

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования
ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(Финансовый университет)

УДК 338.45:69

Регистрационный № НИОКТР

125102011830-6

Регистрационный № ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель проректора
по научной работе,
канд. экон. наук, доцент



Ю.М. Грузина

2025 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ОЦЕНКА МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ОТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ
ПО СРАВНЕНИЮ С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ
(заключительный)

Руководитель НИР,
директор Института региональной
экономики и межбюджетных отношений,
канд. экон. наук, доцент

 П.В. Строев
«13» ноября 2025 г.

Москва 2025

РЕФЕРАТ

Отчет 174 с., 23 табл., 1 рис., 52 источн., 4 прил.

ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ
ПОКРЫТИЯ, РАЗВИТИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ, БЮДЖЕТНЫЕ ЭФФЕКТЫ, ЭФФЕКТЫ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА, МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ
ЭФФЕКТЫ

Объект исследования – автомобильные дороги федерального и регионального значения, строительство и реконструкция которых предусмотрена перечнем мероприятий по осуществлению дорожной деятельности в 2025-2030 годах, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2025 года №768-р.

Предмет исследования – бюджетные, транспортно-логистические и межотраслевые эффекты для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями.

Цель исследования – количественная оценка прямого и мультипликативного экономического эффекта для консолидированного бюджета Российской Федерации и экономики в целом от эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными на горизонте расчета 30 лет.

Методология исследования основана на общих и специальных методах познания, анализе национальных баз статистических данных, на разработке авторских методик и подходов к прогнозированию и оценке ключевых бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для России от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями.

Информационной базой для проведения оценки являются данные государственной статистики, государственных стандартов, законодательно определенных нормативов, релевантный международный опыт эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями, результаты отечественных научных исследований в сфере дорожного строительства, а также информационные и экспертные материалы Союза производителей цемента «СОЮЗЦЕМЕНТ» и Ассоциации Транспортных Экспертов и Специалистов.

К основным результатам работы относятся: перечень и базы данных показателей для расчета бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для России от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями, авторские методики расчета показателей, необходимых для оценки ключевых бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для России от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями; проанализирована зарубежная практика строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями; расчеты прогнозных значений показателей ключевых бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для России от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	2
ВВЕДЕНИЕ	6
1. Анализ мирового опыта строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями	12
1.1. Зарубежный опыт строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями	12
1.2. Возможности строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в Российской Федерации и существующий опыт реализации подобных проектов	25
2. Оценка бюджетных эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе	51
2.1 Оценка прямых бюджетных эффектов	51
2.2 Оценка экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные объекты	67
3. Оценка эффектов транспортно-логистического комплекса и синергетических эффектов от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе	70
3.1 Увеличение грузооборота автомобильного транспорта	70
3.2 Эффект сокращения времени в пути для экономики России при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные	72
3.3 Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля	79
3.4 Снижение логистических издержек перевозчиков в рамках мультипликативных эффектов при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные	84
3.5 Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность	88
4. Оценка межотраслевых эффектов от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе	91
4.1 Отраслевые эффекты цементной отрасли	91
4.2 Отраслевые эффекты для отрасли производства дорожных нефтяных битумов	99
4.3 Отраслевые эффекты цементной отрасли от производства блоков дорожного ограждения парапетного типа	105
4.4 Отраслевые эффекты цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов	110

5. Экономическая интерпретация результатов расчета основных эффектов от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению асфальтобетонными	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	133
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	137
Приложение А	148
Отдельные особенности технологического процесса строительства дорог с цементобетонным покрытием.....	148
Приложение Б.....	164
Описание эффекта сокращения расхода топлива на дорогах с цементобетонным покрытием.....	164
Приложение В.....	168
Отдельные особенности технологии укрепления грунтов и нулевой баланс земляных масс.....	168
Приложение Г	172
Графики устройства слоев из асфальтобетона и цементобетона на дороге III категории, длина участка 1000 метров	172

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация занимает пятое место в мире по протяженности автомобильных дорог общего пользования. По информации Минтранса РФ общая протяженность федеральных, региональных и местных автодорог России на конец 2024 года составляла 1,58 миллиона километров, из них 66,2 тысячи (или 4,2%) – трассы федерального значения, 502,4 тыс. (31,8%) – регионального, 1 012,2 тыс. (64%) – местного¹. С каждым годом дорожная сеть расширяется. Растет со временем и количество автомобилей. Причем речь идет не только о легковых, но и о большегрузных транспортных средствах. Возрастают динамические характеристики транспортных средств, их скорость.

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

Вместе с тем, перед Российской Федерацией стоит задача по увеличению объема товаров, перевозимых автомобильным транспортом. А значит, проблема повышения «грузоподъемности» дорог актуальна как никогда. По данным ФАУ «РОСДОРНИИ», в России в настоящее время только 34% автомобильных дорог федерального значения и 4% регионального

¹ В 2025 году построят и обновят около 26 тысяч километров дорог // Официальный сайт «Российской газете». – URL: <https://rg.ru/2025/04/25/v-2025-godu-postroiat-i-obnoviat-okolo-26-tysiach-kilometrov-dorog.html> (дата обращения: 10.10.2025)

способны выдержать осевую нагрузку в 11,5 тонны. Большегрузам с соответствующими характеристиками доступно лишь 12% (8 640 км) протяженности магистралей, включенных в опорную сеть страны (такой вывод можно сделать на основе паспортов автомобильных дорог, а также с учетом оценки их технического состояния). Остальные дороги – в соотношении примерно 50/50 – рассчитаны на автомобили с нагрузкой на оси не более 10 и 6 тонн.

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

Актуальность рассмотрения вопроса о расширении использования цементобетонных покрытий в дорожном строительстве России обусловлена комплексом макроэкономических, технологических и отраслевых вызовов. В условиях реализации утвержденного шестилетнего плана дорожной деятельности до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 31 марта 2025 года №768-р) критически важным становится выбор конструктивных решений с минимальной совокупной стоимостью владения [1]. А высокая доля

автомобильного транспорта в структуре грузооборота (более 70% по данным Министерства транспорта РФ) превращает качество дорожной инфраструктуры в ключевой фактор, определяющий логистические издержки бизнеса и конкурентоспособность национальной экономики.

Жесткие дорожные одежды на основе цементобетона, регламентированные современными стандартами (включая ГОСТ Р 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции» [2], ПНСТ 1006-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Правила проектирования» [3]), предлагают иной подход к жизненному циклу объекта. Их эксплуатационно-технические преимущества – повышенная долговечность (30 лет) и износостойкость, увеличенные межремонтные интервалы (до 15 лет) и сниженные затраты на содержание и ремонт – напрямую отвечают на вызовы эффективности бюджетных расходов и устойчивости инфраструктуры. В среднесрочной перспективе это не только обеспечивает прямую экономию средств консолидированного бюджета, но и создает стимулирующие условия для развития смежных отраслей, прежде всего транспортно-логистического комплекса, формируя мультипликативный эффект для экономики в целом.

В современных условиях развитие дорожно-транспортной инфраструктуры должно основываться на современных практиках и технологиях, обеспечивающих эффективность бюджетных расходов и надежность объектов инфраструктуры.

Цель исследования – количественная оценка прямого и мультипликативного экономического эффекта для консолидированного бюджета Российской Федерации и экономики в целом от эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными на горизонте жизненного цикла.

Задачи исследования:

1. проанализировать зарубежный опыт строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями;

2. выявить и систематизировать преимущества строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе;

3. провести оценку бюджетных эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе;

4. провести оценку эффектов транспортно-логистического комплекса Российской Федерации и синергетических эффектов от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе;

5. провести оценку межотраслевых эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе;

6. осуществить экономическую интерпретацию значений показателей ключевых бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе.

В целях проведения исследования, ориентированного на оценку макроэкономических эффектов от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с асфальтобетонным, стоимость ключевых статей затрат (в т.ч. стоимость строительства, реконструкции, ремонта, капитального ремонта и пр.) оценивается на основе *агрегированного бенчмаркингowego метода*. Указанный метод опирается на укрупненные показатели стоимости, сформированные по данным утвержденных приказов Министерства строительства Российской Федерации, типовых смет, научно-исследовательских работ, а также других данных из открытых источников, отвечающих критериям сопоставимости и

релевантности. Выбранный метод обеспечивает необходимую сопоставимость сценариев, прозрачность допущений и достаточную точность проводимых расчетов.

Вместе с тем принимается во внимание, что с точки зрения действующей нормативно-правовой базы, опыта строительства и эксплуатации автомобильных дорог более точным способом определения стоимости конкретных объектов является *ресурсно-индексный метод*. Однако его применение предполагает наличие детализированных проектных решений, ведомостей объемов проводимых работ, конструкций дорожной одежды, а также выполнения полного комплекса сметных расчетов по каждому участку дороги, что является значимым ограничением для выбранного объекта исследования. Такие расчеты обеспечивают более высокую точность и возможны, как правило, на стадии подготовки и обоснования конкретных проектных решений строительства или реконструкции. Ресурсно-индексный метод целесообразно применять на следующих этапах работы, в т.ч. при подготовке пилотных проектов строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, для которых определены конкретизированные параметры участка дороги, включая климатические условия, геологические характеристики и иные необходимые исходные данные.

При этом практическим обоснованием соответствия ключевых исходных параметров агрегированного бенчмаркингowego метода результатам и выводам, полученных ресурсно-индексный методом являются выполненные научно-исследовательские работы «Технико-экономическое сравнение затрат на строительство, содержание и эксплуатацию нежесткой (асфальтобетонной) и жесткой (цементобетонной) дорожной одежды в периоды 12, 30 и 60 лет» (Институт «Стройпроект» (входит в АО «ГК Нацпроектстрой», 2025 год) [4] и «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2023 год) [5]. В НИР «Технико-экономическое

сравнение затрат на строительство, содержание и эксплуатацию нежесткой (асфальтобетонной) и жесткой (цементобетонной) дорожной одежды в периоды 12, 30 и 60 лет» проведено моделирование затратных сценариев и разработаны рекомендации по оптимальному выбору типа дорожного покрытия в зависимости от временного горизонта эксплуатации и условий использования. В НИР «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» представлены расчет и конструкции нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог I...III категорий для технико-экономического сравнения их эффективности для всех дорожно-климатических зон Российской Федерации на основе действующих нормативных документов и с использованием современных дорожно-строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации и одобренных к применению в рамках требований технического регламента таможенного союза. Результаты данных НИР используются для верификации построенных моделей оценки и полученных результатов в рамках настоящей НИР.

Новизна научной работы заключается в разработке и апробации методических подходов к оценке бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе и определении значений отдельных бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов для Российской Федерации от использования цементобетонных покрытий для автомобильных дорог федерального и регионального значения, строительство и реконструкция которых предусмотрена перечнем мероприятий по осуществлению дорожной деятельности в 2025-2030 годах, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2025 года №768-р [1], а также для всей опорной сети автомобильных дорог России.

1. Анализ мирового опыта строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями

1.1. Зарубежный опыт строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями

Согласно данным Ассоциации бетонных дорог России², в мире насчитывается более 50 стран с цементобетонными дорогами: США, Канада, Австралия, Новая Зеландия, Великобритания, Германия, Австрия, Чехия, Польша, Швеция, Норвегия, Япония, Китай, Турция, Пакистан, Кения и др. (Таблица 1.1). Исходя из приведенного списка, бетонные дороги строятся в странах с разным уровнем социально-экономического развития, с различными климатическими, географическими, погодными условиями. Анализ особенностей технологического процесса строительства дорог с цементобетонным покрытием представлен в Приложении А.

Таблица 1.1 – Сравнение протяженности автомобильных дорог, в том числе с цементобетонным покрытием, в различных странах

Страна	Протяженность дорожной сети, тыс. км	Автомагистрали		
		Всего, тыс. км	Включая цементобетонные, тыс. км	Доля цементобетонных дорог, от протяженности автомагистралей
США	6 787	150,4	120,0	79,79%
Китай	5 436	384	90,0	23,44%
Германия	830	16,3	5,0	30,67%
Австрия	131	2,3	1,2	52,17%
Казахстан	95	25	1,6	6,40%
Беларусь	87	15,9	0,9	5,66%
Россия	1 584	66,5	1,3	1,96%

Источник: составлено авторами по данным НО «Союзцемент»

С целью изучения мирового опыта строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями, включая анализ принципов выбора материалов для дорог, примеры эксплуатации бетонных дорог в различных

² Дороги из цементобетона: опыт и технологии // Официальный сайт «RoadConcrete». – URL: <https://roadconcrete.ru/press-center/smi/20180206/> (дата обращения: 03.10.2025)

климатических и экономических условиях, далее в исследовании представлен опыт различных стран по уровню социально-экономического развития, масштабу, климатическим условиям.

Отдельно представляется целесообразным изучить опыт строительства и эксплуатации цементобетонных дорог в странах СНГ, где во многом сохранились советские традиции строительства, высокие требования к технологиям, материалам и высококвалифицированным кадрам в строительной сфере. Особый интерес представляет опыт Казахстана и Белоруссии, где в настоящее время эксплуатируется большое количество цементобетонных дорог, и их доля в общей структуре автомобильных дорог существенно превышает российские показатели.

Опыт США

В США бетонные автомобильные дороги строятся с конца XIX века. Одной из первых стала дорога Корт Авеню в Бельфонтейн в штате Огайо, построенная в 1893 году. Первоначально к идее строительства бетонной дороги относились довольно скептически, поскольку технология производства бетона была относительно новой и не до конца изученной, грунтовые дороги казались более привычными, были пессимистические ожидания относительно долговечности бетонных дорог. Между тем, Корт Авеню в Бельфонтейне исправно прослужила несколько десятилетий без особых повреждений, суммарная стоимость ее ремонта за первые пятьдесят лет составила всего 1 400 долларов США.

В США при строительстве наиболее загруженных, дорог с высокой интенсивностью движения предпочтение отдается в основном цементобетонному покрытию в силу его долговечности и экономичности в плане содержания и ремонта. Средний срок службы бетонных дорог оценивается экспертами в 30-40 лет, при этом некоторые дороги эксплуатируются и после 60 лет со дня строительства.

Качество и долговечность цементобетонных автомобильных дорог в США обеспечивается за счет грамотного проектирования, качественных

строительных материалов, передовых инновационных технологий строительства, а также обеспечения строительного контроля на всех этапах проектирования и строительства автомобильных дорог.

Наиболее распространенным типом цементобетонного покрытия в США является покрытие с армированием швов, за счет которого срок службы автомобильных дорог существенно превышает проектные сроки. Для автомобильных дорог с высоким уровнем загруженности и интенсивности движения применяется технология сплошного армирования.

С точки зрения технологии при строительстве бетонных дорог в США в основном используется однослойное цементобетонное покрытие, за счет чего обеспечивается экономическая эффективность, сокращаются риски за счет более предсказуемого поведения дорожного полотна в течение всего срока службы. Опыт использования двухслойных покрытий, при которых в целях экономии использовались более дешевые вторичные материалы в нижнем слое, не принес значительных результатов, потому что вся экономия от использования более дешевых материалов нивелировалась возросшими трудозатратами на оборудование и внедрение технологии, при этом на практике долговечность покрытий не повысилась.

Необходимо отметить, что в США цементобетон используется для ремонта не только цементобетонных, но и асфальтобетонных автомобильных дорог, за счет усиления конструкции дополнительными слоями цементобетона. Также для ремонта цементобетонных дорог используется технология фрезерования алмазным инструментом, которая позволяет восстановить ровность поверхности дороги, сопротивление скольжению, поперечный профиль дороги, а также устраняет дефекты швов, колею на полосе, нарушения уклона стоков.

В США цементобетон используется не только для строительства дорожных покрытий, но и для тротуаров, бордюров, пешеходных дорожек.

По оценкам экспертов, доля цементобетонных дорог в США достигает порядка 65% от общего числа всех автомобильных дорог³.

По объему ежегодного производства цемента США занимают 4 место в мире с показателем 91 млн тонн в год (по данным за 2023 год), что составляет около 2,3% мирового объема производства цемента⁴.

Полезным инновационным решением при строительстве автомобильных дорог является закладка зарядных устройств для электромобилей в дорожное полотно. В настоящее время технологии проходят испытания. Согласно исследованиям американской компании GOMACO Corporation, бетонное покрытие в большей степени обеспечивает передачу заряда в электромобили, чем асфальтовое покрытие. Также необходимо отметить применение инновационных технологий в бетоукладочном оборудовании: новые магистральные бетоноукладчики с высокой степенью автоматизации процессов (автоматический расчет при укладке смеси в зависимости от уровня осадки конуса), использование технологии 3D-моделирования (экономия времени при укладке полотна в соответствии с запрограммированной 3-D моделью), механизмы бесконтактного контроля ровности дорожного полотна.

С целью поддержания ровности цементобетонных дорог, восстановления коэффициента сцепления и снижения шума на дороге в США еще с 1960-х годов почти во всех штатах применяется технология фрезерования (нанесение продольной текстуры полотна). В среднем соответствующая процедура проводится раз в 15 лет.

Кроме того, строительство дорог на Аляске существенно отличается от строительства в других штатах США. Несмотря на объективные сложности с логистикой и климатическими особенностями, бетонные дороги более экономически эффективны при длительной эксплуатации (в среднем срок

³ Почему дороги в России в основном делаются из асфальта, а в Америке – из бетона // Официальный сайт «Ferra.ru». – URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/pochemu-dorogi-v-rossii-v-osnovnom-delayutsya-iz-asfalta-a-v-amerike-iz-betona-17-01-2023.htm> (дата обращения: 13.10.2025)

⁴ Cement Production by Country // World Population Review. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/cement-production-by-country> (дата обращения: 03.10.2025)

службы бетонных дорог на Аляске составляет порядка 40-50 лет, асфальтовых дорог – 15-20 лет), повышенное сопротивление износу, включая автомобили с шипованной резиной и тяжелую технику, более редкий ремонт дорожного полотна по сравнению с асфальтовыми дорогами. Таким образом, можно сделать вывод о том, что строительство цементобетонной дороги на Аляске окупается в среднем через 15-20 лет после строительства (в том числе за счет экономии средств на ремонте), и на протяжении жизненного цикла 20-25 лет и больше становится более экономически выгоднее, чем строительство асфальтовых автомобильных дорог.

С точки зрения технологий при строительстве цементобетонных автомобильных дорог в экстремальных климатических условиях необходимо выделить следующие:

- усиления основания, проведение более глубокого дренажа с использованием щебня, геотекстиля, создание термостабилизирующего слоя с целью предотвращения сил морозного пучения грунтов;
- компенсация температурных расширений и трещин с использованием деформационных швов и армирования;
- применение термообработанного бетона, возможность строительства дороги на винтовых сваях;
- использование морозостойкого бетона, с применением низководного цемента, воздухововлекающих добавок;
- внедрение инновационных технологий: самовосстанавливающийся бетон с бактериями *Bacillus pseudofirmus*, использование 3D-печати определенных участков и сегментов дорог с целью ускорения строительства, строительство из белого цемента и фибробетона с целью снижения количества трещин и причин их образования.

Опыт Германии

Самая первая бетонная автомобильная дорога в Германии была построена в 1888 году в городе Бреслау. Первым автобаном из бетона стала магистраль между городами Кельн и Бонн, построенная в 1929-1932 гг.

Активное строительство бетонных автобанов в Германии началось еще в 30-е годы XX века, и некоторые из них эксплуатируются до сих пор. К примеру, участок автобана Берлин – Штеттин с оригинальным бетонным покрытием 1936 года постройки эксплуатируется в настоящее время, спустя почти 90 лет после открытия.

В части технических решений при строительстве дорог в Германии действует строгая стандартизация дорожных одежд. Нормативы по стандартизации дорожных одежд издаются немецким дорожностроительным научно-исследовательским обществом (FGSV) и обновляются каждые 12 лет. Толщина дорожного покрытия определяется исходя из ожидаемых нагрузок, пропускной способности, морозостойкости в зависимости от температурных особенностей региона.

Для бетонных дорог в Германии используется двухслойная технология устройства цементобетонных покрытий (использование двух видов бетона), устройство поверхности цементобетонных покрытий с обнаженным инертным заполнителем (технология «waschbeton»), которое имеет существенно лучшую сопротивляемость к истиранию и износу.

Технология «waschbeton», принятая в Германии в качестве основного стандарта строительства бетонных дорог в 2006 году, существенно увеличивает коэффициент сцепления, снижает уровень шума, обеспечивает повышенное сопротивление к истиранию, в том числе от шипованной резины. Технология также применяется в качестве стандарта в Чехии, Австрии, Польше и Венгрии.

За счет двуслойной технологии, с учетом достижения необходимых показателей истираемости, коэффициента сцепления, шумопонижения используется в 5,4 раза меньше высококачественного щебня и более дешевый бетон для нижнего слоя, что позволяет существенно сократить стоимость строительства. Благодаря технологии применение гравийной смеси и более дешевых щебней в нижнем слое не оказывает негативное воздействие на качество покрытия в целом, при этом позволяет использовать при

строительстве локальные, местные материалы, что значительно снижает расходы на логистику, а также стимулирует производство, создает рабочие места в регионе строительства.

В рамках содержания и ремонта цементобетонных покрытий проводится регулярный мониторинг состояния, замена швов (примерно раз в 10 лет), осуществляется своевременный ремонт локальных дефектов (сколы, трещины и др.). Для финансирования строительства цементобетонных дорог зачастую используется механизм государственно-частного партнерства: за последние 10 лет было реализовано более 10 проектов общей стоимостью более 15 млрд евро, было построено более 670 км автомобильных дорог.

Современные технологии строительства и ремонта цементобетонных покрытий в Германии позволяют создавать объекты дорожной инфраструктуры с высокими техническими характеристиками, с длительным сроком службы и низкими эксплуатационными затратами.

Опыт Канады

В Канаде бетонные дороги начали строить в начале XX века, причем в большей степени их строили в регионах с тяжелыми климатическими условиями – в провинциях Квебек, Онтарио, Альберта. Активное строительство цементобетонных дорог началось после Второй мировой войны. Пик строительства цементобетонных дорог пришелся на 1950-1970 годы.

В настоящее время общая протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием в Канаде составляет порядка 1 млн километров, доля цементобетонных дорог составляет от 10 до 15%, при этом в провинциях Квебек, Онтарио, Альберта этот показатель составляет от 20 до 30%.

Канада отличается суровым климатом и особенностями эксплуатации, которые должно выдерживать дорожное покрытие: в дополнение к сильным морозам (вплоть до 40°C) и циклическим переходам через 0°C с замораживанием и оттаиванием дорожного полотна существует проблема высоких нагрузок от грузового транспорта.

В Канаде при строительстве цементобетонных дорог используются передовые инновационные материалы и технологии: используется бетон с воздухововлекающими добавками и фибробетон с полимерными и стальными волокнами; применяется технология двухслойного устройства цементобетонных покрытий с использованием более дешевых материалов для нижнего слоя и более дорогого, высокопрочного бетона для верхнего слоя; технологии Continuously Reinforced Concrete Pavement (далее – CRCP) – полностью армированное бетонное покрытие по всей его длине для обеспечения долговечности и прочности конструкции; проектирование и укладка дорожного покрытия с использованием технологии 3D-моделирования и автоматизации; использование системы датчиков в бетоне, позволяющих в автоматическом режиме сигнализировать о появляющихся деформациях, трещинах, и др. Соответствующие технологии использовались при строительстве автомагистрали Highway 401 в провинции Онтарио, бетонных дорог в Квебеке.

Также в отдельных проектах в Канаде применяются технологии наномодифицированного бетона с добавлением SiO_2 для увеличения прочности, экобетона (частичная замена цемента на золу и шлак), использование цифровых двойников дорог для моделирования конструкции и прогнозирования будущего износа.

Опыт Китая

Согласно данным Ассоциации бетонных дорог, доля автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в Китае достигает 50%⁵. При строительстве дорог высокой и средней категории доля цементобетонного покрытия составляет порядка 40%, а для дорог низкой категории – 84%⁶. Бетон используется в силу простоты укладки, прочности, лучшей устойчивости и несущей способности, минимального негативного воздействия на окружающую среду, а также прочности и возможности использования в

⁵ Дорожная карта приводит Россию к цементобетону // Официальный сайт «КС Онлайн». – URL: <https://ksonline.ru/367333/dorozhnaya-karta-privodit-rossiyu-k-tsementobetonu/> (дата обращения: 03.10.2025)

⁶ Li Xuebin. – URL: <https://stf-nso.ru/upload/.../Li-Syuebin.pptx> (дата обращения: 03.10.2025)

любых климатических зонах. В южных регионах страны, в которых преобладает влажный климат, выбор в пользу цементобетонных дорог делается в силу устойчивости поверхности к влаге. Также чаще используется бетон при строительстве дорог с высокой загруженностью в силу интенсивного транспортного потока и серьезной нагрузки на покрытие от большегрузной техники.

Помимо непосредственно построенных дорог, китайским компаниям, занимающимся строительством цементобетонных дорог, удалось нарастить компетенции в строительстве, освоить и внедрить передовые инновационные технологии и современную строительную технику: гидравлические вибраторы, трамбующий брус, скользящие опалубки, формы и поперечный выглаживатель, датчики направления укладки и датчики нивелирования для обеспечения ровности дорожного покрытия. Также к используемым инновациям стоит отнести высокопрочный бетон с добавками нанокремнезема, армирование стальной фиброй и внедрение технологии «белого покрытия», в рамках которой слой бетона укладывается сразу на старый слой асфальта, без демонтажа предыдущей конструкции. Кроме того, планируется внедрение технологии зеленого бетона, при которой вместо части цемента будет использоваться зольная пыль и шлаки для сокращения выбросов углекислого газа.

Опыт Швеции

Цементобетонные дороги в Швеции строятся с середины XX века. В 1960 – 1970-х годах были реализованы первые масштабные проекты по бетонному автодорожному строительству, в том числе отдельные участки магистрали Е4, которая проходит практически по территории всей страны.

Суровый холодный климат Швеции накладывает свои условия и ограничения на строительство автомобильных дорог, поэтому с появлением технологий высокопрочного бетона в 1980-1990-х годах при строительстве автомобильных дорог зачастую выбор был сделан в пользу цементобетонного покрытия.

В настоящее время доля участков с цементобетонным покрытием на автомагистралях Швеции составляет порядка 30%, на городских дорогах – порядка 15%, акцентируясь, прежде всего, на участках с высоким уровнем нагрузки. Порядка 80% мостов и дорожных развязок построены из цементобетона в силу их прочности, долговечности и устойчивости к вибрациям и деформациям⁷.

Для строительства цементобетонных дорог в суровом климате Швеции применяются следующие передовые технологии:

- морозостойкий бетон с добавлением воздухововлекающих добавок для защиты от замораживания и последующего оттаивания;
- армирование стальными волокнами с целью уменьшения количества трещин (к примеру, технология использовалась при строительстве трассы Гетеборг-Мальме, ожидаемый срок эксплуатации трассы вырос до 50 лет);
- внедрение технологии самоуплотняющегося бетона (использовался при строительстве участка трассы E4 Stockholm Bypass (Förbifart Stockholm);
- встроенные системы подогрева бетонного покрытия для борьбы с обледенением (аэропорт Arlanda).

В качестве перспектив развития технологий при строительстве будут применяться следующие механизмы и инновации:

- использование экологичного бетона с примесями золы и шлаков с целью сокращения вредных выбросов;
- внедрение двухслойной технологии бетона с более дешевым нижним слоем и более дорогим, прочным верхним слоем;
- внедрение датчиков мониторинга состояния цементобетонных автомобильных дорог;
- использование фотоэлектрического бетона с целью генерации энергии.
- армирование с использованием углеводородного волокна с целью сокращения выбросов углекислого газа на 65%.

⁷ Trafikverket – Swedish Transport Administration. – URL: <https://www.trafikverket.se/> (дата обращения: 14.10.2025)

Опыт Белоруссии

По данным на 2024 год, общая протяженность автомобильных дорог в Белоруссии составляет 87 тысяч километров, доля дорог с цементобетонным покрытием составляет всего 1,5% (1350 километров).⁸ Первая бетонная дорога длиной 250 километров, соединяющая города Гомель и Кобрин, была построена в 1957 году. Расцвет строительства цементобетонных дорог в Белоруссии пришелся на 1980-е годы, основным объектом стало строительство участка автомобильной дороги Москва – Минск – Брест, приуроченное к Олимпийским играм 1980 года. После 1980-х годов строительство бетонных дорог в Белоруссии практически прекратилось.

В качестве технических инноваций при строительстве цементобетонных дорог в Белоруссии применяются: бетоноукладчики со скользящими формами, мобильные бетоносмесительные установки мощностью 120 м³/ч, использование цементобетонного покрытия типа «мытый бетон»: оголение крупного заполнителя создается частицами щебня для появления микро- и макро-шероховатости, за счет которой удастся добиться сопротивления скольжению, а также снизить уровень шума для различных категорий транспортных средств на величину 0,1-0,7 дБА.

При строительстве автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в Белоруссии применяется стандарт, содержащий четкую последовательность процедур строительства:

- проведение подготовительных работ;
- установка копирных струн или наладка 3D-системы нивелирования;
- подготовка рабочего шва и устройство начального участка;
- укладка бетонной смеси (доставка приготовленной смеси к месту укладки, распределение смеси, формование и уплотнение конструктивных слоев покрытия, армирование швов, окончательная отделка поверхности верхнего слоя покрытия);

⁸ О преимуществах цементобетонных дорог рассказали в Минтрансе // Официальный сайт «Белта». – URL: <https://belta.by/society/view/o-preimuschestvah-tsementobetonnyh-dorog-rasskazali-v-mintranse-671276-2024/> (дата обращения: 14.10.2025)

- нанесение искусственной шероховатости и пленкообразующего материала;
- нанесение вторичной защиты (гидрофобизация) поверхности цементобетонного покрытия;
- проведение заключительных, отделочных работ.

Среди положительных эффектов строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием эксперты отмечают:

- высокую прочность, в том числе способность пропускать тяжелые осевые нагрузки, что актуально для большого объема грузоперевозок через страну;
- отсутствие негативных воздействий, разрушений дорожного полотна в осенне-весенний, жаркий летний и холодный зимний периоды;
- более высокий срок службы цементобетонных дорог по сравнению с асфальтобетонными (отсутствие необходимости ямочного ремонта, поддержание формы при значительных перепадах температур, в том числе при сильных морозах), отсутствие колеиности, ям и выбоин;
- экономичность строительства, возможность использования местных локальных строительных материалов, отсутствие зависимости от импортных комплектующих и сырья;
- повышение уровня безопасности, высокое сопротивление скольжению, лучшая освещенность по сравнению с асфальтобетонными поверхностями.

Опыт Казахстана

История цементобетонных дорог в Казахстане берет начало с 1960-1970-х годов, когда были построены первые такие автомобильные трассы, а также отдельные участки дорог в промышленных зонах и путях подъезда к ним. В качестве примера можно привести автомобильную трассу Алма-Ата – Фрунзе – Ташкент, отдельные участки которой были построены из цементобетона.

