

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Общество с ограниченной ответственностью
**«Малое инновационное предприятие
«МАДИ АВТО»»**

125829 Москва
Ленинградский проспект, 64

Тел./факс (499) 155-07-65
E-mail: info@madi-dt.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
д-р техн. наук, проф.

Ю.Э. Васильев



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

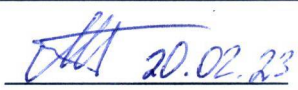
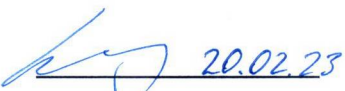
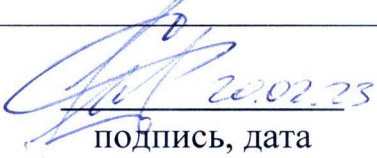
Договор 55/1 от 14 апреля 2022 г.

Научный руководитель НИР

М.Г. Горячев

Москва 2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Профессор, д-р техн. наук, МАДИ	 20.02.23 подпись, дата	М.Г. Горячев
Доцент, канд. техн. наук, МАДИ	 20.02.23 подпись, дата	С.В. Лугов
Доцент, канд. техн. наук, МАДИ	 20.02.23 подпись, дата	А.Н. Кудрявцев
Инженер, МАДИ	 20.02.23 подпись, дата	С.В. Яркин

РЕФЕРАТ

Отчёт 47 стр., 20 рис., 12 табл.

АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОН, ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА, ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СРОКИ СЛУЖБЫ, ЦЕМЕНТОБЕТОН.

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

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

Результаты работы: В отчёте представлены расчёт и конструкции нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог I...III категорий для технико-экономического сравнения их эффективности для всех дорожно-климатических зон Российской Федерации. Конструкции дорожных одежд назначены и рассчитаны строго на основе действующих нормативных документов и с использованием современных дорожно-строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации и одобренных к применению в рамках требований технического регламента таможенного союза.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки.....	5
Термины и определения.....	7
Введение.....	10
1. Предпосылки разработки вариантов конструкций дорожных одежд.....	12
2. Разработка и экономическая оценка конструкций дорожных одежд.....	16
Заключение.....	46

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем отчёте использованы ссылки на следующие нормативные документы.

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».
2. Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91) / Мин-во транспорта РФ. Гос. служба дорожного хозяйства России (Росавтодор).
3. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги.
4. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
5. ГОСТ 33100-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог.
6. ГОСТ 33382-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация. – М.: Стандартинформ, 2016.
7. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
8. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия.
9. ГОСТ 25607-2009. Смеси щебёночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
10. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия.
11. ГОСТ 32703-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования.
12. ГОСТ 32824-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования.
13. ГОСТ 32730-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Песок дроблённый. Технические требования.
14. ГОСТ 32826-2014. Автомобильные дороги общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования.

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

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчёте применены следующие основополагающие термины с соответствующими определениями.

Геосетка	рулонный геосинтетический материал в виде гибких полотен, полученный методами текстильной промышленности из волокон (филаментов, нитей, лент) с образованием ячеек размером более 2,5 мм
Дополнительные слои основания	слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые для обеспечения требуемой морозоустойчивости и дренирования конструкции, позволяющие снижать толщину вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В зависимости от функции дополнительный слой бывает морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии, в том числе с применением геосинтетических материалов; из местных грунтов, обработанных различного вида вяжущими или стабилизаторами, а также из смесей с добавками пористых заполнителей
Дорожная конструкция	комплекс, включающий дорожную одежду и рабочий слой земляного полотна с дренажными, водоотводными, удерживающими и укрепительными конструктивными элементами
Дорожная одежда	многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая её на грунт; дорожные одежды классифицируют по типам исходя из их капитальности
Дорожная одежда капитальная	дорожная одежда, обладающая наиболее высокой работоспособностью, соответствующей условиям движения и срокам службы дорог высоких категорий
Дорожная одежда нежесткая	дорожная одежда, не содержащая в своём составе конструктивных слоёв из

