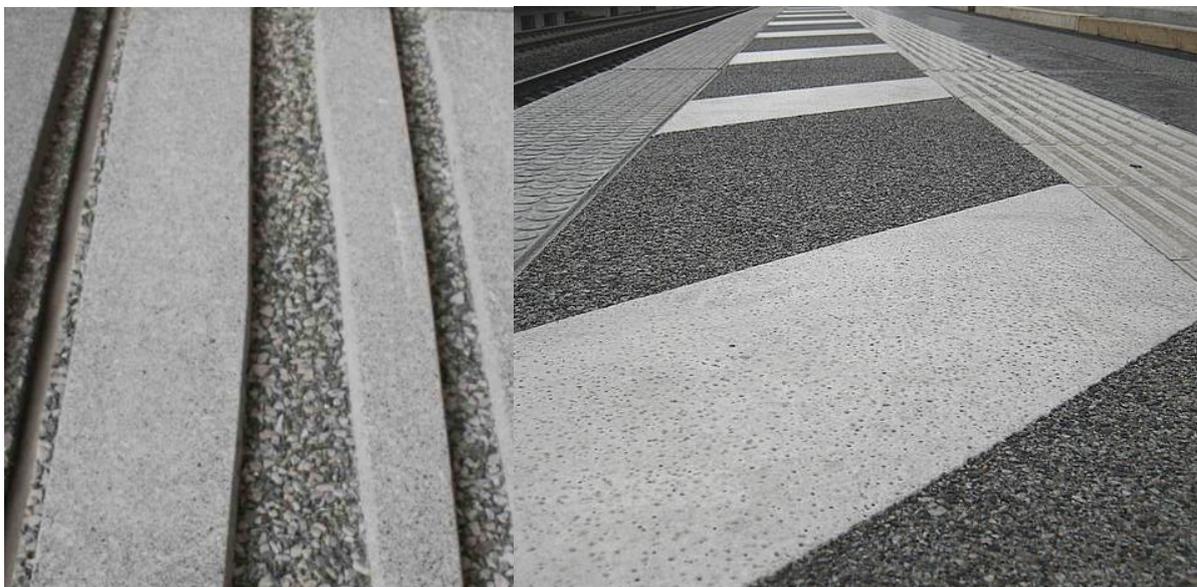


Рисунок 4.4.2 – Покрытие декоративной панели и ж.д. платформы (Германия) с обычным цементобетоном и выполненным по технологии «мытый бетон»

Протяженность республиканских автомобильных дорог составляет 15 926 км, в том числе дорог с цементобетонным покрытием – 442 км (2,8 %) – Государственная программа «Дороги Беларуси», глава 6 Программа 1 «Республиканские автомобильные дороги». В перечне республиканских автомобильных дорог и дорожных сооружений, по которым в 2021-2025 годах будет осуществляться разработка предпроектной и проектной документации для реализации мероприятий по возведению и реконструкция (приложение 6 Государственной программы), представлено 18 объектов, из них ни в одном случае не планируется использовать жёсткие цементобетонные покрытия.

Протяженность местных автомобильных дорог составляет 71 076 км, в том числе дорог с цементобетонным покрытием – 881 км (1,2 %) – Государственная программа «Дороги Беларуси», глава 7 Программа 2 «Местные автомобильные дороги». Отдельный перечень местных автомобильных дорог и дорожных сооружений, по которым в 2021-2025 годах будет осуществляться разработка документации для реализации мероприятий по возведению и реконструкции в Государственной программе отсутствует.

Изученные материалы свидетельствуют, что в ближайшие 5 лет на территории Беларуси строительство или реконструкция автомобильных дорог с использованием жёстких цементобетонных покрытий не планируется.

4.5 Республика Казахстан

Начиная с 2005 г. в Казахстане строительство и реконструкция автодорог производится с расчетной нагрузкой на ось до 13 тонн. В том же году было принято решение о строительстве первой скоростной платной дороги в Казахстане: Астана – Щучинск, с бюджетом строительства в 114 млрд тенге. По данным открытых источников через 5 лет введения платного проезда дорога стала зарабатывать ежегодно по 1,5 млрд тенге, что соизмеримо с расходами на её содержание в 1,3-1,4 млрд тенге.

В свете Послания Главы государства «Новый Казахстан в новом мире» бюджетом Республики на 2007 год выделены значительные ресурсы на развитие автомобильных дорог республиканского значения не ниже II технической категории, в том числе с устройством цементобетонных покрытий по европейской технологии [8]. Основным проектировщиком дорог с цементобетонными покрытиями является ТОО «ПИИ «Каздорпроект» [9].

В Государственной программе инфраструктурного развития Республики Казахстан «Нұрлы Жол» на 2020 – 2025 гг. [16] указано, что по состоянию на 26.10.2020 г. протяженность автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями составляет 1,6 тысяч километров. Такое покрытие есть на участках трасс «Нур-Султан – Щучинск», «Нур-Султан – Ерейментау – Шидерты», «Алматы – Шелек – Хоргос», «Алматы – Талдыкорган», «Алматы – Тараз – Шымкент – Ташкент», «Шымкент – Туркестан» и «Нур-Султан – Караганды». Учитывая информацию об общей протяженности республиканских дорог [45] – 25 000 км, доля дорог с цементобетонными покрытиями составляет 6,4%.

По информации президента АО «КаздорНИИ» Багдата Телтаева, в Республике Казахстан международный транспортный коридор «Западная Европа – Западный Китай» запроектирован для осуществления движения большегрузных автомобилей на долгосрочный период, поэтому при строительстве дороги был использован цементобетон. Однако, по истечении

первых трех-четырёх лет эксплуатации автомобильных дорог с покрытиями из цементобетона проявился ряд проблем, а именно:

- дорожное покрытие быстро покрывается льдом, а в дождь становится скользким;
- появляются участки разрушения с продольным растрескиванием покрытия;
- по усадочным трещинам образуется паутина микротрещин, причем трещины на новом покрытии появляются раньше, чем наступает срок сдачи объекта;
- при перепадах суточных температур внезапно появляются участки вертикального смещения плит покрытия в районе компенсационных швов.

Так, после первой же зимы, в мае 2018 года, на цементобетонном покрытии дороги Темиртау – Караганда (всего 34 км) появились трещины, сразу по двум направлениям (рис. 4.5.1). Их общая площадь составила пять с половиной километров. Ремонт и заливка специальными скрепляющими составами результатов не дали. Важно отметить, что на этом участке вместо стандартных 0,65 м общая толщина дорожной одежды составила 0,83 м, в том числе: подстилающий слой – 0,38 м, 0,18 м – верхний слой основания и 0,27 м – цементобетонное покрытие.



Рисунок 4.5.1 – Состояние цементобетонного покрытия дороги Темиртау – Караганда на третий год эксплуатации (строительство участка длиной 15 км начато в 2017 году, плановое завершение стройки – ноябрь 2018 год, по состоянию на 10.11.2021 дорога в эксплуатацию так и не принята) [10, 11].

Этот участок попал в план реконструкции Центр-Юг «Астана – Караганда – Балхаш – Алматы» автодороги «Граница РФ (на Екатеринбург) – Алматы». *«Поток транспорта просто раздавил дорогу. Участок между Карагандой и*

Темиртау – один из самых загруженных в Казахстане. Интенсивность движения на дороге – 26 тысяч автомашин в сутки. К тому же паводки 2015-2016 годов ослабили основание дороги за счет подъема уровня грунтовых вод. На научно-техническом совете принято решение выполнить этот участок дороги с цементно-бетонным покрытием, с усилением конструкции дорожной одежды» – комментировал ситуацию Игорь Гафтон (заместитель руководителя карагандинского филиала АО «КазАвтоЖол») – «Реконструкция предусматривает выборку слабых грунтов, забутовку (стабилизация основания) с применением новых технологий, укладкой геосинтетических материалов для предотвращения подъема влаги на покрытие».

По мнению экспертов информгентства КазИнформ эта проблема может быть связана с заменой природного щебня на щебень из конвертерных шлаков без соответствующего изменении рецептуры и технологии укладки цементобетона [12]. По мнению директор карагандинского филиала АО «Казавтожол» Серика Айдоса основная причина растрескивания покрытия – усадка бетона из-за просачивания влаги в основание через неуплотнённые обочины [13]. Вследствие расширения цементобетонного покрытия из-за резкого повышения температуры, на участке поднялись бетонные плиты в районе компенсационных швов [13] – см. рис. 4.5.2.



Рисунок 4.5.2 – Внезапное вертикальное смещение плит на дороге Караганда – Темиртау, обнаружено 30.04.2021.

2 июля 2021 на 86 км платного участка автомобильной дороги Алматы – Хоргос (в районе пос. Байдибек би) из-за вертикального смещения бетонных плит в результате резкого повышения температуры наблюдалось поднятие покрытия проезжей части [15] – см. рис. 4.5.3.

Фактически, с начала 2019 года в Казахстане проектные работы по строительству автомобильных дорог с жёсткими цементобетонными покрытиями сведены к минимуму.



Рисунок 4.5.3 – Внезапное вертикальное смещение плит на дороге Алматы – Хоргос, обнаружено днем 03.07.2021 после ДТП

5 Опыт Государственной компании «Автодор» по эксплуатации цементобетонных покрытий автомобильных дорог

Опыт эксплуатации выявил следующие преимущества цементобетонных покрытий:

- большая прочность в сравнении с асфальтобетоном;
- стабильность деформативных свойств при изменении температурных условий эксплуатации;
- рост прочности при благоприятных условиях эксплуатации;
- высокая износостойкость;
- возможность увеличения межремонтных сроков.

При этом выявлены следующие недостатки указанных покрытий:

- запрещено использование противогололедных материалов (далее – ПГМ) на основе хлористых солей в течение года с момента укладки согласно 4.6.1. «Руководства по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных

дорогах» (утв. распоряжением Минтранса России от 16.06.2003 № ОС-548-р (далее – Руководство);

- использование ПГМ на ацетатной или карбамидной основе, рекомендованных п. 4.6.3. Руководства значительно повышает стоимость зимнего содержания, ввиду того, что стоимость указанных ПГМ более, чем в 4 раза превышает стоимость ПГМ на основе соли;

- дополнительные затраты на обработку покрытия гидрофобизирующими составами для дополнительной защиты цементобетона.

5.1 Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 52 – км 71

Участок а.д. М-4 «Дон» км 52 – км 71 запроектирован по параметрам IА категории (автомагистраль), в 2010–2011 гг. в рамках работ по титулу «Ремонт автомобильной дороги Государственной компании «Российские автомобильные дороги» М-4 «Дон» от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска на участке МКАД-Кашира (км 21 – км 117) на участке км 52+000 – км 71+350, Московская область» выполнялось уширение участка до 6 полос за счет разделительной полосы, в связи с чем проектировщиками применялись параметры IБ категории для расчетной скорости 120 км/ч, наибольшим продольным уклоном 39,54 ‰ и наименьшими радиусами выпуклых кривых 15000 м, вогнутых кривых 5000 м. К основным работам можно отнести:

- устройство 2-х полос за счет разделительной полосы в 2010 году без исправления продольного профиля;

- разрушение цементобетонного покрытия на имеющихся 4 полосах методом виброразрушения толщиной 40 см;

- исправление профиля оснований щебеночных с добавлением нового материала средней толщиной 4 см (основание из готовой ЩПС с наибольшим размером зёрен 40 мм);

- устройство основания из ЩПС, укрепленной 10 % цемента (М75, F25) ГОСТ 23558-94 толщиной слоя 16 см;

- устройство однослойного цементобетонного покрытия толщиной слоя 24 см из бетона Вtb 4,4 (В35) F150 (см. рисунок 5.1.1);

- ремонт асфальтобетонной обочины с устройством покрытия из ЩМА-15 ГОСТ 31015-2002 шириной 2,0 м толщиной 4 см.