В рамках совершенствования технологий и качества используемых материалов, для решения текущих проблем цементобетонных автомобильных

дорог в Казахстане в последние годы применяются следующие передовые технологии⁹:

- 1) Изменение технологического процесса укладки смеси с усилением вибрации с целью уплотнения бетонной смеси широко, снижения содержания воздушных пустот и усиления верхнего слоя бетонного покрытия дорог;
- 2) Внедрение различных технологий с целью снижения шума на цементобетонных дорогах:
 - а) технология формирования фактуры поверхности бетона в виде полусфер, обладающих наибольшим эффектом рассеяния звуковых волн, которые максимально отражают волны в различных направлениях;
 - б) технология «мытый бетон», представляющая собой фактуру, аналогичную предлагаемому рифлению поверхности с помощью прикатного валика, сопоставимую с асфальтобетонной поверхностью.
- 3) Нанесение поперечных насечек с использованием прикатного валика для нанесения шероховатости на бетонную поверхность с целью увеличения сцепления с трассой, исключения боковых заносов;
- 4) Использование фибробетона с добавлением стальных и полипропиленовых волокон с целью снижения образования трещин и увеличения срока эксплуатации трассы без дополнительного ремонта;
- 5) Внедрение бесшовных технологий CRCP, морозостойких добавок (преимущественно для дорог, находящихся в регионах с резко-континентальным климатом).

Таким образом, по итогам анализа зарубежного опыта строительства цементобетонных дорог в различных странах позволяет говорить о том, что строительство дорог из бетона активно ведется в том числе в странах со сложными климатическими условиями, при значительных минусовых температурах в зимний период. Как показывает практика Швеции, Канады, Аляски (США), северных районов Китая, цементобетонное покрытие, при

⁹ Технологические особенности строительства цементобетонных покрытий // Официальный сайт «RoadConcrete». – URL: <https://roadconcrete.ru/press-center/articles/tekhnologicheskie-osobennosti-stroitelstva> (дата обращения: 12.11.2025)

условии тщательного проектирования и использования технологий морозостойкого бетона, самовосстанавливающегося бетона и др., выдерживает значительные нагрузки, сильные холода и является более прочным покрытием на протяжении длительного жизненного цикла по сравнению с асфальтобетонным дорожным покрытием.

При расчете жизненного цикла автомобильных дорог цементобетонное покрытие становится более финансово эффективным при более длительном сроке эксплуатации. Это обусловлено большей прочностью конструкции, меньшему разрушению и, как следствие, более редкому ремонту по сравнению с асфальтовыми дорогами.

Кроме того, за счет внедряемых инноваций увеличивается прочность и долговечность конструкций, морозоустойчивость и сохранение целостности конструкции при переходе через 0°C с замораживанием и оттаиванием дорожного полотна, обеспечивается экологичность производства, обеспечивается возможность самовосстановления полотна, увеличивается сцепление автомобилей с дорогой, повышается светоотраженность поверхности, снижается уровень шума и др. Дальнейшее развитие технологий позволит сделать цементобетонные дороги еще более прочными, долговечными и экономически более выгодными.

1.2. Возможности строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в Российской Федерации и существующий опыт реализации подобных проектов

Опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями на территории Российской Федерации

С 2007 по 2024 гг. на территории Российской Федерации реализованы или находятся на этапе реализации ряд проектов по строительству и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями (Таблица 1.2). Общая протяженность построенных цементобетонных дорог в

России по состоянию на 2024 год по различным оценкам составляет около 1 300 км¹⁰.

Таблица 1.2 – Реализованные и реализуемые проекты по строительству автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями на территории РФ

Объект	Протяженность, км	Период строительства	Подрядчик/Заказчик
Северный обход г. Новосибирска (I категория)	27	2007-2011	АО «Новосибирскавтодор»
М-4 «Дон» км 52-71	19	2009-2011	ОАО «Трансстроймеханизация»
М-60 «Уссури» км 28+750-36+000, Хабаровский край	7,25	2010	ФГУ ДСД «Дальний Восток»
М-5 «Урал» км 1790+358-1799+280, Челябинская обл.	8,9	2010	ФКУ Упрдор «Южный Урал»
А-350 Чита-Забайкальск (III категория)	61,7	2013-2018	АО «Новосибирскавтодор», «Спецстрой»
Р-254 «Иртыш» км 1392-1422, Новосибирская обл.	30	2014-2016	АО «Новосибирскавтодор»
Р-22 «Каспий» км 922-932, Волгоградская обл.	10	2017	АО «Донаэродорстрой»
Р-255 «Сибирь» км 1545-1555, Иркутская обл.	10	2020-2022	ООО «Сибна»
Вишневое-Гусево, Калининградская обл.	1,8	2020	ГПСК «Возрождение»
Р-256 «Чуйский тракт» км 216-233, Алтайский край	17	2019-2022	ООО «Стройсервис»
Восточный обход Новосибирска (I-Б, 24 см ЦБ)	80	2021-2027	АО «Новосибирскавтодор»
Владивосток — Находка — порт Восточный (обход г. Артем)	13,5	2014-2016	АО «Трансстроймеханизация»

Источник: составлено авторами на основе данных, предоставленных НО «Союзцемент»

¹⁰ Перспектива строительства цементобетонных дорог в России // Официальный сайт «Betonly». – URL: <https://betonly.ru/stati/perspektiva-stroitelstva-cementobetonnyh-dorog-v-rossii.html> (дата обращения: 07.10.2025)

Успешный опыт эксплуатации цементобетонных покрытий в российской практике может быть проиллюстрирован рядом объектов. Так, на участке Северного обхода Новосибирска (период эксплуатации 2011-2024 гг.) отмечается длительный срок службы покрытия (около 13 лет) при сохранении эксплуатационных характеристик и отсутствии потребности в проведении ремонтных мероприятий^{11,12,13}. Аналогично, на отдельных участках автомобильной дороги Р-254 «Иртыш» в течение 8-10 лет эксплуатации фиксируется ограниченная интенсивность износа; также указывается отсутствие выраженной колейности, что позволяет рассматривать данный объект как пример стабильной работы^{14,15} покрытия при транспортных нагрузках [6].

Нормативно-техническая документация

В настоящее время в распоряжении проектных и дорожно-строительных организаций имеется необходимая научно-техническая и нормативно-методическая база, обеспечивающая разработку проектных решений и выполнение работ по устройству слоев оснований и покрытий автомобильных дорог. В развитие указанной базы введены в действие национальные стандарты, закрепляющие требования к бетонным смесям, применяемым при устройстве слоев оснований и покрытий автомобильных дорог:

1. ГОСТ Р 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции» [2];

¹¹ Северный обход г. Новосибирск // Официальный сайт Ассоциации бетонных дорог. – URL: <https://roadconcrete.ru/project/severnyi-obkhod-g-novosibirsk/> (дата обращения: 07.10.2025)

¹² Капремонт на Р-254: как изменится Северный обход Новосибирска // Официальный сайт сетевого издания «RusCable». – URL: https://www.ruscable.ru/news/2025/11/05/Kapremont_na_R-254_kak_izmenitsya_Severnyj_obhod_N/ (дата обращения: 07.10.2025)

¹³ Главгосэкспертиза одобрила проект капремонта Северного обхода Новосибирска // Официальный сайт сетевого издания «Комсомольская правда». – URL: <https://www.nsk.kp.ru/online/news/6655607/> (дата обращения: 07.10.2025)

¹⁴ На трассе «Иртыш» под Новосибирском скорость движения увеличится до 120 км/ч // Официальный сайт общества с ограниченной ответственностью «Новосибирск Медиа». – URL: <https://infopro54.ru/news/na-trasse-irtysh-pod-novosibirskom-skorost-dvizheniya-uvelichitsya-do-120-kmch/> (дата обращения: 23.10.2025)

¹⁵ Асфальтобетон или цементобетон: какое покрытие больше подходит для сибирских дорог? // Официальный сайт сетевого издания «Контент Сибирь». – URL: <https://ksonline.ru/503352/asfaltobeton-ili-tsementobeton-kakoe-pokrytie-bolshe-podhodit-dlya-sibirskih-dorog/> (дата обращения: 23.10.2025)

2. ПНСТ 1006-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование жестких дорожных одежд» [3];

3. ГОСТ Р 59300-2021 «Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия» [7];

4. ГОСТ Р 59301-2021 «Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний» [8];

5. ГОСТ Р 59302-2021 «Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Правила подбора состава» [9];

6. ГОСТ Р 70362-2022 «Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия» [10];

7. ГОСТ Р 70363-2022 «Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний» [11];

8. ГОСТ Р 70364-2022 «Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ» [12].

Дополнительно утверждены национальные стандарты, устанавливающие требования к стабилизированным и укрепленным неорганическими вяжущими грунтам, а также к щебеночно-гравийно-песчаным смесям, обработанным неорганическими вяжущими:

1. ГОСТ Р 70196-2022 «Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия» [13];

2. ГОСТ Р 70452-2022 «Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими» [14];

3. ГОСТ Р 70455-2022 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими» [15].

Стандарты по холодному ресайклингу:

1. ГОСТ Р 70197.1-2022 «Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия» [16];

2. ГОСТ Р 70197.2-2022 «Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Методы испытаний» [17];

3. ГОСТ Р 70197.3-2022 «Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Правила производства работ» [18].

Таким образом, действующая система национальных стандартов охватывает ключевые элементы технологической цепочки, включая типовые конструктивные решения и проектирование жестких дорожных одежд, требования к материалам, методам испытаний и регламентам производства работ, а также к решениям по укреплению оснований (стабилизации и укреплению грунтов, применению смесей, обработанных неорганическими вяжущими) и к технологиям холодной регенерации (cold recycling), предусматривающим восстановление конструктивных слоев дорожной одежды путем фрезерования (измельчения) существующих асфальтобетонных слоев с последующим смешением полученного материала с вяжущими и иными добавками для формирования нового слоя с заданными характеристиками.

Вместе с тем сохраняется потенциал для дальнейшего совершенствования нормативной базы в части формирования и актуализации федеральной сметно-нормативной системы, включая разработку сметных нормативов с учетом внедрения новых технологий строительства, технологических и конструктивных решений, а также современных материалов, изделий, конструкций, оборудования и машин. К числу первоочередных задач относятся подготовка расценок на фрезерование цементобетона, гидрофобизацию покрытий, шлифование, устройство текстуры по технологии «waschbeton», применение фибробетона и иные специальные работы. Отсутствие соответствующих расценок на работы и материалы затрудняет корректное отражение их стоимости в сводном сметном расчете и, тем самым, может выступать существенным организационно-экономическим барьером для более широкого применения цементобетонных решений.

Среди перспективных направлений совершенствования нормативно-технической документации можно выделить:

1. Внесение изменений в ГОСТ Р 59201-2021 «Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические условия» – необходимо дополнить особенности выполнения работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями [19].

2. Включение в план научно-технических исследований Росавтодора разработку ОДМ по технико-экономическому обоснованию выбора конструкций дорожных одежд с учетом жизненного цикла.

3. Актуализация сметных нормативов:

- Расценки на дорожный бетон класса Btb;
- Расценки на фрезерование цементобетона;
- Расценки на гидрофобизацию покрытий;
- Расценки на устройство текстуры покрытия (по технологии waschbeton);
- Расценки на материалы: гидрофобизаторы, герметики;
- Расценки на устройство двуслойных цементобетонных покрытий;
- Расценки на содержание и ремонт автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями.

4. Внесение изменений в Постановление Правительства РФ от 30.05.2017 года №658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения» – корректировки должны учитывать особенности жестких и нежестких одежд (межремонтные сроки, технологии строительства, содержания и ремонта, сравнение затрат в условиях жизненного цикла) [20].

5. Перевод национальных стандартов в межгосударственные, для возможности применения в ЕАЭС:

- ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия» [13];
- ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия» [16].

Потенциал строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями на территории Российской Федерации

В соответствии с приказом Минстроя России от 5 марта 2025 года №127/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства» (НЦС 81-02-08-2025, Сборник № 08 «Автомобильные дороги») [21] сопоставление укрупненных стоимостных показателей для автомобильных дорог I-II категорий позволяет заключить, что стоимость строительства 1 км дороги с цементобетонным покрытием, как правило, ниже стоимости аналогичного по техническим характеристикам участка с асфальтобетонным покрытием (в среднем порядка 8-10%).

В отчете Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) о научно-исследовательской работе на тему «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог в условиях Кемеровской области» [22] проведено назначение и расчет конструкций дорожных одежд для дорог II, III и IV категорий в Кемеровской области. При конструировании верхней части земляного полотна и дорожных одежд использованы наиболее передовые и широко апробированные на практике материалы, и технологии. Экономическая оценка вариантов конструкций дорожных одежд проведена ресурсно-индексным методом на основе федеральных единых расценок. По результатам научно-исследовательской работы можно отметить, что практически во всех случаях вариантного сравнения экономически более выгодными являются

конструкции дорожных одежд с монолитными цементобетонными покрытиями.

Наиболее эффективными конструкциями дорожных одежд для II категории автомобильных дорог в Кемеровской области являются жесткие дорожные одежды с цементобетонным покрытием толщиной 24 см на основании из укатываемого бетона толщиной 15 см и нижним слоем основания из щебеночной смеси толщиной 15 см. Стоимость капитальных затрат этой конструкции дорожной одежды на 17,3% ниже, по сравнению с капитальными затратами нежесткой дорожной одежды.

Наиболее эффективными конструкциями дорожных одежд для III категории автомобильных дорог являются жесткие дорожные одежды с цементобетонным покрытием толщиной 22 см на основании из укатываемого бетона толщиной 15 см и нижним слоем основания из щебеночной смеси толщиной 15 см. Стоимость капитальных затрат этой конструкции дорожной одежды на 14,4% ниже, по сравнению с капитальными затратами нежесткой дорожной одежды.

Наиболее эффективными конструкциями дорожных одежд для IV категории автомобильных дорог являются жесткие дорожные одежды с цементобетонным покрытием толщиной 22 см на основании из органо-минеральной смеси толщиной 15 см и нижним слоем основания из щебеночной смеси толщиной 15 см. Стоимость капитальных затрат этой конструкции дорожной одежды на 11% ниже, по сравнению с капитальными затратами нежесткой дорожной одежды.

В отчете о научно-исследовательской работе «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» [5] проведено назначение и расчет вариантов дорожных одежд для дорог I...III категорий в наиболее вероятных условиях их эксплуатации разных регионов России. При конструировании верхней части земляного полотна и дорожных одежд использованы наиболее передовые и широко апробированные на практике

материалы и технологии. Экономическая оценка вариантов дорожных одежд проведена базисно-индексным методом на основе федеральных единых расценок. По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно отметить, что практически во всех случаях вариантного сравнения экономически более выгодным является конструкция с монолитным цементобетонным покрытием (см. далее).

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

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

Для Ленинградской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в

стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 7,46% до 22,82%. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

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

Для Свердловской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 8,07% до 22,23%. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Для Приморского края сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м²

показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 2,78 % до 17,78 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Для Пензенской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 10,21% до 19,46%. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Для Самарской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 9,97% до 21,79%. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Для Оренбургской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшее разницу в стоимости за 1 м²

показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для II категории. Относительное различие составило от 10,88% до 19,02%. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

Для Астраханской области сметная стоимость жестких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежестких дорожных одежд. Наибольшую разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог III категории, наименьшую – для II категории. Относительное различие составило от 1,64% до 10,99%. Не очень существенное различие в стоимости объясняется довольно близкими суммарными толщинами асфальтобетонных слоев и цементобетонного покрытия. Такой результат связан с применением вязких марок битума для асфальтобетонных смесей в регионе страны с очень высокими и за сезон суммарно продолжительными летними температурами.

Соответствующие результаты НИР также подтверждаются данными ООО «РосИнсталПроект» при реализации проекта «Строительство и реконструкция участков автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией. Строительство автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией на участке Новосибирск – Линево (3 этап км 34+000 – км 49+000), Новосибирская область»¹⁶, в рамках вариантного рассмотрения конструкций дорожной одежды выполнено сопоставление стоимости 1 м², рассчитанной ресурсно-индексным методом в ценах IV квартала 2024 г. По результатам указанного расчета стоимость

¹⁶ «Строительство и реконструкция участков автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией. Строительство автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» Новосибирск – Барнаул – Горно-Алтайск – граница с Монголией на участке Новосибирск – Линево (3 этап км 34+000 – км 49+000), Новосибирская область» // РосИнсталПроект. – 2025.

жестких дорожных одежд с цементобетонным покрытием оценивается как более низкая по сравнению с нежесткими конструкциями с асфальтобетонным покрытием; заявляемая величина различия составляет в отдельных вариантах до 30%.

Техническая оснащенность организаций

В Российской Федерации функционируют организации, располагающие квалифицированным персоналом и практическим опытом устройства цементобетонных покрытий автомобильных дорог, а также соответствующей производственно-технической базой и современным парком машин, что обеспечивает готовность к применению и внедрению актуальных технологических решений (Таблица 1.3). Таким образом, обеспеченность компаний специалистами которые обладают необходимыми компетенциями в области проектирования и производства работ с использованием цементобетонных технологий, а также современными техническими средствами и технологиями¹⁷, является достаточной для реализации планов по строительству и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями [23].

Таблица 1.3 – Основные подрядчики с техникой для строительства цементобетонных дорог

Организация	Оборудование	Опыт реализации проектов
ООО «Трансстроймеханизация» (ООО «ТСМ»)	Техника для профилирования, бетоноукладчики	М-4 «Дон», М-11 «Нева», аэропорты
АО «Центродорстрой»	Бетоноукладчики GOMACO	Проекты в Индии, РФ
АО «Донаэродорстрой»	GOMACO 4400	Р-22 «Каспий» (922-932 км)
ООО «СтройДорСервис»	2 комплекта с контролем ровности	Якутия
АО «Новосибирскавтодор»	Несколько комплектов	Северный обход Новосибирска, Р-254

¹⁷ В Российском Союзе строителей обсудили перспективы строительства цементобетонных дорог в России // Официальный сайт российского союза строителей. – URL: https://omorrss.ru/press-center/novosti/novosti_rss/v_rossiyskom_soyuze_stroiteley_obsudili_perspektivy_stroitelstva_tsementobetonnykh_dorog_v_rossii/ (дата обращения: 14.12.2025)

ООО «СМК «Мирастрой»	Бетоноукладчики GOMACO	Р-297 «Амур» Чита – Хабаровск, аэропорты
----------------------	------------------------	--

Источник: составлено авторами на основе данных, предоставленных НО «Союзцемент»

Так, например, ООО «Трансстроймеханизация» (ООО «ТСМ») имеет в распоряжении технику для профилирования подстилающих слоев дорожной одежды, обеспечивающая выведение каждого слоя на проектные отметки с соблюдением продольных и поперечных уклонов. Применение такого оборудования способствует более точному соблюдению геометрических параметров конструкции и рациональному расходованию инертных материалов (песка, щебня) за счет снижения перерасхода и последующего использования излишков при формировании подстилающих слоев. В рамках реализации проектов предприятия выполнялись работы, включающие, помимо прочего, устройство цементобетонных покрытий. В их числе – строительство и реконструкция аэропортов острова Сахалин, городов Сочи, Хабаровск, Владивосток, Петропавловск-Камчатский, Нижний Новгород, Норильск, Воронеж, Ростов-на-Дону, Уфа, Геленджик, Луховицы, а также московских воздушных гаваней Шереметьево (искусственные взлетно-посадочные полосы 2 и 3, терминал D), Шереметьево-2, Внуково. Также ООО «ТСМ» выполняло работы на трассах М-11 «Нева» (15-58 км, 1, 2, 4 и 6 этапы, пункты взимания платы), М-4 «Дон» (57-71 км, пункты взимания платы), на автодороге Владивосток – Находка и дублере Курортного проспекта в Сочи (тоннели)¹⁸.

АО «Центродорстрой» (АО «ЦДС») осуществляло строительство магистрали с цементобетонными покрытиями в Индии с применением бетоноукладочного оборудования GOMACO, а в последующие годы выполняло большой объем работ по возведению автодорог различных категорий, мостов, путепроводов, по строительству и реконструкции

¹⁸ Наши объекты – Автодорожное строительство // Официальный сайт ООО «Трансстроймеханизация». – URL: <https://tsm.ru/objects/avtodorozhnoe-stroitelstvo/> (дата обращения: 07.11.2025)

аэропортов в городах Москва, Калуга, Иваново, Санкт-Петербург, Челябинск, Калининград¹⁹.

Отметим также проекты АО «Донаэродорстрой», выполнившего реконструкцию 11-километрового участка четырехполосной автодороги Р-22 «Каспий» (922-932 км) с устройством покрытия из цементобетона толщиной 25 см. На этом же участке оборудовано разделительное ограждение из монолитного цементобетона в скользящей опалубке с применением бетоноукладчика 4400 GOMACO. В 2022 году завершилось устройство покрытия из цементобетона толщиной 25 см уже на втором участке автодороги Р-22 (с 903 по 922 км)²⁰.

Наряду с организациями, имеющими длительный опыт реализации подобных проектов, в отрасли отмечается вовлечение новых участников. Так, ООО «СтройДорСервис» (Республика Саха (Якутия)) использует два бетоноукладочных комплекта и иные специализированные машины; при этом заявляется применение оборудования с функцией контроля ровности укладываемого материала, что может рассматриваться как пример внедрения современных средств технологического контроля при устройстве цементобетонных покрытий [24].

Опыт строительства цементобетонных покрытий, необходимую технику и квалифицированный персонал имеют также компании ППК «Военно-строительная компания» (г. Москва), АО «СУ-288» (г. Санкт-Петербург), НП «ГПСК «Возрождение» (г. Санкт-Петербург), ООО «СМТ-11» (г. Сочи), ООО «Союзспецстрой» (г. Воронеж), ООО «Модуль Инжиниринг» (г. Москва), ООО «Альянс-сервис» (г. Белгород) и другие.

Ассоциацией по развитию дорожного цементобетона и цементобетонных покрытий проведен анализ уровня оснащенности подрядных организаций бетоноукладочным оборудованием. Современные

¹⁹ Официальный сайт АО «ЦДС». – URL: <https://aocds.ru/completed-objects/> (дата обращения: 07.11.2025)

²⁰ Работы на автодорожных объектах Волгоградской области проинспектировал начальник ФКУ Упрдор Москва-Волгоград Юрий Сорокин // Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации : Федеральное дорожное агентство. – URL: <https://mv.rosavtodor.gov.ru/department/press-center/novosti/570611> (дата обращения: 07.11.2025)

технологии устройства цементобетонных покрытий во многом опираются на применение бетоноукладочных комплексов производителей GOMACO (США) и Wirtgen Group (Германия). Такие машины, как правило, оснащены высокоточными бетонно-смесительными установками и интегрируются с решениями для точного обеспечения геометрии укладки, а также предусматривают технологические операции, связанные с нарезкой и последующей герметизацией швов, в том числе с использованием полимерных материалов. По оценкам экспертов отрасли, в России активно работает около 50 бетоноукладочных комплексов, что во много соответствует текущим потребностям отрасли²¹. При этом производственные мощности могут быть существенно расширены, развивается сотрудничество с китайскими производителями в части локализации в России строительства бетоноукладочных комплексов²².

Помимо основных бетоноукладочных комплексов, в российской дорожной отрасли сформирован развитый парк вспомогательного оборудования, обеспечивающего полный технологический цикл работ по устройству цементобетонных покрытий. В частности, согласно расчетам аналитиков DISCOVERY Research Group в стране функционирует 572 бетонно-смесительных завода различной производительности, в том числе с оборудованием отечественных производителей (например, СТ-Машин, ZZBO (Златоустовский завод бетоносмесительного оборудования), «Монолит 74» и др.)²³. Указанные установки обеспечивают выпуск бетонных смесей в диапазоне ориентировочно от 60 до 240 м³/ч и, как правило, предусматривают автоматизацию производственного процесса и точное дозирование компонентов, что имеет принципиальное значение для стабильности качества смеси. Дополнительно для формирования требуемой текстуры поверхности и

²¹ Дорога повышенной прочности: почему цементобетонные трассы лучше асфальтовых // Официальный сайт сетевого издания «Строительная газета». – URL: <https://stroygaz.ru/publication/materials/doroga-povyshennoy-prochnosti-pochemu-tsementobetonnye-trassy-luchshe-asfaltovykh/> (дата обращения: 10.11.2025)

²² Российские дороги укрепят цементом // Официальный сайт сетевого издания «Независимая газета». – URL: https://www.ng.ru/economics/2023-10-18/100_152817102023.html (дата обращения: 10.11.2025)

²³ Анализ рынка заводов бетонных в России // Официальный сайт PressRelease. – URL: https://www.press-release.ru/branches/stroit/_06_08_2025_18_06/ .

обеспечения нормативного коэффициента сцепления применяются специализированные текстурировщики (финишеры); по приведенным данным, доступно порядка 20 единиц оборудования производства GOMACO и Wirtgen²⁴.

Отдельным элементом технологической оснащенности дорожной отрасли является парк ресайклеров, применяемых для укрепления и стабилизации грунтов. По имеющимся данным, в эксплуатации находится более 50 таких машин, преимущественно производства Wirtgen (Германия) и UMG (Россия) [25]. Использование ресайклеров обеспечивает реализацию технологий холодной регенерации и стабилизации с применением минеральных вяжущих, что позволяет формировать прочные основания дорожных конструкций с использованием местных материалов и, тем самым, снижать часть логистических издержек.

Членами Ассоциация по развитию дорожного цемента и цементобетонных покрытий являются следующие проектные организации:

- АО «Институт «Стройпроект»;
- АО «Союздорпроект»;
- АО «Институт «Трансэкопроект»;
- АО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект»;
- ОАО «Институт Гипростроймост»;
- ООО ПИИ «БАШКИРДОРТРАНСПРОЕКТ»;
- ООО «РОСИНСТАЛПРОЕКТ».

Указанные организации обладают значительным опытом проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений дорожной инфраструктуры, включая разработку проектных решений для объектов с цементобетонными покрытиями.

²⁴ Ориентировочные данные, представленные НО «СОЮЗЦЕМЕНТ»

Имеющийся парк бетоноукладочных комплексов позволяет оценочно обеспечивать устройство цементобетонных покрытий около 5 тыс. км федеральных дорог или 10 тыс. км региональных дорог в год.

Оценка потенциальной мощности имеющегося парка бетоноукладчиков произведена укрупненным расчетом по следующим допущениям:

- двухсменный режим работы (16 ч/сутки; 2 смены по 8 часов) при коэффициенте использования времени 0,75, что соответствует 12 часам (720 минутам) продуктивной работы в сутки;
- длительность строительного сезона в год принята равной 180 рабочим дням;
- два типа дорог:
 - региональные (III категория): 7,5 м (2 полосы);
 - федеральные (I категория): 15 м (4 полосы);
- параметры парка техники: 48 комплексов и коэффициент готовности 0,85, то есть эффективно 40,8 машины;
- ширина укладки – до 7,5 метров.

Скорость укладки принимается на уровне 2 метра в минуту, что можно считать сбалансированным вариантом при средней организации работ (непрерывность подачи смеси, готовность основания, стабильность погодных условий).

При указанных параметрах один бетоноукладчик обеспечивает укладку порядка 1,44 км покрытия в сутки, что соответствует 259,2 км региональных (III категория) дорог или 129,6 км федеральных (I категория) дорог за сезон. Расчеты длины укладки за сезон осуществлены по формуле (1.1):

$$L_{year} = \frac{v \times (H \times k_t) \times 60 \times D}{1000}, \quad (1.1)$$

где L_{year} – длина укладки за сезон, км/сезон;

v – скорость укладки, м/мин;

H – продолжительность сменной работы в сутки, ч/сут.;

k_t – коэффициент использования времени (доля реально продуктивного времени; учитывает технологические перерывы, перестановки, обслуживание);

D – число рабочих дней в сезоне, дней.

В пересчете на готовый к применению парк техники (40 комплексов) производительность составляет порядка 10,6 тыс. км для региональных двухполосных участков шириной 7,5 м или около 5,3 тыс. км для федеральных четырехполосных участков шириной 15 м, что составляет 79,4 тыс. м² цементобетонного покрытия. Следует учитывать, что приведенные значения характеризуют расчетный (технический) потенциал укладки покрытия при заданных допущениях; фактическая реализуемость в каждом конкретном случае определяется обеспеченностью материалами, логистикой, готовностью основания, погодными условиями и организацией производства работ на объекте.

Дополнительно необходимо отметить возможность аренды бетоноукладочных комплексов. Так, например, ГК «Мирастрой» занимается строительством и ремонтом цементобетонных покрытий, оказывает услуги по предоставлению в аренду бетоноукладочных комплексов с экипажем. Аренда бетоноукладочных комплексов подходит для компаний, которые сфокусированы на выполнении функции генерального подрядчика и готовы делегировать вопросы эксплуатации этой сложной техники проверенному субподрядчику. Приобретение такой техники в собственность имеет смысл при наличии контрактной базы на горизонте от 5-7 лет. Аренда же позволяет перенести технологические вопросы ремонта, хранения, удержания специалистов и прочие процессы, возникающих в ходе строительства на собственника техники.

Потенциал производства комплексных минеральных вяжущих и высокопрочных марок цемента для дорожного строительства

АО «ЦЕМРОС» является одним из крупнейших производителей цемента в России с долей рынка около 33% и производственными мощностями более 27 миллионов тонн в год²⁵. Цемент марки ЦЕМ I 42,5Н ДП (для покрытий автомобильных дорог) выпускают несколько производственных площадок: АО «Мордовцемент», ЗАО «Белгородский цемент», АО «Мальцовский портландцемент», Липецкий филиал АО «ЦЕМРОС»²⁶. Компания последовательно развивает технологии строительства цементобетонных дорог и активно продвигает применение специализированных цементов и комплексных минеральных вяжущих (КМВ) в транспортной инфраструктуре. Председатель правления «СОЮЗЦЕМЕНТ» и генеральный директор АО «ЦЕМРОС» Вячеслав Шматов неоднократно подчеркивал готовность цементной промышленности поддерживать государственные инициативы по созданию качественных цементобетонных дорог во всех регионах страны²⁷. В рамках этой стратегии ЦЕМРОС разработал продуктовую линейку комплексных минеральных вяжущих «АвтоГрунт», включающую несколько специализированных решений для укрепления и стабилизации грунтов. КМВ «АвтоГрунт Стандарт 22,5Н» предназначен для дорожного строительства с повышенными требованиями к морозостойкости конструкции, «АвтоГрунт Специальный» – это универсальный КМВ класса 32,5Н с применением химических добавок для стабилизации грунтов в сложных условиях без применения сторонних минеральных компонентов. Универсальность продуктовой линейки заключается в возможности производства КМВ на цементных заводах без

²⁵ Цемент заливает прилавки // Официальный сайт сетевого издания «Коммерсантъ». – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8210067> (дата обращения: 01.10.2025)

²⁶ ЦЕМ I 42,5 Н ДП // Официальный сайт АО «Цемрос». – URL: <https://market.cemros.ru/catalog/tsement/tsement-dlya-chastnogo-stroitelstva/tsem-i-42-5-n-dp/?ysclid=mirgue79f4713405859> (дата обращения: 01.10.2025)

²⁷ О том, как не допустить стагнации цементной отрасли, рассказал председатель правления НО «Союзцемент» // Официальный сайт НО «Союзцемент». – URL: <https://soyuzcem.ru/press-center/intervyu/potreblenie-tsementa-v-stroitelstve-zasluzhivaet-vnimaniya-intervyu-predsedatelya-pravleniya-no-soyu/?ysclid=mirgxoutwh896801633> (дата обращения: 01.10.2025)

дополнительной модернизации производства, что позволяет масштабировать выпуск продукции. Также ЦЕМРОС реализует пилотные проекты по строительству цементобетонных дорог в различных регионах России: в 2024 году компания завершила строительство первой бетонной дороги на Кубани протяженностью 2 км в Усть-Лабинске Краснодарского края, используя 1 730 тонн цемента с заводов ЦЕМРОСа в Карачаево-Черкесской Республике и Белгородской области²⁸. Технология холодной регенерации с применением минерального вяжущего позволила полностью переработать старое дорожное полотно, после чего было уложено цементобетонное покрытие толщиной 22 см с армирующими элементами.