	монолитного цементобетона, сборного железобетона или армобетона
Дорожная одежда жёсткая	дорожная одежда с цементобетонными монолитными покрытиями, со сборными покрытиями из железобетонных или армобетонных плит с основанием из цементобетона или железобетон
Интенсивность движения	количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени
Категория дороги	критерий, характеризующий народно-хозяйственное значение автомобильной дороги в общей транспортной сети страны и определяемый интенсивностью движения на ней; в соответствии с категорией назначаются все технические параметры дороги
Морозозащитный слой	дополнительный слой основания дорожной одежды из непучинистых материалов, обеспечивающий совместно с другими слоями основания и покрытия защиту конструкции от деформаций морозного пучения
Надёжность дорожной одежды	способность дорожной одежды сохранять заданные эксплуатационные характеристики (прочность, ровность, шероховатость) в течение расчётного срока службы в заданных эксплуатационных условиях
Нормативная осевая нагрузка	полная нагрузка от наиболее нагруженной оси условного двухосного автомобиля, к которой приводятся все автомобили с меньшими осевыми нагрузками, устанавливаемая сводами правил для дорожных одежд при заданной капитальности и используемая для определения расчётной нагрузки при расчёте дорожной одежды на прочность
Основание дорожной одежды	несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна
Покрытие дорожное	верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колёс автомобилей и подвергающаяся

	непосредственному воздействию атмосферных факторов
Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт)	верхняя часть земляного полотна в пределах от низа дорожной одежды до уровня, соответствующего $2/3$ глубины промерзания конструкции, но не менее 1,5 м, считая от поверхности покрытия
Расчётная осевая нагрузка	максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных автомобилей или на приведённую ось для многоосных автомобилей, доля которых в составе и интенсивности движения с учётом перспективы изменения к концу межремонтного срока составляет не менее 5%
Слой износа	верхний замыкающий слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие колёс автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов; подлежит периодическому восстановлению в процессе эксплуатации
Срок службы дорожной одежды	календарная продолжительность эксплуатации дорожной одежды от начала эксплуатации до момента достижения предельного состояния
Уровень проектной надёжности дорожной одежды	характеристика надёжности дорожной одежды, определяющая вероятность отказа (наступление предельного состояния) ранее нормативного (расчётного) срока службы; связана с коэффициентом прочности дорожной одежды; иногда выражается через площадь недеформированных участков дорожного покрытия к окончанию срока службы

ВВЕДЕНИЕ

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

Президиумом (штабом) Правительственной комиссии по региональному развитию в Российской Федерации под председательством Заместителя председателя Правительства Российской Федерации М.Ш. Хуснуллина протоколом от 17.06.2021 № 24 было указано на необходимость усилить работу в части увеличения количества дорог с цементобетонными покрытиями. Было отмечено, что цементобетонные покрытия обладают большей прочностью и долговечностью, более высоким сроком службы, чем

асфальтобетонные покрытия. В данной работе количественно и качественно подтверждается, что жёсткие дорожные одежды с монолитными цементобетонными покрытиями существенно более технико-экономически эффективнее нежёстких дорожных одежд с асфальтобетонными слоями, устроенных на материалах оснований с модулями упругости значительно ниже, чем у асфальтобетонов. В отчёте приведены расчёты и конструкции дорожных одежд в наиболее вероятных эксплуатационных условиях всех дорожно-климатических зон и выполнена сравнительная оценка вариантов дорожных одежд.

1. ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

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

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

Принимая во внимание различия в нормативных сроках службы нежёстких и жёстких дорожных одежд (хотя и несущественно влияющее на конечное конструктивное решение), расчётное обоснование вариантов для последующего сравнения следует выполнять по заданному суммарному количеству приложений расчётной нагрузки. В этом случае величина нормативного срока службы формально не оказывает влияния на проектирование дорожных одежд, несмотря на некоторые отличия в напряжённо-деформированном состоянии из-за различного интервала между циклами приложения расчётной нагрузки. При такой постановке также не будет иметь значение количество полос движения при многополосной проезжей части. Для проектирования дорожных одежд приняты суммарные размеры движения в зависимости от категории автомобильной дороги (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Категория автомобильной дороги	Суммарное количество приложений расчётной нагрузки за срок службы, млн.
I	35,0
II	12,5
III	3,0

Примечание. Нормативная осевая нагрузка составляет 115 кН.

