

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №1, Том 14 / 2022, No 1, Vol 14 <https://esj.today/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/25ECVN122.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кривко, Е. В. Методология технико-экономической оценки вариантов верхнего слоя покрытия в проектах дорожного строительства / Е. В. Кривко // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/25ECVN122.pdf>

For citation:

Krivko E.V. Methodology of technical and economic assessment of the options for the top layer of the coating in road construction projects. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(1): 25ECVN122. Available at: <https://esj.today/PDF/25ECVN122.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 625.8.003.2

ГРНТИ 06.71.09

Кривко Елена Валерьевна

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия
Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги»
E-mail: krivkoeva@mail.ru

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009385

Методология технико-экономической оценки вариантов верхнего слоя покрытия в проектах дорожного строительства

Аннотация. В решении проблемы повышения экономической эффективности строительства особое место принадлежит проектированию, в сфере которого реализуются научно-технические достижения. От уровня проектных решений в значительной степени зависит технико-экономический уровень производства, характер жизненного цикла объектов строительства и продолжительность их функционирования, себестоимость продукции, условия эксплуатации и труда.

В современной практике проектирования строительства автомобильных дорог все больше внимания уделяется разработке комплексных решений, направленных на минимизацию трудовых, материальных, финансовых ресурсов, сокращение сроков строительства при сохранении должного уровня потребительских характеристик дорожного покрытия. Его состояние и срок службы напрямую зависят от степени транспортной нагрузки, климатических условий района строительства, соблюдения технологии его устройства и строительства дороги в целом.

Многokратная возросшая численность и грузоподъемность транспортных средств приводит к преждевременному разрушению верхнего слоя покрытий автомобильных дорог и поэтому требует от проектных организаций разработки экономически выгодных, долговечных и экологически безопасных в течение всего жизненного цикла покрытий. От степени обоснованности применяемых проектных решений зависит объем не только бюджетных средств, но и общественно необходимых затрат, возникающих при грузовых и пассажирских перевозках.

Предлагаемая в статье методика позволяет проводить технико-экономическую оценку вариантов как дорожной конструкции в целом, так и верхнего слоя покрытия в частности. Выбор оптимального варианта предлагается осуществлять по минимальному показателю

дисконтированных затрат. Для вариантов покрытия с неодинаковыми транспортно-эксплуатационными показателями предлагается технико-экономическую оценку проводить в два этапа. В работе на первом этапе техническая эффективность определялась степенью обеспечения свойств и требуемых показателей качества составов вариантов асфальтобетона, экономическая эффективность — сравнением дисконтированных затрат традиционного и вариантов усовершенствованных асфальтобетонов.

На втором этапе проведено сравнение дисконтированных затрат принятого оптимального варианта асфальтобетонного покрытия и цементобетонного покрытия.

При сравнении затрат пользователей дорог в работе был использован коэффициент влияния дорожных условий на покрытие в период эксплуатации автомобильной дороги, а также учтен светоотражающий эффект покрытия, влияющий на безопасность движения.

Ключевые слова: дорожное строительство; сметная стоимость; дорожные эксплуатационные расходы; транспортные затраты; потери времени пассажиров; ущерб от дорожно-транспортных происшествий; продолжительность расчета; дисконтированные затраты

Введение

Диктуемое временем интенсивное экономическое развитие для огромной территории России становится невозможным без транспортной доступности. Непокрытая потребность в инфраструктуре ставит Россию на 11 место в мире. При этом доля государственных средств в инфраструктурные отрасли уже в течении десятилетия остается на низком уровне — примерно пятая часть от всех вложений в основные фонды. Минимальная потребность инфраструктуры в инвестициях на 2021 г. составляет 3,4 трлн р., а по оценкам различных российских экспертов для ускоренного развития экономики регионов и страны в целом требуется от 7 до 120 трлн р., что кратно превышает возможности бюджета по финансированию инфраструктуры^{1,2}.

Недостаточное финансирование не может не сказаться на качестве автомобильных дорог. На сегодняшний день количество и качество дорожной сети значительно отстает от потребностей экономики и социального положения. Качество дорог недостаточно характеризовать только пригодностью удовлетворять перевозки с определенными требованиями. При оценке уровня качества автомобильных дорог ввиду высокой стоимости их строительства и длительных сроков эксплуатации необходимо устанавливать всю полноту предъявляемых к ним требований.

Одним из важных направлений по обеспечению качества российских автомобильных дорог является применение дорожно-строительных материалов, соответствующих уровню транспортных нагрузок на дорожное полотно и обеспечивающих большую долговечность и надежность автомобильных дорог. Развитие направления по разработке не только новых, но и совершенствованию существующих материалов в целях эффективного использования

¹ Инвестиции в инфраструктуру: аналитический обзор [Электронный ресурс] / InfraOne Research. URL: https://infraone.ru/sites/default/files/analitika/2020/investitsii_v_infrastrukturu_2020_infraone_research.pdf (дата обращения: 3.01.2022).

² О состоянии и направлениях развития рынка долгосрочных инвестиций в инфраструктуру России: аналитическая записка [Электронный ресурс] / Экспертный совет по рынку долгосрочных инвестиций при Банке России. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/44084/analytic_note16042018.pdf (дата обращения: 3.01.2022).

бюджетных средств обеспечивается в рамках кратко-, средне и долгосрочных мероприятий «Стратегии развития инновационной деятельности Росавтодора» на период до 2035 г.³

Для развития этого направления предусмотрена организация государственного органа, непосредственно отвечающего за продвижение новых материалов; создание условий для применения доступных материалов с возможностью выбора наиболее оптимальных решений; формирование доступной для всех участников дорожной отрасли достоверной информации об эффективности материалов по качественным и количественным параметрам; обеспечение беспрепятственного перехода оптимальных материалов в статус широко применяемых при соответствующем подтверждении их эффективности (потребительские свойства, безопасность, экономичность, долговечность)⁴.

Современные принципы управления и хозяйствования потребовали дальнейшего совершенствования экономических методов оценки эффективности применения современных материалов в дорожном хозяйстве. Устаревшие методы оценки основаны, в основном, на минимизации цены материалов в единовременных строительных затратах. Показателям оценки экономической эффективности проектируемых дорожно-строительных материалов отводится второстепенная роль. В разделах проектной документации материалы для дорожных одежд назначаются либо формальными экономическими расчетами, либо совсем без подтверждения их экономической эффективности, либо применяемый материал, обозначенный в соответствующем разделе проекта, содержит информацию рекламного характера с интернет-ресурса поставщика.

Тем самым, в проектах при выборе материалов для конструктивных слоев дорожной одежды отсутствует сравнительный подход, так необходимый для выбора оптимального варианта. Ведь удельный вес стоимости материалов в договорных ценах на строительство автомобильной дороги составляет в среднем около 70 %.