Холдинг «Сибирский Цемент», объединяющий пять крупнейших цементных заводов Сибири и Дальнего Востока с суммарной производственной мощностью 9 миллионов тонн цемента в год, расширяет линейку продукции для транспортного строительства²⁹. Топкинский цементный завод – предприятие по производству цемента с мощностью 3,7 миллиона тонн в год – выпускает 17 видов продукции, включая 9 общестроительных и 7 специальных цементов³⁰. В 2024 году завод был удостоен наград Всероссийского конкурса программы «100 лучших товаров России» за сульфатостойкий портландцемент ЦЕМ I 42,5Н СС НЩ и портландцемент со шлаком ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б ДО, применяемый в производстве бетона оснований автомобильных дорог. Предприятие также сертифицировало комплексное минеральное вяжущее КМВ 32,5Н I для укрепления грунтов и стабилизации оснований в соответствии с ГОСТ Р 70196-2022. АО «Искитимцемент» (мощность 2,1 млн тонн в год) и другие заводы холдинга производят высокопрочные марки цемента М-500 (ЦЕМ I 42,5Б), которые применяются в производстве монолитного бетона,

²⁸ На Кубани завершили строительство первой бетонной дороги // Официальный сайт сетевого издания «Коммерсантъ». – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7346822> (дата обращения: 07.11.2025)

²⁹ Для проектов любой сложности: в «Сибцементе» подвели итоги 2024 года // Официальный сайт сетевого издания РБК. – URL: <https://nsk.plus.rbc.ru/news/674e9eb87a8aa929d661f22d> (дата обращения: 07.11.2025)

³⁰ Крупнейший завод «Сибцема» будет загружен менее чем на 50% в 2025 году // Официальный сайт сетевого издания «Коммерсантъ». – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8230077> (дата обращения: 07.11.2025)

железобетонных конструкций и дорожном строительстве³¹. Первый вице-президент АО «ХК «Сибцем» и председатель Комитета по дорожному строительству НО «СОЮЗЦЕМЕНТ» Валерий Бодренков подчеркивает, что цементная промышленность готова обеспечить потребности дорожной отрасли, обозначенные в утвержденной Правительством РФ «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года», согласно которой к 2030 году доля ввода в эксплуатацию дорог с цементобетонным покрытием в общем объеме строительства должна составлять до 50% [23]. «Сибирский Цемент» участвует в реализации проектов инфраструктурного, дорожного и промышленного строительства в Сибирском федеральном округе, обеспечивая поставки продукции для реконструкции автомобильных дорог в Кузбассе и Томской области, развития спортивно-туристического комплекса «Шерегеш» и других крупных объектов.

Компания «ЦЕМЕНТУМ» – российский вертикально интегрированный производитель цемента, нерудных материалов, сухих строительных смесей и ЖБИ, управляющий четырьмя цементными заводами в Московской, Калужской и Саратовской областях. Продукция компании используется в товарном бетоне, железобетонных изделиях, легких конструкциях и высокопрочном фибробетоне для жилищного, коммерческого и инфраструктурного строительства, в том числе в проектах национальных программ по развитию транспортной и социальной инфраструктуры.

Вольский цементный завод, один из крупнейших в российской цементной отрасли, выпускает специализированный дорожный цемент ЦЕМ II/A-III 42,5Н ДО по ГОСТ 33174-2014. Это портландцемент для бетона дорожных оснований с содержанием шлака от 6% до 20%, оптимизированный для устройства конструктивных слоев жестких и нежестких дорожных одежд, оснований под парковки, промышленные площадки и внутренние дороги.

³¹ Искитимцемент // Официальный сайт АО «ХК «Сибцем». – URL: <https://iskcem.sibcem.ru/> (дата обращения: 14.12.2025)

Использование клинкера с особыми требованиями к минералогическому составу в сочетании со шлаком обеспечивает улучшенную реологию бетонных смесей, повышение плотности структуры и прочности бетона, снижение водонасыщения, а также увеличение водонепроницаемости и морозостойкости. Это делает материал особенно востребованным при строительстве в условиях агрессивных сред и переменного увлажнения.

Щуровский цементный завод, основанный в 1870 году, специализируется на выпуске высокопрочных цемента класса прочности 52,5Н. Линейка включает ЦЕМ I 52,5Н ДП для бетона покрытий автомобильных дорог, ЦЕМ I 52,5Н ЖИ для железобетонных изделий и мостовых конструкций, а также ЦЕМ I 52,5Н АП для бетона аэродромных покрытий. После масштабной модернизации и перехода на современный «сухой» способ производства техническая мощность завода достигла 2,5 млн тонн цемента в год³², что позволяет стабильно обеспечивать потребителей материалами с высокими эксплуатационными характеристиками и воспроизводимым качеством.

Отдельное направление – комплексные минеральные вяжущие DOROMIX для укрепления и стабилизации грунтов, а также устройства оснований под внутренние дороги, парковки и площадки. Подбор составов таких вяжущих выполняется с участием собственного R&D-центра компании, оснащенного современным испытательным оборудованием. Центр разрабатывает оптимальные по стоимости и долговечности рецептуры для конкретных типов грунтов и условий эксплуатации, а также сопровождает внедрение решений на строительных площадках заказчика.

«ЦЕМЕНТУМ» активно участвует в реализации ключевых государственных программ: компания поставила материалы и решения для первого этапа реконструкции автомобильной дороги федерального значения М-3 «Украина» в рамках национального проекта «Эффективная транспортная

³² Цементум в России // Официальный сайт ООО «Цементум Центр». – URL: <https://cementum.ru/about/russia/> (дата обращения: 02.11.2025)

система», а также обеспечивает поставки парапетных ограждений типа «Нью-Джерси» для повышения безопасности дорожного движения.

В производстве клинкера «ЦЕМЕНТУМ» первой в России начала промышленное использование альтернативного топлива, что позволяет снижать углеродный след продукции и делает дорожные цементы и комплексные вяжущие не только технически эффективным, но и более экологичным выбором для долгосрочных инфраструктурных проектов.

Кадровый потенциал

Развитие строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в существенной степени связано с наличием квалифицированных кадров, что актуализирует роль системы профильного образования и повышения квалификации в функционировании дорожной отрасли. По данным Минтранса России, система подготовки кадров для транспортной отрасли включает 19 образовательных организаций высшего образования и 86 филиалов, в которых обучается более 256 тыс. студентов³³. При этом по направлениям, связанным с дорожным хозяйством, подготовка специалистов осуществляется более чем в 100 образовательных организациях среднего профессионального и высшего образования, в том числе по направлению «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов», а также по смежным специальностям.

Ведущие профильные образовательные организации высшего образования, включая Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)³⁴, Московский государственный строительный университет (МГСУ)³⁵, Российский университет дружбы

³³ Дорожники формируют кадровый резерв // Официальный сайт Федерального дорожного агентства Росавтотдор. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/711565> (дата обращения: 03.11.2025)

³⁴ Программы повышения квалификации: дорожное строительство // Официальный сайт Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – URL: <https://madi.ru/3443-programmy-povysheniya-kvalifikacii-dorozhnoe-stroitelstvo.html> (дата обращения: 04.11.2025)

³⁵ Дорожное строительство // Официальный сайт Московского государственного строительного университета. – URL: https://mgsu.ru/postupayushchim/Bakalavriat-spetsialitet/Napravleniya-podgotovki-spetsialnosti/stroitelstvo_bakalavriat/dorozhnoe-stroitelstvo.php (дата обращения: 04.11.2025)

народов³⁶, Сибирский федеральный университет^{37,38}, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева^{39,40,41}, а также ряд других образовательных организаций высшего образования, включают в содержание образовательных программ дисциплины и тематические модули, связанные с технологиями устройства цементобетонных покрытий. В рамках таких программ, как правило, рассматриваются вопросы приготовления асфальто- и цементобетонных смесей, требования к материалам и контролю качества, а также технологическая последовательность выполнения дорожно-строительных работ.

В целом можно говорить о том, что в Российской Федерации сформированы базовые предпосылки для расширения практики строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями: накоплен опыт реализации проектов на федеральной и региональной сети, имеются примеры длительной безремонтной эксплуатации на отдельных объектах, а также разработана нормативно-техническая документация, регламентирующая проектирование жестких дорожных одежд, требования к материалам, методам испытаний и производству работ. Также отмечается наличие организационно-технологического потенциала отрасли, включая оснащенность подрядчиков

³⁶ Рабочая программа дисциплины: Строительство автодорог и аэродромов // Официальный сайт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы». – URL: https://www.rudn.ru/sveden/files/eia/Progr_SAiA_ISRb_00r_2024.pdf (дата обращения: 04.11.2025)

³⁷ Кафедра автомобильных дорог и горских сооружений // Официальный сайт инженерно-строительного института. – URL: <https://isi.sfu-kras.ru/otdeleniya/kafedry/kafedra-avtomobilnykh-dorog-i-gorodskikh-sooruzheniy/> (дата обращения: 04.11.2025)

³⁸ Образовательные программы // Официальный сайт Сибирского федерального университета. – URL: https://edu.sfu-kras.ru/programs?fgos=0&level=03&institute=634&keywords=%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B8&oop_lang=0&eo_dot=4 (дата обращения: 04.11.2025)

³⁹ Официальный сайт МГУ им. Н.П. Огарева. – URL: <https://mrsu.ru/ru/university/institute/ias/> (дата обращения: 04.11.2025)

⁴⁰ Кафедра зданий, сооружений и автомобильных дорог // Официальный сайт МГУ им. Н.П. Огарева. – URL: <https://mrsu.ru/ru/university/chair/kafedra-zdaniy-sooruzheniy-i-avtomobilnyh/> (дата обращения: 04.11.2025)

⁴¹ Образовательные программы бакалавриата, специалитета, магистратуры: Строительство // Официальный сайт МГУ им. Н.П. Огарева. – URL: <https://mrsu.ru/ru/education/graduate/08-03-01-stroitelstvo-asf/> (дата обращения: 04.11.2025)

специализированной и вспомогательной техникой, участие профильных проектных организаций и наличие кадровой базы подготовки специалистов.

2. Оценка бюджетных эффектов для Российской Федерации от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе

2.1 Оценка прямых бюджетных эффектов

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки бюджетных эффектов

Методика оценки бюджетных эффектов включает в себя следующие этапы:

а) определение ежегодных совокупных затрат на строительство, реконструкцию, ремонт, капитальный ремонт, ежегодное обслуживание, а также определение ежегодных совокупных затрат на проведение работ по устройству защитных слоев износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог для двух типов покрытий (асфальтобетонного и цементобетонного) с учетом двух видов дорог (федерального и регионального значения);

б) формирование технологических матриц для обоих типов покрытий с учетом периодичности проведения вышеуказанных работ, а также с учетом индивидуальных траекторий жизненного цикла каждого дорожного объекта, привязанных к году введения в эксплуатацию.

Расчет затрат на строительство, реконструкцию, ремонт, капитальный ремонт, содержание, а также стоимости работ по устройству защитных слоев износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог для двух типов покрытий осуществлен с применением формулы (2.1):

$$Z_{i,j} = L_{i\text{ФД}} * C_{j\text{ФД}} + L_{i\text{РД}} * C_{j\text{РД}}, \quad (2.1)$$

где $Z_{i,j}$ – совокупные затраты на выполнение работ вида j (строительство, реконструкция, ремонт, капитальный ремонт, обслуживание, устройство защитных слоев износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог) для дороги типа i (асфальтобетонное или цементобетонное покрытие), тыс. руб.;

$L_{i\text{ФД}}$ – протяженность федеральных автомобильных дорог соответствующего типа i , км;

$L_{i\text{РД}}$ – протяженность региональных автомобильных дорог соответствующего типа i , км;

$C_{j\text{ФД}}$ – стоимость работ вида j на 1 км федеральных автомобильных дорог, тыс. руб.;

$C_{j\text{РД}}$ – стоимость работ вида j на 1 км региональных автомобильных дорог, тыс. руб.

Формирование технологических матриц для двух типов покрытий осуществлялось при следующих допущениях.

1. Год ввода объекта. В год строительства (реконструкции) федеральных и региональных автомобильных дорог расходы на ежегодное содержание принимаются в размере $\frac{1}{2}$ от стандартной годовой величины. В последующие годы – в полном объеме.

2. Периоды замены защитных слоев. В годы выполнения работ по устройству (замене) защитных слоев износа к стоимости указанных работ добавляются расходы на ежегодное содержание в полном объеме.

База данных для расчета оценки бюджетных эффектов

При составлении базы данных для оценки бюджетных эффектов авторами использовались данные из следующих открытых официальных источников:

– данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;

– данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – База данных для проведения оценки прямых бюджетных эффектов

АСФАЛЬТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ						
ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ДОРОГИ (категория IV, 4-х полосные)				РЕГИОНАЛЬНЫЕ ДОРОГИ (категория III, 2-х полосные)		
№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	Стоимость строительства 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [21]	тыс. руб.	260 342,69	Стоимость строительства 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [21]	тыс. руб.	69 269,27
2	Стоимость реконструкции 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	362 632,92	Стоимость реконструкции 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	86 949,54
3	Средняя стоимость содержания 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием в год [26]	тыс. руб.	1 311,73	Средняя стоимость содержания 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием в год [26]	тыс. руб.	634,87
4	Средняя стоимость ремонта 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	37 085,56	Средняя стоимость ремонта 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	23 323,32
5	Средняя стоимость капитального ремонта 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	156 565,84	Средняя стоимость капитального ремонта 1 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [26]	тыс. руб.	65 637,02
6	Средняя стоимость выполнения работ по устройству защитных износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог [26]	тыс. руб.	22 011,06	Средняя стоимость выполнения работ по устройству защитных износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог [26]	тыс. руб.	8 970,77
7	Периодичность проведения ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [27]	годы	12	Периодичность проведения ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [27]	годы	12
8	Периодичность проведения капитального ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [27]	годы	24	Периодичность проведения капитального ремонта автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием [27]	годы	24
9	Периодичность выполнения работ по устройству слоев износа 1 км автомобильных дорог [27]	годы	2	Периодичность выполнения работ по устройству слоев износа 1 км автомобильных дорог [27]	годы	2

ЦЕМЕНТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ						
ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ДОРОГИ (категория IV, 4-х полосные)				РЕГИОНАЛЬНЫЕ ДОРОГИ (категория III, 2-х полосные)		
№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
10	Стоимость строительства 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [21]	тыс. руб.	235 644,22	Стоимость строительства 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [21]	тыс. руб.	72 630,26
11	Стоимость реконструкции 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [28]	тыс. руб.	328 230,27	Стоимость реконструкции 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [28]	тыс. руб.	91 168,39
12	Средняя стоимость содержания 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в год [29-32]	тыс. руб.	1 180,56	Средняя стоимость содержания 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в год [29-32]	тыс. руб.	571,38
13	Средняя стоимость ремонта 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [29-32]	тыс. руб.	33 377,00	Средняя стоимость ремонта 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [29-32]	тыс. руб.	20 990,99
14	Средняя стоимость капитального ремонта 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [33-34]	тыс. руб.	136 212,28	Средняя стоимость капитального ремонта 1 км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием [33-34]	тыс. руб.	57 104,21
15	Средняя стоимость выполнения работ по устройству защитных износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог [26]	тыс. руб.	22 011,06	Средняя стоимость выполнения работ по устройству защитных износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог [26]	тыс. руб.	8 970,77
16	Периодичность проведения ремонта цементобетонного покрытия [35]	годы	15	Периодичность проведения ремонта цементобетонного покрытия [35]	годы	15
17	Периодичность проведения капитального ремонта цементобетонного покрытия [2]	годы	30	Периодичность проведения капитального ремонта цементобетонного покрытия [2]	годы	30
18	Периодичность выполнения работ по устройству защитных слоев износа 1 км автомобильных дорог [35]	годы	4	Периодичность выполнения работ по устройству защитных слоев износа 1 км автомобильных дорог [35]	годы	4

Источник: составлено авторами

Таблица 2.2 – Объемы строительства и реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в 2025–2036 гг. в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р

Годы	Объем строительства и реконструкции федеральных дорог, км	Объем строительства и реконструкции региональных дорог, км
2025	494,63	145,05
2026	546,50	93,49
2027	273,49	138,89
2028	254,73	99,86
2029	70,65	97,15
2030	4,24	195,83
2031	11,60	53,95
2032	0,00	0,00
2033	34,80	0,00
2034	0,00	0,00
2035	0,00	0,00
2036	0,00	59,97

Источник: составлено авторами по данным [1]

Важно отметить, что выполненные научно-исследовательские работы «Технико-экономическое сравнение затрат на строительство, содержание и эксплуатацию нежесткой (асфальтобетонной) и жесткой (цементобетонной) дорожной одежды в периоды 12, 30 и 60 лет» (Институт «Стройпроект» (входит в АО «ГК Нацпроектстрой», 2025 год) [4] и «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2023 год) [5] подтверждают возможность и корректность использования предложенных в Таблице 2.1 агрегированных данных и стоимостных оценок для определения макроэкономических эффектов.

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки бюджетных эффектов

Результаты построения технологических матриц бюджетных расходов на строительство, реконструкцию, ремонт, капитальный ремонт, ежегодное обслуживание, а также определение ежегодных совокупных затрат на проведение работ по устройству защитных слоев износа, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог для двух типов покрытий (асфальтобетонного и цементобетонного) с учетом дорог федерального и регионального значения представлены в Таблице 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Технологическая матрица бюджетных расходов строительства и эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием, построенных в 2025-2036 гг.

Годы	Технологическая матрица бюджетных расходов для асфальтобетонного покрытия								
	Годы постройки дороги								
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2033	2036
2025	165 360 467,34								
2026	740 910,49	200 130 818,12							
2027	12 929 485,18	776 215,47	89 141 549,23						
2028	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	77 620 236,51					
2029	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	27 303 531,80				
2030	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	14 934 887,59			
2031	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	7 476 431,29		
2032	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57		
2033	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	11 435 425,00	
2034	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	
2035	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	
2036	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	4 538 817,94
2037	22 467 610,65	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2038	740 910,49	23 224 011,17	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2039	12 929 485,18	776 215,47	13 829 024,54	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2040	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	12 173 457,06	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2041	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	5 040 186,91	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2042	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	4 854 445,62	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2043	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	1 737 925,12	811 633,09	38 070,61
2044	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2045	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	1 336 225,69	38 070,61
2046	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2047	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2048	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	1 436 676,82
2049	87 703 954,95	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2050	740 910,49	92 475 955,13	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2051	12 929 485,18	776 215,47	52 383 129,18	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2052	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	46 834 223,74	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2053	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	17 592 033,07	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2054	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	13 647 017,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2055	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	5 406 671,40	811 633,09	38 070,61
2056	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2057	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	5 494 139,44	38 070,61
2058	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2059	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2060	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	3 974 060,16
2061	22 467 610,65	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2062	740 910,49	23 224 011,17	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2063	12 929 485,18	776 215,47	13 829 024,54	397 536,55	2 580 895,01	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2064	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	12 173 457,06	154 348,17	1 979 900,75	49 466,57	45 648,20	576 011,81
2065	12 929 485,18	776 215,47	7 712 778,39	397 536,55	5 040 186,91	129 885,03	788 757,50	811 633,09	38 070,61
2066	740 910,49	13 643 951,03	446 928,17	6 900 256,78	154 348,17	4 854 445,62	49 466,57	45 648,20	576 011,81
	Строительство		Ремонт		Капитальный ремонт		Устройство слоев износа		

Источник: составлено авторами

Таблица 2.4 – Технологическая матрица бюджетных расходов строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, построенных в 2025-2036 гг.

Технологическая матрица бюджетных расходов для цементобетонного покрытия									
Годы постройки дороги									
Годы	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2033	2036
2025	151 190 863,06								
2026	666 819,45	182 217 294,79							
2027	666 819,45	698 593,93	82 213 003,21						
2028	666 819,45	698 593,93	402 235,36	71 247 331,16					
2029	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	25 729 789,57				
2030	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	15 465 322,29			
2031	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	7 349 683,26		
2032	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91		
2033	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	10 350 439,71	
2034	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	
2035	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	
2036	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	4 756 217,20
2037	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2038	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2039	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2040	20 220 849,59	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	572 204,75
2041	666 819,45	20 901 610,06	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2042	666 819,45	698 593,93	12 446 122,08	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2043	666 819,45	698 593,93	402 235,36	10 956 111,36	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2044	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	4 536 168,22	116 896,52	44 519,91	41 083,38	572 204,75
2045	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	4 369 001,06	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2046	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	1 564 132,61	41 083,38	34 263,55
2047	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2048	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	1 202 603,12	572 204,75
2049	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2050	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2051	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	1 293 009,14
2052	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2053	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2054	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2055	76 324 668,12	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	572 204,75
2056	666 819,45	80 477 367,42	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2057	666 819,45	698 593,93	45 586 730,23	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2058	666 819,45	698 593,93	402 235,36	40 757 700,75	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2059	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	15 309 699,22	116 896,52	44 519,91	41 083,38	572 204,75
2060	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	11 876 802,00	44 519,91	807 068,27	34 263,55
2061	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	4 705 288,12	41 083,38	34 263,55
2062	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2063	12 855 394,13	698 593,93	402 235,36	357 782,90	2 565 460,19	116 896,52	44 519,91	4 781 270,76	572 204,75
2064	666 819,45	13 566 329,48	402 235,36	357 782,90	138 913,35	1 966 912,25	44 519,91	41 083,38	34 263,55
2065	666 819,45	698 593,93	7 668 085,57	357 782,90	138 913,35	116 896,52	783 810,84	41 083,38	34 263,55
2066	666 819,45	698 593,93	402 235,36	6 860 503,12	138 913,35	116 896,52	44 519,91	41 083,38	3 458 574,45

Строительство

Ремонт

Капитальный ремонт

Устройство слоев износа

Источник: составлено авторами

Полученные сценарные оценки свидетельствуют о том, что строительство и эксплуатация общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными позволит снизить затраты консолидированного бюджета Российской Федерации на 29,69%, обеспечив экономию 573,2 млрд руб. за 2025-2066 гг. Это обусловлено, главным образом, более низкой стоимостью жизненного цикла 1 км цементобетонной дороги (на 17,73% – 104,84 млн руб.), удлиненными межремонтными интервалами (с 12 до 15 лет) и интервалами работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки (с 2 до 4 лет) при одновременном увеличении срока службы конструкции (с 24 до 30 лет).

Указанная экономия достигается, с одной стороны, за счет снижения стоимости строительства жестких дорожных одежд относительно нежестких – 235 644 тыс. руб./км против 260 343 тыс. руб./км для дороги федерального значения (категория IV), что приводит к сокращению суммарной стоимости строительства и реконструкции 1 км дорог на 7,93%, что существенно для снижения бюджетных ассигнований, учитывая долю капитальных затрат (более 30%) в структуре совокупных расходов на жизненный цикл дороги.

С другой стороны, существенным технико-эксплуатационным преимуществом жестких дорожных одежд является увеличение ориентировочно в 2 раза периодичности работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог, расходы на которые формируют около 40% общей стоимости строительства и эксплуатации нежестких дорожных одежд. Сокращение бюджетных расходов по данному виду дорожной деятельности за 2025-2036 гг. составит 385,68 млрд руб. (52,17%) или 9,18 млрд руб. в год.

Строительство дорог с цементобетонными покрытиями обеспечивает значительный бюджетный эффект на этапе эксплуатации за счет сокращения расходов на ремонт. На этапе 2 совокупная стоимость ремонтных работ для сети таких дорог снизится на 87,27 млрд руб. (53,79%). Данная экономия

обусловлена двумя ключевыми факторами: более низкой средней стоимостью ремонта одного километра (около 10%) и увеличенной продолжительностью межремонтных интервалов. Аналогичным образом сокращаются расходы на капитальный ремонт в течение этапа 2 – на 13% или 41,96 млрд руб., обеспечивая ежегодную экономию бюджета на 1 км дорог в периоды проведения ремонтных работ в размере 1,81 млн руб.

Автомобильные дороги с цементобетонным покрытием, обладая более продолжительным сроком службы, отличаются от асфальтобетонных и более низкой стоимостью содержания (около 10%), что обеспечит ежегодную экономию бюджетных средств 222,9 млн руб. на этапе 1 (2025-2036 гг.) и 277,9 млн руб. на этапе 2 (2037-2066 гг.).

Таким образом, строительство цементобетонных дорог федерального и регионального значения в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года позволит снизить стоимость строительства и эксплуатации уже на этапе 1 на 162,72 млрд руб. (19,87%), а на этапе 2 на 410,48 млрд руб. (36,91%). При целевом использовании полученной экономии в дорожной отрасли возможно дополнительное строительство порядка 200 км дорог федерального или 650 км регионального значения.

Для оценки чувствительности полученных оценок бюджетной экономии к возможной неопределенности исходных стоимостных параметров дополнительно проведен анализ чувствительности, позволяющий определить, как изменяются итоговые результаты при вариации ключевых допущений, и тем самым подтвердить (либо опровергнуть) вывод о сравнительной экономичности цементобетонных дорог по отношению к асфальтобетонным.

Анализ чувствительности выполнялся на основе технологических матриц, которые ранее использовались при расчетах прямых бюджетных эффектов. Для проведения анализа применены два взаимодополняющих подхода.

В рамках первого подхода проводилась оценка чувствительности результата к изменению *каждого параметра по отдельности* при

фиксировании остальных условий на базовом уровне – последовательно выбиралась одна статья затрат (строительство и реконструкция, содержание, ремонт и капитальный ремонт в расчете на 1 км), после чего ее стоимость увеличивалась или уменьшалась на 1%, 5%, 10%, 15% и 20%, тогда как значения остальных трех статей оставались без изменений на базовом уровне.

В рамках второго подхода проводилась сценарная оценка чувствительности результата при *одновременном изменении всех ключевых статей затрат*: стоимость строительства и реконструкции, содержания, ремонта и капитального ремонта в расчете на 1 км увеличивалась или уменьшалась на 1%, 5%, 10%, 15% и 20%, после чего для каждого сценария пересчитывался итоговый объем бюджетной экономии по сравнению с базовым уровнем.

По итогам проведенного анализа чувствительности получены следующие результаты.

В рамках первого подхода отмечено, что наибольшее влияние на уменьшение (или увеличение) совокупного объема сэкономленных бюджетных средств оказывает вариация стоимостных параметров строительства и реконструкции, а также капитального ремонта автомобильных дорог. Более низкая чувствительность к результату наблюдается при изменении затрат на содержание и ремонт (Рисунок 2.1).

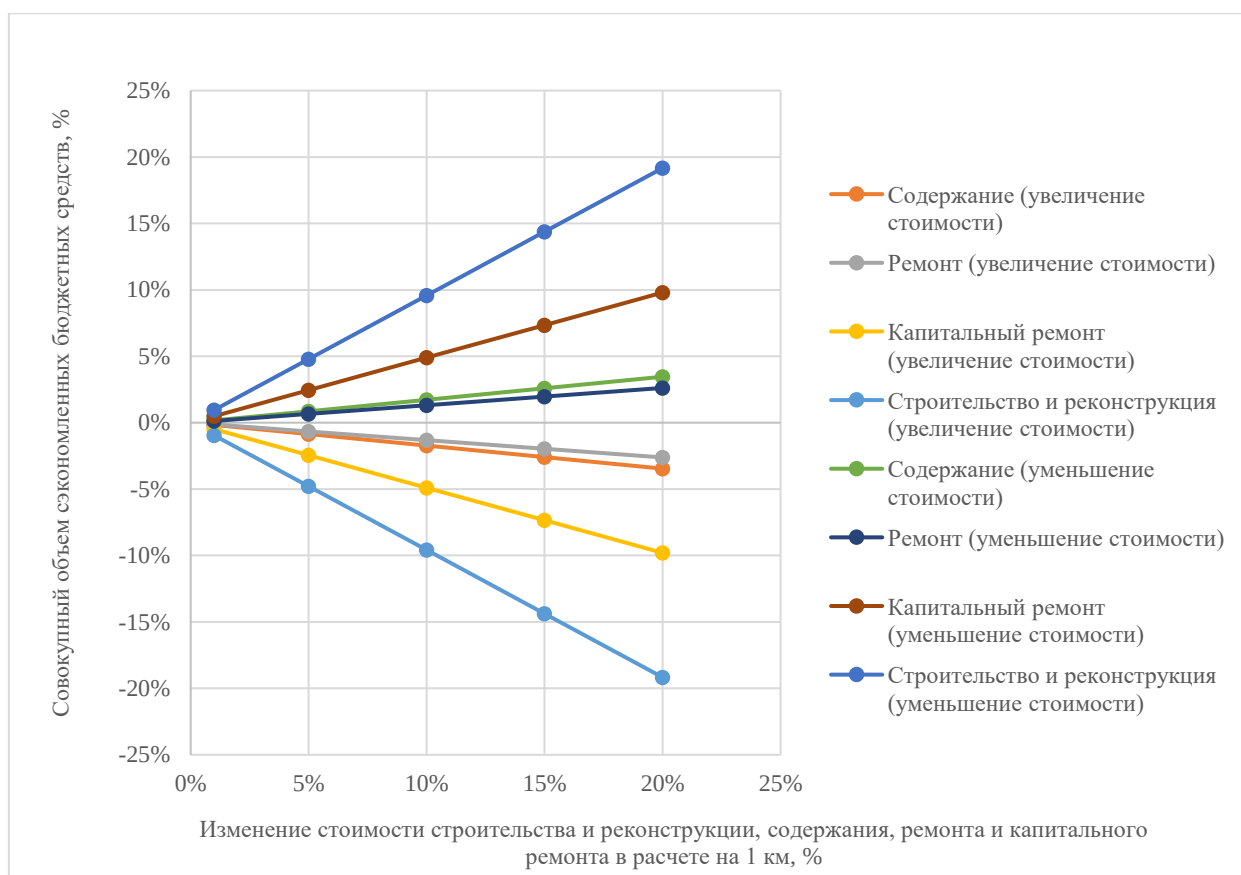


Рисунок 2.1 – Влияние изменения стоимости отдельных статей затрат (строительство и реконструкция, содержание, ремонт и капитальный ремонт) на совокупный объем сэкономленных бюджетных средств
 Источник: составлено авторами

При увеличении стоимости строительства и реконструкции 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог с цементобетонным покрытием на 20%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 24% (или 463,35 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 5,69 п.п.