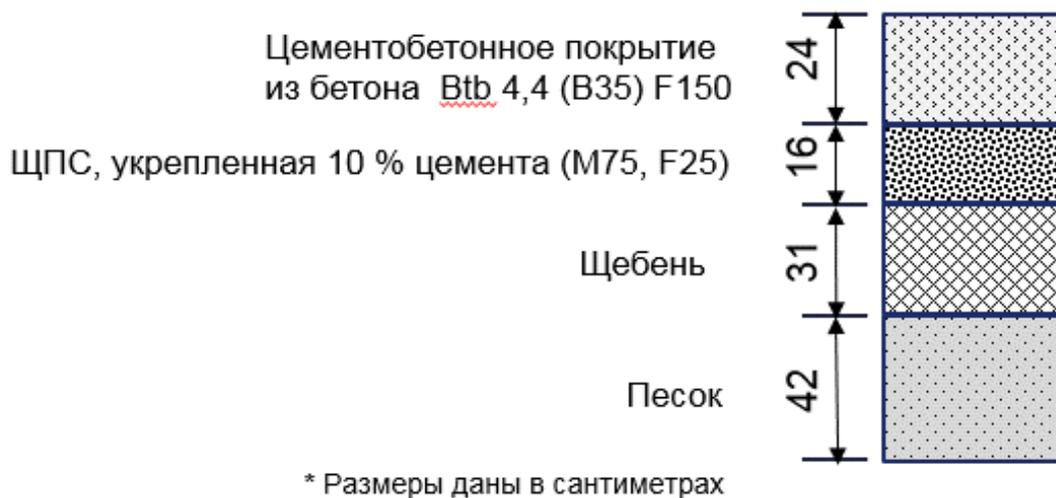


Рисунок 5.1.1- Конструкция дорожной одежды

С 2011 года выполняется мониторинг технического состояния участка по показателям продольной ровности и колейности дорожного покрытия, дефектам дорожного покрытия, по результатам которого установлено:

1. Ровность цементобетонного покрытия превышает предельно допустимые значения по крайним левым и правым полосам, укрепленной обочине в обоих направлениях, а также в местах сопряжения мостовых переходов с дорожным покрытием;

2. К основным дефектам можно отнести колею до 20 мм, образованную в ходе износа покрытия под действием шипованных шин, поперечные и продольные заделанные трещины в местах сопряжения цементобетонных плит и ряд частых трещин на полотне мостовых переходов. Учитывая интенсивность движения транспортного потока в районе исследуемого объекта (расчетное число приложений нагрузки за расчетный срок службы, 2 890 182 ед., расчетная нагрузка 13 т на ось) износ покрытия от шипованных шин составит порядка 90 % от общей глубины колеи (9-10 мм);

3. Цементобетонное покрытие характеризуется практически одинаковой прочностью, морозостойкостью и истираемостью как на всем протяжении дороги, так и по толщине плиты. Таким образом, причиной образования колеи, вероятнее всего, стало воздействие в зимний период шипованной резины колес транспортных средств в присутствии противогололедных реагентов.

Кроме того, в 2017 году Государственной компанией «Автодор» совместно с австрийской компанией Nievelt Ingenieur GmbH выполнены работы по исследованию конструкций жесткой дорожной одежды на участке км 52+000 – км 71+350 автомобильной дороги М-4 «Дон». Для оценки вертикальной подвижности и передачи нагрузки в зоне поперечных швов плит цементобетонного покрытия использовалась установка FWD «Primax-1500» (рисунки 5.1.2 и 5.1.3): на поверхность плиты подавалась импульсная нагрузка и замерялась деформация поверхности покрытия на различном расстоянии от центра нагрузки по методике Европейского Исследовательского Отчета COST 336.

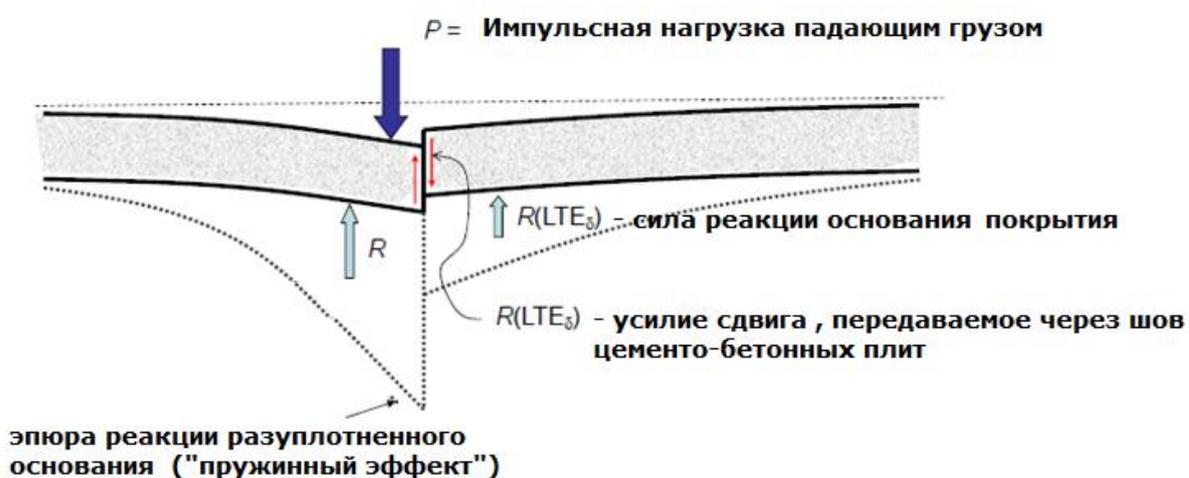


Рисунок 5.1.2 – Принципиальная схема прогиба плит на швах цементобетонных покрытий

Проведение работ соответствовало нормативным параметрам Европейского проекта COST 336. В течение 5 дней на участке км 52+000 – км 71+350 дороги М-4 «Дон» выполнено 650 испытаний (319 в прямом и 332 в обратном направлении): в прямом направлении лишь в 9-ти случаях (2,4 % измерений) прогиб под динамической нагрузкой 100 кН составил $\geq 120 \mu\text{m}$ при индексе передачи нагрузки $< 70 \%$. В обратном направлении было выявлено лишь 14 случаев (или 4,21 % измерений) несоответствия аналогичным допустимым значениям, что означает достаточно хорошее качество цементобетонного покрытия по критериям передачи нагрузки и однородности основания на швах плит цементобетонного покрытия.



Рисунок 5.1.3 – Проведение измерений на участке установкой FWD «Primax-1500»

Результаты обследования позволили сделать вывод о необходимости ремонта цементобетонного покрытия и подготовить рекомендации по назначению ремонтных мероприятий. В 2017 году ввиду высокой интенсивности движения и динамики колееобразования (свыше 20 мм колеи износа на 8-ой год эксплуатации) Государственной компанией «Автодор» проведены работы по ликвидации колеености дорожного покрытия. На основании технических норм, регламентов и требований, предъявляемых к строительным материалам, используемым на объектах Государственной компании «Автодор», при разработке проектных решений за основу был принят вариант (рисунок 5.1.4):

- фрезерование цементобетонного покрытия на левой и средней полосе движения на глубину 3,5 см шириной 7,30 м (см. чертеж «Типовой поперечный профиль с конструкцией дорожной одежды в прямом и обратном направлении»);

- устройство верхнего слоя покрытия из ЩМА-11 на ПБВ 60 толщиной 3,5 см с подгрунтовкой основания полимерно-битумной (латексной) эмульсией с расходом 1,0 л/м²;

- ремонт швов расширения;

- устройство новых швов расширения.

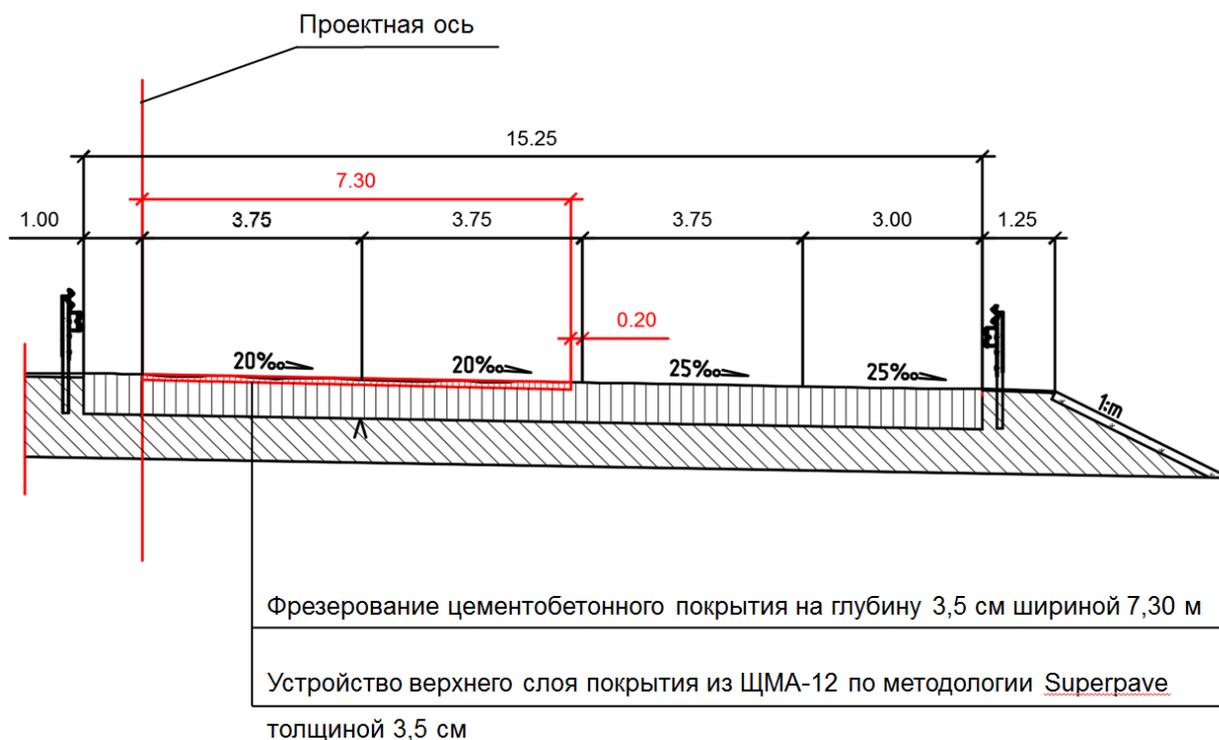


Рисунок 5.1.4 – Ремонтные мероприятия

В 2021 году (4-ый год эксплуатации, приведенная среднесуточная интенсивность 66 765 автомобилей в сутки) участки с глубиной колеи, превышающие предельное значение, составили 1,3 % от суммарной длины полос движения, участков отклонения продольной ровности (по показателю IRI) от предельно допустимых значений не выявлено. Колея износа, имеющая максимальные значения в центральной полосе обоих направлений движения, объясняется наличием в составе потока грузовых транспортных средств свыше 3,5 тонн (их движение в левой полосе на данном участке не допускается ПДД, а в крайней правой полосе продольная ровность цементобетонного покрытия хуже (2,2-2,5 м/км), чем ровность полос с асфальтобетонными слоями износа (1,1 – 1,3 м/км). Текущий срок службы для участков, введенных в эксплуатацию в 2017 году, составил 4 года, что превысило минимальный срок, установленный ГОСТ Р 58861.

Графический результат, отображающий изменение глубины колеи по каждой полосе наката представлен на рисунке 5.1.5 и рисунке 5.1.6. На графике представлены значения средней глубины колеи в миллиметрах для каждой полосы наката, с детализацией прироста по годам.