В условиях недостаточной проработанности методологии оценки эффективности назначаемых проектами дорожно-строительных материалов, представляется важным формирование ее основ, оценочных показателей, методов расчета. Целью данной работы являлась разработка научно обоснованных рекомендаций по выбору оптимального варианта покрытия для устройства его верхнего слоя на стадии конструирования дорожной одежды. Актуальность этих рекомендаций подтверждается тем, что покрытие — это важнейший слой дорожной одежды, в результате эксплуатации подвергающийся весьма серьезным внешним воздействиям: нагрузкам непосредственно от проходящего транспорта, атмосферным осадкам, температурным изменениям, протекающим во времени, замораживанию и оттаиванию. Именно дорожное покрытие обеспечивает необходимые технико-эксплуатационные качества автомобильной дороги (дорожная прочность, скорость движения, безопасность использования и пр.), а также срок ее службы. Поэтому вопросам проектирования, строительства, ремонта покрытий во всем мире уделяется огромное внимание.

В отношении материалов для устройства верхнего слоя покрытия автомобильных дорог реализация Стратегии³ в период 2021–2025 гг. предполагает осуществление мероприятий по снижению их стоимости за счет применения вторичных материалов, материалов с

³ Стратегия развития инновационной деятельности в области дорожного хозяйства на период 2021–2025 годы: утверждено распоряжением Федерального дорожного агентства от 03.03.2021 № 771-р. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/2-strategiya.pdf> (дата обращения: 6.01.2022).

⁴ Анализ применения новых, экономически целесообразных, долговечных материалов и технологий при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог общего пользования в 2018–2020 годах: отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия от 29 июня 2021 г. URL: <http://ach.gov.ru/upload/iblock/67d/ap67p4spuhjz179h0jbnjtb66pvlptlc.pdf> (дата обращения: 6.01.2022).

повышенными эксплуатационными свойствами; увеличению межремонтных сроков; повышению долговечности слоев покрытия автомобильных дорог. Поставленные цели достижимы на стадии разработки проектной документации при проведении технико-экономического анализа сравниваемых вариантов приемлемых видов покрытия.

При назначении видов покрытия для устройства верхнего слоя покрытия следует руководствоваться положениями действующих стандартов и норм на дорожно-строительные материалы и изделия и нормами проектирования автомобильных дорог.

Постановка задачи

Оценку эффективности вариантов верхнего слоя покрытия при проектировании дорожной одежды в данной работе проведена на основе экономико-математической модели функционирования дорожной одежды во времени. Методические основы модели разрабатывалась Кулижниковым и Ю.А. Скрипниковой (ФГУП «РОСДОРНИИ») с участием Э.В. Дингеса (МАДГТУ-МАДИ), Д.М. Немчинова (ассоциация «РОДОС») [1; 2].

В качестве критерия сравнительной оценки вариантов верхнего слоя покрытия принят показатель дисконтированных затрат. В течение расчетного периода были сопоставлены экономические показатели всех рассматриваемых вариантов — затраты и результаты проектного решения. Продолжительность расчетного периода ограничена сроком службы дорожной одежды, установленного в утвержденных нормативных документах. При сравнении вариантов покрытия с различными сроками службы дорожной одежды расчетный период ограничен сроком службы наиболее долговечного варианта. В данной работе продолжительность расчетного периода принята 31 лет.

Единовременные затраты каждого варианта материала, учитываемые в период строительства дороги, определены сметным расчетом, в который включены все расходы, связанные с изготовлением материала для устройства слоя покрытия и, связанного с ним, технологическим процессом.

Дорожно-эксплуатационные расходы были определены на основании правил расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог и территориальных коэффициентов, учитывающих дифференциацию стоимости этих затрат по федеральным округам^{5,6}.

В расчетном периоде планирование мероприятий по содержанию и ремонтам дороги осуществлено на соответствующих шагах периода эксплуатации дороги.

Экономический результат при сравнительной оценке вариантов дорожного покрытия проявляется в сокращении строительных затрат за счет, например, изменения классического состава асфальтобетонной смеси; экономии дорожно-эксплуатационных расходов за счет сокращения количества ремонтов верхнего слоя покрытия и отсутствия ремонтов нижнего слоя покрытия и основания; снижении расходов пользователей дорог.

Расчет расходов пользователей дорог необходим в случае сравнения вариантов, обладающих различной долговечностью. В данной работе к расходам пользователей были отнесены транспортные затраты и социально-экономические потери, изменяющиеся во

⁵ Методические рекомендации по оценке эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса: ОДМ 218.11.006-2021. — М.: ФАУ «РОСДОРНИИ», 2021. — 47 с.

⁶ Постановление Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения» // Собрание законодательства РФ. 2017. — № 658.

времени в связи с ростом интенсивности движения. Транспортные затраты определены через себестоимость пробега для всех типов автомобилей при движении по рассматриваемому участку автомобильной дороги.

Величина социально-экономических потерь была определена по общественным затратам, связанным с потерями времени населения на поездки, а также по возможному ущербу от дорожно-транспортных происшествий.

При оценке общественной эффективности проектного решения все стоимостные показатели приведены к единому моменту времени — году непосредственного начала эксплуатации дороги.

Сопоставление затрат и результатов проектного решения, осуществляемых в разные периоды, произведено через коэффициент дисконтирования текущих величин денежного потока. В коэффициенте дисконтирования в норме дисконта заложен учет относительного уменьшения значимости (инфляции) денежных потоков при их отдалении во времени. При относительно стабильном уровне инфляции норма дисконта принята постоянной во времени и определяется нормальной эффективностью общественного производства.

В качестве вариантов устройства дорожного покрытия в данной работе исследовались разные виды покрытия (жесткие и нежесткие) с разными стратегиями их эксплуатации.

Оптимальный вариант дорожного покрытия характеризуется минимальной суммой дисконтированных затрат.

При сравнении вариантов покрытия с неодинаковыми транспортно-эксплуатационными показателями дисконтированные суммарные затраты определены следующим образом:

$$ДЗ_i = K_i + \sum_{t=1}^{N_{крі}} \frac{C_{кріt}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{N_{рi}} \frac{C_{рi t}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{N_{соді}} \frac{C_{соді t}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{T_{ср}} \frac{TЗ_{ti}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{T_{ср}} \frac{СЭП_{ti}}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где $ДЗ_t$ — величина дисконтированных затрат по i -му варианту; K_i — капитальные вложения по i -му варианту, тыс. р.; $N_{крі}$, $N_{рi}$, $N_{соді}$ — количество капитальных ремонтов, ремонтов, содержания по i -му варианту за расчетный период сравнения вариантов; $t_{кр}$, t_p , $t_{сод}$ — соответственно год проведения капитального ремонта, ремонта, содержания по i -му варианту; $C_{крі}$, $C_{рi}$, $C_{соді}$ — соответственно стоимость проведения капитального ремонта, ремонта и ежегодного содержания дорожной одежды на рассматриваемом участке дороги по i -му варианту, тыс. р.; $T_{ср}$ — расчетный период сравнения вариантов, годы; $TЗ_{ti}$ — транспортные затраты в году t по i -му варианту, тыс. р.; $СЭП_{ti}$ — социально-экономические потери в году t по i -му варианту, тыс. р.; E — безрисковая социальная норма (ставка) дисконта в относительных единицах измерения.