Вместе с тем, при увеличении стоимости капитального ремонта 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог с цементобетонным покрытием на 20%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей

протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 26,78% (или 517,05 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 2,91 п.п.

При увеличении стоимости содержания и ремонта 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог с цементобетонным покрытием на 20%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 28,66% (или 553,38 млрд руб.) и 28,91% (или 558,20 млрд рублей), соответственно. Экономия бюджетных средств снизится на 1,03 п.п. и 0,78 п.п., соответственно.

Полученные результаты объясняются тем, что строительство, как наиболее капиталоемкая стадия жизненного цикла, и капитальный ремонт, как одна из крупнейших статей по объему восстановительных работ, формируют основную часть приведенных затрат и, следовательно, любые отклонения их стоимости дают наибольший вклад в изменение абсолютного объема экономии, тогда как колебания затрат на содержание и ремонт имеют меньший вес в совокупных расходах, тем самым слабее влияют на итоговый бюджетный эффект.

В рамках второго подхода установлено, что при изменении всех ключевых статей – строительства и реконструкции, содержания, ремонта и капитального ремонта в расчете на 1 км, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями во всех рассмотренных сценариях не опустится ниже 15%. Результаты анализа чувствительности приведены в Таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты анализа чувствительности, полученные в результате одновременного снижения и увеличения стоимости ключевых статей затрат

Изменение стоимости строительства и реконструкции, содержания, ремонта и капитального ремонта 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, %	Объем сэкономленных бюджетных средств в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог за весь период 2025-2066 гг., тыс. руб. в ценах 2025 года	Снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг., %	Изменение совокупного объема сэкономленных бюджетных средств в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог за весь период 2025-2066 гг., п.п.
+ 20,00%	372 372 605,32	19,29%	– 10,40 п.п.
+ 15,00%	422 579 687,49	21,89%	– 7,80 п.п.
+ 10,00%	472 786 769,65	24,49%	– 5,20 п.п.
+ 5,00%	522 993 851,82	27,09%	– 2,60 п.п.
+ 1,00%	563 159 517,55	29,17%	– 0,52 п.п.
0%	573 200 933,98	29,69%	0 п.п.
– 1,00%	583 242 350,41	30,21%	+0,52 п.п.
– 5,00%	623 408 016,14	32,29%	+2,60 п.п.
– 10,00%	673 615 098,31	34,89%	+5,20 п.п.
– 15,00%	723 822 180,47	37,49%	+7,80 п.п.
– 20,00%	774 029 262,64	40,09%	+10,40 п.п.

Источник: составлено авторами

Таким образом, проведенный анализ чувствительности построенных моделей позволил сделать следующий вывод:

1) При увеличении стоимости всех ключевых статей затрат на 1%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 29,17% (или 563,16 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 0,52 п.п.

2) При увеличении стоимости всех ключевых статей затрат на 5%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 27,09% (или 522,99 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 2,6 п.п.

3) При увеличении стоимости всех ключевых статей затрат на 10%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 24,49% (или 472,79 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 5,2 п.п.

4) При увеличении стоимости всех ключевых статей затрат на 15%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 21,89% (или 422,58 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 7,8 п.п.

5) При увеличении стоимости всех ключевых статей затрат на 20%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытием по сравнению с

асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 19,29% (или 372,37 млрд рублей). Экономия бюджетных средств снизится на 10,4 п.п.

6) При уменьшении стоимости всех ключевых статей затрат на 1%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 30,21% (или 583,24 млрд рублей). Экономия бюджетных средств увеличится на 0,52 п.п.

7) При уменьшении стоимости всех ключевых статей затрат на 5%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 32,29% (или 623,41 млрд рублей). Экономия бюджетных средств увеличится на 2,6 п.п.

8) При уменьшении стоимости всех ключевых статей затрат на 10%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 34,89% (или 673,62 млрд рублей). Экономия бюджетных средств увеличится на 5,2 п.п.

9) При уменьшении стоимости всех ключевых статей затрат на 15%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонным покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 37,49% (или 723,82 млрд рублей). Экономия бюджетных средств увеличится на 7,8 п.п.

10) При уменьшении стоимости всех ключевых статей затрат на 20%, снижение затрат консолидированного бюджета Российской Федерации в результате строительства и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за весь период 2025-2066 гг. составит 40,09% (или 774,03 млрд рублей). Экономия бюджетных средств увеличится на 10,4 п.п.

Таким образом, в рамках принятых диапазонов вариации параметров и используемых технологических матриц вывод о сравнительной экономичности цементобетонных дорог по отношению к асфальтобетонным является обоснованным. При этом ключевое влияние на совокупный объем сэкономленных бюджетных средств оказывают стоимость строительства и капитального ремонта 1 км федеральных и региональных дорог, а также технологические особенности эксплуатации ЦБД, прежде всего различиями в структуре жизненного цикла и периодичности проведения дорожных работ (ремонте, капитальном ремонте, замены слоев износа и пр.).

2.2 Оценка экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные объекты

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные проекты

Расчет оценки экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные проекты осуществлен с применением формулы (2.2):

$$\Delta \text{ВВП}_{\text{строй}} = \frac{\sum_i \mu_{\text{строй}}}{10^6}, \quad (2.2)$$

где $\Delta \text{ВВП}_{\text{строй}}$ – прирост ВВП за счет перераспределения бюджетных средств в основной капитал строительного сектора для реализации инфраструктурных проектов, млрд руб.;

$\mathcal{E}_i$ – экономия бюджетных средств в результате строительства и эксплуатации цементобетонных дорог на i -м этапе, тыс. руб.;

$\mu_{\text{инв}}$ – инвестиционный мультипликатор ВВП для отрасли «Строительство».

База данных для расчета оценки экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные проекты

При составлении базы данных для оценки экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные проекты авторами использовались следующие данные:

- результаты оценки прямых бюджетных эффектов;
- данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 2.6.

Таблица 2.6 – База данных для проведения оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Экономия бюджетных средств в результате строительства и эксплуатации цементобетонных дорог на 1-м этапе	тыс. руб.	162 722 577,23	Результаты расчетов авторов (подраздел 2.1)
2	Экономия бюджетных средств в результате строительства и эксплуатации	тыс. руб.	410 478 356,75	Результаты расчетов авторов (подраздел 2.1)

	цементобетонных дорог на 2-м этапе			
3	Инвестиционный мультипликатор ВВП для отрасли «Строительство»	ед.	0,82	Институт Народнохозяйственного Прогнозирования РАН [36]

Источник: составлено авторами

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки экономии бюджетных средств на строительстве и эксплуатации дорог и возможности их перераспределения на другие инфраструктурные проекты

Экономия бюджетных средств в размере 162,72 млрд руб. на 1 этапе и 410,48 млрд руб. на 2 этапе формирует возможность для инвестирования высвободившихся бюджетных средств в новые инфраструктурные проекты. В перспективе это может обеспечить дополнительный прирост ВВП:

- на 1 этапе – на 133,43 млрд рублей (+0,07%);
- на 2 этапе – на 336,59 млрд рублей (+0,17%).

3. Оценка эффектов транспортно-логистического комплекса и синергетических эффектов от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе

3.1 Увеличение грузооборота автомобильного транспорта

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта»

Расчет оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта» осуществлялся посредством сопоставления базового грузооборота Российской Федерации, формируемого в результате движения грузовых автотранспортных средств по автомобильным дорогам с асфальтобетонным покрытием, с расчетным грузооборотом, достигаемым за счет роста фактической загрузки грузовых автотранспортных средств, осуществляющих движение по автомобильным дорогам с цементобетонным покрытием (3.1):

$$G_{\text{ЦБ}} = \left(\frac{G_{\text{РФ}}}{g_{\text{АБ}_{\text{max}}}} * g_{\text{ЦБ}_{\text{max}}} \right) - G_{\text{РФ}}, \quad (3.1)$$

где $G_{\text{РФ}}$ – грузооборот автомобильным транспортом по Российской Федерации, млрд т-км;

$g_{\text{АБ}_{\text{max}}}$ – максимальная фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на асфальтобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности, %;

$g_{\text{ЦБ}_{\text{max}}}$ – максимальная фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на цементобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности, %.

База данных для расчета оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта»

При составлении базы данных для оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта» авторами использовались данные, предоставленные Заказчиком, а также данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат).

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – База данных для проведения оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Грузооборот автомобильным транспортом по Российской Федерации	млрд т-км	387,40	Данные Росстат ⁴²
2	Фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на асфальтобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности	%	60-75	Данные, предоставленные Заказчиком
3	Фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на цементобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности	%	70-95	Данные, предоставленные Заказчиком

Источник: составлено авторами

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки транспортно-логистического эффекта «Увеличение грузооборота автомобильного транспорта»

Важным инженерно-эксплуатационным преимуществом конструкции жесткой дорожной одежды Р11,5 для транспортно-логистического комплекса выступает нормативная осевая нагрузка 115 кН, позволяющая увеличить

⁴² Транспорт: грузооборот автомобильного транспорта (с 2000 г.) // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/avto-gruz_2024.xlsx

фактическую загрузку грузового автотранспорта до 70-95% (вместо 60-75% на асфальтобетонном покрытии в настоящее время), обеспечив тем самым условия для потенциального прироста грузооборота автомобильным транспортом на 26,7% (103,3 млрд т-км) в рамках единой опорной транспортной сети.

3.2 Эффект сокращения времени в пути для экономики России при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные

Методика расчета эффекта

Подход предназначен для агрегированной оценки экономии времени движения грузового транспорта при гипотезе полной замены асфальтобетонных (далее – АСФ) покрытий на цементобетонные (далее – ЦБ) на сети автомобильных дорог Российской Федерации.

Методически совокупный эффект представляет сумму 4 компонент:

(А) эффект от частоты ремонтных «окон» (при полных жизненных циклах 24 года для АСФ и 30 лет для ЦБ; ремонт продолжительностью до 5 дней входит в цикл осуществляется на 12 год и 15 год эксплуатации соответственно; капитальный ремонт (1 месяц) – на последний год жизненного цикла);

(В) эффект от сокращения общего времени выполнения работ по устройству слоев износа, включая исключения технологических ограничений, присущих битумным работам на АСФ-покрытиях (требование сухой поверхности для битума; режим 40 км/ч в первые 2-3 суток после поверхностной обработки/тонких слоев);

(С) эффект от отсутствия на ЦБ-покрытиях летних дневных ограничений для тяжеловесных транспортных средств при температуре воздуха выше +32 °С, в соответствии с приказом Минтранса №126 от 09.04.2025 года для дорог с асфальтобетонным покрытием [37].

(D) эффект от снижения/отсутствия весенних сезонных ограничений по массе и осевым нагрузкам на дорогах регионального и местного значения,

вводимых субъектами РФ (ст. 30 ФЗ №257-ФЗ; приказ Минтранса №126 от 09.04.2025 года [37, 38]), при переводе покрытий на цементобетонные (учет коэффициента снятия λ).

Нормативная основа, используемая при расчете:

– ГОСТ Р 58397-2019: требования к условиям выполнения битумных работ (сухая/влажная поверхность для битума/эмульсий) и режим 40 км/ч в первые 2-3 суток после поверхностной обработки/тонких слоев [39];

– Федеральный закон № 257-ФЗ (ст. 30): полномочия по введению временных ограничений движения [38];

– Приказ Минтранса №126 от 9 апреля 2025 года: порядок введения временных ограничений/прекращения движения (в т.ч. летние ограничения при $T > +32$ °C на дорогах с АСФ-покрытием) [37].

Методика расчета и формулы:

• Базовая задержка на 1 км зоны временных ограничений, представленная формулой (3.2):

$$\Delta t = L \times (1 \div V_w - 1 \div V_0), \quad (3.2)$$

где L – длина зоны (км),

V_0 – свободная скорость грузового ТС вне зоны работ,

V_w – установленная скорость в зоне ограничений.

• Компонента А (редкость «окон» ремонта): на горизонте планирования до 2066 года, разница в ремонтных работах на разных типах покрытия отсутствует, следовательно, 0,12 суток/год на 1 км. Сокращение простоев в год по компоненте А, представленная формулой (3.3):

$$E_A = n \times AADT_{gr} \times \Delta t, \quad (3.3)$$

где n – разница в ремонтных работах между типами покрытия, суток/год на 1 км;

$AADT_{gr}$ – суточная интенсивность грузовых ТС.

- Компонента В (технологические ограничения АСФ и разница в выполнении работ по устройству слоев износа), представленная формулой (3.4):

$$E_B = (m_{\text{АСФ}} \times (T_{\text{hold}} + p_{\text{wait}} \times T_{\text{wait}}) - m_{\text{ЦБ}} \times T_{\text{ЦБ}}) \times AADT_{gr} \times \Delta t, \quad (3.4)$$

где T_{hold} – нормативная выдержка 2-3 суток (принятие среднего значения допускается);

$m_{\text{АСФ}}$ – периодичность выполнения работ по устройству слоев износа на дорогах с АСФ покрытием (1/год на 1 км);

p_{wait} – доля событий, когда старт работ сдвинут из-за влажности;

T_{wait} – дополнительное ожидание «сухого окна» для битума (по климату);

$m_{\text{ЦБ}}$ – периодичность выполнения работ по устройству слоев износа на дорогах с ЦБ покрытием (1/год на 1 км);

$T_{\text{ЦБ}}$ – средняя длительность ограничений на дорогах с ЦБ покрытием на одно выполнение работ по устройству слоев износа.

- Компонента С (летние ограничения для тяжеловесов на АСФ при $T > +32^\circ\text{C}$), представленная формулой (3.5):

$$E_C = N_{\text{heavy}} \times f_{\text{day}} \times \bar{w} \times D_{32} \times F_{\text{reg,summer}}, \quad (3.5)$$

где N_{heavy} – среднее число тяжеловесных рейсов/сут по сети,

f_{day} – доля прибытий, приходящихся на дневное «закрытое» окно,

$\bar{w}$ – среднее ожидание до допустимого «ночного окна»,

D_{32} – число дней с превышением температурного порога,

$F_{\text{reg,summer}}$ – доля субъектов РФ, фактически вводящих летние ограничения.

- Компонента D (весенние ограничения), представленная формулой (3.6):

$$E_D = N_{heavy} \times F_{reg,spring} \times S_{opor,reg} \times D_{spring} \times w_{spring} \times \lambda, \quad (3.6)$$

где $F_{reg,spring}$ – доля регионов, вводящих весенние ограничения;

$S_{opor,reg}$ – доля региональной части в опорной сети;

D_{spring} – длительность весенних ограничений, дней/год;

w_{spring} – среднее «время потерь» на рейс в день действия режима, час/день;

λ – коэффициент снятия ограничений при переходе на ЦБ.

Агрегирование эффекта по Российской Федерации предлагается осуществлять по опорной сети (ориентировочно 140,5 тыс. км) и (или) по ключевым грузовым коридорам. Компоненты А и В рассчитываются покилометрово и затем суммируются по выбранной сети; компоненты С и D рассчитываются по всей сети и суммируются отдельно.

База данных и оценка эффекта

При расчетах используются усредненные или нормативные значения параметров (Таблица 3.2). Некоторые параметры представлены в двух вариантах, которые будут обозначаться (1) и (2).

Таблица 3.2 – База данных для оценки эффекта сокращения времени в пути

Параметр	Значение	Ед. измерения	Источник
Свободная скорость грузовых	80	км/ч	данные Заказчика, оценка авторов
Скорость в зоне ограничений	40	км/ч	норматив [39]
Длина зоны	1,0	км	–
Суточная интенсивность грузовых ТС	(1): 3 000 (2): 7 000	авт./сутки	данные Заказчика
Периодичность выполнения работ по устройству слоев износа на дорогах с АСФ покрытием	1/2	1/лет	норматив [27]
Выдержка после ПО	2,5	суток	нормативный диапазон 2-3 суток [39]

Доля случаев, когда старт работ сдвигается из-за влажности поверхности	0,25	–	экспертная оценка
Ожидание начала работ при влажной поверхности	0,5	суток/случай	экспертная оценка
Периодичность выполнения работ по устройству слоев износа на дорогах с ЦБ покрытием	1/4	1/лет	РОСДОРНИИ [35]
Средняя длительность ограничений на дорогах с ЦБ покрытием на одно выполнение работ по устройству слоев износа	0,38	суток/случай	экспертная оценка
Разность «окон ремонта»	0,12	суток/год	вывод из жизненных циклов, горизонт планирования до 2066 года (разница 5 дней ремонта на 41 год)
Опорная сеть для масштабирования	140 500	км	Росавтодор ⁴³
Число «жарких» дней	15	дн./год	усреднение
Доля субъектов РФ, фактически вводящих летние ограничения	0,5	–	экспертная оценка
Тяжеловесные рейсы	(1): 5 000 (2): 7 000	рейсов/сут.	экспертная оценка
Доля прибытий, попадающих под дневные ограничения	0,5	доля	экспертная оценка
Среднее ожидание для летних ограничений	3,0	ч/день-ограничения	экспертная оценка
Доля регионов, вводящих весенние ограничения	0,65	–	экспертная оценка
Доля региональной части в опорной сети	0,53	–	оценка авторов на основе данных Росавтодора ⁴⁴
Длительность весенних ограничений	30	дн. / год	усреднение
Среднее «время потерь» на рейс в день действия режима	2,0	ч. / день-ограничения	экспертная оценка
Коэффициент снятия ограничений при переходе на ЦБ	1	–	экспертная оценка

Источник: составлено авторами

⁴³ Протяженность опорной сети автомобильных дорог увеличилась почти до 140,5 тыс. км // Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/698181>

⁴⁴ Протяженность опорной сети автомобильных дорог увеличилась почти до 140,5 тыс. км // Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/698181> (дата обращения: 03.10.2025)

Аналогично представлению параметров, варианты расчетов будут обозначаться (1) и (2) в соответствии с заданной интенсивностью грузовых ТС и количеством тяжеловесных рейсов.

– Базовая задержка на 1 км зоны ограничений:

$\Delta t = 1 \times (1 \div 40 - 1 \div 80) = 0,0125 \text{ ч} = 45 \text{ с}$ на один проезд грузового ТС.

– Компонента А:

(1): $E_A = 0,12 \times 3000 \times 0,0125 = 4,5 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$.

(2): $E_A = 0,12 \times 7000 \times 0,0125 = 10,5 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$.

– Компонента В:

(1): $E_B = ((1 \div 2) \times (2,5 + 0,25 \times 0,5) - (1 \div 4) \times 0,38)) \times 3000 \times 0,0125 = 45,656 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$.

(2): $E_B = ((1 \div 2) \times (2,5 + 0,25 \times 0,5) - (1 \div 4) \times 0,38)) \times 7000 \times 0,0125 = 106,531 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$.

– Суммарно по компонентам А+В на 1 км:

(1): $E_{A+B} = 4,5 + 45,656 = 50,156 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$

(2): $E_{A+B} = 10,5 + 106,531 = 117,031 \text{ ч/год} \cdot \text{км}$

– Масштабирование на опорную сеть (140 500 км):

(1): 7 046 918 ч/год ($\approx 293\,621,6$ грузо-сут./год);

(2): 16 442 855,5 ч/год ($\approx 685\,119,0$ грузо-сут./год).

– Компонента С (летние ограничения):

(1): $E_C = 5000 \times 0,5 \times 3 \times 15 \times 0,5 = 56\,250 \text{ ч/год}$;

(2): $E_C = 7000 \times 0,5 \times 3 \times 15 \times 0,5 = 78\,750 \text{ ч/год}$.

– Компонента D (весенние ограничения):

(1): $E_D = 5000 \times 0,65 \times 0,53 \times 30 \times 2 \times 1 = 103\,350 \text{ ч/год}$;

(2): $E_D = 7000 \times 0,65 \times 0,53 \times 30 \times 2 \times 1 = 144\,690 \text{ ч/год}$.

– Совокупное значение по РФ:

(1): $E_{total} = 7046918 + 56250 + 103350 = 7\,206\,518 \text{ ч/год}$
($\approx 300\,271,6$ сут/год);

(2): $E_{total} = 16442855,5 + 78750 + 144690 = 16\,666\,295,5$ ч/год
($\approx 694\,429,0$ сут/год).

Интерпретация результатов

Если рассматривать оценочную стоимость грузоперевозок на уровне 5 525 рублей/час в соответствии с данными Ассоциация Транспортных Экспертов и Специалистов (АТЭС), тогда потенциальный экономический эффект сокращения времени в пути при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные в рамках опорной сети будет находиться в диапазоне:

от (1): $5\,525 \times 7\,206\,518 = 39\,816\,011\,950$ рублей/год (39,8 млрд рублей в год);

до (2): $5\,525 \times 16\,666\,295,5 = 92\,081\,282\,637,5$ рублей/год (92,08 млрд рублей в год).

В соответствии с данными ЕМИСС по показателю «Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ, услуг (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов и иных аналогичных обязательных платежей)» потенциальный экономический эффект сокращения времени в пути при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные в рамках опорной сети составляет от (1): 2,93% до (2): 6,78% от выручки предприятий грузовых автомобильных перевозок за 2023 г. (по виду деятельности «Деятельность автомобильного грузового транспорта и услуги по перевозкам»).

Допуская, что потенциальный экономический эффект сокращения простоев при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные позволит увеличить выручку транспортных компаний, на примере статистических данных можно говорить о том, что увеличение прироста выручки с экономическим эффектом будет находиться в диапазоне от (1): 4,08 п.п., в 2023 году к 2022 году (42,99% против 38,91%); до (2): 9,42 п.п., в 2023 году к 2022 году (48,33% против 38,91%).

3.3 Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля»

Расчет оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля» осуществляется посредством вычисления годовой экономии топлива и ее стоимостной оценки на основе разности расхода топлива грузовых автотранспортных средств, осуществляющих движение на асфальтобетонном и цементобетонном покрытиях в разрезе двух сценариев:

– Сценарий 1 (далее – СЦ1): модернизация транспортно-логистической сети, протяженностью 2,57 тыс. км;

– Сценарий 2 (далее – СЦ2): модернизация опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации, протяженностью 140,5 тыс. км.

Обоснование эффекта сокращения расхода топлива на дорогах с цементобетонным покрытием представлено в Приложении Б.

(1) Расчет годовой экономии топлива и ее стоимостной оценки в рамках СЦ1 осуществлен с применением формул (3.7) и (3.8):

$$Q_{\text{СЦ1}} = N_{(\text{СЦ1})} \times \frac{S_{(\text{СЦ1})}}{100} \times \bar{Q}_{\text{АБ}} - N_{(\text{СЦ1})} \times \frac{S_{(\text{СЦ1})}}{100} \times \bar{Q}_{\text{ЦБ}}, \quad (3.7)$$

$$C_{\text{СЦ1}} = Q_{(\text{СЦ1})} \times c_{\text{ДТ}}, \quad (3.8)$$

где $Q_{\text{СЦ1}}$ – экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км, л;

$N_{(\text{СЦ1})}$ – число грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км, ед.;

$S_{(\text{СЦ1})}$ – среднегодовой пробег грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км, км;

$\bar{Q}_{AB}$ – средний расход топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на асфальтобетонном покрытии, л/100 км;

$\bar{Q}_{CB}$ – средний расход топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на цементобетонном покрытии, л/100 км;

C_{CC1} – экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км, руб.;

c_{DT} – средние потребительские цены на дизельное топливо, руб.

Расчет числа грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 2,5 тыс. километров осуществляется с применением формулы (3.9):

$$N_{(CC1)} = N_{PФ} \times \varphi, \quad (3.9)$$

где $N_{PФ}$ – количество грузовых автотранспортных средств в Российской Федерации, ед.;

φ – доля 2,5 тыс. километров в общей протяженности опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации, %.

Расчет среднегодового пробега грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 2,5 тыс. километров осуществляется с применением формулы (3.10):

$$S_{(CC1)} = \frac{2,574 \times S_{(PФ)} \times 0,67}{140,5}, \quad (3.10)$$

где $S_{(PФ)}$ – среднегодовой пробег грузовых автотранспортных средств по Российской Федерации, км.

Расчет среднего расхода топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на асфальтобетонном и цементобетонном покрытии, осуществлялся с применением формулы нахождения среднего арифметического значения (3.11):

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (3.11)$$

(2) Расчет годовой экономии топлива и ее стоимостной оценки в рамках СЦ2 осуществлен с применением формул (3.12) и (3.13):

$$Q_{\text{СЦ2}} = N_{(\text{СЦ2})} \times \frac{S_{(\text{СЦ2})}}{100} \times \bar{Q}_{\text{АБ}} - N_{(\text{СЦ2})} \times \frac{S_{(\text{СЦ2})}}{100} \times \bar{Q}_{\text{ЦБ}}, \quad (3.12)$$

$$C_{\text{СЦ2}} = Q_{(\text{СЦ2})} \times c_{\text{ДТ}}, \quad (3.13)$$

где $Q_{\text{СЦ2}}$ – экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 140,5 тыс. км, л;

$N_{(\text{СЦ2})}$ – число грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 140,5 тыс. км, ед.;

$S_{(\text{СЦ2})}$ – среднегодовой пробег грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 140,5 тыс. км, км;

$\bar{Q}_{\text{АБ}}$ – средний расход топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на асфальтобетонном покрытии, л/100 км;

$\bar{Q}_{\text{ЦБ}}$ – средний расход топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на цементобетонном покрытии, л/100 км;

$C_{\text{СЦ2}}$ – экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 140,5 тыс. км, руб;

$c_{\text{ДТ}}$ – средние потребительские цены на дизельное топливо, руб.

Расчет числа грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 140,5 тыс. километров осуществляется с применением формулы (3.14):

$$N_{(\text{СЦ2})} = N_{\text{РФ}} \times 0,67, \quad (3.14)$$

где $N_{\text{РФ}}$ – количество грузовых автотранспортных средств в Российской Федерации, ед.

Расчет среднегодового пробега грузовых автотранспортных средств, осуществляющих перевозки на маршруте протяженностью 140,5 тыс. километров осуществляется с применением формулы (3.15):

$$S_{(\text{СЦ1})} = S_{(\text{РФ})} \times 0,67, \quad (3.15)$$

где $S_{(\text{РФ})}$ – среднегодовой пробег грузовых автотранспортных средств по Российской Федерации, км.

Расчет среднего расхода топлива грузового автотранспортного средства, осуществляющего движение на асфальтобетонном и цементобетонном покрытии, осуществляется с применением формулы нахождения среднего арифметического значения (3.11).

База данных для расчета оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля»

При составлении базы данных для оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля» авторами использовались данные, предоставленные Заказчиком, а также данные из следующих открытых официальных источников:

- данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат);
- данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;
- данные из материалов и публикаций правительственных источников;
- данные отраслевых публичных аналитических ресурсов.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – База данных для проведения оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Средний расход топлива для грузового транспорта на асфальтобетонном покрытии	л/100 км	27-33	Данные, предоставленные Заказчиком
2	Средний расход топлива для грузового транспорта на цементобетонном покрытии	л/100 км	25-31	Данные, предоставленные Заказчиком
3	Среднегодовой пробег грузовых автотранспортных средств по Российской Федерации	км	54 186,05	Расчет авторов по формуле (3.11) по данным [40]
4	Количество грузовых автомобилей в Российской Федерации по состоянию на 01.01.2025 г.	ед.	2 572 122	Данные информационно-аналитического сервиса «Автостат Инфо» ⁴⁵
5	Протяженность автомобильных дорог федерального и регионального значения опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации	тыс. км	140,5	Данные Правительства РФ ⁴⁶
6	Протяженность автомобильных дорог федерального и регионального значения, подлежащих строительству и реконструкции до 2036 года	тыс. км	2,574	Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р [1]
7	Средние потребительские цены на дизельное топливо по состоянию на 29.09.2025	руб.	72,63	Данные Росстат ⁴⁷

Источник: составлено авторами

⁴⁵ Официальный сайт ООО «Автостат Инфо». – URL: <https://avtostat-info.com/News/11995> (дата обращения: 29.09.2025)

⁴⁶ Виталий Савельев: на заседании Правительственной комиссии по транспорту одобрен проект перечня автомобильных дорог опорной сети // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – URL: <http://government.ru/news/53338/> (дата обращения: 29.09.2025)

⁴⁷ О потребительских ценах на нефтепродукты с 23 по 29 сентября 2025 года // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). – URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/154_01-10-2025.html (дата обращения: 29.09.2025)

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля»

Зарубежный опыт эксплуатации дорог с цементобетонным покрытием свидетельствует, что благодаря более низкому коэффициенту сопротивления качению обеспечивается снижение расхода топлива примерно на 5%, что выражается в совокупной годовой экономии затрат на топливо около 45,3 млн руб. для утвержденного объема строительства и реконструкции дорог или 90,0 млрд руб. при условии расчета на опорную транспортную сеть Российской Федерации, что сопоставимо с 6,7% годовой выручки организаций автомобильного грузового транспорта.

3.4 Снижение логистических издержек перевозчиков в рамках мультипликативных эффектов при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные

Методика расчета эффекта

Подход предназначен для агрегированной оценки снижения логистических издержек перевозчиков при гипотезе полной замены асфальтобетонных покрытий на цементобетонные на сети автомобильных дорог Российской Федерации.

Методически совокупный эффект представляет сумму 3 компонент:

- 1) снижение издержек от сокращения времени в пути;
- 2) снижение издержек от увеличения загрузки транспортных средств;
- 3) снижение издержек от снижения сопротивления качению.

Методика расчета и формулы:

- 1) снижение издержек от сокращения времени в пути, представленное формулой (3.16):

$$\Delta c = \frac{E_{total} \times C_{hour}}{G_{opor}}, \quad (3.16)$$

где Δc – снижение издержек от сокращения времени в пути, рублей/тонно-км;

E_{total} – совокупный эффект сокращения времени в пути, часов/год;

C_{hour} – оценочная себестоимость грузоперевозок, рублей/час;

G_{opor} – расчетный грузооборот по опорной сети в 2024 г., тонно-км.

2) снижение издержек от увеличения загрузки транспортных средств, представленное формулой (3.17):

$$\Delta c = C \times \left(\frac{1}{P_{АСФ}} - \frac{1}{P_{ЦБ}} \right), \quad (3.17)$$

где Δc – снижение издержек от увеличения загрузки транспортных средств, рублей/тонно-км;

C – средняя себестоимость грузоперевозок автомобильным грузовым транспортом, рублей/км;

$P_{АСФ}$ – фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на асфальтобетонном покрытии, т;

$P_{ЦБ}$ – фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на цементобетонном покрытии, т.