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

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

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

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

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

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

Таблица 1.2

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

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

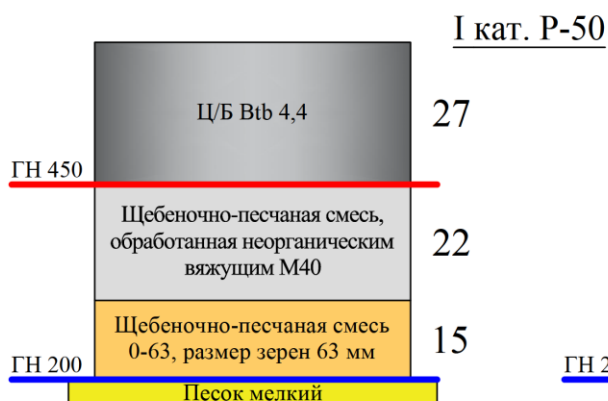
Для обеспечения равноценности и объективности сравнения вариантов нежестких и жестких дорожных одежд в идентичных условиях эксплуатации приняты одинаковые толщины дренирующего/морозозащитного слоя, а также характеристики рабочего слоя грунта земляного полотна.

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

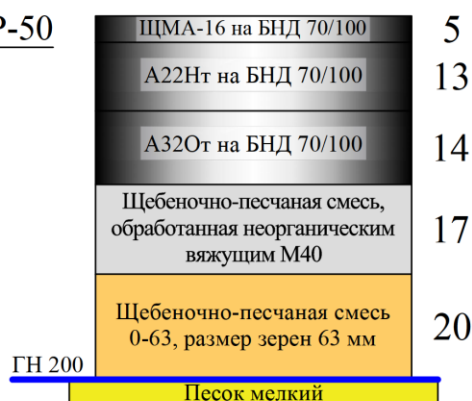
2. РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

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

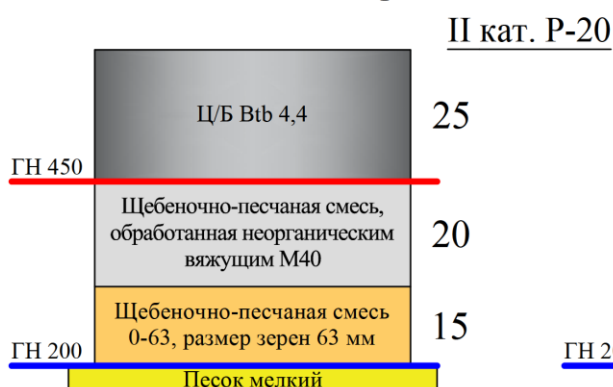
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5579,43 р/м²



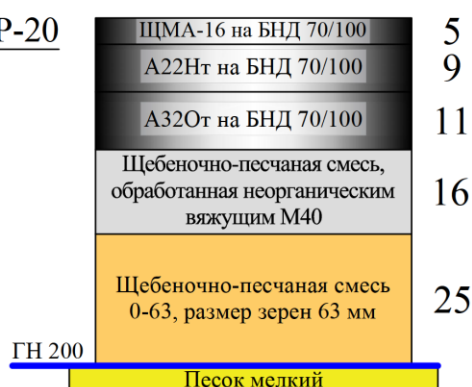
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7068,01 р/м²



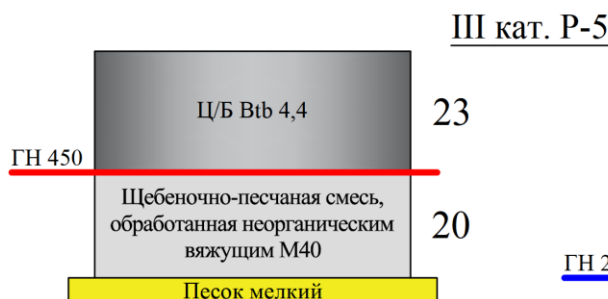
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5365,42 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6119,98 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4601,21 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5014,11 р/м²