В данной работе для оценки эффективности проектного решения в отношении оптимального варианта дорожного покрытия, учитываемая в коэффициенте дисконтирования социальная норма дисконта (E), принята на уровне 8 %.

Этапы проведения технико-экономической оценки вариантов представлены на рисунке 1.

При проведении экономической оценки все сравниваемые варианты покрытий удовлетворены условиям: обеспечение требований задания на проектирование; обеспечение безопасности движения, транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения с учетом изменения интенсивности движения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания; соблюдение установленных сроков строительства; соблюдения экологической безопасности. При выборе материалов для

устройства слоев дорожного покрытия учтены их соответствие проектным воздействующим нагрузкам и показателям водо-, морозо- и термоустойчивости.

Различаются варианты видами материалов, их производством, технологией устройства покрытия и стратегией его эксплуатации (периодичностью проведения ремонтов и содержания) в течение расчетного периода.

При проектировании вариантов дорожных покрытий всегда следует учитывать обеспеченность района строительства дорожно-строительными материалами необходимыми для реализации проектного решения.

Самым распространенным материалом, применяемым при устройстве дорожного покрытия в России, является асфальтобетонная смесь, приготавливаемая в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта⁷. К достоинствам таких покрытий относят беспыльность при движении автомобилей, малый износ покрытий, возможность применения в разных климатических зонах, относительно невысокую стоимость их устройства, содержания и ремонтов, к недостаткам — повышенную скользкость при увлажнении и преждевременное разрушение в эксплуатации. Небольшой срок службы обуславливается образованием волн, сдвигов вследствие недостаточной прочности или излишней пластичности, трещин вследствие излишней хрупкости и шелушения в результате недостаточной водостойкости.



Рисунок 1. Этапы проведения технико-экономической оценки вариантов проектируемого дорожного покрытия (рисунок автора)

⁷ Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон: ГОСТ Р 58406.2-2020. — М.: Стандартинформ. 2020. — 45 с.

Назначаемые проектами асфальтобетонные смеси различаются составом компонентов и основными физико-механическими показателями. Основу асфальтобетонной смеси составляют гравий (или щебень), песок, минеральный порошок, битумное вяжущее в оптимальных пропорциях. Каждый компонент помогает придать асфальтобетону определенные свойства, определяющие его назначение и условия эксплуатации. Прочностные его характеристики определяются процентным соотношением составляющих асфальтобетонной смеси.

Выбор смеси осуществляется, в основном, в зависимости от свойств исходных материалов, характера автомобильного движения и климатических условий местности, что является определяющим условием строительства долговечных этих покрытий. Исходя из величины срока службы рассчитывают конструктивные параметры дорожных одежд [3].

Асфальтобетонное покрытие должно быть, как правило, однослойным. Минимальную конструктивную толщину покрытия назначают по нормам действующего СНиП.

В настоящее время, несмотря на популярность строительства автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием, реализуются проекты дорожной одежды с устройством цементобетонного покрытия. При курсе «Стратегии по развитию дорожной деятельности на период до 2030 г.» на повышение срока службы дорожных одежд строительство покрытий из цементобетона оправдано из-за повышения цен на битум и увеличения грузоподъемности транспортных средств, и стремительного роста интенсивности движения [4].

Асфальтобетонные покрытия имеют как преимущества перед цементобетонными покрытиями, так и недостатки. Цементобетон не требует устройства сверхпрочных дорожных одежд. У этого покрытия иные, нежели у асфальтового покрытия, характеристики поверхности: более высокий коэффициент сцепления с колесами автомобилей, повышенная износостойкость, меньшее колееобразование и, соответственно, повышенные межремонтные сроки.

При соблюдении технологии укладки обеспечивается хорошая ровность поверхности, как продольная, так и поперечная, тем самым обеспечивается высокая плавность и комфорт при движении транспортных средств, нежели при «гибком» асфальтобетоне.

Расчетный срок службы между капитальными ремонтами для жестких дорожных одежд с цементобетонным покрытием должен быть не менее 25 лет, между ремонтами — не менее 12 лет. В действительности срок службы цементобетона может достигать 40–50 лет и тем самым в 3 и больше раза превышать жизненный цикл асфальтобетонных дорог [5].

По данным исследования специалистов ОАО «Новосибирскавтодор», АО «Трансстроймеханизация» и ученых МАДИ, при использовании цементобетонного покрытия вместо асфальтобетонного смета на эксплуатационные затраты сокращается на 30 % в год.

Снижению дорожно-транспортных происшествий способствует то, что в темное время суток на такой дороге лучше видимость из-за большего светоотражающего эффекта материала покрытия. У асфальтобетонного покрытия ослепление водителей может происходить в связи с отраженным светом фар от поверхности воды, заполняющей неровности.

Также к недостаткам цементобетонного покрытия следует отнести: возникающий шум (при езде по цементобетонной дороге шум несколько выше (от 2 до 4 дБ), так как более пористый и пластичный асфальтобетон лучше поглощает шумы); невозможность открытия движения сразу после окончания строительства цементобетонного покрытия, а при высоте насыпи более 1,5 м его строительство начинают только на второй год; процесс ремонта этого покрытия сложнее, чем у асфальтовых покрытий.

До недавнего времени состав стандартов, обеспечивающих исполнение требований Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог», устанавливающих правила применения, в основном, традиционных асфальтобетонов и реже — прогрессивных материалов и технологий в дорожных конструкциях. Но с 2018 г. в связи с повышением требований в сфере дорожного строительства началось введение новых ГОСТов на использование асфальтобетонных смесей с усовершенствованными характеристиками. До 2023 г. ожидается массовый переход на изготовление и укладку асфальтобетонных смесей по новым стандартам. При этом асфальтобетонные заводы давно готовы к масштабному строительству и реконструкции дорожной сети в рамках новых ГОСТов: предусматриваются возможности перенастройки процесса и использования различных технологий приготовления асфальтобетонные смеси.

В связи с этим для достижения высокого качества строительства дорожного покрытия требуется достаточный уровень финансирования проектных работ; ускоренная разработка и быстрое освоение новых видов продукции, работ, услуг; снижение цен на них. Проектируемое покрытие автомобильной дороги должно быть не только прочным и надежным в эксплуатации, экологичным, но и экономичным, менее материалоемким, особенно по расходу дефицитных материалов.

Пример методики проведения технико-экономической оценки вариантов покрытия для проектов строительства автомобильных дорог

В данной работе технико-экономическая оценка дорожного покрытия для вариантов с неодинаковыми транспортно-эксплуатационными показателями, осуществляемой по критерию минимума дисконтированных затрат (формула 1), проведена в два этапа. На первом этапе техническая эффективность определена степенью обеспечения свойств и требуемых показателей качества составов вариантов асфальтобетона, экономическая эффективность — сравнением стоимостных показателей традиционного асфальтобетона и показателей вариантов усовершенствованных асфальтобетонов.

На втором этапе проведено сравнение дисконтированных затрат принятого оптимального варианта асфальтобетонного покрытия и цементобетонного покрытия.