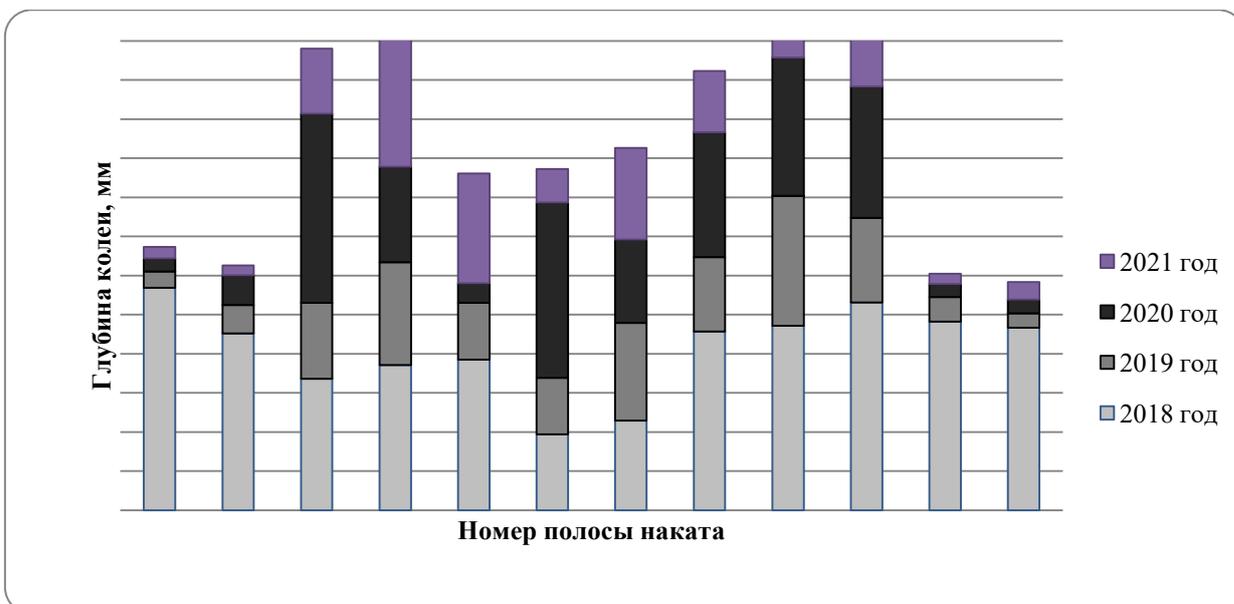


Рисунок 5.1.5 – Изменение глубины колеи по полосам наката.

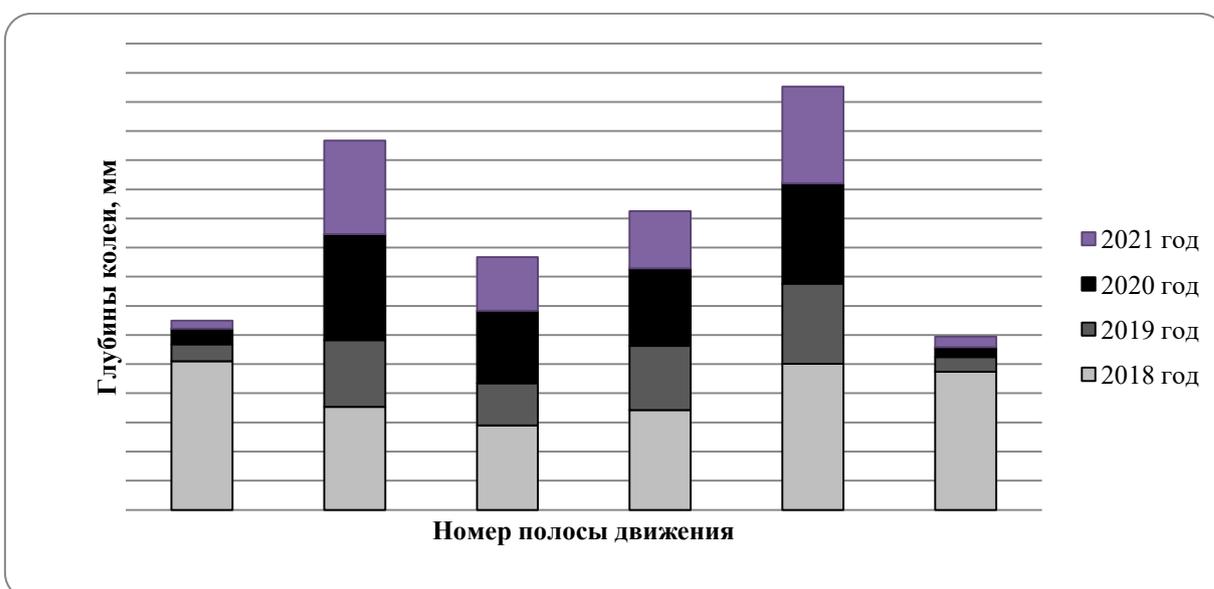


Рисунок 5.1.6 – Изменение глубины колеи по полосам движения.

Графическое отображение изменения распределения дефектов покрытия в виде трещин и их удельной длины на километр представлено на рис. 5.1.7. Одним из основных визуальных инструментов анализа полученных результатов с целью определения необходимых объемов выполнения ремонтных работ является построение приведенных кумулятивных кривых распределения (рисунки 5.1.8 и 5.1.9).

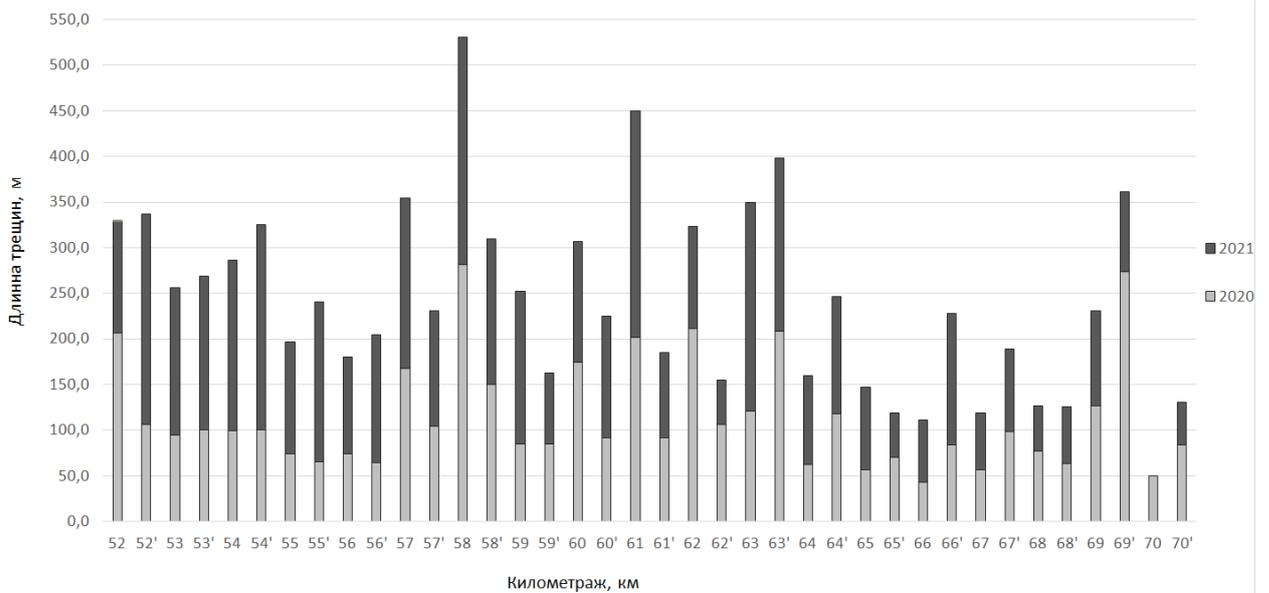


Рисунок 5.1.7 – График изменения распределения трещин и их длины.

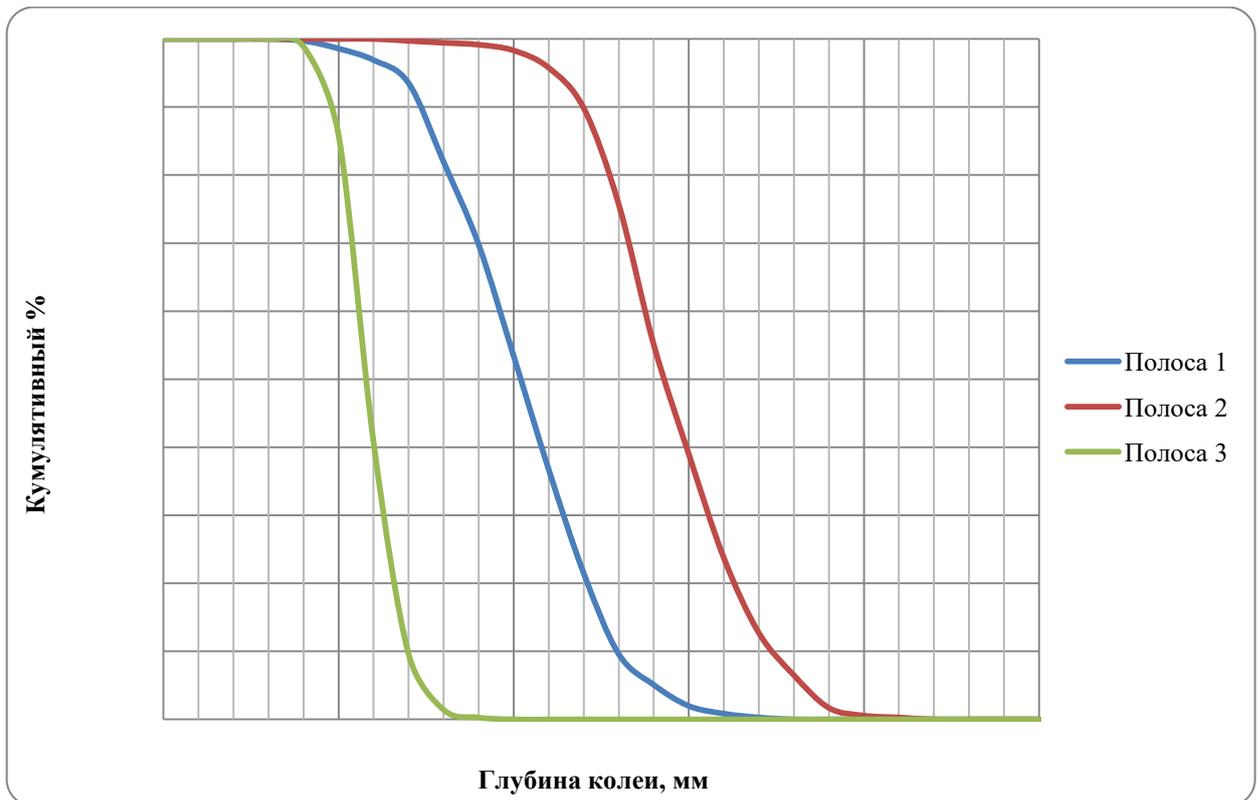


Рисунок 5.1.8 – Кумулятивные кривые распределения глубины колеи (направление от Москвы).

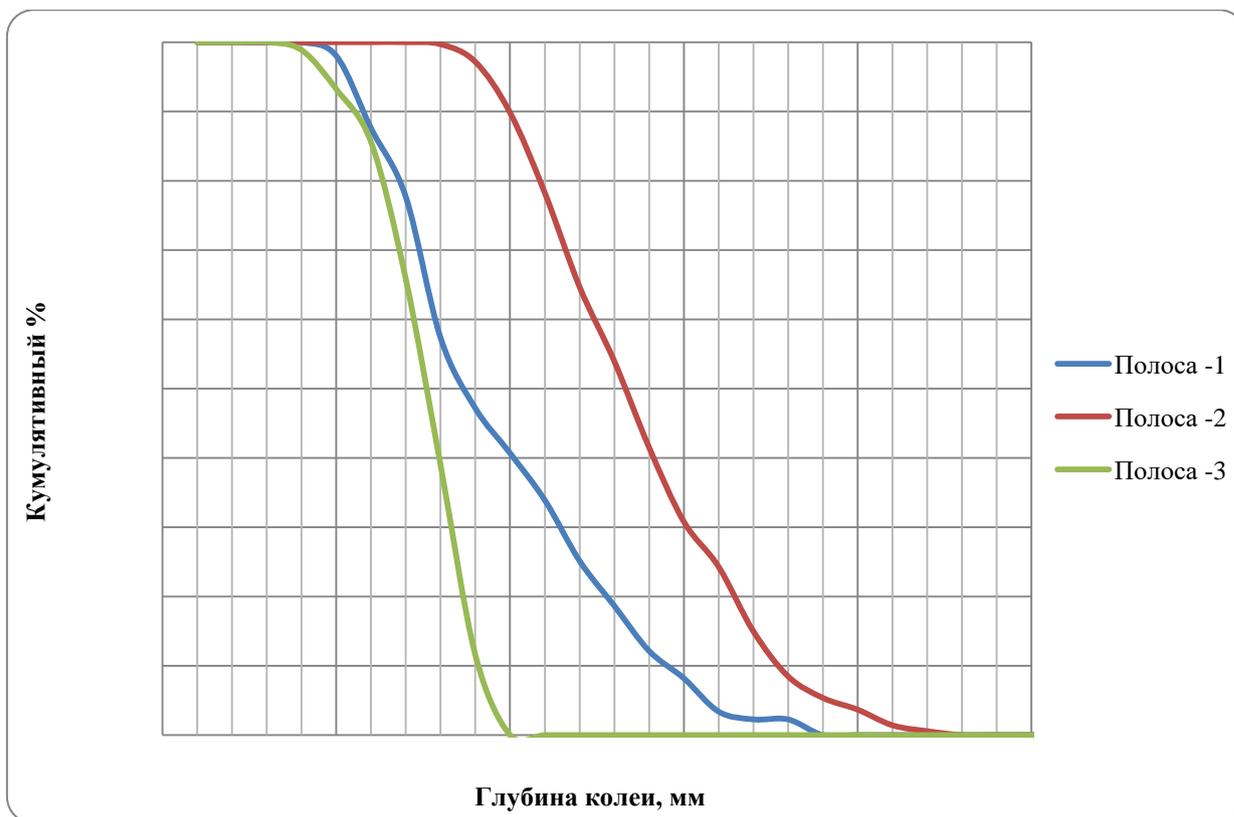


Рисунок 5.1.9 – Кумулятивные кривые распределения глубины колеи (направление к Москве)

На основании анализа текущего состояния участка можно сделать следующие выводы:

1. Продольная ровность цементобетонного покрытия с асфальтобетонным слоем износа имеет значения лучше (1,1-1,3 м/км) по сравнению с цементобетонным покрытием без такого слоя износа (2,2-2,5 м/км), что обусловлено исключением влияния деформационных швов на показатель продольной ровности и значительно большим сроком эксплуатации.