3) снижение издержек от снижения сопротивления качению, представленное формулой (3.18):

$$\Delta c = \frac{\Delta F \times C_{fuel}}{P_{ЦБ}}, \quad (3.18)$$

где Δc – снижение издержек от сокращения времени в пути, рублей/тонно-км,

ΔF – сокращение расхода топлива при переходе на цементобетонное покрытие, рублей,

C_{fuel} – средние потребительские цены на дизельное топливо (на 29.09.2025 г.), рублей.

База данных и оценка эффекта

При расчетах используются следующие значения параметров (Таблица 3.4):

Таблица 3.4 – База данных для оценки снижения логистических издержек перевозчиков

Параметр	Значение (вариант 1)	Значение (вариант 2)	Ед. изм.	Источник
Совокупный эффект	7 206 518,0	16 666 295,5	ч/год	расчеты авторов
Грузооборот автомобильного транспорта по Российской Федерации, 2024 г.	387 359	387 359	млн тонно- км	Росстат ⁴⁸
Доля грузооборота по опорной сети в общем объеме грузооборота	0,67	0,67	–	данные Ассоциация Транспортных Экспертов и Специалистов (АТЭС)
Расчетный грузооборот по опорной сети, 2024 г.	259 530,5	259 530,5	млн тонно- км	расчеты авторов
Средняя себестоимость грузоперевозок автомобильным грузовым транспортом	65,0	65,0	рублей /км	данные Заказчика
Оценочная средняя скорость движения автомобильного грузового транспорта	65,0	65,0	км/ч	данные Ассоциация Транспортных Экспертов и Специалистов (АТЭС)
Оценочная себестоимость грузоперевозок	4225	4225	рублей /час	расчеты авторов
Доля фактической загрузки грузовых автотранспортных средств на асфальтобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности	0,6	0,75	–	данные Заказчика
Доля фактической загрузки грузовых автотранспортных средств на цементобетонном покрытии от максимально допустимой грузоподъемности	0,7	0,95	–	данные Заказчика
Средняя грузоподъемность транспортных средств	16	16	т	данные Заказчика
Фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на асфальтобетонном покрытии	9,6	12	т	расчеты авторов
Фактическая загрузка грузовых автотранспортных средств на цементобетонном покрытии	11,2	15,2	т	расчеты авторов

⁴⁸ Грузооборот. Транспорт // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 29.10.2025)

Средняя себестоимость грузоперевозок автомобильным грузовым транспортом	65,0	65,0	рублей /км	данные Заказчика
Средний расход топлива для грузового транспорта на асфальтобетонном покрытии	30	30	л/100 км	данные Заказчика
Средний расход топлива для грузового транспорта на цементобетонном покрытии	28	28	л/100 км	данные Заказчика
Средние потребительские цены на дизельное топливо (на 29.09.2025 г.)	72,63	72,63	руб.	Росстат ⁴⁹
Сокращение расхода топлива при переходе на цементобетонное покрытие	0,02	0,02	л/ км	расчеты авторов

Источник: составлено авторами

Варианты расчетов обозначаются (1) и (2).

1) снижение издержек от сокращения времени в пути:

$$(1): \Delta c = \frac{7\,206\,518,0 \times 4225}{259\,530,5} = 0,12 \text{ руб./тонно-км},$$

$$(2): \Delta c = \frac{16\,666\,295,5 \times 4225}{259\,530,5} = 0,27 \text{ руб./тонно-км}.$$

2) снижение издержек от увеличения загрузки транспортных средств:

$$(1): \Delta c = 65 \times \left(\frac{1}{9,6} - \frac{1}{11,2} \right) = 0,97 \text{ руб./тонно-км},$$

$$(2): \Delta c = 65 \times \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{15,2} \right) = 1,14 \text{ руб./тонно-км}.$$

3) снижение издержек от снижения сопротивления качению:

$$(1): \Delta c = \frac{0,02 \times 72,63}{11,2} = 0,13 \text{ руб./тонно-км},$$

$$(2): \Delta c = \frac{0,02 \times 72,63}{15,2} = 0,10 \text{ руб./тонно-км}.$$

Общее снижение логистических издержек перевозчиков представлено в Таблице 3.5.

⁴⁹ О потребительских ценах на нефтепродукты с 23 по 29 сентября 2025 года // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/154_01-10-2025.html (дата обращения: 01.10.2025)

Таблица 3.5 – Общее снижение логистических издержек перевозчиков в рамках мультипликативных эффектов

Название	Значение (вариант 1)	Значение (вариант 2)	Ед. изм.
Снижение издержек от сокращения времени в пути	0,12	0,27	руб./тонно-км
Снижение издержек от увеличения загрузки ТС	0,97	1,14	руб./тонно-км
Снижение издержек от снижения сопротивления качению	0,13	0,1	руб./тонно-км
Общее снижение издержек	1,22	1,51	руб./тонно-км

Источник: составлено авторами

Интерпретация результатов

В целях экономической интерпретации полученных результатов оценки снижения логистических издержек перевозчиков в рамках мультипликативных эффектов при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные полученное значение общего снижения будет сопоставлено с себестоимостью грузоперевозок на асфальтобетонном покрытии (в руб./тонно-км).

В соответствии с исходными данными с себестоимость грузоперевозок на асфальтобетонном покрытии находится в диапазоне от 6,77 до 5,42 рублей/тонно-км. Так, общее снижение логистических издержек перевозчиков в рамках мультипликативных эффектов при переводе асфальтобетонных покрытий на цементобетонные составляет от 18% до 27,9% от себестоимости грузоперевозок на асфальтобетонном покрытии.

3.5 Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность»

Расчет оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную

деятельность» осуществляется посредством вычисления прироста ВВП за счет реинвестирования в основной капитал высвобожденных средств у грузовладельцев в результате экономии на топливе с применением формулы⁵⁰ (3.19):

$$\Delta \text{ВВП}_{\text{инв}} = \frac{C_{\text{СЦ1,2}} \times \mu_{\text{инв}}}{10^9}, \quad (3.19)$$

где $\Delta \text{ВВП}_{\text{инв}}$ – прирост ВВП за счет реинвестирования в основной капитал высвобожденных средств у грузовладельцев в результате экономии на топливе, млрд руб.;

$C_{\text{СЦ1,2}}$ – экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км (СЦ1) и 140,5 тыс. км (СЦ2), руб.;

$\mu_{\text{инв}}$ – инвестиционный мультипликатор ВВП для видов деятельности по оказанию услуг сухопутного транспорта.

База данных для расчета оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность»

При составлении базы данных для оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность» авторами использовались следующие данные:

– результаты оценки транспортно-логистического эффекта «Уменьшение расхода топлива грузового автомобиля» (Сценарий 1 и Сценарий 2);

– данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 3.6.

⁵⁰ Принято допущение о полном (100%) реинвестировании сэкономленных на топливе средств в основной капитал.

Таблица 3.6 – База данных для проведения оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 2,5 тыс. км	руб.	45 329 120,33	Результаты расчетов авторов (глава 3, п. 3.3)
2	Экономия расхода топлива при движении грузовых автотранспортных средств по цементобетонному покрытию на маршруте протяженностью 140,5 тыс. км	руб.	89 979 287 773,40	Результаты расчетов авторов (глава 3, п. 3.3)
3	Инвестиционный мультипликатор ВВП для видов деятельности по оказанию услуг сухопутного транспорта	ед.	0,81	Институт Народнохозяйственного Прогнозирования РАН [36]

Источник: составлено авторами

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки транспортно-логистического эффекта «Высвобождение денежных средств у грузовладельцев и их инвестирование в основную деятельность»

При целевом реинвестировании высвобожденных денежных средств в основной капитал логистических компаний, ожидаемый прирост ВВП составит:

- в рамках Сценария 1 – 0,04 млрд рублей;
- в рамках Сценария 2 – 72,88 млрд рублей (дополнительно 0,04% к годовому приросту ВВП).

4. Оценка межотраслевых эффектов от строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными в долгосрочной перспективе

Оценка межотраслевых эффектов осуществляется посредством расчета потенциального прироста объема производства цемента, необходимого для строительства и реконструкции автомобильных дорог, а также расчета потенциального сокращения выпуска дорожных нефтяных битумов в связи с замещением асфальтобетонных покрытий цементобетонными.

4.1 Отраслевые эффекты цементной отрасли

Методические подходы к разработке эконометрического и математического инструментария оценки отраслевого эффекта цементной отрасли

Расчет оценки отраслевых эффектов цементной отрасли осуществляется в разрезе двух сценариев:

– Сценарий 1 (далее – СЦ1): модернизация транспортно-логистической сети, протяженностью 2,57 тыс. км;

– Сценарий 2 (далее – СЦ2): модернизация опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации, протяженностью 140,5 тыс. км.

Алгоритм расчета отраслевого эффекта включает в себя следующие шаги:

а) расчет нормативного расхода цемента для строительства/реконструкции 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог;

б) расчет совокупной потребности цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р;

в) оценка отраслевых эффектов для цементной отрасли (увеличение объемов производства; повышение загрузки производственных мощностей цементной промышленности);

г) оценка прироста выручки предприятий цементной отрасли.

Расчет нормированного расхода цемента для строительства/реконструкции 1 км федеральных дорог осуществлен с применением формулы (4.1):

$$M_{\text{ЦБфд}} = (n_{\text{фд}} \times b_{\text{фд}} \times h_{\text{фд}} \times l) \times \rho, \quad (4.1)$$

где $M_{\text{ЦБфд}}$ – нормированный расход цемента для строительства/реконструкции 1 км федеральных автомобильных дорог, тонн;

$n_{\text{фд}}$ – количество полос движения, ед.;

$b_{\text{фд}}$ – ширина полосы движения для федеральных дорог категории IV (четырехполосные автомобильные дороги), м;

$h_{\text{фд}}$ – толщина монолитной плиты, м;

l – протяженность (1 000 метров);

ρ – плотность цемента для класса бетона B25, кг/м³.

Расчет нормированного расхода цемента для строительства/реконструкции 1 км региональных дорог осуществлен с применением формулы (4.2):

$$M_{\text{ЦБРд}} = (n_{\text{рд}} \times b_{\text{рд}} \times h_{\text{рд}} \times l) \times \rho, \quad (4.2)$$

где $M_{\text{ЦБРд}}$ – нормированный расход цемента для строительства/реконструкции 1 км региональных автомобильных дорог, тонн;

$n_{\text{рд}}$ – количество полос движения, ед.;

$b_{\text{рд}}$ – ширина полосы движения для региональных дорог категории III (двухполосные автомобильные дороги), м;

$h_{\text{фд}}$ – толщина монолитной плиты, м;

l – протяженность (1 000 метров);

ρ – плотность цемента для класса бетона В25, кг/м³.

Расчет совокупной потребности цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р осуществлен посредством умножения $M_{\text{цБфд}}$ и $M_{\text{цБРд}}$ на соответствующие годовые объемы работ (км) по каждому виду дороги формула (4.3):

$$C_{total} = \sum_{t \in T} (M_{\text{цБфд}} \times L_{\text{фд}t} + M_{\text{цБРд}} \times L_{\text{рд}t}), \quad (4.3)$$

где C_{total} – совокупная потребности цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р, тонн;

$L_{\text{фд}t}$ – годовой объем работ по строительству/реконструкции федеральных автомобильных дорог в соответствующем году t , км;

$L_{\text{рд}t}$ – годовой объем работ по строительству/реконструкции региональных автомобильных дорог в соответствующем году t , км.

Оценка отраслевого эффекта для цементной отрасли в части расчета показателя «Увеличение объемов производства» проводится в соответствии с формулой (4.4):

$$I_{Q_{\text{ц}},t} = \frac{Q_{\text{цпотенциал},t}}{Q_{\text{цтекущий}}}, \quad (4.4)$$

где $I_{Q_{\text{ц}},t}$ – увеличение объема производства цемента в году t , %;

$Q_{\text{цпотенциал},t}$ – необходимый объем цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в году t , млн тонн;

$Q_{\text{це́текущий}}$ – текущий объем производства цемента, млн тонн.

Оценка отраслевого эффекта для цементной отрасли в части расчета показателя «Увеличение дополнительной нагрузки мощностей предприятий цементной отрасли» проводится в соответствие с формулой (4.5):

$$\Delta\mu_t = \frac{Q_{\text{це́потенциал},t} \times \mu_{\text{це́}},}{Q_{\text{це́текущий}}}, \quad (4.5)$$

где $\Delta\mu_t$ – увеличение дополнительной нагрузки мощностей предприятий цементной отрасли в году t , %;

$Q_{\text{це́потенциал}}$ – необходимый объем цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в году t , млн тонн;

$Q_{\text{це́текущий}}$ – текущий объем производства цемента, млн тонн;

$\mu_{\text{це́}}$ – уровень загрузки производственных мощностей цементных предприятий, %.

Расчет выручки предприятий цементной отрасли осуществлялся в соответствие с формулой (4.6):

$$rev_{\text{це́потенциал}} = \frac{\sum Q_{\text{це́потенциал}} \times \bar{p}}{10^6}, \quad (4.6)$$

где rev – дополнительная выручка предприятий цементной отрасли, возникающая в результате формирования дополнительной потребности в производстве цемента для строительства и реконструкции автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, млн руб.;

$\sum Q_{\text{це́потенциал}}$ – совокупный объем цемента для строительства и реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог, тонн;

$\bar{p}$ – средняя стоимость портландцемента в 2025 году за 1 тонну, руб.

Расчет прироста выручки предприятий цементной отрасли осуществляется в соответствии с формулой (4.7):

$$rev_{\text{ЦЭффект}} = \frac{\sum Q_{\text{Цпотенциал},t}^{\text{max}} \times \bar{p}^{2025}}{10^6 \times (rev_{\text{Ц}}^{2024} \times i^{2025})}, \quad (4.7)$$

где $rev_{\text{ЦЭффект}}$ – прирост выручки предприятий цементной отрасли, возникающий в результате формирования дополнительной потребности в производстве цемента для строительства и реконструкции автомобильных дорог, %;

$\sum Q_{\text{Цпотенциал},t}^{\text{max}}$ – максимально возможный объем потребления цемента при строительстве и реконструкции автомобильных дорог федерального и регионального значения в рассматриваемом периоде в году t , тонн;

$\bar{p}^{2025}$ – средняя стоимость портландцемента в 2025 году за 1 тонну, руб.;

$rev_{\text{Ц}}^{2024}$ – выручка предприятий цементной отрасли в 2024 году, млн руб.;

i^{2025} – индекс-дефлятор отрасли «Обрабатывающая промышленность» в 2025 г., %.

База данных для расчета оценки отраслевых эффектов цементной отрасли

При составлении базы данных для оценки отраслевых эффекта цементной отрасли авторами использовались данные из следующих открытых официальных источников:

- данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат);
- данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;
- данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблицах 4.1-4.2.

Таблица 4.1 – База данных для проведения оценки отраслевых эффектов цементной отрасли

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Число полос движения для федеральных автомобильных дорог категории IV	ед.	4	СП 34.13330.2021 [41]
2	Число полос движения для региональных автомобильных дорог категории III	ед.	2	
3	Ширина полосы федеральных автомобильных дорог категории IV (четыреполосные)	м	3,75	
4	Ширина полосы региональных автомобильных дорог категории III (двухполосные)	м	3,5	
5	Толщина монолитной плиты для федеральных автомобильных дорог категории IV	м	0,22	
6	Толщина монолитной плиты для региональных автомобильных дорог категории III	м	0,2	
7	Плотность цемента для класса бетона B25	кг/м ³	330	ГОСТ 27006-2019 [42]
8	Средняя стоимость портландцемента в 2025 году за 1 тонну	руб.	9 355	Расчет авторов по формуле (3.11) по данным ЕМИСС ⁵¹
9	Выручка предприятий производства цемента в 2024 году	млн руб.	489 137,62	Данные ЕМИСС ⁵²
10	Индекс-дефлятор по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» в 2025 году	процент (%)	105,4	Данные Министерства экономического развития РФ ⁵³

⁵¹ Средние цены на приобретенные строительными организациями основные материалы, детали и конструкции с 2017 г. // Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57724> (дата обращения: 12.12.2025)

⁵² Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ, услуг (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов и иных аналогичных обязательных платежей) с 2017 г. // Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/58018> (дата обращения: 12.12.2025)

⁵³ Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов // Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации. – URL:

https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognost_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2026_god_i_na_planovyy_period_2027_i_2028_godov.html (дата обращения: 12.12.2025)

11	Объем производства цемента в 2024 году	млн тонн	64,7	По данным «Союзцемент» ⁵⁴	НО
12	Уровень загрузки производственных мощностей цементных предприятий	процент (%)	61	По данным «Союзцемент» ⁵⁵	НО

Источник: составлено авторами

Таблица 4.2 – База данных для проведения расчета совокупной потребности цемента для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р

Годы	Объем строительства и реконструкции федеральных дорог, км	Объем строительства и реконструкции региональных дорог, км
2025	494,63	145,05
2026	546,50	93,49
2027	273,49	138,89
2028	254,73	99,86
2029	70,65	97,15
2030	4,24	195,83
2031	11,60	53,95
2032	0,00	0,00
2033	34,80	0,00
2034	0,00	0,00
2035	0,00	0,00
2036	0,00	59,97

Источник: составлено авторами по данным [1]

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки отраслевых эффектов цементной отрасли

В результате проведенных расчетов выделены следующие отраслевые эффекты для цементной отрасли:

В рамках Сценария 1:

– переход на строительство жестких дорожных одежд в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года позволит

⁵⁴ Производство цемента в России выросло в 2024 году на 3% // Официальный сайт Международного информационного агентства «Россия сегодня». – URL: <https://realty.ria.ru/20250127/tsement-1995687585.html> (дата обращения: 12.12.2025)

⁵⁵ Избыточная прочность // Официальный сайт журнала «Эксперт». – URL: <https://expert.ru/promishlennost/izbytochnaya-prochnost/> (дата обращения: 12.12.2025)

обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 2,25 млн тонн или около 1% ежегодного объема производства;

- прирост дополнительной нагрузки мощностей предприятий цементной отрасли составит +0,6%;

- производство цемента, необходимого для строительства и реконструкции автомобильных дорог общей протяженностью 2,57 тыс. км, обеспечит формирование дополнительной выручки предприятий цементной отрасли за весь период в размере 21 044,82 млн руб. (в ценах 2025 года);

- прирост выручки предприятий цементной отрасли составит +1,16%.

В рамках Сценария 2:

- строительство жестких дорожных одежд в рамках единой опорной транспортной сети автомобильных дорог общей протяженностью 140,5 тыс. км позволит обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 106,4 млн тонн или около 16% ежегодного объема производства (при расчете строительства на 10 лет);

- прирост дополнительной нагрузки мощностей предприятий цементной отрасли составит +10,03%.

- производство цемента, необходимого для строительства и реконструкции автомобильных дорог общей протяженностью 140,5 тыс. км, обеспечит формирование дополнительной выручки предприятий цементной отрасли за весь период в размере 995 533,7 млн руб. (в ценах 2025 года);

- прирост выручки предприятий цементной отрасли составит +19,31%.

Масштабирование применения цементобетонных покрытий предполагает не только рост объемов выпуска, но и качественную адаптацию цементной промышленности к более строгим и специфичным требованиям дорожного строительства. В первую очередь это выражается в развитии производства специальных дорожных цементов классов 42,5Н и 52,5Н, для которых важны прогнозируемые показатели ранней и нормативной прочности, стабильность качества от партии к партии и технологическая совместимость с современными добавками и заполнителями. Одновременно

возрастают требования к минералогическому составу клинкера, поскольку соотношение основных клинкерных минералов и уровень их вариативности напрямую влияют на кинетику набора прочности, тепловыделение при гидратации и трещиностойкость дорожного бетона; это, в свою очередь, требует более жесткого контроля сырьевой базы, режимов обжига и показателей качества при производстве. Дополнительным направлением становится развитие выпусков цементов с пониженным тепловыделением (низкой гидратацией), востребованных в условиях повышенных температур, когда важно ограничивать термические напряжения и снижать риск раннего трещинообразования. Также при переходе к масштабным программам строительства дорог с цементобетонным покрытием повышается значение специализированных логистических цепочек: обеспеченности стабильных поставок цемента и минеральных добавок, организации распределительных складов и терминалов, маршрутизации поставок под непрерывный режим бетонирования и синхронизации логистики с производительностью РБУ и бетоноукладочных комплексов, поскольку именно сбои снабжения становятся одним из ключевых факторов потери фактической производительности на объекте.

4.2 Отраслевые эффекты для отрасли производства дорожных нефтяных битумов

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки отраслевого эффекта для отрасли производства дорожных нефтяных битумов

Расчет оценки отраслевых эффектов для отрасли производства дорожных нефтяных битумов осуществляется в разрезе сценария модернизации транспортно-логистической сети, протяженностью 2,57 тыс. км.

Методика расчета отраслевого эффекта включает в себя следующие этапы:

а) расчет нормативного расхода дорожного битума для строительства/реконструкции 1 км федеральных и региональных автомобильных дорог;

б) расчет совокупной потребности дорожного битума для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствие с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р;

в) оценка отраслевых эффектов для производства дорожных нефтяных битумов, обусловленных снижением объемов выпуска в связи с ростом потребности в цементе;

г) оценка снижения выручки предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы.

Расчет нормированного расхода дорожного битума для строительства/реконструкции 1 км федеральных дорог осуществлен с применением формулы (4.8):

$$M_{БФд} = (n_б \times b_б \times h_б \times l) \times \rho_б \times \alpha_б, \quad (4.8)$$

где $M_{БФд}$ – нормированный расход дорожного битума для строительства/реконструкции 1 км федеральных автомобильных дорог, тонн;

$n_б$ – количество полос движения, ед.;

$b_б$ – ширина полосы движения для федеральных дорог категории IV (четыреполосные автомобильные дороги), м;

$h_б$ – толщина слоя асфальтобетонного покрытия, см;

l – протяженность (1 000 метров);

$\rho_б$ – расход асфальта на 1 м² при толщине слоя 1 см, кг;

$\alpha_б$ – массовая доля битума в асфальтобетонной смеси, %.

Расчет нормированного расхода дорожного битума для строительства/реконструкции 1 км региональных дорог осуществлен с применением формулы (4.9):

$$M_{\text{БРД}} = (n_{\text{б}} \times b_{\text{б}} \times h_{\text{б}} \times l) \times \rho_{\text{б}} \times \alpha_{\text{б}}, \quad (4.9)$$

где $M_{\text{БРД}}$ – нормированный расход дорожного битума для строительства/реконструкции 1 км региональных автомобильных дорог, тонн;

$n_{\text{б}}$ – количество полос движения, ед.;

$b_{\text{б}}$ – ширина полосы движения для региональных дорог категории III (двухполосные автомобильные дороги), м;

$h_{\text{б}}$ – толщина слоя асфальтобетонного покрытия, см;

l – протяженность (1 000 метров);

$\rho_{\text{б}}$ – расход асфальта на 1 м² при толщине слоя 1 см, кг;

$\alpha_{\text{б}}$ – массовая доля битума в асфальтобетонной смеси, %.

Расчет объема дорожного битума для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствие с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р осуществлен посредством умножения $M_{\text{БФД}}$ и $M_{\text{БРД}}$ на соответствующие годовые объемы работ (км) по каждому виду дороги (4.10):

$$C_{\text{total}} = \sum_{t \in T} (M_{\text{БФД}} \times L_{\text{ФД}_t} + M_{\text{БРД}} \times L_{\text{РД}_t}), \quad (4.10)$$

где C_{total} – совокупный объем дорожного битума для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствие с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р, тонн;

$L_{\text{ФД}_t}$ – годовой объем работ по строительству/реконструкции федеральных автомобильных дорог в соответствующем году t , км;

$L_{\text{РД}_t}$ – годовой объем работ по строительству/реконструкции региональных автомобильных дорог в соответствующем году t , км.

Оценка отраслевого эффекта для отрасли производства нефтяных дорожных битумов проводится в соответствии с формулой (4.11):

$$I_{Q_{6,t}} = \frac{C_{total}}{C_{текущий}}, \quad (4.11)$$

где $I_{Q_{6,t}}$ – сокращение объема производства нефтяных дорожных битумов в году t , %;

C_{total} – совокупный объем дорожного битума для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р, млн тонн;

$C_{текущий}$ – текущий объем производства нефтяных дорожных битумов, млн тонн.

Расчет выручки предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, осуществляется в соответствии с формулой (4.12):

$$rev_{бит_{потенциал}} = \frac{C_{total} \times \bar{p}}{10^6}, \quad (4.12)$$

где $rev_{бит_{потенциал}}$ – недополученная выручка предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, в связи со строительством и реконструкцией автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, млн руб.;

C_{total} – совокупный объем дорожного битума для строительства/реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р, тонн;

$\bar{p}$ – средняя стоимость нефтяных битумов в 2025 году за 1 тонну, руб.

Расчет снижения выручки предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, осуществляется в соответствии с формулой (4.13):

$$rev_{бит_{Эффект}} = \frac{C_{бит_{потенциал,t}}^{max} \times \bar{p}^{2025}}{10^6 \times (rev_{бит}^{2023} \times i^{2024} \times i^{2025})}, \quad (4.13)$$

где $rev_{бит_{эфф\text{ект}}}$ – снижение выручки предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, в результате строительства и реконструкции автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, %

$C_{бит_{потенциал,t}}^{max}$ – максимально возможный объем потребления нефтяных битумов при строительстве и реконструкции автомобильных дорог федерального и регионального значения в рассматриваемом периоде в году t , тонн;

$\bar{p}^{2025}$ – средняя стоимость нефтяных битумов в 2025 году за 1 тонну, руб.;

$rev_{бит}^{2023}$ – выручка предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, в 2023 году, млн руб.;

i^{2024} и i^{2025} – индекс-дефляторы отрасли «Обрабатывающая промышленность» в 2024 и 2025 гг., %.

База данных для расчета оценки отраслевого эффекта для отрасли производства дорожных нефтяных битумов

При составлении базы данных для оценки отраслевых эффекта цементной отрасли авторами использовались данные из следующих открытых официальных источников:

- данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат);
- данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;
- данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 – База данных для проведения расчета нормированного расхода битума для строительства/реконструкции 1 км федеральных и региональных дорог

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Число полос движения для федеральных автомобильных дорог категории IV	ед.	4	СП 34.13330.2021 [41]
2	Число полос движения для региональных автомобильных дорог категории III	ед.	2	
3	Ширина полосы федеральных автомобильных дорог категории IV (четыреполосные)	м	3,75	
4	Ширина полосы региональных автомобильных дорог категории III (двухполосные)	м	3,5	
5	Толщина слоя асфальтобетонного покрытия для федеральных автомобильных дорог ⁵⁶	см	13	ГОСТ Р 58406.1-2020 [43]; ОДН 218.046-01 [44]
6	Толщина слоя асфальтобетонного покрытия для региональных автомобильных дорог	см	12	
7	Расход асфальта на 1 м ² при толщине слоя 1 см	кг	24,49	Расчет авторов по формуле (4.11) по данным ⁵⁷
8	Массовая доля битума в асфальтобетонной смеси	%	5,25	ГОСТ 31015-2002 [45]; ГОСТ 9128-2013 [46]
9	Объем производства нефтяных дорожных битумов в 2022 г.	млн тонн	7 206,15	Данные Росстат ⁵⁸
10	Стоимость нефтяных битумов в 2025 году за 1 тонну	руб.	36 998,63	Расчет авторов по формуле (3.11) по данным ЕМИСС ⁵⁹
11	Выручка предприятий, производящих битуминозные смеси на основе природного асфальта или битума, нефтяного битума, минеральных смол или их пексов в 2023 году	млн руб	52 424,21	Данные ЕМИСС ⁶⁰
12	Индекс-дефлятор по виду экономической деятельности	процент (%)	110,1	Данные Росстат ⁶¹

⁵⁶ Наименьшая толщина слоев асфальтобетонного покрытия согласно ОДН 218.046-01 – не менее 12 см

⁵⁷ Расход асфальта на м² // ООО «Асфальт-дорога». – URL: <https://asfalting.ru/news/post/raskhod-asfalta-na-m2> (дата обращения: 13.10.2025)

⁵⁸ Производство основных видов продукции в натуральном выражении с 2017 г. (оперативные данные в соответствии с ОКПД2) // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (ЕМИСС). – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57783> (дата обращения: 14.10.2025)

⁵⁹ Средние цены на приобретенные строительными организациями основные материалы, детали и конструкции с 2017 г. // Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57724> (дата обращения: 12.12.2025)

⁶⁰ Выручка (нето) от продажи товаров, продукции, работ, услуг (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов и иных аналогичных обязательных платежей) с 2017 г. // Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/58018> (дата обращения: 12.12.2025)

⁶¹ Национальные счета // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 12.12.2025)

	«Обрабатывающие производства» в 2024 году			
13	Индекс-дефлятор по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» в 2025 году	процент (%)	105,4	Данные Министерства экономического развития РФ ⁶²

Источник: составлено авторами

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки отраслевого эффекта для отрасли производства дорожных нефтяных битумов

Строительство жестких дорожных одежд потенциально повлияет на промышленность асфальтобетонных смесей и, в частности, на производство битума. Так, переход на строительство жестких дорожных одежд в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года вызовет снижение потребление битума суммарно на 500 тыс. тонн или около 7% ежегодного объема производства битумов нефтяных дорожных. Вместе с тем, недополученная выручка предприятий, производящих дорожные нефтяные битумы, в связи со строительством и реконструкцией автомобильных дорог с цементобетонным покрытием за весь период составит 18 909,23 млн рублей. Снижение выручки составит -8,88%.

4.3 Отраслевые эффекты цементной отрасли от производства блоков дорожного ограждения парапетного типа

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства блоков дорожного ограждения парапетного типа

⁶² Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов // Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognos_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2026_god_i_na_planovyy_period_2027_i_2028_godov.html (дата обращения: 12.12.2025)

Расчет оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства железобетонных блоков парапетного ограждения осуществляется в разрезе двух сценариев:

- Сценарий 1: модернизация транспортно-логистической сети, протяженностью 2,57 тыс. км;
- Сценарий 2: модернизация опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации, протяженностью 140,5 тыс. км.

Расчет потребности в цементе, необходимого для производства железобетонных блоков парапетного ограждения осуществлен с применением формулы (4.14):

$$M_t^i = \frac{L_t^i \times q_{\text{цем}} \times k_{\text{тех}}}{l_{\text{блок}} \times 1000} \quad (4.14)$$

где M_t^i – масса цемента, необходимого для производства железобетонных блоков парапетного ограждения в соответствии с i -сценарием в году t , тыс. тонн;

L_t^i – протяженность автомобильных дорог федерального значения (I-категория, 4-х полосные) в соответствии с i -сценарием в году t , км;

$l_{\text{блок}}$ – длина железобетонного блока парапетного ограждения, м;

$q_{\text{цем}}$ – удельный расход цемента на 1 блок дорожного ограждения парапетного типа, кг;

$k_{\text{тех}}$ – коэффициент запаса на технологические потери или брак.