На **первом этапе** оценки в качестве примера показатели вариантов дорожного покрытия рассчитывались для дороги II категории II дорожно-климатической зоны с нормальными дорожными условиями (от 0,5 до 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчетный срок службы конструктивного слоя).

Выбор оптимального асфальтобетонного покрытия осуществлен на основании следующих вариантов:

- I вариант (традиционный) — плотный асфальтобетон из горячей смеси (АБС М I тип А);
- II — щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА-20);
- III — литой асфальтобетон (ЛА-16);
- IV — сероасфальтобетон (САБ).

Состав материалов вариантов улучшенной асфальтобетонной смеси в сравнении с традиционной смесью представлено в таблице 1.

Таблица 1

Объемное содержание материалов для асфальтобетонной смеси

Материал	Содержание, % объема, в уплотненном слое по вариантам			
	традиционная смесь	улучшенные смеси		
		I	II	III
Щебень	56	72	50	77
Песок	30	18	23	11
Минеральный порошок	14	10	19	12
Битум (сверх 100 % минеральной части)	5,5	5,6	7,7	4,2
Добавка	–	0,4 (стабилизирующая добавка)	-	1,8 (серный модификатор)

Физико-механические свойства вариантов асфальтобетона представлены в таблице 2. Данные, приведенные в этой таблице, соответствуют значениям действующих ГОСТов, СП, справочников для дорожного строительства.

Капитальные вложения в данной работе определены для всех четырех вариантов покрытия по сметной стоимости их устройства. На стоимость асфальтобетона повлияли факторы: состав смеси, вид и объем основного наполнителя, производственные затраты при приготовлении смеси, транспортировке и ее укладке. Стоимость анализируемых вариантов асфальтобетона, определенная в локальных сметных расчетах ресурсным методом, представлена в таблице 6.

Основными транспортно-эксплуатационными характеристиками, определяющими объемы **дорожно-эксплуатационных расходов** автомобильных дорог, являются: тип дорожной одежды, вид дорожного покрытия, количество полос движения, ширина проезжей части, протяженность дороги, интенсивность движения транспортных средств.

Содержание, ремонт и капитальный ремонт автомобильных дорог осуществляется в соответствии с требованиями технических регламентов в целях поддержания бесперебойного движения транспортных средств по автомобильным дорогам и безопасных условий такого движения, а также обеспечения сохранности автомобильных дорог. Порядок содержания и ремонтов автомобильных дорог в настоящее время устанавливается по ГОСТ Р 58861-2020⁸.

Дорожно-эксплуатационные расходы в данной работе определены с учетом Правил расчета размера бюджетных ассигнований на ремонты и содержание автомобильных дорог⁹. Финансовые затраты на капитальный ремонт, ремонт и содержание покрытия автомобильной дороги определены по нормативам; коэффициенту, учитывающему дифференциацию стоимости ремонта автомобильных дорог в зависимости от количества полос движения; территориальному коэффициенту; индексу-дефлятору инвестиций в основной капитал.

Согласно ГОСТ Р 58861-2020 межремонтные сроки проведения работ по ремонту для автомобильной дороги общего пользования II категории составляют 12 лет, по капитальному ремонту дорожных покрытий — не менее 25 лет. Допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании устанавливать межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту до 30 лет и более. Однако даже для федеральных дорог межремонтный срок по капитальному ремонту обычно не превышает 7–10 лет, по ремонту — 3–4 лет.

⁸ Дороги автомобильные общего пользования. капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков: ГОСТ Р 58861-2020. — М.: Стандартинформ, 2020. — 16 с.

⁹ Постановление Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 «О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения» // Собрание законодательства РФ. — 2017. — № 658.

Таблица 2

Физико-механические свойства асфальтобетонов

Характеристика	АБС по ГОСТ 58406.6-2020	ЩМА-20 по ГОСТ 31015-2002	ЛА 20 по ГОСТ Р 54401-2020	САБ по ГОСТ 9128-2013
Средняя плотность, кг/м ³	2570	2620	2395	2640
Предел прочности при сжатии, при температуре 50°С, МПа, не менее	1,0	0,65	1,2	2,4
Предел прочности при сжатии, при температуре 20°С, МПа, не менее	2,5	2,2		2,86
Предел прочности при сжатии, при температуре 0°С, МПа, не более	9,0		8,0	
Прочность на растяжение при температуре 0°С, Мпа:				
- не менее	2,0	2,0	2,5	3,78
- не более	5,5	6,0	6,0	
Водостойкость, не менее	0,7	0,85		0,93
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения tgφ, не менее	0,86	0,93	0,95	0,94
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50°С, МПа, не менее	0,23	0,18	0,35	0,45
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0°С, МПа:				
- не менее	3,0	2,5	2,5	3,8
- не более	5,5	6,0	6,0	
Водонасыщение, % по объему образцов	5,0	4,0	1,0	1,4
Пористость минерального состава, %	14	16	22	17
Предельное значение продольной ровности по показателю просвета под трехметровой рейкой, мм*	3 ¹⁰	3	5 ¹¹	6 ¹²

* *Примечание: требования к предельно допустимому снижению ровности дорожного покрытия нормируются по минимуму суммарных приведенных расходов автомобильного транспорта на перевозки грузов и дорожного хозяйства — на ремонты дорожных покрытий*

Принимая это во внимание, в данной работе при технико-экономической оценке вариантов покрытия для назначения межремонтных сроков были использованы данные, полученные российскими и зарубежными учеными (табл. 3). Например, установлено, что смеси ЩМА позволяют устраивать верхние слои покрытий на 1 см тоньше, а работоспособность их выше, чем покрытий из асфальтобетона типа А. Срок службы покрытий из ЩМА, если они соблюдены все требования укладки, как минимум в 3 раза дольше обычных покрытий [6; 7], сероасфальтобетона — в два раза [8–10], литого — в 1,5 раза [11].

Таблица 3

Межремонтные сроки

Работа	Межремонтные сроки для покрытия			
	плотный асфальтобетон	щебеночно-мастичный	литой	сероасфальто-бетон
Капитальный ремонт	12	20	18	21
Ремонт	6	8	6	7

¹⁰ Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности: ГОСТ 33101. 2014. — М.: Стандартинформ, 2016. — 18 с.

¹¹ Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия: ГОСТ Р 54401-2020. — М.: Стандартинформ, 2020. — 20 с.

¹² Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля: ГОСТ Р 50597-2017. — М.: Стандартинформ, 2017. — 28 с.

При сравнении дисконтированных затрат вариантов межремонтные сроки учтены на шагах расчета после окончания работ по строительству автомобильной дороги. Работы по содержанию дороги запланировано проводить ежегодно.

Затраты пользователей автомобильных дорог в данной работе определены с позиций их влияния на социально-экономические последствия для общества в целом. В расчетах были учтены исследования зарубежных и российских ученых и специалистов.

В затраты пользователей дорог были включены возможные транспортные затраты, общественные затраты, связанные с потерями времени населения на поездки на проектируемом участке дорожного сооружения (в расчетах протяженность участка была принята равной 1 км) и возможный ущерб от дорожно-транспортных происшествий.

Расчет **транспортных затрат** проведен для принятых в работе состава и структуры автотранспортных средств.