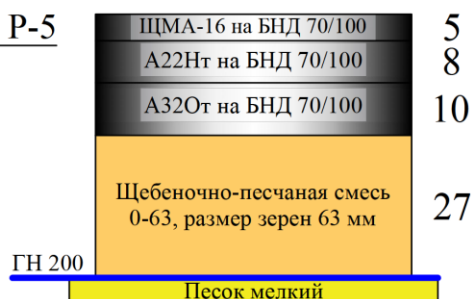


Рис. 2.1. Конструкции дорожных одежд в Республике Бурятия

Таблица 2.1

Сметные показатели для дорожных одежд в Республике Бурятия

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

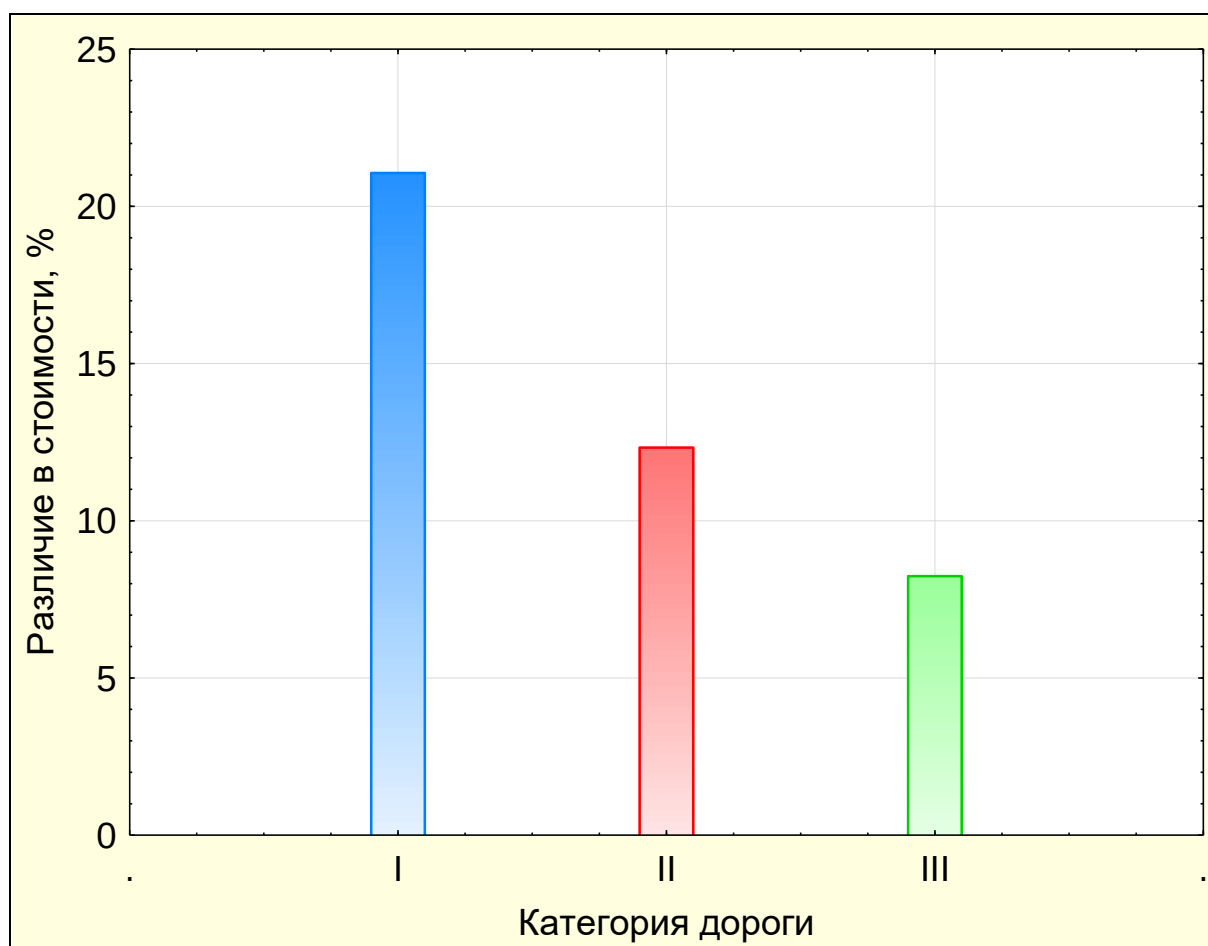
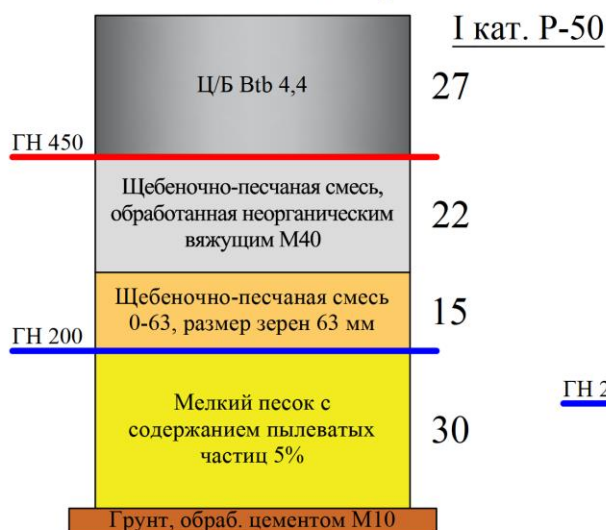