Расчет дополнительной выручки предприятий цементной отрасли, возникающей в результате формирования дополнительной потребности в производстве железобетонных блоков парапетного ограждения осуществлен с применением формулы (4.15):

$$R_t^i = \frac{N_t^i \times P_0}{10^6} \quad (4.15)$$

где R_t^i – дополнительная выручка предприятий цементной отрасли, возникающая в результате формирования дополнительной потребности в производстве железобетонных блоков парапетного ограждения, млн руб.;

N_t^i – Общее количество железобетонных блоков парапетного ограждения, подлежащих производству в году t в соответствии с i -сценарием, ед.;

P_0 – стоимость (цена) 1 железобетонного блока парапетного ограждения в 2025 году, руб.

База данных для расчета оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства блоков дорожного ограждения парапетного типа

При составлении базы данных для оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства железобетонных блоков парапетного ограждения авторами использовались данные из следующих открытых официальных источников:

- данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат);
- данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;
- данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблицах 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4 – База данных для проведения расчетов потребности в цементе, необходимого для производства железобетонных блоков парапетного ограждения

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Длина 1 блока 12-ДД/450-1,15(1,27)-3	м	3,5	Данные Заказчика ⁶³
2	Удельный расход цемента на 1 блок 12-ДД/450-1,15(1,27)-3	кг	737,5	Расчет авторов по формуле (3.11) по данным Заказчика

⁶³ Дорожные ограждения парапетного типа с профилем «Нью-Джерси» // Официальный сайт ООО «Цементум Центр». – URL: https://cementum.ru/upload/docs/zhbi/ЖБИ_Цементум.pdf (дата обращения: 15.11.2025)

3	Стоимость (цена) 1 блока 12-ДД/450-1,15(1,27)-3	руб.	32 182	Данные ООО «Ирбис-С» ⁶⁴
4	Коэффициент запаса на технологические потери или брак	—	1,07	Согласно данным, закрепленным в РДС 82-202-96 «Правила разработки и применения нормативов трудноустраняемых потерь и отходов материалов в строительстве» [47], а также результатам обобщения отраслевой практики, отраженным в источниках открытого доступа ^{65,66}

Источник: составлено авторами

Таблица 4.5 – Протяженность автомобильных дорог федерального значения (I-категория, 4-х полосные) дорог в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р

Годы	Объем строительства и реконструкции федеральных дорог, км
2025	494,63
2026	546,50
2027	273,49
2028	254,73
2029	70,65
2030	4,24
2031	11,60
2032	0,00
2033	34,80
2034	0,00
2035	0,00
2036	0,00

Источник: составлено авторами по данным [1]

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства блоков дорожного ограждения парпетного типа

По итогам проведенных расчетов выделены следующие отраслевые эффекты цементной отрасли, возникающие в результате формирования

⁶⁴ Официальный сайт ООО «Ирбис-С». – URL: <https://www.houmstroj.ru/catalog/zaschitno-ohrannye-ograjdeniya/blok-ograjdeniya-nyu-djersi-12-do-400600-127115-s> (дата обращения: 10.12.2025)

⁶⁵ Официальный сайт ООО «ИнРегионГрупп». – URL: <https://смета.москва/stati/raschet-cementa-peska-i-shebnya-dlya-fundamenta> (дата обращения: 15.11.2025)

⁶⁶ Официальный сайт МКПАО «Циан». – URL: <https://www.cian.ru/stati-kak-rasschitat-smetu-na-stroitelnye-materialy-341961/> (дата обращения: 15.11.2025)

дополнительной потребности в производстве железобетонных блоков парапетного ограждения.

В рамках Сценария 1:

- производство железобетонных блоков парапетного ограждения в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2036 года (расп. Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р) позволит обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 381,18 тыс. тонн или 0,19% ежегодного объема производства;

- среднегодовая потребность в цементе на производство железобетонных блоков парапетного ограждения составит 47,65 тыс. тонн;

- производство железобетонных блоков парапетного ограждения позволит сформировать дополнительную выручку предприятий цементной отрасли в размере 15 545,22 млн рублей (в ценах 2025 года);

- прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности на производство железобетонных блоков парапетного ограждения составит +0,88%.

В рамках Сценария 2:

- производство железобетонных блоков парапетного ограждения в рамках замены устройств дорожного ограждения на федеральных дорогах опорной транспортной сети Российской Федерации позволит обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 14 925,74 тыс. тонн или 2,31% ежегодного объема производства;

- среднегодовая потребность в цементе на производство железобетонных блоков парапетного ограждения составит 1 492,57 тыс. тонн;

- производство железобетонных блоков парапетного ограждения позволит сформировать дополнительную выручку предприятий цементной отрасли в размере 608 699,54 млн рублей (в ценах 2025 года);

- прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности на производство железобетонных блоков парапетного ограждения составит +11,81%.

4.4 Отраслевые эффекты цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов

Методические подходы к разработке математического инструментария оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов

Расчет оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов, осуществляется в разрезе двух сценариев:

- Сценарий 1: модернизация транспортно-логистической сети, протяженностью 2,57 тыс. км;
- Сценарий 2: модернизация опорной транспортно-логистической сети Российской Федерации, протяженностью 140,5 тыс. км.

Рассмотрение особенностей технологии укрепления грунтов представлены в Приложении В.

Расчет потребности в производстве комплексных минеральных вяжущих, возникающей в результате проведения работ по укреплению грунтов проезжей части автомобильных дорог, осуществляется с применением формулы (4.16):

$$Q_t^i = q \times (L_{t,i}^I \times n_I \times b_I + L_{t,i}^{III} \times n_{III} \times b_{III}) \quad (4.16)$$

где Q_t^i – совокупная потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих, возникающая в результате проведения работ по укреплению грунтов автомобильных дорог I и III категории в соответствии с i -сценарием в году t , тонн;

q – средние нормы расхода комплексных минеральных вяжущих, применяемые в рамках проведения строительных работ по технологии укрепления грунтов, кг/м²;

$L_{t,i}^I$ – протяженность автомобильных дорог федерального значения (I-категория, 4-х полосные) в соответствии с i -сценарием в году t , км;

n_I – число полос движения автомобильных дорог I-категории, ед.;
 b_I – ширина полосы движения автомобильных дорог I-категории, м;
 $L_{t,i}^{III}$ – протяженность автомобильных дорог регионального значения (III-категория, 2-х полосные) в соответствии с i -сценарием в году t , км;
 n_{III} – число полос движения автомобильных дорог III-категории, ед.;
 b_{III} – ширина полосы движения автомобильных дорог III-категории, м.

Расчет дополнительной выручки предприятий цементной отрасли, возникающей в результате формирования дополнительной потребности в производстве комплексных минеральных вяжущих для укрепления грунтов, осуществляется с применением формулы (4.17):

$$R_t^i = \frac{Q_t^i \times P_0}{10^6} \quad (4.17)$$

где R_t^i – дополнительная выручка предприятий цементной отрасли, возникающая в результате формирования дополнительной потребности в производстве комплексных минеральных вяжущих для укрепления грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категории в соответствии с i -сценарием в году t , млн руб.;

Q_t^i – совокупная потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих, возникающая в результате проведения работ по укреплению грунтов автомобильных дорог I и III категории в соответствии с i -сценарием в году t , тонн;

P_0 – стоимость (цена) 1 тонны комплексных минеральных вяжущих в 2025 году, руб.

База данных для расчета оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов

При составлении базы данных для оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих,

необходимых для проведения работ по укреплению грунтов, авторами использовались данные из следующих открытых официальных источников:

- данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат);
- данные из действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации;
- данные из открытых информационных источников, соответствующих критериям достоверности, сопоставимости и релевантности.

Сформированная база данных для проведения расчетов приведена в Таблицах 4.6 и 4.7.

Таблица 4.6 – База данных для проведения расчетов потребности в производстве комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категорий

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение	Источник
1	Число полос движения автомобильных дорог I категории	ед.	4	Данные СП 34.13330.2021 [41]
2	Ширина полосы движения автомобильных дорог I категории	м	3,75	
3	Число полос движения автомобильных дорог III категории	ед.	2	
4	Ширина полосы движения автомобильных дорог III категории	м	3,5	
5	Средние нормы расхода комплексных минеральных вяжущих, применяемые в рамках проведения строительных работ по технологии укрепления грунтов (для марки М40 с учетом типа грунтов – суглинки)	кг/м ²	42,5	Расчет авторов по формуле (3.11) по данным Заказчика
6	Стоимость КВМ 32,5 Н Экстра	руб./тонн	8 000	Данные Заказчика

Источник: составлено авторами

Таблица 4.7 – Объемы строительства и реконструкции федеральных и региональных автомобильных дорог в 2025-2036 гг. в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р

Годы	Объем строительства и реконструкции федеральных дорог, км	Объем строительства и реконструкции региональных дорог, км
2025	494,63	145,05
2026	546,50	93,49
2027	273,49	138,89

2028	254,73	99,86
2029	70,65	97,15
2030	4,24	195,83
2031	11,60	53,95
2032	0,00	0,00
2033	34,80	0,00
2034	0,00	0,00
2035	0,00	0,00
2036	0,00	59,97

Источник: составлено авторами по данным [1]

Интерпретация полученных расчетных значений в ходе оценки отраслевых эффектов цементной отрасли от производства комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов

В результате проведенных расчетов выделены следующие отраслевые эффекты цементной отрасли, возникающие в результате формирования дополнительной потребности в производстве комплексных минеральных вяжущих, необходимых для проведения работ по укреплению грунтов.

В рамках Сценария 1:

- проведение работ по укреплению грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категории в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2036 года (расп. Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р) сформирует дополнительную потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих в размере 1,34 млн тонн;

- среднегодовая потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих для выполнения работ по укреплению грунтов составит 148,98 тыс. тонн;

- производство комплексных минеральных вяжущих для укрепления грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категории обеспечит предприятиям цементной отрасли дополнительную выручку в размере 10 726,64 млн рублей (в ценах 2025 года);

– прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности на производство комплексных минеральных вяжущих составит +0,56%.

В рамках Сценария 2:

– проведение работ по укреплению грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категории опорной транспортной сети РФ сформирует дополнительную потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих в размере 64,31 млн тонн;

– среднегодовая потребность в производстве комплексных минеральных вяжущих для выполнения работ по укреплению грунтов составит 6,43 млн тонн;

– производство комплексных минеральных вяжущих для укрепления грунтов проезжей части автомобильных дорог I и III категории опорной транспортной сети РФ обеспечит предприятиям цементной отрасли дополнительную выручку в размере 514 454 млн рублей;

– прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности на производство комплексных минеральных вяжущих составит +9,98%.

5. Экономическая интерпретация результатов расчета основных эффектов от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению асфальтобетонными

По результатам проведенного исследования получены сценарные оценки потенциальных ключевых прямых и мультипликативных экономических эффектов для Российской Федерации от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными на горизонте расчета 2025-2066 гг. (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сценарные оценки прямых и мультипликативных экономических эффектов для РФ от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями за период 2025-2066 гг.

№ п/п	Показатели	Сценарные оценки
1.	Бюджетные эффекты	
1.1	– снижение суммарной стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог	› снижение суммарной стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации на: - весь период – 573,20 млрд руб. (29,69%) - этап 1 – 162,72 млрд руб. (19,87%) - этап 2 – 410,48 млрд руб. (36,91%) › снижение суммарной стоимости строительства и реконструкции на 47,28 млрд руб. (7,93%) › снижение суммарной стоимости ремонта на 87,27 млрд руб. (53,79%) › снижение суммарной стоимости капитального ремонта на 41,96 млрд руб. (13,00%) › снижение суммарной стоимости работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки на: - весь период – 385,68 млрд руб. (52,17%) - этап 1 – 112,76 млрд руб. (57,70%) - этап 2 – 272,91 млрд руб. (50,19%)
1.2	– снижение средней стоимости жизненного цикла 1 км автомобильных дорог	› снижение средней стоимости жизненного цикла 1 км автомобильных дорог на 104,84 млн руб. (17,73%)

1.3	– снижение средней стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации 1 км автомобильных дорог за весь период	› снижение средней стоимости строительства и реконструкции 1 км автомобильных дорог на 18,36 млн руб. (7,93%) › снижение средней стоимости ремонта 1 км автомобильных дорог на 33,90 млн руб. (53,79%) › снижение средней стоимости работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки 1 км автомобильных дорог на: - весь период – 149,79 млн руб. (52,17%) - этап 1 – 43,79 млн руб. (57,70%) - этап 2 – 105,99 млн руб. (50,19%)
1.4	– снижение средней стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог в год	› снижение средней стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации общей протяженности автомобильных дорог в год на: - весь период – 13,65 млрд руб. (29,69%) - этап 1 – 13,56 млрд руб. (19,87%) - этап 2 – 13,68 млрд руб. (36,91%) › снижение средней стоимости содержания общей протяженности автомобильных дорог в год на 262,19 млн руб. (10,00%) › снижение средней стоимости ремонта общей протяженности автомобильных дорог в год (за период проведения ремонта) на 2,49 млрд руб. (22,98%) › снижение средней стоимости капитального ремонта общей протяженности автомобильных дорог в год (за период проведения ремонта) на 4,66 млрд руб. (13,00%) › снижение средней стоимости работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки общей протяженности автомобильных дорог в год (за годы проведения работ) на: - весь период – 9,18 млрд руб. (49,65%) - этап 1 – 9,21 млрд руб. (47,13%) - этап 2 – 9,10 млрд руб. (50,19%)
1.5	– снижение средней стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации 1 км автомобильных дорог в год	› снижение средней стоимости строительства, реконструкции и эксплуатации 1 км автомобильных дорог в год на: - весь период – 5,30 млн руб. (29,69%) - этап 1 – 5,27 млн руб. (19,87%) - этап 2 – 5,31 млн руб. (36,91%) › снижение средней стоимости содержания 1 км автомобильных дорог в год на 101,83 тыс. руб. (10,00%)
2.	Эффекты транспортно-логистического комплекса и синергетические эффекты	
2.1	– увеличение грузооборота	› прирост грузооборота автомобильного транспорта в год на 103,31 млрд руб./т-км (26,67%) для автодорог опорной сети РФ

	автомобильного транспорта	
2.2	– сокращение времени в пути	› сокращение времени в пути на 7,2–16,7 млн часов в год для автодорог опорной сети РФ › экономический эффект от «снижения простоев» 39,8–92,1 млрд руб. в год для автодорог опорной сети РФ
2.3	– уменьшение расхода топлива грузового автомобиля	› снижение расходов на топливо грузового автомобильного транспорта, движущегося по опорной сети РФ, на 90,00 млрд руб. в год
2.4	– снижение логистических издержек для грузоперевозчиков	› уменьшение себестоимости грузоперевозок на 1,22–1,51 руб./т-км (18–27,9%) для автодорог опорной сети РФ
3.	Межотраслевые эффекты	
3.1	– увеличение производства цемента	› прирост объема производства цемента при реализации плана дорожной деятельности до 2030 года на 2,25 млн тонн › прирост объема производства цемента при строительстве 140,5 тыс. км автомобильных дорог опорной сети РФ на 106,4 млн тонн › прирост объема производства цемента, возникающий в результате производства блоков дорожного ограждения парапетного типа в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года на 381,18 тыс. тонн › прирост объема производства цемента, возникающий в результате производства блоков дорожного ограждения парапетного типа в рамках замены устройств дорожного ограждения на федеральных дорогах опорной транспортной сети Российской Федерации на 14 925,74 тыс. тонн
3.2	– увеличение выручки предприятий цементной отрасли	› прирост выручки предприятий цементной отрасли при строительстве 2,75 тыс. км автомобильных дорог +1,16% › прирост выручки предприятий цементной отрасли при строительстве 140,5 тыс. км автомобильных дорог опорной сети РФ +19,31% › прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности в цементе для производства блоков дорожного ограждения парапетного типа и их дальнейшего устройства на федеральных дорогах, построенных и реконструированных в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года №768-р, + 0,88% › прирост выручки предприятий цементной отрасли в результате формирования дополнительной потребности

		в цементе для производства блоков дорожного ограждения парапетного типа в рамках замены устройств дорожного ограждения на федеральных дорогах опорной транспортной сети Российской Федерации +11,81%.
--	--	---

Источник: составлено авторами

Полученные сценарные оценки свидетельствуют о том, что строительство и эксплуатация общей протяженности автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными позволит снизить затраты консолидированного бюджета Российской Федерации на 29,69%, обеспечив экономию 573,2 млрд руб. за 2025-2066 гг. Это обусловлено, главным образом, более низкой стоимостью жизненного цикла 1 км цементобетонной дороги (на 17,73% – 104,84 млн руб.), удлинёнными межремонтными интервалами (с 12 до 15 лет) и интервалами работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки (с 2 до 4 лет) при одновременном увеличении срока службы конструкции (с 24 до 30 лет).

Указанная экономия достигается, с одной стороны, за счет снижения стоимости строительства жестких дорожных одежд относительно нежестких – 235 644 тыс. руб./км против 260 343 тыс. руб./км для дороги федерального значения (категория IV), что приводит к сокращению суммарной стоимости строительства и реконструкции 1 км дорог на 7,93%, что существенно для снижения бюджетных ассигнований, учитывая долю капитальных затрат (более 30%) в структуре совокупных расходов на жизненный цикл дороги.

С другой стороны, существенным технико-эксплуатационным преимуществом жестких дорожных одежд является увеличение ориентировочно в 2 раза периодичности работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки автомобильных дорог, расходы на которые формируют около 40% общей стоимости строительства и эксплуатации нежестких дорожных одежд. Сокращение бюджетных расходов

по данному виду дорожной деятельности за 2025-2036 гг. составит 385,68 млрд руб. (52,17%) или 9,18 млрд руб. в год.

Строительство дорог с цементобетонными покрытиями обеспечивает значительный бюджетный эффект на этапе эксплуатации за счет сокращения расходов на ремонт. На этапе 2 совокупная стоимость ремонтных работ для сети таких дорог снизится на 87,27 млрд руб. (53,79%). Данная экономия обусловлена двумя ключевыми факторами: более низкой средней стоимостью ремонта одного километра (около 10%) и увеличенной продолжительностью межремонтных интервалов. Аналогичным образом сокращаются расходы на капитальный ремонт в течение этапа 2 – на 13% или 41,96 млрд руб., обеспечивая ежегодную экономию бюджета на 1 км дорог в периоды проведения ремонтных работ в размере 1,81 млн руб.

Автомобильные дороги с цементобетонным покрытием, обладая более продолжительным сроком службы, отличаются от асфальтобетонных и более низкой стоимостью содержания (около 10%), что обеспечит ежегодную экономию бюджетных средств 222,9 млн руб. на этапе 1 (2025-2036 гг.) и 277,9 млн руб. на этапе 2 (2037-2066 гг.).

Таким образом, строительство цементобетонных дорог федерального и регионального значения в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года позволит снизить стоимость строительства и эксплуатации уже на этапе 1 на 162,72 млрд руб. (19,87%), а на этапе 2 на 410,48 млрд руб. (36,91%), обеспечив возможности для инвестирования высвободившихся бюджетных средств в новые инфраструктурные проекты (в перспективе это может обеспечить дополнительный прирост ВВП около 0,1% уже в среднесрочной перспективе) и более высокие мультипликативные эффекты первого и второго порядка. При целевом использовании полученной экономии в дорожной отрасли возможно дополнительное строительство порядка 200 км дорог федерального или 650 км регионального значения.

Для оценки потенциальных межотраслевых эффектов с точки зрения масштабности их влияния на национальную экономику реализацию

утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года целесообразно рассмотреть в качестве пилотной фазы масштабного внедрения строительства жестких дорожных одежд в Российской Федерации. Так, формирование единой опорной транспортной сети автомобильных дорог общей протяженностью 140,5 тыс. км с цементобетонным покрытием позволит достичь следующих нижеуказанных ключевых системных эффектов для транспортно-логистического комплекса и смежных отраслей экономики.

За счет снижения периодичности проведения ремонтных работ и работ по устройству защитных слоев, слоев износа и поверхностной обработки, отмены весенних и летних ограничений (связанных с режимом эксплуатации асфальтобетонных дорог) переход на автомобильные дороги с цементобетонным покрытием в рамках единой опорной транспортной сети обеспечит сокращение времени в пути от 7,2 до 16,7 млн часов в год (в зависимости от интенсивности движения на различных дорогах), что эквивалентно экономическому эффекту «сокращения простоев» от 39,8 до 92,1 млрд руб. в год и сопоставимо с 2,9-6,8% годовой выручки организаций автомобильного грузового транспорта.

Зарубежный опыт эксплуатации дорог с цементобетонным покрытием свидетельствует, что благодаря более низкому коэффициенту сопротивления качению обеспечивается снижение расхода топлива примерно на 5%, что выражается в совокупной годовой экономии затрат на топливо около 45,3 млн руб. для утвержденного объема строительства и реконструкции дорог или 90,0 млрд руб. при условии расчета на опорную транспортную сеть Российской Федерации, что сопоставимо с 6,7% годовой выручки организаций автомобильного грузового транспорта.

В результате совокупный эффект от перехода на цементобетонные покрытия в рамках единой опорной транспортной сети автомобильных дорог общей протяженностью 140,5 тыс. км для транспортно-логистического комплекса выражается в значительном снижении удельной себестоимости грузоперевозок – на 1,22-1,51 руб./т-км, или на 18-28% относительно

показателей для асфальтобетонных дорог. Данный результат достигается за счет влияния трех факторов: сокращения времени в пути, уменьшения расхода топлива и повышения уровня фактической загрузки подвижного состава. Уменьшение логистических издержек обеспечивает как повышение общей эффективности транспортно-логистического комплекса, так и синергетический эффект для всей национальной экономики.

Применение цементобетонных покрытий для автомобильных дорог имеет значение для развития цементной промышленности России. Так, переход на строительство жестких дорожных одежд в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года позволит обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 2,25 млн тонн или около 1% ежегодного объема производства. Строительство же жестких дорожных одежд в рамках единой опорной транспортной сети автомобильных дорог общей протяженностью 140,5 тыс. км позволит обеспечить дополнительный спрос на цемент суммарно в объеме 106,4 млн тонн или около 16% ежегодного объема производства (при расчете строительства на 10 лет). Решение проблемы дозагрузки свободных мощностей цементной промышленности (с 61% до 71%) будет способствовать снижению удельной себестоимости производства цемента, что повлияет в целом на стоимость строительства в России, в т.ч. доступность объектов жилищного строительства, реализовывая важнейшую социальную и демографическую задачу.

С другой стороны, строительство жестких дорожных одежд потенциально повлияет на промышленность асфальтобетонных смесей и, в частности, на производство битума. Так, переход на строительство жестких дорожных одежд в рамках утвержденного плана дорожной деятельности до 2030 года вызовет снижение потребления битума суммарно на 500 тыс. тонн или около 7% ежегодного объема производства битумов нефтяных дорожных.

Предложения по строительству автомобильных дорог с цементобетонным покрытием⁶⁷

Распоряжением Правительства РФ от 31.03.2025 года № 768-р утвержден план дорожной деятельности на 2025-2030 годы. В рамках реализации данного стратегического плана целесообразно акцентировать внимание на применении цементобетонных покрытий для первоочередных грузонапряженных участков, где данная технология обеспечит максимальный эффект по критериям долговечности, прочности и экономической эффективности в долгосрочной перспективе. А также, предусмотреть строительство пилотных участков автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями, с учетом различных дорожно-климатических зон.

Первоочередные участки для строительства/реконструкции с применением цементобетонных покрытий:

- Федеральная трасса Р-254 «Иртыш»

Реконструкция участков в Новосибирской и Омской областях является приоритетной задачей развития транспортной инфраструктуры Сибири. В Новосибирской области ведется работа по реконструкции участка с 1422-го по 1442-й км (подъезд к Новосибирску), проектная документация уже готова, а при включении в пятилетний план дорожного строительства реализация может стартовать в ближайшее время. Этот участок является единственным подъездным путем к грузовому терминалу аэропорта «Толмачево», логистическому почтовому центру и Промышленно-логистическому парку Новосибирской области. Также ведутся работы на участке км 1 303 – км 1 317 в границах Каргатского и Чулымского районов Новосибирской области. В Омской области в 2025 году открыт участок Южного обхода Омска с 781 по 791 км после капитального ремонта с опережением сроков. Учитывая высокую интенсивность грузового движения и стратегическую важность данного направления, применение цементобетонных покрытий на этих участках

⁶⁷ Подготовлено совместно с НО «Союзцемент».

обеспечит необходимую несущую способность и долговечность дорожной одежды.

- Федеральная трасса Р-255 «Сибирь»

Участки в Красноярском крае и Иркутской области требуют приоритетного внимания в связи с их ролью в развитии транспортного каркаса Сибирского и Дальневосточного федеральных округов и маршрута «Европа – Западный Китай». В Иркутской области продолжается реконструкция на участке с 1 508 по 1 519 км в Тулунском районе – проект реконструкции одобрен Главгосэкспертизой России, участок будет четырехполосным с разделительной полосой. Также ведутся работы на транспортной развязке км 1 679 – км 1 681 в Заларинском районе, где планируется реконструкция путепровода и модернизация однополосных съездов до схемы «полного клеверного листа». В Кемеровской области планируется капитальный ремонт двухполосных участков с расширением до четырех полос и разделением встречных потоков. Применение цементобетона на данных участках особенно целесообразно в местах повышенных нагрузок – на транспортных развязках, мостовых сооружениях и участках с интенсивным грузовым движением.

- Восточный обход Новосибирска

Продолжение строительства Восточного обхода протяженностью около 80 км является стратегическим проектом федерального масштаба, который станет частью единого транспортного коридора «Россия» от Санкт-Петербурга до Владивостока. В 2025 году планируется открытие движения на первом участке I этапа протяженностью 10,7 км от пересечения с Ленинск-Кузнецкой трассой до развязки у села Новолуговое. Общая готовность первого этапа дороги оценивается в 75%, при этом всего объект разделен на четыре этапа. На Восточном обходе уже ведется строительство транспортных развязок типа «клеверный лист» с применением цементобетонного покрытия, что демонстрирует готовность региона к внедрению современных технологий. Учитывая, что обход соединит федеральные автомагистрали Р-255 и Р-256 и обеспечит выход в Казахстан, Монголию и Китай, применение

цементобетонных покрытий на всей протяженности объекта обеспечит долгосрочную надежность и минимизирует эксплуатационные затраты.

- Южный обход Краснодара (Юго-Западный обход)

Строительство Юго-Западного обхода Краснодара протяженностью 13,6 км планируется завершить к 2031 году, объект станет продолжением Южного обхода города и замкнет кольцевую систему объездных дорог вокруг краевой столицы. Новая четырехполосная трасса свяжет федеральную трассу М-4 «Дон», автодорогу А-146 «Краснодар – Верхнебаканский» с магистралью А-289, обеспечив беспрепятственный транзит транспорта с Северного Кавказа и Ставрополя в направлении Крыма. По прогнозам, к 2035 году суточная интенсивность движения по новой трассе достигнет 14,7 тыс. автомобилей. Учитывая климатические условия южного региона с высокими летними температурами и интенсивным грузовым потоком, цементобетонное покрытие обеспечит лучшую устойчивость к колебаниям и температурным деформациям по сравнению с асфальтобетоном.

- Автодорога Владивосток – Находка – порт Восточный

Автомобильная дорога протяженностью 146 км является ключевым инфраструктурным объектом международного транспортного коридора «Приморье-1», который свяжет между собой три крупных порта России (Владивосток, Находку и порт Восточный), а также южные районы Приморского края. Первый участок протяженностью 18 км (обход Артема) был открыт в августе 2016 года, сейчас завершается работа на участке от 18 до 43 км до города Большой Камень. Оставшиеся около 100 км разбиты на шесть участков средней протяженностью в 20 км, четыре этапа связаны со строительством участков в обход Большого Камня, Фокино и подъездом к Находке и порту Восточный, еще два – с реконструкцией участков существующей дороги. В 2024 году Президент России Владимир Путин поручил правительству РФ совместно с исполнительными органами Приморского края рассмотреть вопрос об организации концессии для реализации проекта по продолжению строительства автомобильной дороги.

Применение цементобетонных покрытий на данном объекте целесообразно с учетом высоких осевых нагрузок от грузового транспорта, следующего к портовым терминалам, а также сложных климатических условий Дальнего Востока.

- Обход пос. Агинское (км148+000-км168+000) и обход г. Борзя (км368+000-км383+000), в Забайкальском крае общей протяженностью 35 км.

Существующая дорога сейчас проходит через населенные пункты, что затрудняет движение больших фур и не обеспечивает безопасность дорожного движения. Подготовленные проекты обходов населенных пунктов предусматривают строительство дорог с цементобетонными покрытиями. Реализация проектов будет способствовать повышению безопасности дорожного движения и комфорта водителей, улучшению экологической обстановки. Разрешенная скорость возрастет до 120 км/ч, а перспективная интенсивность – до 8 тыс. автомобилей в сутки⁶⁸.

- «Северный обход Астрахани», протяженностью 12,6 км

Расположен в составе автодороги Р-22 «Каспий» (М-4 «Дон» – Тамбов – Волгоград – Астрахань). Будет включать две транспортные развязки и пять искусственных сооружений. В данный момент ведутся проектно-изыскательские работы⁶⁹.

Дополнительные направления для внедрения цементобетонных технологий

- Северные и южные регионы РФ

Цементобетонные покрытия демонстрируют превосходные эксплуатационные характеристики как в условиях экстремально низких температур северных регионов, так и в условиях высоких температур южных областей России. Исследования Московского автомобильно-дорожного

⁶⁸ К концу 2022 года федеральные дорожники завершат работы на нескольких объектах в Забайкалье // Официальный сайт Федерального дорожного агентства Росавтодор. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/506481> (дата обращения: 03.11.2025)

⁶⁹ «Гео-проект» разработает проектную документацию для строительства и реконструкции северного обхода Астрахани // Официальный сайт проектно-изыскательского института «Гео-проект». – URL: <https://geoproject-group.com/news/geo-proekt-razrabotaet-proektnuyu-dokumentatsiyu-dlya-stroitelstva-i-rekonstruktsii-severnogo-obkhoda/?ysclid=mj1kdzol6385332787> (дата обращения: 03.11.2025)

государственного технического университета (МАДИ) по инициативе НО «СОЮЗЦЕМЕНТ» показали, что практически во всех климатических зонах России более выгодно строить дороги именно из цементобетона. В северных регионах цементобетонные покрытия обеспечивают высокую морозостойкость и устойчивость к температурным перепадам, в южных – устойчивость к колебаниям при высоких температурах и снижение теплового излучения, что важно для экологии городов. В Забайкальском крае федеральная дорога А-350 «Чита – Забайкальск» с цементобетонным покрытием эксплуатируется уже более 10 лет и находится в хорошем состоянии, в то время как участок с асфальтобетоном – в удовлетворительном и частично в неудовлетворительном состоянии.