Транспортные затраты на первый год эксплуатации дороги определены по формуле:

$$TZ_1 = 365N_1 q^t S_{пр} L, \quad (2)$$

где N_t — среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей на первый год расчета, авт./сут.; q^t — коэффициент ежегодного роста интенсивности движения (принято $q^t = 1,02$; $S_{пр}$ — общая себестоимость пробега для всех типов автомобилей на 1 км в конкретных дорожных условиях, р.; L — протяженность проектируемого участка дороги, км.

Себестоимость пробега для каждого типа автомобиля ($S_{прj}$) на первый год эксплуатации автомобильной дороги определена следующим образом:

$$S_{прj} = S_{пер} k_g + \frac{S_{пост} + 3П_ч f}{V_j}, \quad (3)$$

где $S_{пер}$, $S_{пост}$ — средние расчетные значения переменных и постоянных затрат автомобиля соответственно на 1 км и 1 ч., р./км и р./ч; $3П_ч$ — средняя часовая заработная плата с начислениями водителя автомобиля, р.; k_g — коэффициент влияния дорожных условий на размер переменных затрат; f — коэффициент ежегодного прироста заработной платы в России, установленного на основе данных прогнозирования роста заработной платы до 2030 г. Министерством труда РФ; V_j — средняя техническая скорость движения автомобиля j -го типа, км/ч.

Средняя часовая заработная плата, средние расчетные значения переменных и постоянных затрат каждого автомобиля приняты по ОДМ 218.4.023-2015¹³.

Коэффициент влияния дорожных условий (k_g) для всех вариантов принят с учетом предельного значения ровности и шероховатости их покрытий. k_g связывают с безопасностью движения и проектным уровнем надежности дорожной конструкции в целом. От показателей ровности покрытий дорожных одежд зависят потребительские свойства дороги: скорость и безопасность движения. По моменту достижения покрытий предельно допустимого эксплуатационного состояния, оцениваемого их ровностью, устанавливают нормативные межремонтные сроки их службы. Однако действующие нормативные документы не регламентируют расчет дорожных одежд по критериям продольной и поперечной ровности [12].

¹³ Методические рекомендации по оценке эффективности строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог: ОДМ 218.4.023-2015. — М.: РОСАВТОДОР. 2014. — 180 с.

В работе k_g определен следующим образом:

$$k_g = \tau_1 \tau_2, \quad (4)$$

где τ_1 — показатель в зависимости от количества легковых автомобилей в потоке, % (табл. 4); τ_2 — показатель в зависимости от ровности и шероховатости покрытия (табл. 5).

Значение τ_2 было принято с учетом предельных значений продольной ровности по показателю просвета под трехметровой рейкой, а также с учетом шероховатости покрытия.

Таблица 4

Показатель τ_1

Количество легковых автомобилей в потоке, %	100	80	60	40
τ_1	1,0	0,9	0,8	0,6

Таблица 5

Показатель τ_2

Показатель	Материал покрытия			
	плотный асфальтобетон	щебеночно-мастичный	литой	сероасфальтобетон
τ_2	1,1	1,15	1,0	1,1

К социально-экономическим потерям в работе отнесены общественные затраты, связанные с потерями времени населения на поездки, и возможный ущерб от дорожно-транспортных происшествий.

При определении величины **общественных затрат, связанных с потерями времени населения на поездки (P_{1i})**, в работе также был учтен показатель ровности и шероховатости покрытия, который влияет на скорость легковых автомобилей и автобусов и соответственно на время в пути пассажиров.

$$P_{1i} = 0,365 C^{\text{пас}} k_g \left[N_{1i}^{\text{лег}} V_{ли} \left(\frac{L}{V^{\text{л}}} \right) + N_{1i}^{\text{авт}} V_{автi} \left(\frac{L}{V^{\text{авт}}} \right) \right], \quad (5)$$

где $C^{\text{пас}}$ — среднегодовая величина потерь народного хозяйства при пребывании в пути пассажиров, р./чел-ч; k_g — коэффициент влияния дорожных условий; $N_{1i}^{\text{лег}}, N_{1i}^{\text{авт}}$ — среднесуточная начальная интенсивность движения соответственно легковых автомобилей и автобусов i -го вида на рассматриваемом участке дороги на первый год расчета, авт./сут.; $V_{ли}, V_{автi}$ — среднее количество пассажиров соответственно в одном легковом автомобиле и автобусе i -го вида; $V^{\text{л}}, V^{\text{авт}}$ — средняя техническая скорость соответственно легковых автомобилей и автобусов, км/ч; L — протяженность проектируемого участка дороги, км.

Возможный ущерб от дорожно-транспортных происшествий на первый год эксплуатации дороги рассчитан по формуле:

$$P_{дтп1} = 3,65 \cdot 10^{-4} N_o Z C_{ср} K_p, \quad (6)$$

где N_o — среднегодовая начальная суточная интенсивность движения на первый год эксплуатации дороги, авт./сут.; Z — количество ДТП на 1 млн авт./км на исходный год; $C_{ср}$ — средние потери от одного ДТП на исходный год; K_p — показатель, характеризующий ожидаемое изменение аварийности в связи с различиями в показателе ровности покрытия вариантов.

Количество дорожно-транспортных происшествий (Z) в различных дорожных условиях устанавливается по зависимости между значениями итогового коэффициента аварийности и относительным количеством дорожно-транспортных происшествий. В работе $Z = 0,27$ на 1 млн авт.-км.

Ровность покрытия влияет на безопасность движения: при сохранении в период эксплуатации автомобильной дороги нормативного значения ровности снижается дополнительный риск ДТП, а при его увеличении риск ДТП растет (на 40 % на много полосных и на 17 % на двухполосных дорогах) [13]. В связи с этим, в работе значение показателя, характеризующего ожидаемое изменение аварийности в связи с различиями в показателе ровности покрытия, принято следующим образом: для I варианта покрытия $K_p = 1,1$, для II варианта — $K_p = 1,15$, III варианта — $K_p = 1,0$, IV — $K_p = 1,1$.

Расчет дисконтированных затрат для четырех анализируемых вариантов выполнен согласно формулы (1).

В расчете показателей дисконтированных затрат использованы исходные данные:

1. Протяженность проектируемого участка автомобильной дороги — 1 км.
2. Начальная интенсивность движения — 6000 авт./сут.
3. Период расчета — 31 год.
4. Процент ежегодного прироста интенсивности движения — 2 %.
5. Стоимость устройства вариантов асфальтобетонного покрытия приведена в таблице 6.
6. Дорожно-эксплуатационные расходы по вариантам приведены в таблице 7.
7. Межремонтные сроки использованы согласно таблице 3.
8. Состав и структура движения представлена группами легковых, грузовых автомобилей и автобусов.