Рис. 2.2. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Республике Бурятия

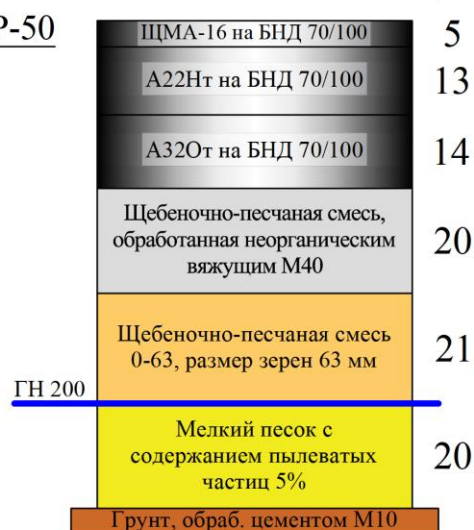
Заключение.

Для Республики Бурятия сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. 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 слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

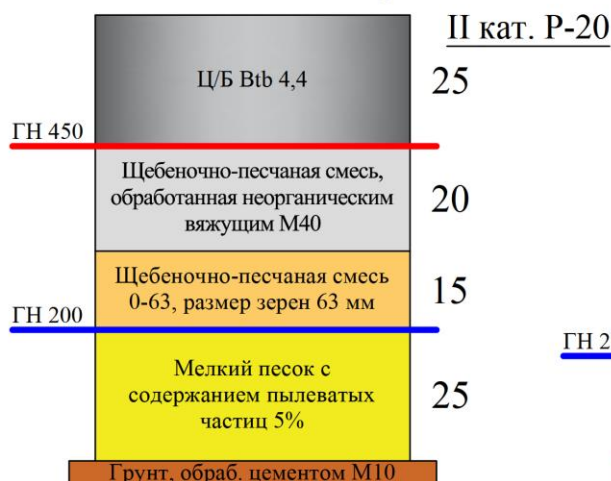
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 7948,32 р/м²



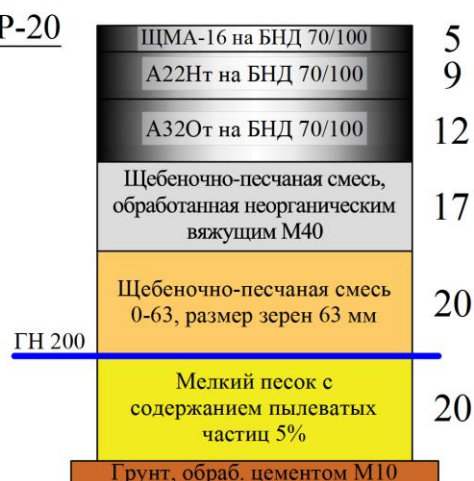
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 8191,30 р/м²