2. Участков с показателями продольной ровности объекта мониторинга, превышающей установленное нормами предельное значение $IRI = 4,0$ м/км для автомобильной дороги категории IB согласно ГОСТ 33220-2015, таблица 1 и ГОСТ Р 50597-2017, таблица 5.1, не выявлено. Необходимость в проведении работ по улучшению продольной ровности отсутствует.

3. Максимальные значения глубины колеи на асфальтобетонном покрытии и наибольший ее прирост наблюдаются на центральной полосе в каждом направлении движения таблица 5.1.1.

Таблица 5.1.1 – Максимальные значения глубины колеи на асфальтобетонном покрытии и наибольший ее прирост.

Год	-2 полоса		-1 полоса		1 полоса		2 полоса	
	Глубина, мм	Прирост, мм						
2018	3,5	-	2,9	-	3,4	-	5,0	-
2019	5,8	+2,3	4,3	+1,4	5,6	+2,2	7,8	+2,7
2020	9,5	+3,6	6,8	+2,5	8,3	+2,7	11,2	+3,4
2021	12,7	+3,2	8,7	+1,8	10,2	+2,0	14,5	+3,3

4. Максимальные значения глубины колеи асфальтобетонного слоя износа и наибольший ее прирост на центральной полосе движения в каждом направлении по сравнению с левой полосой может объясняться содержанием в составе потока грузовых транспортных средств с разрешенной максимальной массой более 3,5 тонн, движение которых согласно пункту 16.1 Правил дорожного движения (утверждены Постановлением Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (в ред. от 26.03.2020) по левой полосе на данном участке дороги не допускается, а также более лучшими показателями продольной ровности левой и центральной полосы с асфальтобетонными слоями износа (1.1-1.3 м/км), чем цементобетонного покрытия без них (2,2-2,5 м/км).

5. Полученные значения колейности асфальтобетонного слоя износа для направления из Москвы имеют большие значения, чем по направлению на Москву. Это может быть обусловлено разницей в сроке эксплуатации покрытий: участок из Москвы сдан 12/2017, на Москву – 06/2018.

6. Участков с глубиной колеи асфальтобетонных слоев износа объекта мониторинга, превышающей установленное предельное значение 25 мм для автомобильной дороги категории ИБ согласно ГОСТ 33220-2015, не выявлено.

7. Выявлены участки с глубиной колеи асфальтобетонных слоев износа объекта мониторинга, превышающей установленное предельное значение 20 мм для автомобильной дороги категории ИБ согласно ГОСТ Р 50597-2017, общим количеством 1.3% от суммарной длины полос движения объекта мониторинга, в том числе:

- от ПК58+400 до ПК58+600 (200 м), полоса 2, направление от Москвы;
- от ПК52+200 до ПК52+400 (200 м), полоса 2, направление на Москву;

– от ПК52+600 до ПК52+900 (300 м), полоса 2, направление на Москву.

Вышеуказанные участки асфальтобетонных слоев износа были уложены 12/2017 года.

8. Минимальные значения глубины колеи и наименьший ее прирост во времени наблюдаются на правой полосе движения с цементобетонным покрытием (таблица 5.1.2).

Таблица 5.1.2 – Минимальные значения глубины колеи и наименьший ее прирост во времени.

Год	-3 полоса		3 полоса	
	Глубина, мм	Прирост, мм	Глубина, мм	Прирост, мм
2018	5,1	+0,3	4,7	+0,2
2019	5,7	+0,6	5,2	+0,5
2020	6,2	+0,5	5,6	+0,3
2021	6,5	+0,3	5,9	+0,3

9. Аналогично асфальтобетонному слою износа минимальные и максимальные значения колеиности правой полосы движения с цементобетонным покрытием соответствуют участки, введенные 08/2011 и 12/2010, соответственно отработавшему периоду.

10. Интенсивность колееобразования в период мониторинга с 2018 по 2021 год составила:

– для цементобетонного покрытия от 0,3 мм/год до 0,6 мм/год, среднее значение за период мониторинга 0,4 мм/год;

– для асфальтобетонного слоя износа от 1,4 мм/год до 3,6 мм/год, среднее значение за период мониторинга 2,6 мм/год.

11. Неравномерность изменения глубины колеи по полосам движения с асфальтобетонным слоем износа и цементобетонным покрытием может объясняться неравномерным распределением состава потока по полосам движения и разными физико-механическими свойствами материалов покрытий.

12. Сравнение изменения распределения дефектов покрытия в виде трещин в 2021 году по сравнению с 2020 годом выявило увеличение общей протяженности отраженных трещин в местах деформационных швов с 4324 м

до 9199 м. Прирост в 2021 году в процентном соотношении к 2020 году составил 112,7%. При этом, полученные значения продольной ровности $IRI = 1,1-1,3$ м/км свидетельствуют о том, что выявленные отраженные трещины асфальтобетонного слоя износа над деформационными швами не оказывают существенного влияния на показатели продольной ровности по сравнению с цементобетонным покрытием без асфальтобетонного слоя износа $IRI = 2,2-2,5$ м/км.

13. С целью оценки эффективности различных составов ЩМА на процесс колееобразования асфальтобетонных слоев износа дополнительно рассмотрен участок км 62+431 – км 66+875 (обратное направление), приготовленный с использованием модификатора РТЭП. Для сравнения выбран участок км 66+875 – км 70+000 (обратное направление), построенный в тот же период.

13.1. Значения колеености сравниваемых участков представлены в таблице 5.1.3.

Таблица 5.1.3 – Значения колеености сравниваемых участков

Год	-1 полоса, глубина мм		-2 полоса, глубина мм	
	ЩМА №1	ЩМА №2 (РТЭП)	ЩМА №1	ЩМА №2 (РТЭП)
2018	2,1	2,1	2,2	2,1
2019	2,8	2,7	3,8	3,9
2020	4,5	4,6	7,1	7,4
2021	5,7	6,0	10,1	10,4

Представленные результаты работы двух слоев износа в 2018-2021 годах имеют практически идентичные результаты колеености.

13.2. Анализ работы данного состава с точки зрения повышения трещиностойкости с учетом результатов, представленных на рисунке 5.1.7, не выявил преимуществ по сравнению с составом без данного модификатора.

14. Экспериментальное устройство высокопрочного асфальтобетонного слоя износа из ЩМА-12 по методологии Supergravel толщиной 3,5 см с подгрунтовкой основания латексной эмульсией с расходом 0,8-1,2 л/м² целесообразно отнести к эффективным мероприятиям и рекомендовать для дальнейшего использования в качестве слоев износа цементобетонных покрытий.

15. Осенью 2021 года выполнена замена верхнего слоя износа (ВСИ) на участке (рисунки 5.1.10 – 5.1.13)



Основные технико-экономические показатели участка:

Техническая категория дороги	IA
Границы участка (по данным ТЗ)	км 52+000 — км 71+000
Длина участка (по данным ТЗ)	19 км
Число полос движения	6 (3+3)
Тип дорожной одежды	капитальный

Рисунок 5.1.10 - Схема участка автомобильной дороги М-4 «Дон».

Определение точных границ участка и протяженности



Примечание - Границы участка изысканий соответствуют на местности границам цементобетонного покрытия проезжей части.

Рисунок 5.1.11 – Начало участка: км 52+015 (вид в прямом направлении).



Примечание - Осевая линия дороги проведена по середине разделительной полосы. Точная протяженность участка по осевой линии дороги составила 19 384 м.

Рисунок 5.1.12 - Конец участка: км 72+338 (вид в прямом направлении).

2017 год



71 +70

2021 год



71 +146



70 +986



70 +1004



68 +956



68 +1000

Рисунок 5.1.13 – Сравнение дорожного покрытия участка до и после проведения работ по перекрытию слоем асфальтобетона

5.2 Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 651 – км 655

Работы по доведению участка автомобильной дороги до нормативных требований выполнены в 2020 году подрядной организацией ООО «Трансстроймеханизация» (рисунок 5.2.1, таблица 5.2.1). По данным приемочной диагностики от 29.07.2020 и оценки состояния участка автомобильной дороги установлено:

1. Общая протяженность обследованного участка составляет 2550 м, техническая категория дороги – II.

2. Минимальное значение коэффициента сцепления по результатам обследования прибором ПКРС-2 РДТ согласно ГОСТ 33078-2014 шиной без рисунка протектора, с учетом температурной поправки составило 0,46, что соответствует требованиям ГОСТ Р 50597-2017 и п. 6.5.4 СТО АВТОДОР 10.2-2014.

3. Продольная ровность дорожного покрытия (слоя износа), измеренная по полосам движения (табл. 5.2.2 и 5.2.3), по продольному микропрофилю покрытия профилометром «ИРД-Регион» с вычислением международного показателя ровности IRI_{100} согласно п. 8.18 СП 34.13330.2012 должна соответствовать нормативным требованиям не более 2,2 м/км для дорог II категории. Максимальный измеренный показатель ровности IRI_{100} по полосам движения автомобильной дороги равняется – 2,12 м/км.

4. Поперечные уклоны дорожного покрытия соответствуют нормативным требованиям.

5. Технические характеристики инженерного оборудования и элементов обустройства соответствуют нормативным требованиям.

6. В соответствии с п. 4.5.9 ОДМ 218.4.039-2018 измерения упругого прогиба дорожных одежд для оценки прочности возможны только на нежестких конструкциях дорожных одежд, в связи с чем определено вероятное значение коэффициента прочности в зависимости от величины средневзвешенного балла $B_{ср}$, которое составляет $K_{пр}=1$, что соответствует нормативным требованиям.

7. В части контролируемых параметров горизонтальной дорожной разметки по ГОСТ 32953-2014, ГОСТ Р 51256-2018, геометрические,

светотехнические параметры соответствуют нормативным требованиям.

8. В части контролируемых параметров знаков дорожных по ГОСТ Р 52290-2004, ГОСТ 32945-2014 геометрические, светотехнические параметры соответствуют требованиям нормативной документации, в том числе в части коэффициента световозвращения.