Таблица 6

Сметная стоимость устройства покрытия из асфальтобетона

Материал покрытия	Сметная стоимость устройства покрытия на 2022 г., тыс. р.					
	прямые затраты на 1000 м ²			накладные расходы	сметная прибыль	итого
	материалы	затраты на эксплуатацию машин	заработная плата рабочих-строителей			
Плотный асфальтобетон	3 895,02	198,36	157,14	277,22	146,14	4 673,88
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	4 278,99	257,85	177,30	372,96	202,21	5 289,31
Литой асфальтобетон	4 585,89	158,67	109,17	218,07	119,34	5 191,14
Сероасфальтобетон	3 565,53	198,36	157,14	277,22	146,14	4 344,39

Таблица 7

Дорожно-эксплуатационные расходы

Материал покрытия	Дорожно-эксплуатационные расходы на 2022 г., тыс. р.		
	на содержание	ремонт	капитальный ремонт
Плотный асфальтобетон	90,0	260,0	5 592,36
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	90,0	260,0	6 202,71
Литой асфальтобетон	90,0	260,0	6 197,14
Сероасфальтобетон	90,0	260,0	5 277,60

На основании проведенных расчетов дисконтированных затрат четырех вариантов покрытия из обычного и усовершенствованных асфальтобетонов наиболее оптимальным признан вариант покрытия из литого асфальтобетона.

Показатели вариантов за расчетный период представлены в таблице 8.

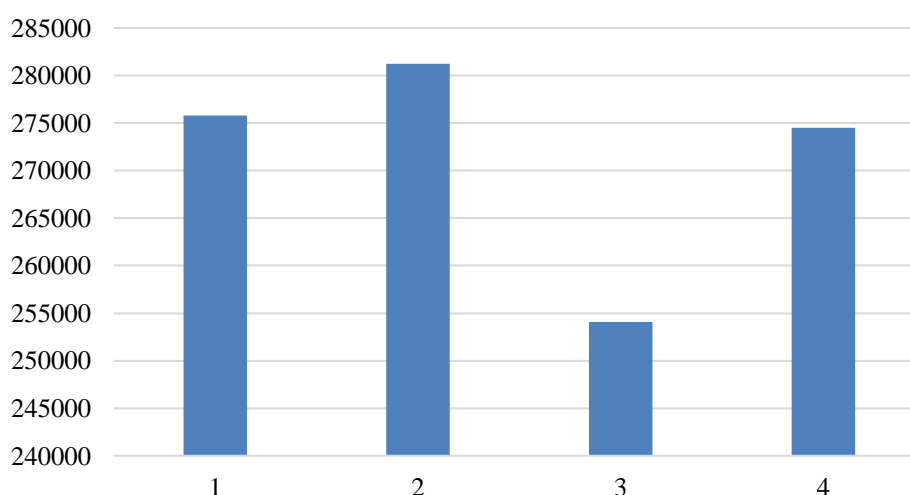
Таблица 8

Показатели затрат вариантов асфальтобетонных покрытий

Материал покрытия	Показатели за расчетный период, тыс. р.				
	сметная стоимость	дорожно-эксплуатационные расходы	транспортные затраты	затраты, связанные с потерями времени населения на поездки	ущерб от ДТП
Плотный асфальтобетон	4 673,88	9 072,36	2 909 338	282 414	262 886
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	5 289,31	9 682,00	3 024 430	282 914	274 835
Литой асфальтобетон	5 191,14	9 677,46	2 679 152	246 012	238 987
Сероасфальтобетон	4 344,39	8 757,60	2 909 338	282 414	262 886

Дисконтированные затраты за расчетный период представлены на рисунке 1.

Дисконтированные затраты, тыс. р.



1 — плотный мелкозернистый асфальтобетон; 2 — щебеночно-мастичный асфальтобетон; 3 — литой асфальтобетон; 4 — сероасфальтобетон

Рисунок 1. Дисконтированные затраты вариантов покрытия за расчетный период (рисунок автора)

На втором этапе технико-экономической оценки проведено сравнение принятого оптимального варианта покрытия из литого асфальтобетона толщиной 5 см с цементобетонным покрытием, устраиваемого механизированным способом с разгрузкой бетона со смежной полосы без применения мостика, толщиной 18 см.

На этом этапе технико-экономической оценки дисконтированные затраты за период расчета в 31 год определены по формуле (7). По транспортным затратам и затратам, связанным с потерями времени населения на поездки, сравнение проводить не имело смысла, ввиду их равнозначности.

$$ДЗ_i = K_i + \sum_{t=1}^{N_{крі}} \frac{C_{крті}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{N_{рі}} \frac{C_{рті}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{N_{соді}} \frac{C_{содті}}{(1+E)^t} + \sum_{t=1}^{T_{ср}} \frac{\Pi_{ті}}{(1+E)^t}, \quad (7)$$

Капитальные вложения для варианта с цементобетонным покрытием определены по сметной стоимости его устройства.

Дорожно-эксплуатационные расходы определены согласно ГОСТ Р 58861-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. капитальный ремонт и ремонт. Планирование

межремонтных сроков». Межремонтные сроки проведения работ по ремонту дороги с жестким покрытием составляют 12 лет, по капитальному ремонту — не менее 25 лет.

Возможный ущерб от дорожно-транспортных происшествий на первый год эксплуатации дороги рассчитан по формуле

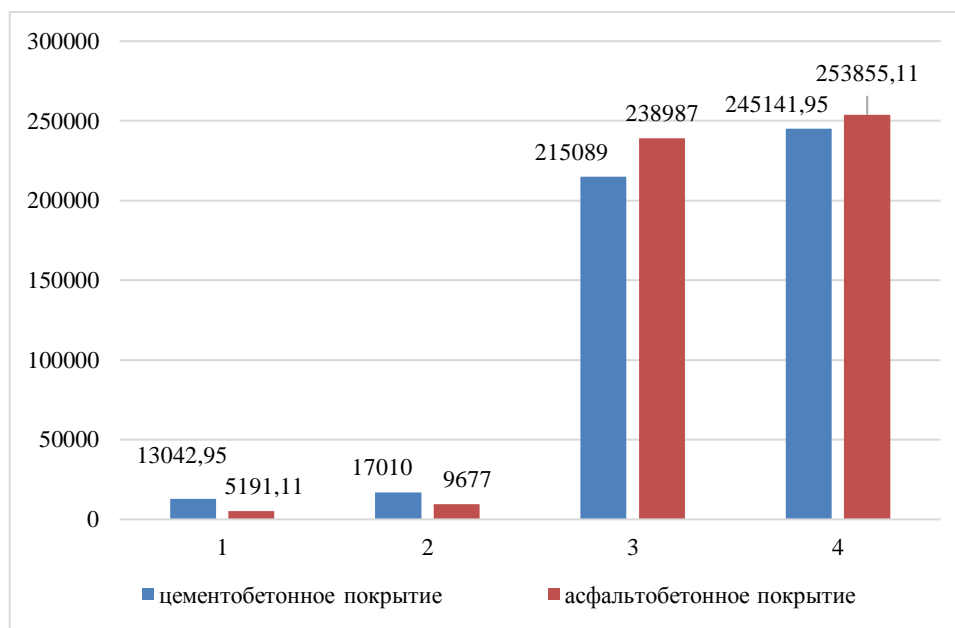
$$П_{дтп1} = 3,65 \cdot 10^{-4} N_0 Z C_{cp} K_{cb}, \quad (8)$$

где N_0 — среднегодовая начальная суточная интенсивность движения на первый год эксплуатации дороги, авт./сут.; Z — количество ДТП на 1 млн авт./км на исходный год; C_{cp} — средние потери от одного ДТП на исходный год; K_{cb} — показатель, характеризующий ожидаемое изменение аварийности в связи с различиями в показателе светоотражения покрытия вариантов¹⁴.