- Полосы разгона и торможения

Устройство полос разгона и торможения с применением цементобетона обеспечивает повышенную прочность и долговечность в зонах максимальных касательных напряжений от торможения тяжелых транспортных средств. Цементобетонные покрытия менее подвержены сдвиговым деформациям и образованию наплывов, что критически важно для безопасности дорожного движения на участках интенсивного торможения перед развязками и съездами. Применение данной технологии целесообразно на всех федеральных трассах I и II категорий, особенно на участках с интенсивным грузовым движением.

- Подъездные участки к автоматическим пунктам весогабаритного контроля

Автоматические пункты весогабаритного контроля (АПВГК) являются критически важными элементами транспортной инфраструктуры, предназначенными для обеспечения безопасности дорог, сохранности дорожного полотна и контроля за соблюдением законодательства. Участки дорог непосредственно перед и после пунктов (зоны торможения, взвешивания в движении и разгона) подвергаются экстремальным нагрузкам и специфическим воздействиям, где на первый план выходят не просто

прочность, а стабильность геометрии, ровность и долговечность покрытия. Жесткое и ровное основание под весовыми платформами минимизирует паразитные колебания и искажения сигнала, повышая достоверность весового контроля.

- Подъездные участки и зоны пунктов взимания платы

Участки перед пунктами взимания платы (зоны торможения), непосредственно площади с кабинами, и зоны разгона после них подвержены воздействиям, кардинально отличающимся от условий на перегоне. Выбор типа покрытия для этих зон напрямую влияет на безопасность, пропускную способность, эксплуатационные расходы, бесперебойность работы и имидж дороги в целом. Участки дорог в зонах пунктов взимания платы представляют собой напряженные в эксплуатационном плане объекты дорожной инфраструктуры, где цементобетонное покрытие, в силу своей жесткости, стабильности формы, износостойкости и долговечности позволит избежать частых и негативных для трафика ремонтов.

- Площадки отстоя автотранспорта и автодорожной техники

Бетонные площадки для парковки автомобилей и размещения дорожной техники обеспечивают долговечность, устойчивость к механическим нагрузкам и удобство эксплуатации. Бетонная площадка выдерживает вес тяжелых автомобилей без проседания и растрескивания, устойчива к различным климатическим условиям, не деформируется под воздействием экстремальных температур. Для площадок отстоя грузового транспорта рекомендуется устройство цементобетонного покрытия толщиной 15-20 см с армированием, что обеспечит срок службы не менее 30-40 лет без капитального ремонта. Особенно актуально устройство таких площадок на федеральных трассах в рамках создания многофункциональных зон обслуживания, которые активно развиваются на трассах М-11 и М-12.

- Сельские дороги с нагрузкой от зерновозов и тяжелой сельскохозяйственной техники (южные регионы РФ)

Южные регионы России – Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская, Волгоградская области – являются основными зернопроизводящими территориями страны, где в период уборочной страды сельские дороги испытывают экстремальные нагрузки от тяжелой сельскохозяйственной техники и большегрузных зерновозов. Цементобетонные покрытия на сельских дорогах обеспечивают высокую несущую способность и устойчивость к колееобразованию, что критически важно для бесперебойной логистики в период массовой уборки урожая.

- Применение сборных железобетонных парапетных ограждений на разделительных полосах автомобильных дорог высшей категории

Барьерные ограждения на разделительной полосе являются ключевым элементом пассивной безопасности, предназначенным для предотвращения выезда транспортных средств на встречную полосу движения. Среди различных типов ограждений сборные железобетонные парапеты занимают особое место благодаря сочетанию исключительной прочности, долговечности и функциональности. Их применение целесообразно на дорогах с высокой интенсивностью и скоростным режимом, где риски лобовых столкновений наиболее критичны. Они обеспечивают максимально возможный уровень безопасности за счет высочайшей удерживающей способности и контролируемой кинематики удара, долговечность и минимальные расходы на содержание в течение всего жизненного цикла, дополнительные эксплуатационные преимущества (шумозащита, ветрозащита, защита от ослепления и снежных наносов).

- Технологии укрепления грунтов минеральными вяжущими

Приказ Государственной компании «Автодор» от 17.04.2025 года №139 «Об утверждении Типовых материалов для проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений» закрепляет «принцип нулевого земляного баланса» при применении технологии укрепления грунтов

минеральными вяжущими. Данный подход представляет собой прогрессивную методологию дорожного строительства, основанную на максимальном использовании местных грунтов непосредственно на объекте, что исключает необходимость завоза дорогостоящих инертных материалов и вывоза излишков грунтовых масс.

Принцип нулевого земляного баланса означает, что объем грунта, извлекаемого при производстве земляных работ, соответствует объему грунта, необходимому для устройства насыпей и конструктивных слоев дорожной одежды. Технология укрепления грунтов минеральными вяжущими позволяет преобразовать местные грунты любого типа – от супесей до суглинков – в высокопрочный строительный материал путем введения оптимального количества цемента или комплексных минеральных вяжущих с последующим перемешиванием и уплотнением. Технология укрепления грунтов с применением минеральных вяжущих обладает комплексом доказанных преимуществ, которые делают ее особенно актуальной для масштабного внедрения в практику дорожного строительства России.

Экономическая эффективность технологии составляет от 15% до 60% снижения стоимости строительства автомобильных дорог различных категорий по сравнению с классическими конструкциями на основе привозных материалов. Применение местных грунтов, укрепленных минеральными вяжущими, вместо дорогостоящих и дефицитных привозных материалов (щебня, гравия, песка) радикально сокращает транспортные расходы и логистические затраты.

Технические характеристики укрепленных грунтов демонстрируют существенное улучшение физико-механических свойств исходного материала. Укрепление обеспечивает повышение прочности на сжатие и изгиб, значительное снижение набухаемости и пучинистости грунтов, уменьшение водонасыщения обработанного материала и увеличение допустимых транспортных нагрузок. Продление срока эксплуатации дорог без капитального ремонта достигается за счет создания жесткого каркаса из

системы «вяжущее-грунт», обладающего высокой морозостойкостью и стойкостью к циклам попеременного увлажнения-высушивания и замораживания-оттаивания.

Организационные преимущества включают увеличение темпов строительства благодаря возможности смешивания грунта с вяжущим непосредственно на дороге методом «холодного ресайклинга» при глубине перемешивания от 20 до 40 см. Современные ресайклеры – позволяют обрабатывать значительные площади в короткие сроки. Важным преимуществом является возможность запуска движения технологической техники и автотранспорта сразу после уплотнения укрепленного грунта тяжелым виброкатком, что исключает технологические простои.

Рекомендовать ФДА Росавтодор по аналогии с приказом №139 от 17.04.2025 года ГК «Автодор» выпустить нормативно правовой акт для обязательного широкого применения подведомственным ФКУ Управдорами технологии укрепления грунтов с минеральными вяжущими, с целью выполнения принципа нулевого земляного баланса.

Унификация технических решений – обеспечит единый подход к проектированию и строительству федеральных автомобильных дорог на всей территории России. Применение принципа нулевого земляного баланса при укреплении грунтов минеральными вяжущими станет обязательным требованием при разработке проектной документации, что гарантирует высокое качество и долговечность дорожных конструкций.

Ускорение темпов дорожного строительства – станет возможным благодаря сокращению логистических операций по завозу материалов и вывозу грунта, а также за счет применения высокопроизводительного оборудования для смешивания на дороге. Увеличение скорости реализации проектов критически важно для выполнения национальных целей развития транспортной инфраструктуры России.

Повышение качества дорожной сети будет обеспечено за счет применения современных материалов и технологий, прошедших

многолетнюю апробацию на объектах ГК «Автодор». Улучшение эксплуатационных характеристик федеральных дорог повысит безопасность движения и комфорт участников дорожного движения.

Распространение принципа нулевого земляного баланса и технологии укрепления грунтов минеральными вяжущими на подведомственные Росавтодору организации соответствует национальным целям развития транспортной системы России и будет способствовать повышению конкурентоспособности отечественной дорожной отрасли.

Стратегические ориентиры развития цементобетонного дорожного строительства

Согласно Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года: «Выбрать регионы в различных климатических зонах для реализации пилотных проектов в целях изучения различных технологий строительства цементобетонных дорог, в том числе с использованием композиционных материалов, и оценки целесообразности их широкого применения в дальнейшем».

Данное положение Стратегии подчеркивает необходимость системного подхода к внедрению технологий цементобетонного дорожного строительства через реализацию пилотных проектов в различных климатических зонах страны.

Согласно Стратегии, к 2025 году доля вводимых в эксплуатацию дорог с ЦБП должна составить 35%, а в 2026-2030 годах – 50%. Несмотря на то, что в России доля дорог с цементобетонными покрытиями составляет всего 2%, в то время как в странах с сопоставимыми климатическими условиями этот показатель существенно выше: в Канаде он превышает 30%, в Китае – более 60%, в Германии и США цементобетонные дороги составляют значительную долю дорожной сети.

На совместном заседании Правления Российского Союза строителей и Национальной ассоциации инфраструктурных компаний (НАИК) в апреле 2025 года Президент Российского Союза строителей Владимир Яковлев подчеркнул: «Современные вызовы, стоящие перед дорожной отраслью России, требуют от нас не только увеличения объемов строительства и реконструкции автомобильных дорог, но и пересмотра самих подходов к выбору конструктивных решений и материалов. В условиях повышенной нагрузки на инфраструктуру возрастает значимость технологий, обеспечивающих долговечность, безопасность и экологичность».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной научно-исследовательской работе выполнена комплексная оценка социально-экономических эффектов, возникающих в результате строительства, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными. Исследование направлено на сопоставление альтернатив на горизонте жизненного цикла и раскрытие как прямых, так и косвенных (мультипликативных) эффектов для консолидированного бюджета и экономики Российской Федерации в целом.

В ходе работы проведен анализ зарубежного опыта применения цементобетонных покрытий в дорожном строительстве, включая практики организации работ, требования к качеству, подходы к управлению жизненным циклом и механизмы обеспечения долговечности покрытий. Выявлены типовые институциональные и технологические решения, позволяющие снижать совокупные затраты на содержание и повышать устойчивость дорожной сети при интенсивных нагрузках.

Проведен анализ возможностей и ограничений применения цементобетонных покрытий в Российской Федерации с учетом природно-климатических условий, действующей нормативно-технической базы и накопленного отечественного опыта реализации проектов. Систематизированы ключевые преимущества цементобетонных решений, проявляющиеся в параметрах долговечности, ремонтпригодности и прогнозируемости эксплуатационных затрат, а также выделены организационно-экономические факторы, требующие дополнительной проработки при подготовке и реализации проектных инициатив.

В рамках данного исследования авторами разработан методический инструментарий расчета показателей, необходимых для оценки бюджетных, транспортно-логистических и межотраслевых эффектов. Составлены перечни исходных параметров и источников данных, обеспечивающих сопоставимость

сценариев, прозрачность допущений и воспроизводимость расчетов, что создает основу для применения разработанного подхода в задачах стратегического планирования и обоснования проектных решений.

На основе разработанного инструментария выполнена оценка бюджетных эффектов, связанных с различиями в структуре затрат на строительство, содержание и восстановление дорожных одежд различных типов. Для целей оценки бюджетных эффектов использован агрегированный бенчмаркинг-метод, обеспечивающий сопоставимость альтернатив и достаточную точность на уровне сценарного анализа.

В части транспортно-логистических эффектов проведена оценка влияния характеристик цементобетонного покрытия на пропускную способность, скорость движения и показатели устойчивости функционирования дорожной инфраструктуры, а также на расход топлива и величину простоев в период ремонтных работ и сезонных ограничений. В ходе проведенных расчетов установлено, что улучшение эксплуатационных характеристик дорожной сети способно формировать синергетические эффекты через снижение совокупных логистических издержек, повышение эффективности цепочек поставок и высвобождение ресурсов хозяйствующих субъектов для инвестиционной деятельности.

В рамках анализа межотраслевых эффектов оценены эффекты, возникающие за счет изменения спроса на материалы и продукцию смежных отраслей (в т.ч. битумной промышленности) при переходе к цементобетонным покрытиям.

С учетом выявленных ограничений нормативного и сметного обеспечения предложены направления совершенствования нормативно-технической документации и системы сметного нормирования, включая подготовку методических рекомендаций по технико-экономическому обоснованию выбора конструкций дорожных одежд с учетом жизненного цикла, а также уточнение перечней работ и материалов, характерных для цементобетонных технологий. Отдельно отмечена необходимость развития

практик мониторинга состояния покрытия и внедрения пилотных проектов в различных условиях эксплуатации для последующей верификации и детализации расчетных параметров.

Важно отметить – социально-экономические эффекты от строительства и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями по сравнению с асфальтобетонными покрытиями не ограничиваются рассмотренными в настоящей НИР прямыми бюджетными эффектами или косвенными эффектами первого порядка (развитие смежных отраслей, развитие грузоперевозок и т.д.), но и могут включать косвенные эффекты второго и третьего порядка, такие как изменение экологической обстановки, уровня шума, доступность отдаленных и малонаселенных территорий, межотраслевые эффекты для других отраслей экономики, а также влияние на налоговые поступления в консолидированный бюджет, экспорт и импорт продукции и рынок труда. Однако для их расчета требуются более детализированные данные строительной отрасли, организаций и социальной сферы, в т.ч. в их региональной проекции, а также актуальные межотраслевые балансы отечественной экономики. Для целей макроэкономической оценки на долгосрочном горизонте планирования такие эффекты могут быть приняты как сопоставимые с обратными эффектами от сокращения строительства и эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями и выступить предметом исследований на следующих этапах научно-исследовательской работы при подготовке пилотных проектов строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, для которых определены конкретизированные параметры участка дороги, включая климатические условия, геологические характеристики и иные необходимые исходные данные.

Вместе с тем строительство автомобильных дорог с жесткими дорожными покрытиями только в рамках реализации утвержденного шестилетнего плана дорожной деятельности до 2030 года не решает масштабную задачу бесшовности движения тяжеловесных транспортных

средств, однако позволит начать системную работу по регулярному увеличению доли цементобетонных дорог в единой опорной транспортной сети в целях достижения наибольших положительных эффектов.

Таким образом, активное внедрение цементобетонных покрытий представляет собой не просто технологическую замену, а комплексное стратегическое решение, направленное на оптимизацию бюджетных расходов, повышение эффективности транспортной системы и создание мультипликативных эффектов для смежных отраслей, что в совокупности будет способствовать долгосрочному росту национальной экономики.

Информационно-аналитические материалы, представленные в Приложениях А-Г, носят информационный характер с точки зрения технологических процессов и особенностей строительства и эксплуатации автомобильных дорог и не содержат абсолютную полноту, точность или нормативную корректность технологических решений, конструктивных расчетов и параметров выполнения дорожных работ. Приведенные дополнительные материалы рассматриваются в качестве потенциальных вариантов организации и проведения строительных и эксплуатационных работ, а также возможного диапазона стоимостных параметров цементобетонных дорог. Детальные проектные решения, выбор конструкций дорожной одежды, материалов, технологий и их параметров должны определяться в рамках специализированных инженерных изысканий и нормативно установленной проектно-сметной документации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.03.2025 года № 768-р (ред. от 14.10.2025) «Об утверждении перечней мероприятий по осуществлению дорожной деятельности в 2025 - 2030 годах в отношении автомобильных дорог». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_502637/
2. ГОСТ Р 59628-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Типовые конструкции : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.08.2021 г. № 730-ст / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. – 23 с.
3. ПНСТ 1006-2025. Дороги автомобильные общего пользования. Жесткие дорожные одежды. Правила проектирования : предварительный национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 июня 2025 г. № 16-пнст / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – Москва, 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313030743>
4. Отчет о НИР «Технико-экономическое сравнение затрат на строительство, содержание и эксплуатацию нежесткой (асфальтобетонной) и жесткой (цементобетонной) дорожной одежды в периоды 12, 30 и 60 лет» // АО «Институт «Стройпроект». – 2025 г.
5. Отчет о НИР «Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий

автомобильных дорог» // Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). – 2023 г.

6. Отчет о НИР «Опыт применения цементобетонных покрытий при строительстве автомобильных дорог» // ООО «Автодор-Инжиниринг». – 2021. – 103 с. – URL: <https://avtodor-eng.ru/storage/app/media/documents/%20%D0%90%D0%98%D0%9D%D0%96%20%D0%A6%D0%95%D0%9C%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%9E%D0%91%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%9D%20%D0%94%D0%95%D0%9A%D0%90%D0%91%D0%A0%D0%AC%202021.pdf?ysclid=miq30647pl237051040>
(дата обращения: 07.10.2025)

7. ГОСТ Р 59300-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21.07.2021 года № 643-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. – 31 с.

8. ГОСТ Р 59301-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21.07.2021 года № 646-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. 31 с.

9. ГОСТ Р 59302-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства слоев оснований и покрытий. Правила подбора состава : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому

регулированию и метрологии от 21.07.2021 г. № 644-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. 15 с.

10. ГОСТ Р 70362-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14.11.2022 года № 1279-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 12 с.

11. ГОСТ Р 70363-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14.11.2022 года № 1277-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 36 с.

12. ГОСТ Р 70364-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований и покрытий. Правила производства работ : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14.11.2022 года № 1278-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 36 с.

13. ГОСТ Р 70196-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов.

Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24.11.2022 года № 1362-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТОК»), Некоммерческой организацией «Союз производителей цемента «СОЮЗЦЕМЕНТ» (НО «СОЮЗЦЕМЕНТ»), Союзом производителей извести. – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 16 с.

14. ГОСТ Р 70452-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.11.2022 года № 1410-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТОК»). – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 24 с.

15. ГОСТ Р 70455-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.11.2022 года № 1413-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТОК»). – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 16 с.

16. ГОСТ Р 70197.1-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02.08.2022 года № 718-ст / разработан Автономной некоммерческой

организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТОК») при участии общества с ограниченной ответственностью «Автодорис» (ООО «Автодорис»). – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. 14 с.

17. ГОСТ Р 70197.2-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02.08.2022 года № 719-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК») при участии общества с ограниченной ответственностью «Автодорис» (ООО «Автодорис»). – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. 18 с.

18. ГОСТ Р 70197.3-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Правила производства работ : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02.08.2022 года № 720-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТОК») при участии общества с ограниченной ответственностью «Автодорис» (ООО «Автодорис»). – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. 16 с.

19. ГОСТ Р 59201-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.10.2021 года № 1364-ст / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский

институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. 68 с.

20. Постановление Правительства РФ от 30.05.2017 № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217616/

21. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 05.03.2025 г. №127/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства» «Укрупненные нормативы цены строительства. НЦС 81-02-08-2025. Сборник № 08. Автомобильные дороги». – Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/420971/>

22. Оценка экономической эффективности применения жестких и нежестких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог в условиях Кемеровской области: отчет о научно-исследовательской работе / науч. рук. Е.В.Каленова ; исполн.: ООО «МИП «МАДИ АВТО». – Москва: МАДИ, 2025. – 19 с.

23. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.05.2016 г. №868-р «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197766/ (дата обращения: 02.11.2025)

24. Опыт строительства цементобетонных покрытий в РФ, применение современных технологий и оборудования для повышения качества и увеличения сроков службы автомобильных дорог // АО «Квинтмади». – URL: <https://roadconcrete.ru/upload/iblock/b9e/b9ea68e141e66c4264bf3b25e16cbef3.pdf> (дата обращения: 14.12.2025)

25. Технология холодного ресайклинга. Проблемы и перспективы // ООО «Виртген-Интернациональ-Сервис». – URL: <https://roadconcrete.ru/upload/iblock/d26/d264859361b083544e869814d6942acd.pdf> (дата обращения: 09.12.2024)

26. Доклад о стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации (2024 год) // Министерство Транспорта Российской Федерации. – 5 с.

27. ГОСТ Р 58861-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.05.2020 года № 228-ст / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» (ООО «НИПИ ТРТИ»). – Москва: Стандартинформ, 2020.

28. НЦС 81-02-08-2025. Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник N 08. Автомобильные дороги : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 05.03.2025 №127/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства»

29. LIFE CYCLE PLANNING // Iowa Transportation Asset Management Plan

30. Concrete Pavement Rehabilitation – Guide for Diamond Grinding // U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. – 2001.

31. Performance Evaluation of Various Rehabilitation and Preservation Treatments // U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. – 2010.

32. Chapter 3. Treatment Performance. Performance Evaluation of Various Rehabilitation and Preservation Treatments // U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. – 2010.
33. Concrete vs. Asphalt // Concrete Paving Association of Minnesota.
34. Pavement Life-Cycle Cost Studies Using Actual Cost Data // Asphalt Pavement Alliance. Jorge N. Villacres. – 2005.
35. Методологические подходы, используемые при проведении сравнительного анализа экономической эффективности при применении различных конструкций дорожной одежды (жесткого и нежесткого типа) // Федеральное автономное учреждение «РОСДОРНИИ». – 4 с.
36. Единак Е.А. Таблицы «Затраты-выпуск» как инструмент обоснования экономической политики // Институт Народногохозяйственного Прогнозирования РАН. – URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2022/11/polnye-zatraty-truda.-tablitsy-zatraty-vypusk.pdf> (дата обращения: 05.10.2025)
37. Приказ Министерства транспорта России от 09.04.2025 года № 126 «Об установлении Порядка осуществления временных ограничений или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам федерального значения и частным автомобильным дорогам». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_506960/
38. Федеральный закон от 08.11.2007 года № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/
39. ГОСТ Р 58397-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Правила производства работ. Оценка соответствия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.04.2019 г. № 137-ст / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Инновационный технический центр» (ООО

«ИТЦ»)). – Москва: Стандартинформ, 2019. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293730/4293730416.pdf>

40. Положение Банка России от 04.03.2021 года №755-П «О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400821665/> (дата обращения: 29.09.2025)

41. СП 34.13330.2021. Свод правил. Автомобильные дороги. СНиП 2.05.02-85: утвержден и введен в действие Приказом Минстроя России от 09.02.2021 N 53/пр. – URL: https://mindortrans.su/attachments/СП_34_13330_2021__Свод_правил__Автомобильные_дороги__СНиП_2.pdf (дата обращения: 02.10.2025)

42. ГОСТ 27006-2019. Бетоны. Правила подбора состава: введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 июня 2019 г. № 296-ст / разработан Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева).

43. ГОСТ Р 58406.1-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные. Асфальтобетонные и асфальтобетон : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 мая 2020 г. № 191-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК») и Обществом с ограниченной ответственностью «Инновационный технический центр» (ООО «ИТЦ») совместно с Ассоциацией Производителей и Потребителей Асфальтобетонных Смесей «Р.О.С.АСФАЛЬТ» (Ассоциация «Р.О.С.АСФАЛЬТ»)

44. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд : Утверждены и введены в действие Распоряжением Государственной службы

дорожного хозяйства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации от 20.12.00 № ОС-35-Р / разработаны ФГУП «Союздорнии» с участием С.-Петербургского филиала «Союздорнии», Омского филиала «Союздорнии», МАДИ (ТУ), ГП «Росдорнии».

45. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) 17 октября 2002 г. / разработан ФГУП «Союздорнии», Корпорацией «Трансстрой» и Управлением технического нормирования, стандартизации и сертификации в строительстве и ЖКХ Госстроя России

46. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. N 44-2013) / разработан Федеральным автономным учреждением "Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве" (ФАУ "ФЦС")

47. Правила разработки и применения нормативов трудноустраняемых потерь и отходов материалов в строительстве РДС 82-202-96 : принят и введен в действие постановлением Министрора Российской Федерации №18-65 от 08.08.1996 г. – URL: <https://obrabotkatrub.ru/assets/img/stati/rds82.pdf> (дата обращения: 15.11.2025)

48. Ma F., Sha A., Lin R., Huang Y., Wang C. Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in Chin // Int J Environ Res Public Health. – 2016. – Vol. 13. – No. 3. – Pp. 351. – DOI: 10.3390/ijerph13030351. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4809014/>

49. Ушаков В.В., Парцевский Е.Д. Влияние крупного заполнителя на процесс истирания цементобетонных покрытий // Научные труды МАДИ. – 2024. – № (78). – URL: <https://madi.ru/8227-vestnik-moskovskogo-avtomobilno-dorozhnogo-gosudarstvennogo.html>

50. Орлов П.С., Шкрабак В.С., Дмитренко В.П., Соцкая И.М., Шкрабак Р.В., Ладыгин А.С. Экология и охрана труда – проблемы автомобильного транспорта в больших городах и пригородах // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 2. – С. 83-87. – DOI: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp83-87>

51. Concrete Pavements Contribute to Decarbonising of Transport. European Concrete Paving Association. – 2011. – 16 p. – URL: https://climate.ec.europa.eu/document/download/5440833f-355d-465d-b207-03eae2545310_en?filename=eupave_brochure_en.pdf (дата обращения: 14.12.2025)

52. Немчинов Д.М. Обоснование требований к дорожным покрытиям с учетом топливной экономичности автомобилей : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Немчинов Дмитрий Михайлович. – Москва, 1999. – 197 с. : ил.

**Отдельные особенности технологического процесса строительства
дорог с цементобетонным покрытием⁷⁰**

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

В мировой практике наиболее распространены американский и европейский подходы к строительству: в рамках первого, как правило, применяются бетоноукладочные комплексы Gomaco, Guntert & Zimmerman во втором – оборудование WIRTGEN GROUP (Германия) и Massenza (Италия). Технологические различия связаны не только с особенностями уплотнения бетонной смеси, но и с принятыми конструктивно-технологическими решениями: в европейской практике чаще предусматривается устройство двухслойных цементобетонных покрытий, тогда как в американской – однослойных. При этом в обоих подходах используется штыревое армирование в деформационных швах.

К числу ключевых преимуществ европейской технологии относится возможность устройства тонкого (ориентировочно 5-6 см) верхнего слоя, выполняющего функции слоя износа и характеризующегося повышенными требованиями к составу бетона и качеству заполнителей. Формирование такого слоя позволяет обеспечивать улучшенные эксплуатационные свойства поверхности покрытия. Одновременно применение более доступных по стоимости и распространенных в ряде регионов материалов в нижнем слое бетонной конструкции создает предпосылки для снижения совокупных затрат на устройство покрытия без ухудшения требуемых функциональных характеристик дорожной одежды.

⁷⁰ Подготовлено по материалам НО «Союзцемент»

Однослойное устройство цементобетонного покрытия, как правило, обеспечивает более высокую производительность работ, упрощает технологические операции и снижает сложность логистики поставки материалов и бетонной смеси. Вместе с тем реализация требуемых показателей износостойкости в данном случае предполагает повышение доли высококачественных заполнителей: по оценкам, потребность в щебне повышенного качества может возрасть в 3,5 раза. Дополнительно увеличивается расход цемента, что в совокупности формирует предпосылки к росту стоимости покрытия.

Согласно экспертным оценкам, для регионов, где в зимний период широко используются шипованные шины, при строительстве автомагистралей и скоростных дорог более предпочтительной может быть технология устройства двухслойных цементобетонных покрытий. Такой подход позволяет повысить устойчивость поверхности к истирающему воздействию шипов и одновременно обеспечить более качественное выполнение операций по механизированному армированию деформационных швов.

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

Для повышения стойкости поверхностного слоя бетона к эксплуатационным и природно-климатическим воздействиям цементобетонные покрытия обрабатывают пропиточными укрепляющими составами. Проникая в поверхностный слой, они образуют в порах и

капиллярах труднорастворимые в воде соединения, что способствует, с одной стороны, формированию более прочной структуры цементобетона, а с другой, гидрофобизации поверхности покрытия.

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

Особенности технологического процесса строительства

Подготовительные работы

Приемка и подготовка основания рассматриваются как один из ключевых этапов, во многом определяющих качество и долговечность последующего цементобетонного покрытия. Основание должно быть приведено к проектным отметкам, обеспечено требуемое уплотнение, а также выполнена проверка ровности и соответствия продольных и поперечных уклонов в соответствии с проектной документацией.

Следующим технологически значимым элементом является установка направляющих систем, которая может предусматривать монтаж копирных струн либо настройку трехмерной (3D) системы нивелирования. Применение современного бетоноукладочного оборудования с автоматизированными системами управления позволяет обеспечивать высокую точность укладки (до ± 3 мм на 3 м). Время выполнения работ по настройке и установке направляющих систем, по приведенным оценкам, составляет порядка 2-4 часов на 1 км.

Укладка бетонной смеси

Процесс бетонирования, как правило, организуется в непрерывном режиме; при ориентировочной скорости укладки порядка 2 м/мин чистое время выполнения работ на участке протяженностью 800 метров составляет около 400 минут (примерно 6,7 часа). При ширине проезжей части 7,5 м и толщине покрытия 24 см требуемый объем бетонной смеси для 1 км составляет порядка 1 800 м³.

К бетонной смеси (марка П1) предъявляются требования по удобоукладываемости и по содержанию вовлеченного воздуха (5-7%). Доставка смеси на объект может осуществляться автосамосвалами либо автобетоносмесителями; частота рейсов и организация подачи должны обеспечивать непрерывную работу бетоноукладчика и стабильность технологического процесса.

Состав производственной бригады при работе одного бетоноукладчика, как правило, включает:

- двух операторов бетоноукладчика;
- 10-12 рабочих, обеспечивающих подачу бетонной смеси, текущий контроль технологического процесса и операции по отделке поверхности;
- 5-7 работников, занятых подготовкой основания;
- 2-3 специалистов, выполняющих установку и настройку направляющих систем.

Технологические операции после укладки

Текстурирование поверхности выполняется специализированными машинами-текстурировщиками непосредственно после прохода бетоноукладчика. В результате формируется продольная либо поперечная текстура («шорох») поверхности, обеспечивающая повышение коэффициента сцепления колес с покрытием и улучшение водоотвода.

Для защиты свежееуложенного бетона от обезвоживания в течение 1-2 часов после укладки производится обработка пленкообразующими материалами. Как правило, применяются составы на основе водных дисперсий парафинов или латексов, создающие защитную пленку и поддерживающие требуемый режим твердения.

Нарезка деформационных швов выполняется через 3-24 часа после укладки, как правило, с шагом 6-8 м. Температурные швы предназначены для предупреждения образования неуправляемых трещин и обеспечения контролируемой деформации покрытия в процессе эксплуатации.

Герметизация швов осуществляется после достижения бетоном порядка 70% проектной прочности (ориентировочно через 5-7 суток, в зависимости от погодных и температурно-влажностных условий). Для этого используются специализированные герметизирующие материалы, обеспечивающие водонепроницаемость швов и устойчивость покрытия к воздействию внешней среды.

Производство бетонной смеси и логистика

Для обеспечения непрерывной работы бетоноукладочного комплекса необходимо заранее определить потребность в транспортных средствах для доставки бетонной смеси (автосамосвалы либо автобетоносмесители) с учетом производительности укладки и фактического расстояния до места приготовления смеси. Расчет требуемого количества техники должен учитывать продолжительность рейса, операции погрузки/разгрузки и заданный режим подачи, исключая вынужденные остановки бетоноукладчика.