Таблица 5.2.1 – Характеристики участка

№ п/п	Наименование показателей	Характеристика показателей
1	Категория дороги	II
2	Протяженность, км	2,55
3	Вид строительства	реконструкция
4	Расчетная скорость движения, км/ч	120
5	Количество полос движения, шт.	2-4
6	Ширина полосы движения, м	3,75
7	Ширина проезжей части дороги, м	28
8	Ширина разделительной полосы, м	11,5
9	Ширина краевой укрепительной полосы, м	0,75
10	Ширина обочины, м	6,75
11	Ширина земляного полотна, м	40
12	Тип дорожной одежды	Капитальный*
13	Вид покрытия	цементобетон
14	Класс нормативной нагрузки, кН	115

* Примечание:

Бетон тяжелый класса Вtb 4.0, F150 по ГОСТ 26633-2015 – 0,28 м;
 Прокладка полиэтиленовая аэродромная (ППА) в два слоя, толщиной 200 мкр;
 Укатываемый цементобетон класса Вtb 2.0, F50 по ГОСТ 26633-2015 – 0,16 м;
 Щебеночно-песчаная смесь С5 с наибольшим размером зерен 40 мм, по ГОСТ 25607-2009 – 0,22 м;
 Георешетка дорожная армированная типа РД-60 по СТО 30478650-001-2012 либо ее аналог;
 Песок с Кф>7 м/сут, ГОСТ 32824-2014 – 0,15 м;
 ГИДРОМАТ 3Д/М по СТО 56910145-005-2011 либо его аналог.



Рисунок 5.2.1 – Ситуационная схема.

Таблица 5.2.2 – Результаты измерений продольной ровности 2020 г.

Местоположение		Ровность покрытия, м/км			
Начало участка, км	Конец участка, км	1 полоса прямое	2 полоса обратное	Прибор	Нормативное значение, м/км
651,200	651,300	1,5	2,1	профилометр	2,2
651,300	651,400	1,3	1,6	профилометр	2,2
651,400	651,500	2,0	1,6	профилометр	2,2
651,500	651,600	1,2	1,1	профилометр	2,2
651,600	651,700	1,3	1,0	профилометр	2,2
651,700	651,800	1,3	1,9	профилометр	2,2
651,800	651,900	1,3	1,8	профилометр	2,2
651,900	652,000	1,0	1,2	профилометр	2,2
652,000	652,100	1,3	1,0	профилометр	2,2
652,100	652,200	2,1	1,3	профилометр	2,2
652,200	652,300	1,9	1,3	профилометр	2,2
652,300	652,400	1,0	1,2	профилометр	2,2
652,400	652,500	1,2	1,4	профилометр	2,2
652,500	652,600	1,1	1,4	профилометр	2,2
652,600	652,700	1,2	1,2	профилометр	2,2
652,700	652,800	1,6	1,6	профилометр	2,2
652,800	652,900	1,2	1,3	профилометр	2,2
652,900	653,000	1,1	1,2	профилометр	2,2
653,000	653,100	1,1	0,8	профилометр	2,2
653,100	653,200	1,1	1,1	профилометр	2,2
653,200	653,300	1,5	1,0	профилометр	2,2
653,300	653,400	1,4	1,1	профилометр	2,2
653,400	653,500	1,4	1,1	профилометр	2,2
653,500	653,600	1,0	1,0	профилометр	2,2
653,600	653,700	2,1	1,0	профилометр	2,2

По измеренным транспортно-эксплуатационным показателям участок км 651 км 655 автомобильной дороги М-4 «Дон» – от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска соответствует требованиям нормативной и проектной документации. Дефекты покрытия, колейность на момент проведения обследования отсутствуют.

Таблица 5.2.3 – Результаты измерений продольной ровности 2021 г.
(первый год эксплуатации)

Местоположение		Ровность покрытия, м/км			
Начало участка, км	Конец участка, км	1я полоса прямое	2я полоса обратное	Прибор	Нормативное значение, м/км
651,200	651,300	1,6	2,0	профилометр	2,2
651,300	651,400	1,3	1,7	профилометр	2,2
651,400	651,500	2,1	1,3	профилометр	2,2
651,500	651,600	1,5	1,5	профилометр	2,2
651,600	651,700	1,3	1,1	профилометр	2,2
651,700	651,800	1,5	2,2	профилометр	2,2
651,800	651,900	1,4	1,5	профилометр	2,2
651,900	652,000	1,0	2,0	профилометр	2,2
652,000	652,100	1,3	1,3	профилометр	2,2
652,100	652,200	1,6	1,4	профилометр	2,2
652,200	652,300	2,1	1,3	профилометр	2,2
652,300	652,400	1,0	1,3	профилометр	2,2
652,400	652,500	1,2	1,1	профилометр	2,2
652,500	652,600	1,1	1,5	профилометр	2,2
652,600	652,700	1,2	1,7	профилометр	2,2
652,700	652,800	1,5	2,0	профилометр	2,2
652,800	652,900	1,2	1,6	профилометр	2,2
652,900	653,000	1,1	1,2	профилометр	2,2
653,000	653,100	1,3	0,8	профилометр	2,2
653,100	653,200	1,5	1,2	профилометр	2,2
653,200	653,300	1,4	1,2	профилометр	2,2
653,300	653,400	1,5	1,1	профилометр	2,2
653,400	653,500	1,6	1,1	профилометр	2,2
653,500	653,600	1,1	1,1	профилометр	2,2
653,600	653,700	2,1	1,1	профилометр	2,2

6 Анализ нормативных и рекомендательных документов

При разработке данного раздела были рассмотрена нормативно-техническая и методическая документация по цементобетонным покрытиям с составлением перечня действующих документов (Распоряжение Минтранса России, отраслевые дорожно-методические документы, национальные стандарты, стандарты организаций), а также приведен список отмененных ведомственных строительных нормы и прочих документов. Перечень

документов приведен в виде таблицы А.1 (ПРИЛОЖЕНИЕ В. Нормативно-технические документы по цементобетонным покрытиям).

Основным нормативно-техническим документом в 70-е годы были Методические рекомендации по конструированию и расчёту цементобетонных покрытий на основаниях различных типов (СоюздорНИИ, 1972 г.) [2], предназначенные для конструирования и расчёта неармированных цементобетонных покрытий на основаниях различного типа автомобильных дорог I-III категорий.

С конца 80-х начала 90 г интенсивность разработки принципиально новых нормативных документов существенно снизилась.

На текущий момент действующая нормативно-техническая документация по цементобетонным покрытиям насчитывает 22 документа, разработка которых выполнена позднее 2000-х годов. Среди них:

- 4 национальных стандарта разработки 2021 года;
- 4 свода правил, актуализированных в 2013 – 2021 годах;
- 14 отраслевых документов (Распоряжения Минтранса России, Росавтодора и отраслевые дорожные методические документы).

Среди отраслевых нормативных документов – 4 разработки 2002-2007 годов охватывают расчет, проектирование и ремонт цементобетонных покрытий, 10 документов 2012-2018 годов разработки на строительство в скользящей опалубке, ремонт покрытий, подбор и испытание смесей и др. Кроме того имеются и другие документы такие как методические рекомендации и стандарты организаций.

Выполненный анализ показывает отсутствие документов, позволяющих выполнять сравнение вариантов конструкций жестких и нежестких дорожных одежд с учетом эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла автомобильных дорог.

Следует отметить отсутствие единого межгосударственного стандарта на цементы для транспортного строительства. На текущий момент действуют несколько стандартов:

- ГОСТ Р 55224-2020 «Цементы для транспортного строительства. Технические условия»;

– ГОСТ 33174-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования»;

– ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия»;

Таким образом, наличие трех документов на один и тот же материал приводит к путанице. Следует внести уточнения и/или дополнения с целью уменьшения количества стандартов на портландцементы и исключения дублирования стандартов на один и тот же материал.

7 Заключение

За последнее время актуальность вопроса новых технологий для расширения строительства цементобетонных автомобильных дорог существенно возросла (обсуждение ведется на уровне Правительства Российской Федерации, на уровне Минтранса России).

Резолюция конференции «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих» (Москва, МАДИ), от 30 Сентября 2021 года [36] рекомендует НО «Ассоциация бетонных дорог» направить материалы анализа технико-экономического эффекта от применения строительства дорог с цементобетонным покрытием в адрес Минтранса России, Росавтодора и Государственной компании «Автодор». На момент написания отчета указанные материалы в Государственную компанию «Автодор» не поступили.

В текущем году в Государственной компании «Автодор» прошло два заседания научно-технического совета по этому блоку технологий, включая расширение применения минеральных вяжущих для укрепления грунтов, слоев оснований.

Указанные технологии применяются на:

– объектах капитального ремонта, в своем большинстве реализуются по технологии холодного ресайклинга с укреплением слоев оснований минеральными и комплексными вяжущим (асфальтогранулобетон, органоминеральные смеси);

- по ряду объектов нового строительства (М-4 Дон, обход Аксая, на отдельных участках М-12) осуществляется при необходимости стабилизация и укрепление грунтов различными добавками;

- показала свою эффективность технология управления состоянием цементобетонного покрытия на стадии эксплуатации на участке М-4 «Дон» км 51 – км 71 (см. раздел 5 отчета), Московская область, цементобетонное покрытие перекрыли слоем износа из асфальтобетона ЩМА-11 толщиной 3,5 см. На 4-й год эксплуатации при среднесуточной интенсивности более 65 000 авт/сутки участки с глубиной колеи, превышающие предельное значение, составили 1,3 % от суммарной длины полос движения, участков отклонения продольной ровности (по показателю IRI) от предельно допустимых значений не выявлено. Отсутствуют разрушения деформационных швов, которые просто перекрыты асфальтобетоном. Текущий срок службы для участков, введённых в эксплуатацию в 2017 году, составил 4 года, что превысило минимальный срок, установленный ГОСТ Р 58861.

Важно отметить и стоимостной аспект. Цены на минеральные вяжущие в последние годы более стабильны по сравнению с ценами на битумные вяжущие. Обобщая опыт, динамику цен и качественных показателей на рынке металлопродукции, битума, цемента, дорожная одежда с цементобетонным покрытием на участке Казань – Екатеринбург, рассматривается как приоритетная. При этом, во избежание отрицательного результата следует решить ряд задач:

- обеспечить стабильность качественных показателей цемента и стоимостных показателей (задача цементной промышленности);

- обеспечить научно-техническое сопровождение, начиная от расчета конструкций дорожных одежд, и далее подборы составов, разработка технологических карт, настройка цементобетонных заводов, пробная укладка и сопровождение на стадии строительства;

- отрасли нужны актуальные расценки на строительство цементобетонных дорог (задача Российской ассоциации строителей цементобетонных дорог в рамках своих возможностей).

Совместными консолидированными усилиями производителей цемента, минеральных материалов, цементобетонных смесей и подрядных дорожно-строительных организаций, Российской ассоциации строителей цементобетонных дорог можно решить задачу обеспечения качества строительства цементобетонных дорог.

Обобщая приведенные в отчете материалы можно сделать следующие выводы:

1. Опыт применения цементобетонных покрытий, как на территории России, стран СНГ (Белоруссия и Казахстан), и дальнего зарубежья (США, Канада, КНР) неоднозначен (имеются как положительные, так и отрицательные результаты);

2. Количество дорог с жесткой дорожной одеждой (цементобетонными покрытиями) в рассмотренных странах находится в пределах 1-10 % от общей протяженности сети;

3. Рост объемов строительства дорог с жесткой дорожной одеждой не выявлен;

4. Следует отметить совершенствование методов проектирования, строительства и эксплуатации дорог с жесткой дорожной одеждой;

5. Более сложное и дорогостоящее содержание и ремонт цементобетонных покрытий относительно асфальтобетона, но при этом существенно более длительный срок эксплуатации (по разным данным – 30 лет и более);

6. Неоднозначность и сложность экономической оценки эффективности дорог с жесткой дорожной одеждой.

7. Трудоемкость и ограниченность возможностей подрядчиков (по качеству работ, как по технике (укладочные комплексы) так и по материалам (цемент инертные материалы).

Опыт эксплуатации дорог с жесткой дорожной одеждой Государственной компании «Автодор» показал следующие преимущества цементобетонных покрытий относительно асфальтобетонных:

- Большая прочность в сравнении с асфальтобетоном;

- Стабильность деформативных свойств при изменении температурных условий эксплуатации;
- Рост прочности при благоприятных условиях эксплуатации;
- Высокая износостойкость;
- Возможность увеличения межремонтных сроков;
- Долговечность.

Недостатки, выявленные в процессе при эксплуатации дорог с жесткой дорожной одеждой:

- Сложность ремонта (повышенные трудозатраты на фрезерование при устранении колеиности);
 - Наличие швов (растяжения и сжатия), ремонт, восстановление и нарезка новых;
 - Необходимость и трудоёмкость подготовки цементобетонного покрытия для устройства слоя износа (асфальтобетон), нанесение битумно-латексной эмульсии для повышения адгезии;
 - Отсутствие документов по стандартизации расценок на соответствующие работы.