В работе для литого асфальтобетонного покрытия принят $K_{cb} = 1,0$; для цементобетонного покрытия $K_{cb} = 0,9$.

Для последующих лет эксплуатации дороги ущерб от ДТП определен с учетом ежегодного роста интенсивности движения.

Для сравнения, рассчитанные по формуле (7), затраты для двух вариантов представлены на рисунке 2.



1 — сметная стоимость; 2 — дорожно-эксплуатационные расходы; 3 — ущерб от ДТП; 4 — суммарные дисконтированные затраты

Рисунок 2. Затраты вариантов покрытия за расчетный период (рисунок автора)

Результаты исследования

Выбор оптимального варианта верхнего слоя покрытия в работе проведен в два этапа. На *первом* этапе, с учетом проектных особенностей, местных условий района строительства, физико-механических свойств материалов, были выбраны для сравнения четыре варианта

¹⁴ Методические рекомендации по выбору эффективных некапиталоемких мероприятий по снижению аварийности в местах концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования: ОДМ 218.6.025-2017. — М.: РОСАВТОДОР. 2017 — 47 с.

асфальтобетонного покрытия: I вариант (традиционный) — плотный асфальтобетон из горячей смеси (АБС М I тип А); II — щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА-20); III — литой асфальтобетон (ЛА-16); IV — сероасфальтобетон (САБ).

Сравнение вариантов проведено на основании расчета показателей затрат: сметной стоимости устройства покрытия; затрат на его содержание, ремонт и капитальный ремонт; транспортных затрат (себестоимости перевозок); общественных затрат, связанных с потерями времени населения на поездки и возможного ущерба от дорожно-транспортных происшествий в период эксплуатации дороги. В результате расчета оптимальным признан вариант с верхним слоем покрытия из литого асфальтобетона (ЛА-16) — не самого дешевого по стоимости устройства, дорожно-эксплуатационным расходам, но имеющего затраты в период будущей эксплуатации дороги меньшие по сравнению с серо-, традиционным, щебеночно-мастичным асфальтобетоном. На величину транспортных затрат, общественных затрат, связанных с потерями времени населения на поездки и возможного ущерба от дорожно-транспортных происшествий этого варианта повлиял показатель ровности и шероховатости его покрытия. При движении по покрытию с большей ровностью транспортные средства имеют большую скорость, вследствие чего себестоимость перевозок снижается, время в поездках пассажиров сокращается, аварийность снижается.

Приготовление литых асфальтобетонных смесей не представляет особых трудностей. Производят их на обычном оборудовании асфальтобетонных заводов и в специализированных установках. Внедрение литых асфальтобетонов значительно повышает фактические межремонтные сроки городских дорог и улиц, что обеспечивает значительный экономический эффект за счет сокращения затрат на проведение ремонтных работ. При этом улучшается транспортно-эксплуатационное состояние дорожных покрытий в течение их срока службы и повышается безопасность дорожного движения.

На *втором* этапе по той же предлагаемой методике технико-экономическая оценка была проведена для выбранного на первом этапе оптимального варианта верхнего слоя покрытия (из литого асфальтобетона) и цементобетона, устраиваемого механизированным способом с разгрузкой бетона со смежной полосы без применения мостика. При существенной разнице в сметной стоимости устройства покрытия (13 042,95 тыс. р. из цементобетона и 5 191,11 тыс. р. из литого асфальтобетона), дорожно-эксплуатационных затратах за период сравнения в 30 лет (17 010,0 тыс. р. для покрытия из цементобетона и из литого асфальтобетона — 9 677,0 тыс. р.), величина важнейшего показателя безопасности — возможного ущерба от дорожно-транспортных происшествий на дороге с цементобетонным покрытием ниже на 23 млн 898 тыс. р. При одинаковой ровности покрытий светоотражение у цементобетона выше, тем самым значение показателя, характеризующего ожидаемое изменение аварийности на дороге в темное время суток, меньше [14].

При грамотном долгосрочном планировании работ по возведению и ремонту цементные заводы смогут гарантировать своевременность поставок, стабильно высокое качество продукции, ее соответствие требованиям государственных стандартов и адресных рецептур.

В Германии цементобетонное покрытие имеют 30 % дорог, в Китае — около 50 %, в США — 60 %, Индии — 100 %, в России — менее 1,2 %. В нашей стране для расширения масштабов применения перспективных конструкций цементобетонных дорожных покрытий необходимо разработать новые методы расчета и конструирования дорожных одежд, систему проектирования, ориентированную на эксплуатационные условия работы дорожной одежды, актуализировать современную нормативную базу строительства цементобетонных покрытий с учетом новых, в т. ч. гармонизированных с зарубежными стандартами, нормативных документов.

Заключение

Решение о выборе того или другого типа покрытия и дорожной одежды должны основываться прежде всего на экономических расчетах и приниматься с учетом наличия исходных дорожно-строительных материалов, предполагаемого состава и интенсивности движения, а также климатических условий эксплуатации автомобильной дороги. В настоящее время проектировщики конструкцию дорожной одежды часто выбирают, исходя только из минимальной стоимости строительства, без учета будущих затрат на ремонт и содержание, затрат пользователей дорог, что не всегда оправдано.

Анализ полученных результатов и выбор оптимального варианта верхнего слоя покрытия при проектировании строительства автомобильной дороги в данной работе проведен на основе технико-экономической оценки по критерию минимума суммарных дисконтированных затрат. Использование этого критерия оправдано, поскольку затраты на реализацию проектного решения осуществляются в различные временные периоды — строительства и эксплуатации проектируемого объекта.

Материалы исследования позволяют дополнить теоретические решения для разработки методов расчета, конструирования, оценки эффективности современных дорожных покрытий. Предлагаемую методику выбора оптимального варианта проектного решения с учетом свойств материала (ровности, светоотражении) можно применять на начальном этапе проектирования дорожной одежды в целом и верхнего слоя покрытия в частности.

Назначение проектом только оптимального покрытия приведет к экономии бюджетных средств при эксплуатации дорог, обеспечит минимальное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения затрат материалов в период службы покрытия, а также увеличит продолжительность эксплуатации транспортных средств, при экономии расхода горючего, экономии времени на поездки, а, следовательно, увеличит объемы грузовых и пассажирских перевозок и, несомненно, снизит аварийность на автомобильных дорогах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулижников А.М., Скрипникова Ю.А. Совершенствование методики технико-экономического сравнения вариантов дорожных одежд // Дороги и мосты: сб. науч. трудов / ФГУП «РОСДОРНИИ». — М., 2010. — Вып. 1. — С. 39–55.
2. Кулижников А.М. Направления совершенствования методики технико-экономического сравнения вариантов дорожных одежд / А.М. Кулижников // Дороги и мосты: сб. науч. трудов / ФГУП «РОСДОРНИИ». — М., 2010. — Вып. 23/1. — С. 32–47.
3. Осинская В.А. Современное решение проблемы повышения долговечности нежестких дорожных одежд // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Т. 7, № 6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/02KO615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02к0615.
4. Корочкин А.В. Анализ сцепных качеств дорожных покрытий из асфальтобетона и цементобетона // Строительные материалы. — 2019. — № 7. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-772-7-21-27>.
5. Войлоков И.А. Асфальтобетон или цементобетон? / И.А. Войлоков // Еврострой. — 2016. — № 64. — С. 48–50.