Размещение бетонных заводов (растворобетонных узлов, РБУ) должно обеспечивать доставку смеси в пределах технологически допустимого времени, как правило, не превышающего 45-60 минут, с учетом начала схватывания и необходимости сохранения требуемой удобоукладываемости. В практическом плане нередко рассматривается вариант размещения передвижных РБУ производительностью порядка 100-200 м³/ч в непосредственной близости к строительной площадке, что позволяет повысить устойчивость логистической схемы и обеспечить непрерывность бетонирования.

Техническое оборудование

Комплект технических средств, необходимый для строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, включает основные и вспомогательные механизмы, обеспечивающие выполнение работ по устройству покрытия, подготовке основания и контролю качества. В его состав, как правило, входят:

- бетоноукладчики со скользящими формами (основное оборудование);
- перегружатели бетона для равномерной подачи смеси;
- текстуровщики поверхности для формирования требуемой шероховатости;
- машины для нарезки деформационных швов с алмазными дисками;
- оборудование для герметизации швов;
- грейдеры и катки для подготовки основания;
- средства и системы контроля качества (измерение ровности, прочности и иных параметров).

Продолжительность строительного сезона

Сроки строительного сезона при устройстве цементобетонных покрытий, как правило, определяются температурными условиями, необходимыми для укладки и нормального твердения бетона, и в среднем составляют около 180 рабочих дней (ориентировочно с апреля по октябрь). При этом фактическая продолжительность сезона варьируется по климатическим зонам:

- Центральная Россия: апрель-октябрь (180-200 дней);
- Южные регионы: март-ноябрь (220-240 дней);
- Северные регионы: май-сентябрь (140-160 дней).

Температурный режим является одним из ключевых ограничивающих факторов при устройстве цементобетонных покрытий. При снижении температуры воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ требуется применение специальных мероприятий по уходу за бетоном и обеспечению условий твердения. При повышении температуры выше $+30^{\circ}\text{C}$, напротив, возникает необходимость в усиленном увлажнении и иных мерах, направленных на снижение рисков раннего высыхания и образования трещин.

Важным организационно-технологическим параметром выступает время начала схватывания бетонной смеси, которое ограничивает интервал от

приготовления до укладки и, как правило, составляет 45-60 минут. Данное ограничение определяет требования к логистике и размещению растворобетонного узла (РБУ), формируя предельное расстояние доставки до места бетонирования (обычно не более 30-40 км).

Планирование сменной захватки должно обеспечивать возможность завершения бетонирования в пределах одной смены. В случаях, когда окончание работ по захватке невозможно, предусматривается устройство рабочего шва, который должен совпадать с деформационным швом для соблюдения требуемой работы покрытия в эксплуатации.

Особенности зимнего содержания цементобетонных дорог

При анализе зимнего содержания автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями (Таблица А.1) выделяется ряд эксплуатационных свойств, которые рассматриваются как потенциальные преимущества данного типа покрытий:

- Высокая морозостойкость (марка F₂200-F₂600 по ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости»), обеспечивающая устойчивость бетона к многократным циклам замораживания и оттаивания;
- Отсутствие пластичности, что снижает склонность покрытия к деформациям и связанным с ними проявлениям (в том числе морозному пучению) при сезонных перепадах температур;
- Стойкость к воздействию противогололедных химических реагентов при условии корректного подбора состава бетона (в частности, при низком водоцементном отношении и применении воздухововлекающих добавок).

Таблица А.1 – Сравнение операций и параметров зимнего содержания асфальтобетонных (АБП) и цементобетонных покрытий (ЦБП)

Операция	Асфальтобетонные покрытия (АБП)	Цементобетонные покрытия (ЦБП)
Снегоочистка	Механизированная с применением плужно-щеточного оборудования	Аналогично АБП; требуется повышенное внимание к зонам деформационных швов
Противогололедная обработка	Применение пескосоляных смесей (ПСС) и хлоридных реагентов (NaCl, CaCl ₂)	Применение пескосоляных смесей (ПСС) и хлоридных реагентов; в целях снижения коррозионных рисков в зоне арматуры/штыревого армирования рекомендуется использование CaCl ₂ и ацетатов
Расход реагентов	100-150 г/м ²	80-120 г/м ² (в связи с особенностями сцепления и меньшей интенсивностью образования наледи)
Удаление наледи	Механическое удаление (скалывание) с применением реагентов	Механическое удаление; следует избегать ударных воздействий в зонах швов
Заделка швов перед зимой	–	Обязательная проверка состояния и восстановление герметизации швов

Источник: составлено авторами по данным, предоставленным НО «Союзцемент»

Рекомендации по применению противогололедных материалов на цементобетонных дорогах целесообразно формулировать с учетом как температурной эффективности реагентов, так и их потенциального влияния на долговечность покрытия и элементов армирования (в первую очередь в зоне швов).

При применении гидрофобизирующих составов на цементобетонных покрытиях для обработки поверхности – в зимний период эксплуатации возможно применение хлоридных солей, даже в первый год с момента строительства, поскольку защитный водоотталкивающий слой исключает проникновение влаги и растворенных в ней агрессивных ионов в поры цементобетона, обеспечивая тем самым долгосрочную защиту от коррозии.

Срок действия гидрофобизирующих составов зависит от типа покрытия и условий эксплуатации. Составы на основе силановых растворителей

обладают сроком действия 5-10 лет для стандартных условий, однако современные инновационные рецептуры на основе полиорганооксидов могут обеспечивать защиту на 20-25 лет и более.

Это принципиально отличается от использования противогололедных реагентов, которые требуют нанесения десятки раз в течение одного сезона и наносят кумулятивный вред, накапливающийся год за годом.

Альтернативой выступают ацетатные реагенты (СМА, КАС), которые, как правило, оцениваются как менее агрессивные по отношению к бетону и более предпочтительные с точки зрения долговечности конструкций, хотя их температурная эффективность обычно ограничивается областью до минус 15°C. При этом стоимость ацетатов нередко превышает стоимость хлоридов на 30-50%, что требует взвешивания эксплуатационных преимуществ и бюджетных ограничений.

В качестве компромиссного решения могут применяться комбинированные противогололедные материалы (ПГМ) – смеси хлоридов с ацетатами (например, в соотношении 70:30), позволяющие обеспечить приемлемый баланс между уровнем противогололедного действия и снижением потенциально неблагоприятных эффектов для цементобетонного покрытия.

В целях сравнения структуры и уровня расходов на зимнее содержание автомобильных дорог выполнено сопоставление основных статей затрат для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий (Таблица А.2).

Таблица А.2 – Сопоставление затрат на зимнее содержание асфальтобетонных (АБП) и цементобетонных покрытий (ЦБП), тыс. руб./км

Статья затрат	АБП	ЦБП	Отклонение ЦБП к АБП
Снегоочистка	45	45	0%
Противогололедные материалы (закупка и распределение)	80	65	-19%
Механизированное удаление наледи	35	30	-14%
Проверка и восстановление герметизации швов	–	15	–
Итого за сезон	160	155	-3%

Источник: составлено авторами по данным, предоставленным НО «Союзцемент»

В долгосрочной перспективе цементобетонные покрытия при надлежащем контроле состояния швов и регламентном обслуживании, как правило, характеризуются более стабильными эксплуатационными свойствами в зимний период и могут требовать меньших затрат на содержание, в том числе за счет меньшей выраженности деформаций (в том числе колейности) и снижения риска образования дефектов, связанных с трещинообразованием. При этом определяющим условием сохранения указанных преимуществ выступает качество первичной герметизации швов и своевременное восстановление герметика в рамках текущего содержания.

Вопрос снижения выбросов парниковых газов в дорожном строительстве приобретает особую актуальность в контексте глобальных климатических целей. Цементобетонные покрытия демонстрируют значительные экологические преимущества по сравнению с асфальтобетонными на протяжении всего жизненного цикла дорожной инфраструктуры. Согласно исследованию китайских дорожных проектов, выбросы при строительстве цементобетонных дорог составляют примерно 500 тонн CO₂-эквивалента на километр полосы, в то время как асфальтобетонные дороги генерируют около 1250 тонн CO₂-эквивалента – в 2,5 раза больше [48].

Обоснование технических преимуществ цементобетонных дорог

Увеличение межремонтных интервалов (в частности, замена слоя износа с 2 до 4 лет) связано с совокупностью физико-механических свойств материала, конструктивно-технологических решений и подтверждаемой эксплуатационной практикой.

С физико-химической точки зрения цементобетон характеризуется более высокой износостойкостью: по показателю истираемости, определяемому по ГОСТ 13087 (ГОСТ 13087 Бетоны. Методы определения истираемости), для цементобетона приводятся значения порядка 0,5-0,7 г/см², тогда как для асфальтобетона – 1,2-1,8 г/см². Дополнительно отмечается различие в твердости материалов (по шкале Мооса: 6-7 для бетона против 1-2 для битума/битумного вяжущего), что в прикладном аспекте

интерпретируется как более высокая устойчивость цементобетонной поверхности к абразивному воздействию и к истиранию, в том числе при эксплуатации со шипованными шинами; соответствующая стойкость, по различным оценкам, может быть выше в 2-2,5 раза.

Значимую роль в формировании износостойкости цементобетонного покрытия играют параметры крупного заполнителя и прочностные характеристики бетона. По данным исследований В.В. Ушакова и Е.Д. Парцевского (МАДИ) [49], интенсивность истирания существенно зависит от фракционного состава: при применении щебня фракции 5-20 мм фиксируется износ 5,8 мм за 250 000 циклов, тогда как при фракции 4-8 мм – 7,5 мм. Отдельно подчеркивается влияние прочности заполнителя: использование щебня марок М1200-М1400 ассоциируется со снижением износа на 25-30%. Аналогично, повышение прочности бетона (класс V_{tb} 4,4 и выше) рассматривается как условие стабильно низких значений истирания.

На уровне конструктивно-эксплуатационных особенностей цементобетонные покрытия характеризуются отсутствием пластических деформаций при высоких температурах, что снижает риски колееобразования; также отмечается меньшая склонность поверхностного слоя к дефектам, связанным с выкрашиванием заполнителя, и более длительное сохранение шероховатости. Важное значение имеет качество устройства и работы деформационных швов. В этой связи фаскование (снятие фаски) швов рассматривается как технологический прием, направленный на предотвращение откалывания кромок плит в зоне шва: согласно ПНСТ 1006-2025, типовые размеры фаски составляют 10×10 мм или 15×15 мм; выполнение фаски предусматривается после нарезки швов в рамках технологической последовательности работ. Ожидаемый эффект связывается с увеличением долговечности швов (оценочно на 30-40%) и снижением затрат на их ремонт.

Практические наблюдения на отдельных участках цементобетонных дорог в Российской Федерации (Северный обход Новосибирска, Р-254

«Иртыш») используются как эмпирическая иллюстрация заявляемых преимуществ: указывается, что за 7-8 лет эксплуатации износ составляет 3-5 мм при допустимом уровне 8-10 мм; колееобразование выражено минимально (менее 5 мм); коэффициент сцепления сохраняется на уровне 0,45-0,50.

В совокупности перечисленные факторы формируют аргументацию в пользу увеличения межремонтных интервалов слоев износа при цементобетонных решениях, при условии соблюдения требований к материалам, технологии устройства покрытия и регулярного контроля/восстановления герметизации швов. Сравнение режимов замены слоя износа для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий представлено в Таблице А.3.

Таблица А.3 – Сравнение режимов замены слоя износа и совокупных затрат за 30-летний период для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий

Показатель	АБП	ЦБП
Межремонтный интервал слоя износа, лет	2	4
Количество замен за 30 лет	15	7
Стоимость одной замены, млн руб./км	2,3	2,3
Совокупные затраты за 30 лет (NPV), млн руб./км	35,2	18,9
Экономия, млн руб./км		16,3

Источник: составлено авторами по данным, предоставленным НО «Союзцемент»

Технология замены слоя износа на цементобетонных покрытиях, как правило, включает последовательность операций, направленных на оценку состояния поверхности и восстановление требуемых эксплуатационных характеристик. На первом этапе выполняются очистка покрытия и обследование (оценка дефектов и фактических параметров поверхности). При наличии отклонений по ровности или снижении текстуры предусматривается фрезерование поверхности для выравнивания и восстановления рабочих свойств. Далее устраивается новый защитный (износный) слой, который может быть выполнен из асфальтобетона, полимербетона либо тонкослойного

цементобетона – выбор материала определяется проектными требованиями и условиями эксплуатации. Завершающим элементом технологического цикла является выдержка (технологический перерыв), необходимая для набора прочности и обеспечения готовности покрытия к транспортным нагрузкам.

Повышенная несущая способность цементобетонных покрытий обеспечивает возможность «бесшовного» круглогодичного движения тяжеловесного транспорта без ограничений по нагрузке на ось, что критически важно для грузонапряженных транспортных коридоров, промышленных предприятий, транспортно-логистических центров и портовой инфраструктуры. Это преимущество напрямую переводится в снижение транспортных издержек на единицу перевезенного груза за счет оптимизации загрузки автомобилей.

На нежестких дорожных одеждах с асфальтобетонным покрытием приходится ограничивать движение грузовых транспортных средств в весенний период на просушку, что приводит к значительным экономическим потерям для транспортной отрасли и смежных секторов экономики. Период весенних ограничений может составлять от 15 до 45 суток в зависимости от региона и климатических условий.

Цементобетонные покрытия благодаря жесткой конструкции и равномерному распределению нагрузок на основание не требуют введения весенних ограничений движения. Это обеспечивает бесперебойное функционирование транспортных коридоров и логистических цепочек в критический для многих отраслей период, когда требуется завершение сезонных поставок, вывоз сельскохозяйственной продукции и обеспечение строительного сезона.

Массовое внедрение цементобетонных покрытий на опорной транспортной сети создает условия для роста производительности транспортной отрасли за счет увеличения коэффициента использования грузоподъемности автомобилей, ликвидации сезонных ограничений и снижения времени простоев на ремонтных участках.

Экологические аспекты

Частые ремонты асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог генерируют постоянные выбросы на всех этапах: производство новых материалов, транспортировка, разогрев, укладка, уплотнение. Исследование жизненного цикла дорог показывает, что выбросы от ремонтных работ могут составлять от 8 880 до 50 300 тонн CO₂-эквивалента на километр в зависимости от интенсивности движения и стратегии содержания [50].

Цементобетон на 100% подлежит переработке и не требует энергозатратного нагрева при вторичном использовании. Важным экологическим свойством цементобетона является карбонизация – процесс поглощения CO₂ из атмосферы в течение всего срока службы и даже после сноса конструкции. Продолжение поглощения CO₂ благодаря карбонизации происходит даже после сноса конструкции. Исследования MIT показывают, что временное складирование измельченного бетона перед повторным использованием обеспечивает 81% поглощения CO₂ от потенциала карбонизации [51].

Слабые стороны и ограничения цементобетонных дорог

Объективная характеристика цементобетонных покрытий предполагает учет не только их эксплуатационных преимуществ, но и ограничений, проявляющихся на стадиях строительства, ремонта и эксплуатации. К числу технологических факторов относится необходимость набора прочности: как правило, до открытия движения предусматривается технологический перерыв порядка 7-14 суток, что может снижать применимость решения на участках с интенсивным движением и жесткими требованиями к срокам ввода. Вместе с тем использование современных материалов и технологий, включая применение быстротвердеющих цементов и добавок-ускорителей позволяют частично компенсировать данный недостаток и сокращать длительность ограничений движения. Существенное значение имеет и погодная зависимость процессов укладки и твердения: оптимальный диапазон температур обычно оценивается в пределах от +5°C до +30°C; при

температуре ниже +5°C требуется дополнительный уход (включая прогрев), а при температуре выше +30°C – усиленный влажностный уход в связи с ускоренным испарением воды и риском раннего трещинообразования.

В эксплуатации среди потенциальных недостатков чаще выделяют акустический аспект: в отдельных режимах движения цементобетонные покрытия могут формировать более высокий уровень шума по сравнению с асфальтобетонными (по приводимым оценкам – на 2-4 дБА при скорости порядка 90 км/ч). Снижение данного эффекта достигается выбором соответствующей текстуры поверхности и применением специальных технологий формирования слоя износа, включая «обнаженный заполнитель» (waschbeton), а также восстановительное фрезерование/шлифование для оптимизации микропрофиля. Отдельного внимания требует воздействие шипованных шин: в регионах с их массовым использованием интенсивность истирания поверхности может возрасти, что обуславливает повышенные требования к прочности заполнителя (например, до уровня М1400) и к классу бетона, а также рассмотрение конструктивных решений, предусматривающих устройство слоя износа из асфальтобетона по мембранной технологии.

Ключевым элементом эксплуатационной надежности цементобетонных покрытий является система деформационных швов. Они требуют планового контроля и обслуживания, включая периодическое восстановление герметизации (ориентировочно каждые 5-7 лет) и выполнение фаски для снижения риска разрушения кромок плит в зоне швов. Затраты на обслуживание швов, по приводимым оценкам, могут составлять около 1,5-2 млн руб./км за 10 лет, что следует учитывать при планировании жизненного цикла объекта. Дополнительным ограничением в ряде случаев выступает необходимость обеспечения требуемых параметров сопряжений с искусственными сооружениями: при росте осевых нагрузок (до 11,5 т) могут потребоваться мероприятия по реконструкции мостов и путепроводов для обеспечения требуемого режима «бесшовного» проезда тяжелого транспорта.

Наконец, применение цементобетонных покрытий характеризуется повышенной чувствительностью к качеству материалов и уровню компетенций подрядчика. Производство дорожного бетона предполагает использование цемента высоких марок (например, 42,5Н; 52,5Н) и заполнителей, соответствующих жестким требованиям по прочности и морозостойкости. Нарушение производства смеси, технологии укладки, ухода за бетоном или требований к устройству швов способно привести к преждевременному ухудшению эксплуатационных характеристик, что повышает значимость технологической дисциплины, квалификации персонала и эффективного контроля качества на всех стадиях работ.

**Описание эффекта сокращения расхода топлива на дорогах с
цементобетонным покрытием**

Согласно результатам, представленным Д.М. Немчиновым в автореферате диссертации «Обоснование требований к дорожным покрытиям с учетом топливной экономичности автомобилей» [52], цементобетонные покрытия при прочих равных условиях характеризуются более низким сопротивлением качению по сравнению с асфальтобетонными (ориентировочно на 5-7%), что потенциально связано с меньшими энергетическими потерями при движении и, как следствие, с предпосылками для снижения расхода топлива. При этом подчеркивается, что эффект определяется не столько «материалом покрытия» сам по себе, сколько совокупностью эксплуатационных параметров поверхности и конструктивных решений, обеспечивающих стабильность контактных условий. В частности, более низкое сопротивление качению цементобетонного покрытия достигается при соблюдении требований к ровности ($IRI < 2,0$ м/км), оптимальной макрошероховатости (глубина текстуры 0,8-1,2 мм), поддержании текстуры посредством регламентных восстановительных операций (в том числе фрезерования) и корректной обработке поперечных швов (включая снятие фасок).

Данные, приведенные в исследовании, также указывают на вариативность экономии топлива в зависимости от состояния и типа поверхности: при относительно невысоких скоростях различия могут быть неустойчивыми и определяться текущими характеристиками шероховатости, тогда как на участках движения с повышенными скоростями фиксируется тенденция к более низкому расходу топлива на цементобетонном покрытии по сравнению с гладким новым асфальтобетоном. На этой основе автор формулирует практико-ориентированный вывод о необходимости назначения материала и параметров поверхности покрытия исходя из совокупности

требований безопасности, комфортности и экономии топлива, с акцентом на контролируемую ровность и управляемую текстуру как ключевые условия реализации потенциальных преимуществ цементобетона по сопротивлению качению.

В работе изучено влияние дорожных покрытий из различного материала и с разной степенью шероховатости их поверхности на расход топлива двигателями автомобиля в реальных дорожных условиях. Установлено достаточно существенное влияние рассмотренных в работе характеристик дорожного покрытия на топливную экономичность автомобиля. Характер и степень этого влияния весьма сложны и зависят от скорости движения автомобиля и передаточного числа в коробке передач.

На основании теории планирования эксперимента для асфальтобетонных покрытий получены математические модели, отражающие зависимость расхода топлива автомобилем группы М1 от шероховатости поверхности покрытия и скорости движения (числа оборотов двигателя): для прямой (4) передачи:

$$Q=10,71+0,01232*n-1,8*(R/1,5-1)^2-2,12*(n/500-5)(R/1,5-1),$$

для 3 передачи:

$$Q=26,08+0,00964*n-10,8*(R/1,5-1)^2,$$

где Q – расход топлива, г/км;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;

R – шероховатость дорожного покрытия, мм.

При движении автомобиля на прямой (4 – для рассмотренного автомобиля) передаче (основной при движении автомобиля по автомобильным дорогам) влияние материала покрытия на расход топлива не постоянно. Можно выделить три интервала скорости движения:

а) от 65 до 74 км/ч, когда минимальный расход топлива отмечен на свежеуложенном асфальтобетонном покрытии, наибольший – на асфальтобетонном покрытии с поверхностной обработкой; цементобетон занимает промежуточное положение. Наибольшее отличие в расходе топлива наблюдается при скорости 65 км/ч (до 17,7% между максимумом и минимумом). С ростом скорости оно уменьшается.

б) от 74 до 80 км/ч, в котором покрытия постепенно «меняются местами», так что при скорости движения 80 км/ч наибольший расход топлива наблюдается уже на гладком асфальтобетонном покрытии, наименьший – на поверхностной обработке (хотя разница расходов еще не велика – 3,7-3,8% при точности измерения 2,5%).

в) от 80 до 115 км/ч, в котором наибольший расход топлива наблюдается на гладком новом асфальтобетонном покрытии, наименьший – на цементобетонном покрытии; на поверхностной обработке до скорости 88 км/ч расход топлива такой же, как на ц/б покрытии, однако с ростом скорости он повышается. Разница расходов топлива при скорости 100 км/ч на гладком а/б и цементобетонном покрытиях составила 12%, при скорости 115 км/ч – 4,1%.

Результаты исследований позволили разработать рекомендации по назначению материала и шероховатости поверхности дорожных покрытий исходя из их влияния на работу двигателя автомобиля и с учетом требований обеспечения безопасности, удобства и комфортабельности движения автомобиля:

– для участков дорог с разрешенной скоростью движения не более 80 км/ч целесообразно строить асфальтобетонные покрытия с шероховатостью поверхности от 1,0 до 0,3 мм.

– для участков дорог с разрешенной скоростью движения более 80 км/ч целесообразно строить цементобетонные покрытия с устройством слоя износа из асфальтобетона по мембранной технологии.

Экономия топливных ресурсов имеет следствием решение еще одной важной социально-экономической проблемы – уменьшения загрязнения

природной среды продуктами техногенной деятельности. Как известно, автомобильный транспорт является одним из важнейших загрязнителей воздуха, воды и почвы на придорожных территориях. Загрязнение происходит продуктами сгорания топлива в двигателях автомобилей, отработавшие газы содержат до 250 химических веществ, многие из которых высоко токсичны. При современной интенсивности движения транспорта объем выбросов отработавших газов на автомобильных дорогах страны достигает нескольких сотен тонн в год на каждый километр дороги.

Отдельные особенности технологии укрепления грунтов и нулевой баланс земляных масс¹

Укрепление местных грунтов минеральными вяжущими

Технология укрепления местных грунтов минеральными вяжущими рассматривается как один из инструментов повышения ресурсной эффективности дорожного строительства. Применение комплексных минеральных вяжущих (далее – КМВ) для стабилизации и укрепления грунтов позволяет в большей степени опираться на местные грунты, снижая потребность в завозе материалов. В практическом плане это создает условия для приближения к «нулевому балансу» земляных масс за счет сокращения объемов вывоза и завоза грунта, а также способствует уменьшению транспортной составляющей затрат (по оценкам – на 30-50%). Дополнительным эффектом выступает снижение экологической нагрузки, обусловленное сокращением транспортных потоков и связанных с ними выбросов.

Нормативно-техническая регламентация применения КМВ и материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, обеспечивается действующими национальными стандартами:

- ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия»;
- ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими»;
- ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночногравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими».

¹ Подготовлено по материалам НО «Союзцемент»

Последовательность основных операций по укреплению местных грунтов минеральными вяжущими представлена в Таблице В.1.

Таблица В.1 – Этапы укрепления местных грунтов комплексными минеральными вяжущими

Этап	Описание
Оценка грунта	Определение типа грунта (супесь, суглинок, песок), влажности, плотности
Подбор состава	Определение оптимального состава вяжущего (цемент + КМВ) и расхода (обычно 4-8% от массы грунта)
Смешивание	Равномерное распределение КМВ по поверхности и перемешивание на месте ресайклером (на проектную глубину) с доведением влажности до требуемой
Уплотнение	Уплотнение укрепленного слоя тяжелыми катками до требуемой плотности (коэффициент уплотнения $K_{упл} \geq 0,98$) с контролем качества
Уход	Влажностный уход в течение 7-14 дней (в зависимости от условий) до набора прочности

Источник: НО «Союзцемент»

Экономическая эффективность укрепления местных грунтов комплексными минеральными вяжущими может быть проиллюстрирована сопоставлением затрат на устройство основания при строительстве 1 км автомобильной дороги II категории. В условиях традиционной технологии, основанной на использовании привозного щебня, затраты на основание оцениваются на уровне 20-25 млн руб., тогда как при применении укрепления местного грунта КМВ – 12-15 млн руб. Таким образом, ориентировочная экономия составляет 8-10 млн руб. на 1 км, что соответствует 30-40% снижения затрат по рассматриваемой статье.

В масштабе опорной сети автомобильных дорог (140,5 тыс. км) потенциал экономии оценивается в диапазоне 1 120 – 1 405 млрд руб. Одновременно предполагается снижение потребности в карьерных материалах на величину порядка 350 млн м³, что отражает замещение части объемов привозных карьерных материалов ресурсом местных грунтов.

Наряду с финансовыми результатами выделяются экологические эффекты, обусловленные сокращением перевозок и уменьшением объемов

добычи. В частности, ожидается снижение транспортной работы примерно на 70 млн тонно-км и соответствующее сокращение выбросов CO₂ на уровне около 2,5 млн тонн за 10 лет. Дополнительно отмечается эффект сохранения земельных ресурсов за счет уменьшения потребности в карьерных разработках (ориентировочно до 5 000 га).

Применение технологии холодного ресайклинга (рециклинга)

При реконструкции и ремонте существующих автомобильных дорог одним из распространенных технологических решений является холодная регенерация (ресайклинг), позволяющая вовлекать в повторное использование материал существующего асфальтобетонного покрытия и тем самым снижать потребность в завозе новых материалов. В прикладном аспекте данная технология рассматривается как инструмент приближения к «нулевому балансу материалов» на объекте, а также как фактор сокращения сроков производства работ (ориентировочно на 20-30%) и стоимости ремонта (на 25-35%) по сравнению с традиционными подходами.

Технологическая последовательность, как правило, включает фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия на глубину порядка 8-15 см, последующее смешивание полученного гранулята с комплексными минеральными вяжущими, укладку и уплотнение регенерированного слоя, а затем устройство нового покрытия. Нормативно-методическая основа применения холодной регенерации закреплена, в частности, в ГОСТ Р 70197.1-2022 «Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона» и ОДМ 218.6.1.005-2021 «Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий методом холодной регенерации».

Отдельно подчеркивается целесообразность холодного ресайклинга при переводе существующих дорог на цементобетонные покрытия. В этом случае переработанное асфальтобетонное покрытие формирует конструктивно прочное основание, поверх которого устраивается новое цементобетонное покрытие, что позволяет обеспечить требуемую несущую способность

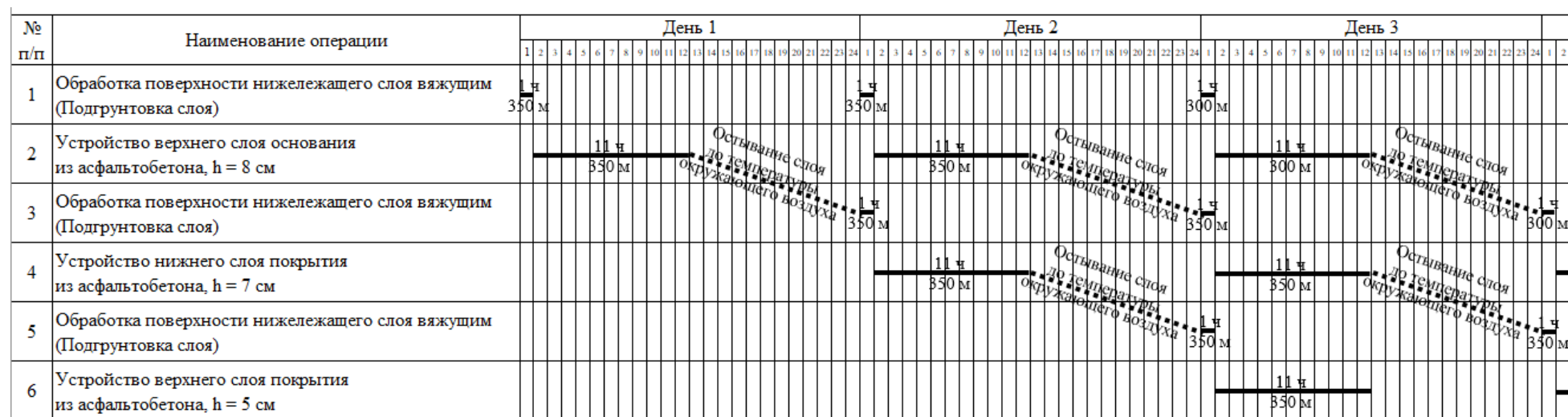
дорожной одежды при рациональном использовании имеющихся материалов. Экономический эффект при реконструкции в таких условиях иллюстрируется сопоставлением удельных затрат: стоимость работ с применением технологии ресайклинга оценивается на уровне 80-95 млн руб./км, тогда как традиционная реконструкция по схеме «выемка–насыпь» – 120-140 млн руб./км; ориентировочная экономия составляет 25-45 млн руб./км.

В докладе председателя правления ГК «Автодор» В.П. Петушенко Председателю Правительства РФ М.В. Мишустину от 20 августа 2025 г. отмечено, что применение технических решений позволило сократить сроки строительства без увеличения стоимости работ². В качестве иллюстрации приводится проект «Дюртюли – Ачит»: по утверждению докладчика, реализация объекта «по классической схеме» потребовала бы завоза порядка 12 млн м³ песка, однако работы были выполнены с использованием местных грунтов и современных технологий, что, по оценкам компании, обеспечило экономию до 58 млрд руб.

² Встреча Михаила Мишустина с председателем правления государственной компании «Автодор» Вячеславом Петушенко от 20 августа 2025 года // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – URL: <http://government.ru/news/55976/> (дата обращения: 30.11.2025)

Приложение Г

Графики устройства слоев из асфальтобетона и цементобетона на дороге III категории, длина участка 1000 метров



* Представлен график устройства слоёв из асфальтобетона с учётом ранее выполненного нижнего слоя основания дорожной одежды

Рисунок Г.1 – График устройства слоев из асфальтобетона на дороге III категории, длина участка 1000 метров (день 1 – день 3)

Источник: НО «Союзцемент»