Перспективы развития (улучшения) технологии:

- применение гидрофобизирующих добавок и покрытий;
- применение многослойной конструкции с последующей возможностью восстановлением слоя износа;
- повышение шероховатости («wash beton» - технология «мытый бетон»);
- применение дисперсно- и фиброармированных бетонов с высокой стойкостью к истираемости и морозостойкости.

Основные подрядчики по строительству дорог с использованием неорганических вяжущих – ОАО «Трансстроймеханизация», АО «Центродорстрой», АО «Донаэрострой», ООО «Стройсервис», Группа компаний «Новосибирскавтодор» и др.

Основные бетоноукладочные комплексы применяются в РФ при строительстве дорог с цементобетонным покрытием Gomaco (США) и Wirtgen Group (Германия).

8 Библиография

1. Распоряжение Правительства РФ от 30.09.2018 № 2101-р «О комплексном плане модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года»
2. Методические рекомендации по конструированию и расчету цементобетонных покрытий на основаниях различных типов / М-во трансп. стр-ва СССР. Гос. всесоюз. дор. науч.-исслед. ин-т «Союздорнии». – Москва : 1972. – 64 с.
3. http://proekt.by/generalniy_plan_i_transport-b131.0/mkad2_nachalo_novoiy_epohi_stroitelstva_cementobetonnih_dorog-t51536.0.html
4. <https://euroradio.fm/kolki-budze-kashtavac-kilametr-cementnabetonnay-darogi>
5. <https://bntu.by/index.php/news/3579-stroitelstvo-mkad-2>
6. http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=78743
7. <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100212>
8. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30091145).
9. <https://kdpast.kz/>
10. <https://time.kz/articles/territory/2018/09/05/zagadka-temirtauskoj-anomalii>
11. <https://inbusiness.kz/ru/news/beton-shtopanyj-xvi-pravila-igry-ne-menyayutsya>
12. https://www.inform.kz/ru/o-narusheniyah-tehnologii-pri-stroitel-stve-dorog-b-yut-trevogu-predprinimateli-iz-temirtau_a2956438).
<https://www.zakon.kz/4872889-akima-oblasti-sprosili-o-kachestve.html>.
13. <https://newtimes.kz/eksklyuziv/102188-na-novoj-doroge-mezhdu-karagandoj-i-temirtau-2-goda-podryad-poyavlyayutsya-misticheskie-treshchiny-foto>
14. <https://zakon.kz/5067190-trassa-polomalas-v-almatinskoy-oblasti.html>
15. <https://www.zakon.kz/5074679-betonka-opyat-podnyalas-na-trasse.html>

16. <https://primeminister.kz/assets/media/gosudarstvennaya-programma-nrly-zhol-rus.pdf>
17. <https://docs.cntd.ru/document/573437433>).
18. <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov/48231>
19. <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov/46031>
20. <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov/226801>
21. <https://star-pro.ru/region/novosibirskaya-oblast/c1540520107117000168--vypolnenie-rabot-po-remontu-uchastkov-cementobetonogo-pokrytiya-avtomobilnoj-dorogi-r-254-irtysh-chelyabinsk---kurgan---omsk>
22. <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov/320641>
23. <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov/42172>
24. <https://www.roadconcrete.ru/press-center/archive/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-stroitelstvo-kachestvennykh-i-bezopasnykh-dor>
25. <https://highways.dot.gov/public-roads/julyaugust-1998/concrete-pavements-past-present-and-future>
26. <https://www.roadsideamerica.com/story/10661>
27. Kennedy, David M. Freedom from Fear: the American People in Depression and War, 1929-1945. – New York; Oxford University Press, 2001. – 988 p.
28. https://www.researchgate.net/publication/341787802_Radovskij_BS_Cementobetonnye_pokrytia_v_SSA_-_proektirovanie_Avtomobilnye_Dorogi_2015_No_3_c_46-59
29. <https://infopave.fhwa.dot.gov/>
30. <https://www.dot.state.mn.us/mnroad/>
31. <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pubs/hif18025.pdf>
32. <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2019/hm51.cfm>
33. <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/preservation/ppcl00.cfm>.
34. <https://www.wispave.org/benefits-of-asphalt/>
35. <https://www.madi.ru/5855-rezolyuciya-i-mezhdunarodnoy-nauchno-prakticheskoy-konferenc.html>

36. Костин П.П. Механизация устройства цементобетонных покрытий // Автомобильные дороги. – 1991. – № 9 – с. 20-21.
37. Радовский Б.С. 4-и Европейский симпозиум по битуму и асфальтобетону // Автомобильные дороги. – 1990. – № 8 – с. 15-16.
38. Бронитский Е.И., Бялобжеский Г.В. Тенденция развития сети автомобильных дорог // Автомобильные дороги. – 1989. – № 8 – с. 19.
39. <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-stroitelstva-avtomobilnykh-dorog/statisticheskaya-otchetnost-napravlenaya-v-rosstat/301851>
40. <https://rosstat.gov.ru/folder/23455>
41. <https://news.myseldon.com/ru/news/index/239321719>
42. <https://yandex.ru/maps/-/CCUujVFw1C>
43. <https://yandex.ru/maps/-/CCUujVWFHA>
44. <https://yandex.ru/maps/-/CCUujChA~A>
45. <https://www.gov.kz/memleket/entities/miid/activities/252?lang=kk>
46. <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-nauchno-tekhnicheskikh-issledovaniy-informatsionnykh-tekhnologiy-i-khozyaystvennogo-obespecheniya/informacionnoe-obespechenie/vnedrenie-novykh-tekhnologiy/6676>
47. <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-nauchno-tekhnicheskikh-issledovaniy-informatsionnykh-tekhnologiy-i-khozyaystvennogo-obespecheniya/informacionnoe-obespechenie/vnedrenie-novykh-tekhnologiy/6666>
48. <https://www.news1.ru/vlad/2016/08/23/150745/#ixzz7DyMIVyFk>
49. <https://yandex.ru/maps/-/CCUunGC3WD>
50. <https://yandex.ru/maps/-/CCUunGgPxD>
51. George Tillson, Street Pavements and Paving Materials: A Manual of City Pavements, the Methods and Materials of Their Construction (2nd ed.) – New York: John Wiley & Sons, 1912, 507
52. <http://www.mto.gov.on.ca/english/about/mto-100/index.shtml>
53. <https://www.britannica.com/topic/Trans-Canada-Highway>
54. https://news.gov.mb.ca/news/archives/1958/11/1958-11-07-biggest_paving_program_in_history_set_for_'59.pdf
55. <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/acces-information-renseignements-personnels/documents-reglement-diffusion/demande-acces/Documents/2019/03/DA-2018-2019-00493-DGLC-the-search.pdf>

56. <https://www.canada.ca/en/sr/srb.html?q=PCC+pavement+&st=s&num=10&s5bm3ts21rch=x&st1rt=0&langs=eng&cdn=canada>
57. https://lcasymposium.ict.illinois.edu/files/2018/01/8_Paper_Concrete-Pavement-Life-Cycle-Environmental-Assessment-and-Economic-Analysis-Manitoba-Case-Study_Ahmed-et-al-Ver-2.pdf).
58. <https://tc.canada.ca/en/corporate-services/policies/road-transportation-0>
59. <https://aigis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=22d4909a1b3942c0a31e350e1c0a3bc9¢er=-12633855.2773%2C7082820.194%2C102100&level=11>,
60. <https://aigis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=22d4909a1b3942c0a31e350e1c0a3bc9¢er=-12697450.8848%2C6628210.9683%2C102100&level=11>
61. <https://www.alberta.ca/government-and-ministry-annual-reports.aspx/>
62. https://www.researchgate.net/publication/270583291_Development_of_Roughness_Prediction_Models_Using_Alberta_Transportation's_Pavement_Management_System
63. <http://www.onasphalt.org/files/factsheets/2017%20Asphalt%20Fact%20Sheet%20FINAL.pdf>)
64. <https://www.concretepavements.org/2021/07/14/asphalt-pavements-have-long-history-but-when-concrete-pavements-developed-here-started-the-better-roads-movement/>.
65. https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2019/04/9659-TS_Pavement-Design-and-Rehabilitation-Guideline.pdf.
66. <https://www.gatesnotes.com/about-bill-gates/concrete-in-china>
67. <http://zgglxb.chd.edu.cn/EN/Y2020/V33/I10/1>
68. https://en-academic.com/pictures/enwiki/80/PRC_National_Road.jpg
69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijtst.2016.09.007>
70. <https://www.university-directory.eu/China/Xi-an-Highway-University.html>
71. <https://tjtt.tongji.edu.cn>
72. <https://trid.trb.org/view/103469>
73. <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-transportation-science-and-technology/vol/5/issue/1>
74. <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-transportation-science-and-technology/vol/5/issue/2>
75. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 612 (2019) 022079/ IOP Publishing/doi:10.1088/1757-899X/612/2/022079
76. <https://www.rioh.cn/>

77. <https://www.infrastructureasia.org/en/Asia-Infrastructure-Forum-2021>
78. <http://en.hit.edu.cn/>
79. <http://lzlhb.cglhub.com/auto/db/detail.aspx?db=950008&rid=138020&agfi=0&cls=0&uni=True&cid=0&showgp=False&prec=False&md=265&pd=3&msd=265&psd=3&mdd=265&pdd=3&count=10&reds=granulated%3Basphalt%3Bmixture%3Bbrubber%3Bcrumb>
80. http://manu31.magtech.com.cn/Jwk_ytgxcb/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=13015/
81. <https://en.nit.edu.cn/>
82. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/612/2/022079/pdf>

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Письмо государственной компании «Автодор» №17874-18 от 06.10.2020 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВТОДОР»)
Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006
тел.: (495) 727-11-95, факс: (495) 249-07-72
e-mail: info@ruhw.ru
www.ruhw.ru

06.10.2020 № 17874-18

на № _____ от _____

Генеральному директору
ФАУ «РОСДОРНИИ»

А.П. Варятченко

Директору Департамента
государственной политики в области
дорожного хозяйства
Минтранса России

Г.А. Волкову

Уважаемые коллеги!

В ответ на письмо Минтранса России от 05.10.2020 № Д2/2418 в целях безусловного исполнения пункта 1 поручения заместителя Министра транспорта Российской Федерации – руководителя Федерального дорожного агентства А.А. Костюка от 17.09.2020 № АК-61-пр в дополнение к письму от 30.09.2020 № 17474-18 Государственная компания «Автодор» сообщает следующее.

- в части сравнения финансовых затрат на проведение ремонтов асфальтобетонных и цементобетонных дорожных покрытий

Информация представлена в приложении № 1 к настоящему письму.

- в части анализа текущих и перспективных технических возможностей участников рынка дорожного строительства

В настоящее время на территории Российской Федерации для строительства объектов капитального строительства, в том числе участков автомобильных дорог, с использованием неорганических вяжущих применяются магистральные бетоноукладочные комплексы и бетоноукладочные машины для монолитных профилей, главным образом, двух крупнейших мировых производителей Gomaco (США) и Wirtgen Group (Германия).

Технические возможности участников рынка:

Gomaco

34 комплекса для укладки цементобетонных покрытий и оснований;

90 комплектов для укладки монолитных профилей (железобетонные барьерные ограждения типа «Нью-Джерси», бордюрные камни и водоотводные лотки);

Wirtgen Group

13 комплексов для укладки цементобетонных покрытий и оснований;

16 комплектов для укладки монолитных профилей.

В частности, специальной техникой для строительства участков автомобильных дорог с использованием неорганических вяжущих обладают такие дорожно-строительные компании как ОАО «Трансстроймеханизация»,

АО «Центродорстрой», АО «Донаэродорстрой», ООО «СтройСервис», Группа компаний «Новосибирскавтодор» и др.

Отмечаем, что существующие мощности оборудования подрядных организаций задействованы не в полной мере. В этой связи, какие-либо технические ограничения для строительства перспективных участков автомобильных дорог с применением неорганических вяжущих отсутствуют.