6. Райнхольд Дитер. Щебеночно-мастичный асфальт // Автомоб. дороги. — М., 2002. — № 3. С. 80–83.
7. Смирнов Е.Н. Щебеночно-мастичный асфальтобетон // Автомоб. дороги. — М., 2001. — № 11. — С. 56–57.
8. Василевская Г.В., Назиров Д.Р. Сероасфальтобетон // Журнал СФУ. Техника и технология. — 2011. — № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/seroasfaltobeton> (дата обращения: 4.01.2022).
9. Смирнов, Н.Н. Передовой опыт качественного строительства автомобильных дорог / Н.Н. Смирнов. // NovaInfo. — 2018. — № 89. — С. 53–69. URL: <https://novainfo.ru/article/15655> (дата обращения: 14.01.2022).
10. Гладких, В.А., Королев Е.В. Техничко-экономическая эффективность применения сероасфальтобетонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 4. — С. 76–81.
11. Покровский А.В. Краткий обзор опыта применения литых полимерасфальтобетонов на искусственных сооружениях в северо-западном регионе РФ // Интернет-журнал «Науковедение». — 2014. — Вып. 5(24), сентябрь-октябрь. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/29KO514.pdf> (дата обращения: 15.02.2022).
12. Герцог В.Н., Долгих Г.В., Кузин Н.В. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5. — С. 45–57.
13. Стороженко М.С. Некоторые аспекты повышения безопасности движения на автомобильных дорогах // Вестник Харьковского автодорожного университета. — 2009. Вып. № 47. — С. 81–85.
14. Попова, Е.С. Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона / Е.С. Попова. // Современные тенденции технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). — Казань. — 2015. — С. 76–79. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886/> (дата обращения: 19.02.2022).

Krivko Elena Valerievna

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

E-mail: krivkoeva@mail.ru

RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1009385

Methodology of technical and economic assessment of the options for the top layer of the coating in road construction projects

Abstract. In solving the problem of increasing the economic efficiency of construction, a special place belongs to design, in the sphere of which scientific and technical achievements are being implemented. The determining technical and economic level of production, the nature of the life cycle of construction facilities and the duration of their operation, the cost of production, operating and labor conditions largely depend on the level of design solutions.

In modern practice of designing road structures, more and more attention is paid to the development of integrated solutions aimed at minimizing labor, material, financial resources, reducing construction time while maintaining the proper level of consumer characteristics of the road surface. Its condition and service life directly depend on the degree of transport load, climatic conditions of the construction area, compliance with the technology of its device and the construction of the road in general.

The multiple increased number and carrying capacity of vehicles leads to premature destruction of the upper layer of road coverings and therefore requires design organizations to develop economically profitable, environmentally safe coatings throughout the entire life cycle. The extent of the validity of the applied design solutions depends not only on the amount of budget funds, but also on the generally necessary costs arising during freight and passenger transportation.

The proposed methodology makes it possible to carry out a technical and economic assessment of the variations of both the road structure as a whole and the top layer of the coating in particular. The selection of the optimal option is proposed to be carried out according to the minimum indicator of the estimated costs. For coverage options with different transport and operational indicators, it is proposed to carry out a technical and economic assessment in two stages. In the work at the first stage, technical efficiency was determined by the degree of ensuring the properties and required quality indicators of the compositions of asphalt concrete variants, economic efficiency was determined by comparing the discounted costs of traditional and improved asphalt concrete variants.

At the second stage, the discounted costs of the adopted optimal variant of asphalt concrete pavement and cement concrete pavement were compared. When comparing the costs of road users in the work, the coefficient of influence of road conditions on the pavement during the operation of the highway was used, and the reflective effect of the coating affecting traffic safety was also taken into account.

Keywords: road construction; estimated cost; road operating costs; transportation costs; loss of passengers' time; damage from road accidents; calculation duration; discounted costs

REFERENCES

1. Kulizhnikov A.M., J.A. Skripnikova improving the methodology of techno-economic comparison of options of road pavement // Roads and bridges. 2010; 1: 39–55.
2. Kulizhnikov A.M. directions of improvement of methods of technical and economic comparison of options of pavement // Dorogi and bridges. 2010; 23: 32–47.
3. Osinovskaya V.A. Modern solution to the problem of increasing the durability of non-rigid road clothes // Online journal Naukovedenie. 2015; 7. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/02KO615.pdf> (access is free). Cover from the screen. Yaz. rus., eng. DOI: 10.15862/02k0615.
4. Korochkin A.V. Analysis of coupling qualities of asphalt concrete and cement concrete road surfaces // Building materials. 2019; 7: 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-772-7-21-27>.
5. Felt I.A. Asphalt concrete or cement concrete? / I.A. Felt // Eurostroy. 2016; 64: 48–50.
6. Reinhold Dieter. Crushed stone-mastic asphalt // Motor. roads. 2002; 3: 80–83.
7. Smirnov E. Crushed stone-mastic asphalt concrete // Motor. roads. 2001; 11: 56–57.
8. Vasilovskaya G.V., Nazirov D.R. Seroasfaltobeton // Journal of SIBFU. Technique and technology. 2011; 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/seroasfaltobeton>. — January 4, 2022.
9. Smirnov, N.N. Best practices of quality construction to car-horn / N. N. Smirnov. // NovaInfo. — 2018. — No. 89. — P. 53–69. URL: <https://novainfo.ru/article/15655>. — January 14, 2022.
10. Gladkikh, V.A., Korolev E.V. Techno-economic efficiency of application of servervalidate // Vestnik MGSU. 2013; 4: 76–81.
11. Pokrovsky A.V. A brief overview of the experience of using cast polymerasfaltobetons on artificial structures in the north-western region of the Russian Federation // Online journal Science Studies. 2014; 5(24), September-October. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/29KO514.pdf>. — february 15, 2022.
12. Duke V.N., Dolgikh G.V., Kuzin N.V. Calculation of road clothes according to the criteria of evenness. Part 1. Justification of the evenness standards of asphalt concrete pavements // Engineering and Construction Journal. 2015; 5: 45–57.
13. Storozhenko M.S. Some aspects of improving traffic safety on automobile roads // Bulletin of Kharkiv Automobile University. 2009; 47; 81–85.
14. Popova, E.S. Improving the quality of pavement by using cement concrete // Modern trends in technical sciences: materials of the IV International Scientific Conference. 2015; 76–79. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886> — February 19, 2022.