- в части достоверности или ошибочности представленной информации о стоимости различных вариантов дорожных конструкций дорожной одежды (от 2 571,48 до 4 224,67 рублей 1000 м²)

Отмечаем, что данная информация заимствована из проектной документации на объект «Автомобильная дорога М-1 «Беларусь» Москва – граница с Республикой Беларусь. Капитальный ремонт на участке км 196+000 – км 215+000, Смоленская область», разработанной ООО «ОКОР» в рамках договора с Государственной компанией от 30.09.2019 № ДППиИТ-2019-1027. В настоящее время осуществляется проведение государственной экспертизы указанной проектной документации. В случае корректировки стоимостных показателей различных вариантов дорожной одежды по объекту соответствующие сведения будут представлены в ФАУ «РОСДОРНИИ» и Минтранс России.

Дополнительно направляем предпроектные варианты конструкции дорожной одежды, включая стоимость, по объекту «Скоростная автомобильная дорога Москва – Нижний Новгород – Казань. Строительство скоростной автомобильной дороги Москва – Нижний Новгород – Казань, 4 этап км 224-347, Владимирская, Нижегородская области (от пересечения с автомобильной дорогой регионального значения 17К-2 «Муром – М-7 «Волга» до пересечения с автомобильной дорогой федерального значения Р-158 «Нижний Новгород – Арзамас – Саранск – Исса – Пенза – Саратов»)» (приложение № 2 к настоящему письму).

Приложение: на 4 л.

Заместитель директора Департамента проектирования, технической политики и инновационных технологий

С.В. Ильин,


С.В. Ильин

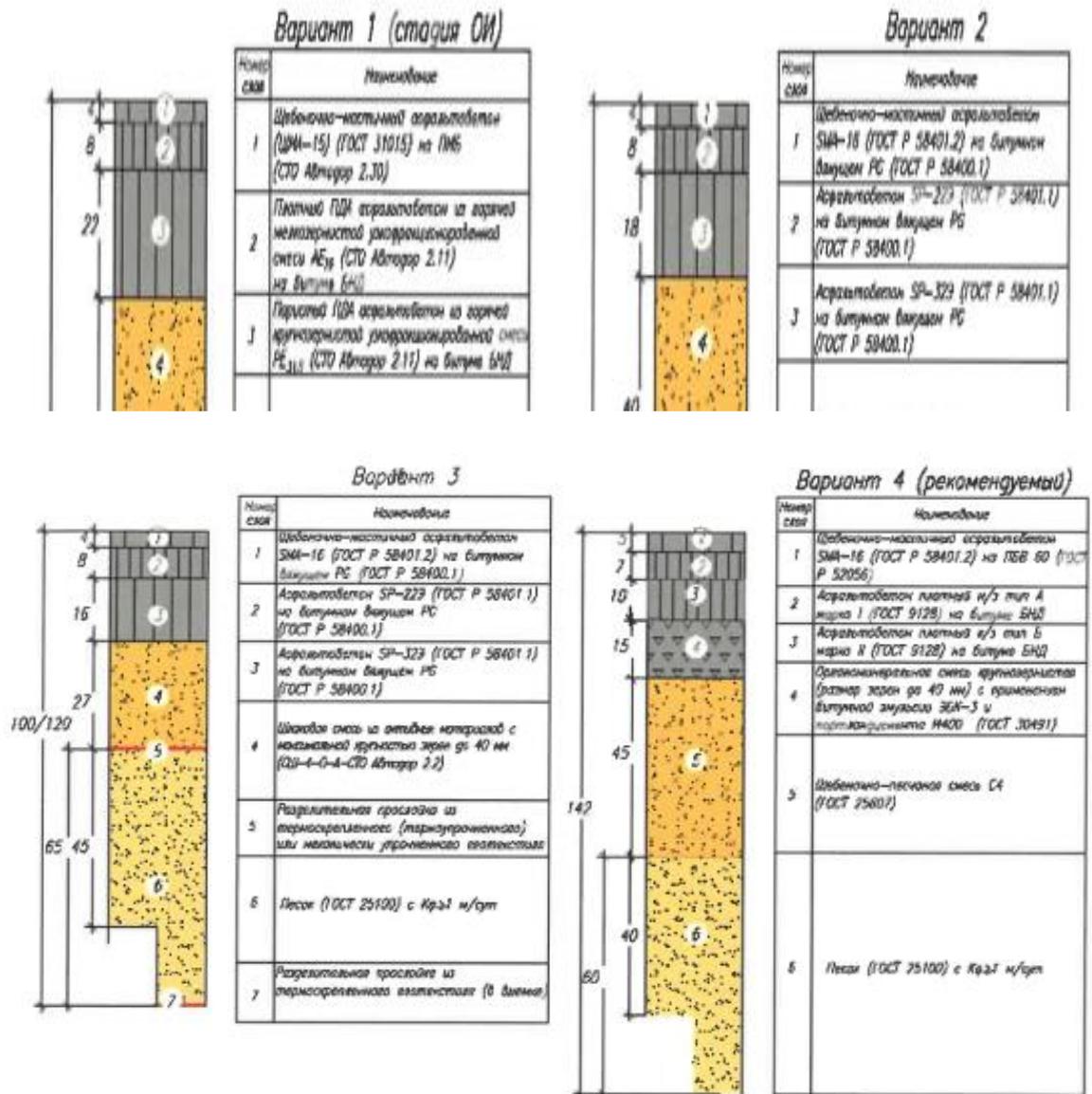
Карев Сергей Викторович,
Тел. +7 (495) 727-11-95 доб. 33-97

Приложение № 1 к письму
Государственной компании «Автодор»
от «06» 10 2020 № 17874-18

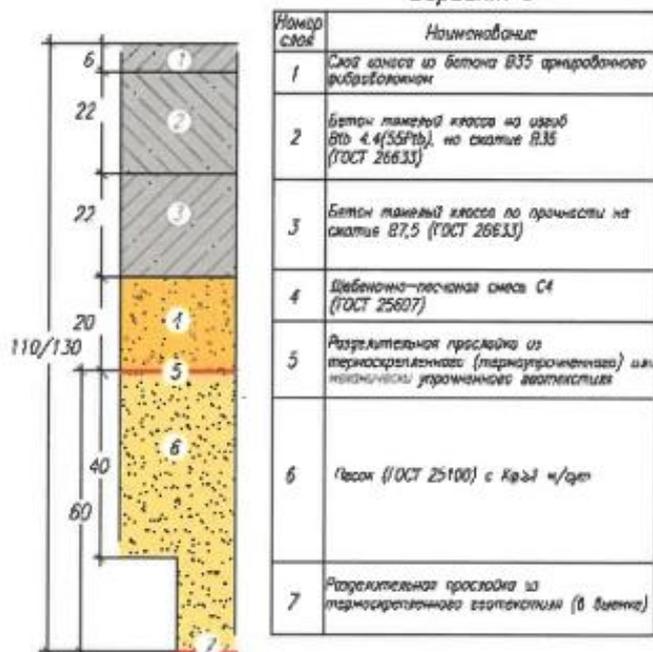
Сравнение стоимости ремонта 100м² дорожной одежды с цементобетонным и асфальтобетонным покрытием

	Дорожная одежда с цементобетонным покрытием толщиной 20 см	Дорожная одежда с асфальтобетонным покрытием толщиной 24 см
	- разборка цементобетонного покрытия механизированным способом;	- фрезерование; - устройство верхнего слоя основания из смеси типа Б марки П, с добавлением

Предпроектные варианты конструкции дорожной одежды, включая стоимость, по объекту «Скоростная автомобильная дорога Москва – Нижний Новгород – Казань. Строительство скоростной автомобильной дороги Москва – Нижний Новгород – Казань, 4 этап км 224-347, Владимирская, Нижегородская области (от пересечения с автомобильной дорогой регионального значения 17К-2 «Муром-М-7 «Волга» до пересечения с автомобильной дорогой федерального значения Р-158 «Нижний Новгород-Арзамас-Саранск-Исса-Пенза-Саратов»))»



Вариант 5



Критерий расчета	Нежесткая дорожная одежда					Жесткая дорожная одежда		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Требуемый коэффициент	Вариант 5	Требуемый коэффициент	
Минимальный требуемый модуль упругости, МПа	517,1					—	519,9	—
Углубленный прогиб	1,45	1,55	1,55	1,51	1,5	—	не нормируется	
Растяжение при изгибе	0,63	2,49	2,35	1,98	1,1	1,0	1,0	
Сдвиг	По верху ППС	5,48	4,99	3,07	6,04	1,1	1,89	1,0
	По верху земляного полотна	1,68	1,95	1,76	2,03		1,98	
Статическая нагрузка	По верху ППС	6,56	5,63	3,61	8,88	1,1	—	не нормируется
	По верху земляного полотна	3,39	3,53	3,17	6,38		—	
Срок службы, лет	24	24	24	24		25		
Стоимость* тыс. руб./1000 м ²	705,8	777,5	677,6	609,2		671,5		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Письмо государственной компании «Автодор» №6507-18 от 20.04.2020 г.



**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«АВТОДОР»)**

Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006
тел.: +7 495 727 11 95, факс: +7 495 784 68 04
<http://www.russianhighways.ru>,
e-mail: info@russianhighways.ru

20.04.2020 № 6507-18

На № _____ от _____

Генеральному директору
ФАУ «РОСДОРНИИ»

А.П. Варятченко

Копия:
Директору Департамента
государственной политики в
области дорожного хозяйства
Минтранса России

Г.А. Волкову

Уважаемый Алексей Павлович!

В соответствии с письмом Минтранса России от 14.04.2020 № Д2/8777-ИС по вопросу подготовки ответа на письмо Депутата Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации П.С. Дорохина от 09.04.2020 № ДПС-4/106 о поддержке строительной отрасли и более 20 смежных с ней отраслей промышленности, в том числе цементной, сообщаем следующее.

В соответствии с формами статистической отчетности протяженность дорог с цементобетонным покрытием составляет 231,605 км или 6,78% от общей протяженности дорог, находящихся в доверительном управлении Государственной компании.

Опыт эксплуатации выявил следующие преимущества цементобетонных покрытий:

- большая прочность в сравнении с асфальтобетоном;
- стабильность деформативных свойств при изменении температурных условий эксплуатации;
- рост прочности при благоприятных условиях эксплуатации;
- высокая износостойкость;
- возможность увеличения межремонтных сроков.

При этом выявлены следующие недостатки указанных покрытий:

- запрещено использование противогололедных материалов (далее – ПГМ) на основе хлористых солей в течение года с момента укладки согласно 4.6.1. «Руководства по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах» (утв. распоряжением Минтранса России от 16.06.2003 № ОС-548-р (далее – Руководство);
- использование ПГМ на ацетатной или карбамидной основе, рекомендованных п. 4.6.3. Руководства значительно повышает стоимость зимнего содержания, ввиду того, что стоимость указанных ПГМ более, чем в 4 раза превышает стоимость ПГМ на основе соли;
- дополнительные затраты на обработку покрытия гидрофобизирующими составами для дополнительной защиты цементобетона;

- необходимость актуализации действующих ГОСТ, ориентированных на эксплуатационные условия работы дорожной одежды.

Расходы на содержание покрытий (устранение деформаций и повреждений) в весенне-летне-осенний период (без учета затрат на гидрофобизацию) составляют:

- асфальтобетон: 327 861,19 р./100 м²;

- цементобетон: 228 109,03 р./100 м².

Расходы на распределение ПГМ в зимний период:

- асфальтобетон: 2 634,80 р./10000 м²;

- цементобетон: 8 190,33 р./10000 м².

Таким образом, основное снижение эксплуатационной стоимости покрытий из цементобетона связано с уменьшением затрат на восстановление их потребительских свойств в процессе содержания в связи с увеличением межремонтных сроков.

Директор Департамента проектирования,
технической политики
и инновационных технологий

А.В. Черкасов

Дьяков Григорий Геннадьевич
☎ +7 (495) 727-11-95, доб. 32-01
✉ G.Dyakov@russianhighways.ru

№№ автодорог	Наименование автомобильной дороги	Территориальное местоположение (субъект РФ)	Наименование ФКУ	Начало - конец участка дороги	Протяженность, км	Техническая категория участка дороги	Тип покрытия	Количество полос движения	Расчетная нагрузка на ось (11,5; 10; 6) т. По состоянию на 01.01.2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М-1	М-1 "Беларусь" Москва - граница с Республикой Белоруссия (новый выход на Московскую кольцевую автомобильную дорогу с федеральной автомобильной дороги М-1 "Беларусь" - от Москвы до границы с Республикой Беларусь (на Минск, на Брест) (Московская область)	Московская область	Государственная компания "Автодор"	6+900 - 6+990	0,090	ІБ	ц/б	6	11,5
М-1	М-1 "Беларусь" Москва - граница с Республикой Белоруссия (новый выход на Московскую кольцевую автомобильную дорогу с федеральной автомобильной дороги М-1	Московская область	Государственная компания "Автодор"	км 17+700 - км 17+790	0,090	ІБ	ц/б	4	11,5

№№ автодорог	Наименование автомобильной дороги	Территориальное местоположение (субъект РФ)	Наименование ФКУ	Начало - конец участка дороги	Протяженность, км	Техническая категория участка дороги	Тип покрытия	Количество полос движения	Расчетная нагрузка на ось (11,5; 10; 6) т. По состоянию на 01.01.2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	"Беларусь" - от Москвы до границы с Республикой Беларусь (на Минск, на Брест) (Московская область)								
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Калужская область	Государственная компания "Автодор"	км 86+600 - км 106+753	20,153	II	ц/б	4	10
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Калужская область	Государственная компания "Автодор"	км 106+753 - км 124+000	16,706	IB	ц/б	4	11,5
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Брянская область	Государственная компания "Автодор"	км 365+050 - км 496+000	130,950	II	ц/б	2	10
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Курская область	Государственная компания "Автодор"	км 496+000 - км 507+000	11,000	II	ц/б	2	10
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Курская область	Государственная компания "Автодор"	км 507+000 - км 511+000	4,000	III	ц/б	2	10

№№ автодорог	Наименование автомобильной дороги	Территориальное местоположение (субъект РФ)	Наименование ФКУ	Начало - конец участка дороги	Протяженность, км	Техническая категория участка дороги	Тип покрытия	Количество полос движения	Расчетная нагрузка на ось (11,5; 10; 6) т. По состоянию на 01.01.2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М-3	М-3 "Украина" Москва - Калуга - Брянск - граница с Украиной	Брянская область	Государственная компания "Автодор"	км 511+000 - км 518+494, км 519+146 – км 519+868	8,216	III	ц/б	2	10
М-4	М-4 "Дон" Москва - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар -	Московская область	Государственная компания "Автодор"	км 32+000 - км 48+647	16,628	IA	ц/б	6	11,5

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Нормативно-технические документы по цементобетонным покрытиям

Таблица В.1 – Перечень нормативно-технических документов по цементобетонным покрытиям

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
<i>Национальные стандарты</i>				
1.	ГОСТ Р 59300-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия	01.08.2021	Утвержден: приказом Росстандарта от 21.07.2021 № 643-ст. Разработан: ФАУ «РОСДОРНИИ»
2.	ГОСТ Р 59301-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний	01.08.2021	Утвержден: приказом Росстандарта от 21.07.2021 № 646-ст. Разработан: ФАУ «РОСДОРНИИ»
3.	ГОСТ Р 59302-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Правила подбора состава	01.08.2021	Утвержден: приказом Росстандарта от 21.07.2021 № 644-ст. Разработан: ФАУ «РОСДОРНИИ»
4.	ГОСТ Р 59628-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции	01.09.2021	Утвержден: приказом Росстандарта от 20.08.2021 № 730-ст Разработчик: ФГБОУ ВО МАДИ
<i>Своды правил</i>				
5.	СП 34.13330.2021 (п.п. 8.14-8.24)	«СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги»	08.04.2021	Утвержден: приказом Минстроя России от 09.02.2021 № 53/пр. Разработан: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», ФГБОУ ВО МАДИ
6.	СП 78.13330.2012 (Раздел 14)	Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85	01.07.2013	Утвержден: приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 272. Разработчик: ЗАО «СоюздорНИИ»

Продолжение таблицы В.1

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
7.	СП 121.13330.2019 (п.п. 7.3, 7.4, 7.8, приложение М)	Аэродромы. СНиП 32-03-96	31.07.2019	Утвержден: приказом Минстроя России от 30.01.2019 № 64/пр. Разработан: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект»
8.	СП 490.1325800.2020 (п.п. 13.11)	Аэродромы. Правила производства работ	25.06.2021	Утвержден: приказом Минстроя России от 24.12.2020 № 860/пр. Разработан: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»
Отраслевые документы				
9.	Распоряжение Минтранса России от 09.10.2002 № ОС-860-р	Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог	01.11.2002	Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ
10.	Распоряжение Минтранса России от 19.11.2003 № ОС-1018-р	Методические рекомендации по нанесению дорожной разметки на цементобетонные покрытия автомобильных дорог	19.11.2003	Разработан: ФГУП «Союздорнии», ФГБОУ ВО МАДИ
11.	Распоряжение Минтранса России от 03.12.2003 № ОС-1066-р	Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд	01.01.2004	Разработан: ФГУП «Союздорнии»
12.	Распоряжение Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 16.11.2007 № 452-р	Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог методом виброрезонансного разрушения (для опытно-экспериментального внедрения)	16.11.2007	Разработан: ФГУП «Росдорнии»
13.	ОДМ 218.3.015-2011	Методические рекомендации по строительству цементобетонных покрытий в скользящих формах	16.01.2012	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 21.12.2011 № 970-р. Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ.

Продолжение таблицы В.1

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
14.	ОДМ 218.2.023-2012	Рекомендации по применению быстротвердеющих материалов для ремонта цементобетонных покрытий	10.04.2013	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 26.02.2013 № 232-р. Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ, ООО «БАСФ – Строительные системы»
15.	ОДМ 218.3.028-2013	Методические рекомендации по ремонту и содержанию цементобетонных покрытий автомобильных дорог	01.06.2013	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 11.04.2013 № 474-р Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ
16.	ОДМ 218.3.030-2013	Методика расчета армированных цементобетонных покрытий дорог и аэродромов на укрепленных основаниях	30.12.2013	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 11.11.2013 № 1848-р. Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ.
17.	ОДМ 218.3.037-2014	Рекомендации по контролю прочности цементобетона покрытий и оснований автомобильных дорог по образцам	19.02.2015	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 24.12.2014 № 2623-р Разработан: ООО «БИОТЕХ»
18.	ОДМ 218.3.057-2015	Методика оценки и контроля воздушной пористости дорожного цементобетона с применением программного комплекса обработки данных оптической микроскопии образцов шлифов	30.11.2015	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 30.11.2015 № 2284-р. Разработан: НИТУ «МИСиС».
19.	ОДМ 218.3.060-2015	Методические рекомендации по ремонту дорожных одежд, состоящих из цементобетонных покрытий, перекрытых асфальтобетонными слоями, на автомобильных дорогах общего пользования	15.02.2016	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 15.02.2016 № 203-р. Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ.

Продолжение таблицы В.1

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
20.	ОДМ 218.3.077-2016	Методические рекомендации по обоснованию параметров конструкции и технологии при ремонте асфальтобетонных покрытий слоями цементобетона	14.07.2016	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 14.07.2016 № 203-р. Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ.
21.	ОДМ 218.3.088-2017	Рекомендации по срокам и технологии нарезки швов в затвердевшем цементобетоне	25.09.2017	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 25.09.2017 № 2677-р. Разработан: МАДИ, ООО «Малое инновационное предприятие «Технопарк МАДИ»
22.	ОДМ 218.3.081-2016	Методические рекомендации по подбору составов цементобетонов для дорожного строительства в различных климатических зонах и с учетом эксплуатационных условий работы дорожных покрытий	27.04.2018	Утвержден: распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 27.04.2018 № 1544-р. Разработан: Уральским филиалом «УралГИПРОДОРНИИ» ОАО «ГИПРОДОРНИИ», ООО «Научно-исследовательский центр «ГИПРОДОРНИИ», ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»
Пособия, рекомендации, указания				
23.	Пособие по проектированию гражданских аэродромов (к СНиП 2.05.08-85). Часть IV (Раздел 9)	Аэродромные одежды	01.01.1987	Утвержден: ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект» от 01.01.1987. Разработан: ГПИ и НИИ ГА Аэропроект, ФГБОУ ВО МАДИ, Союздорнии.
24.	Пособие (приложение Д)	Пособие по расчету и конструированию аэродромных покрытий	08.04.2002	Утвержден: Минобороны России от 08.04.2002. Разработан: 26 Центральным научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации.
25.	Методические рекомендации Союздорнии	Методические рекомендации по строительству оснований и покрытий из виброукатанного цементобетона	01.01.1991	Опубликован: / Министерство транспортного строительства. – М.: Союздорнии, 1991

Продолжение таблицы В.1

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
26.	Методические рекомендации.	Строительство цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов	01.01.2018	Утвержден: ФАУ «ФЦС» от 01.01.2018 Разработан: ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»
27.	Методические рекомендации Союздорнии	Методические рекомендации по испытанию дорожного бетона на коррозионную стойкость против совместного действия хлористых солей и мороза.	01.01.1975	Опубликован: М.: Союздорнии, 1975.
28.	Методические указания	Методические указания по определению морозостойкости бетона поверхностного слоя покрытий аэродромов	28.02.2000	Утвержден: Первым заместителем начальника строительства и расквартирования войск от 08.02.2000 Разработан: 26 Центральным научно-исследовательским институтом Министерства обороны Российской Федерации. Опубликован: М.: Министерство обороны РФ, 2000.
Стандарты саморегулируемых организаций				
29.	СТО СОЮЗДОРСТРОЙ 2.1.3.1.2.1-2012	Автомобильные дороги. Устройство цементобетонных покрытий	Утвержден 16.02.2012	Разработан: ФГБОУ ВО МАДИ, ООО «ДорКонТех», ООО «ТРАНССТРОЙ», СРО НП «МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ»
30.	СТО НОСТРОЙ 2.25.219-2018	Автомобильные дороги. Устройство и капитальный ремонт сборных цементобетонных покрытий. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ	Утвержден 08.02.2018	Разработан: Саморегулируемой организацией «Союз дорожно-транспортных строителей «СОЮЗДОРСТРОЙ»
	СТО НОСТРОЙ 2.25.220-2018	Автомобильные дороги. Устройство и капитальный ремонт монолитных цементобетонных покрытий. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ	Утвержден 08.02.2018	Введен в действие взамен СТО НОСТРОЙ 2.25.41-2011 Разработан: Саморегулируемой организацией «Союз дорожно-транспортных строителей «СОЮЗДОРСТРОЙ»

Окончание таблицы В.1

№	Реквизиты документа	Наименование документа	Дата введения в действие	Примечания
Стандарты организаций				
31.	СТО 38956563.01-2010	Технология виброрезонансной деструктуризации цементобетонных покрытий	Утвержден 11.05.2010	Разработан: ООО «Компания Би Эй Ви»
32.	СТО 63417988.012-2013	Технология ударной деструктуризации цементобетонных покрытий	Утвержден 12.02.2013	Разработан: ООО «Технострой»
Ведомственные строительные нормы (Отменены)				
33.	ВСН 159-69	Технические указания по устройству деформационных швов в цементобетонных дорожных покрытиях	действ. с 01.12.1969 по 31.12.1980	Утвержден: приказом Минтрансстроя СССР от 05.08.1969 № 37 Разработан: ФГУП СоюздорНИИ
34.	ВСН 139-80	Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог	действ. с 01.01.1981 по 16.12.2020	Утвержден: Минтрансстроем СССР от 07.02.1980 № Л-210
35.	ВСН 197-91	Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд	действ. с 01.01.1992 по 31.12.2003	Разработан: СоюздорНИИ, ФГБОУ ВО МАДИ, РосдорНИИ, ВЗИСИ, СибАДИ, ХАДИ, БелдорНИИ, Гипротюменнефтегаз, ТюмИСИ.
Прочие документы				
36.	ТУ 218 РСФСР 620-90	Смеси бетонные жесткие для строительства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов	Утвержден 01.07.1990	
37.	Руководство	Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов	01.01.2010	Опубликован: М.: ОАО ЦНИИС, 2010

В данной единице хранения прошито и пронумеровано

102 (сто два) листа _____ / _____ /
Прописью *Подпись* *Расшифровка*