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



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



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



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

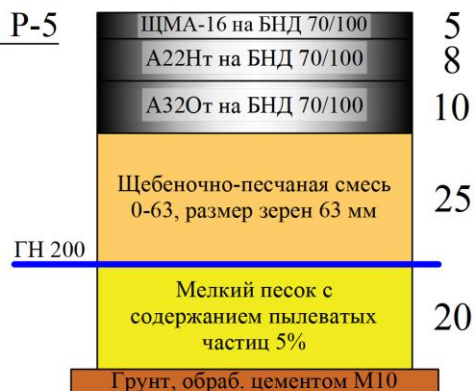


Рис. 2.3. Конструкции дорожных одежд в Мурманской области

Таблица 2.2

Сметные показатели для дорожных одежд в Мурманской области

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

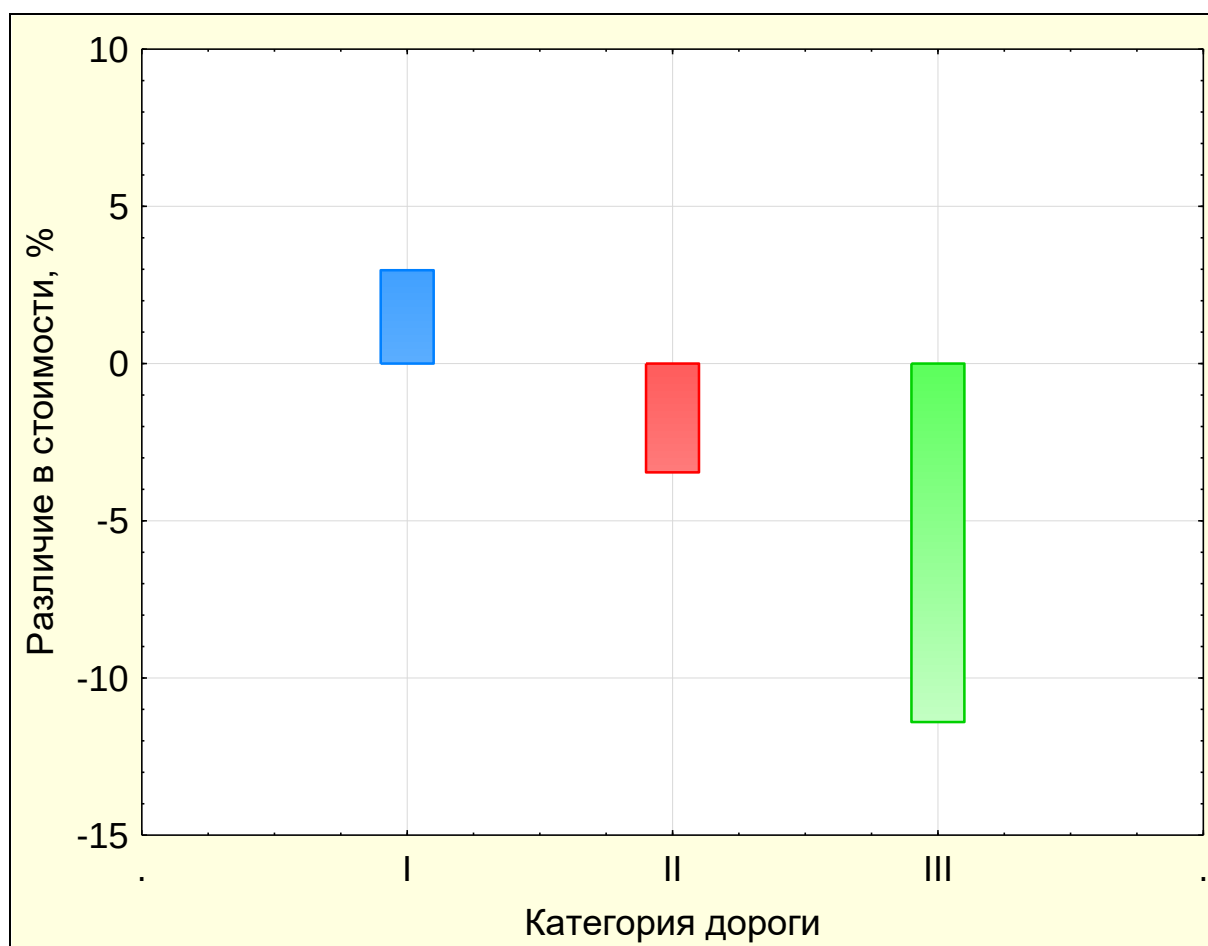
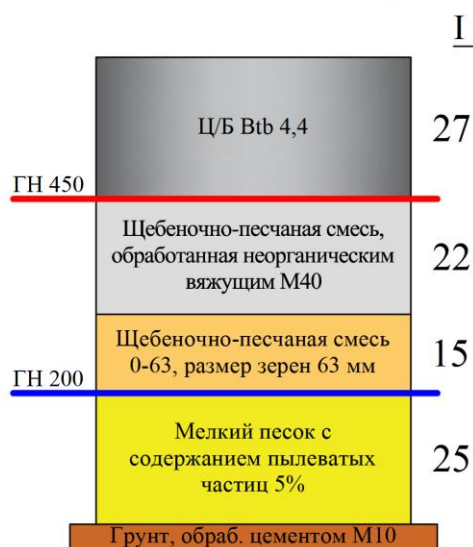


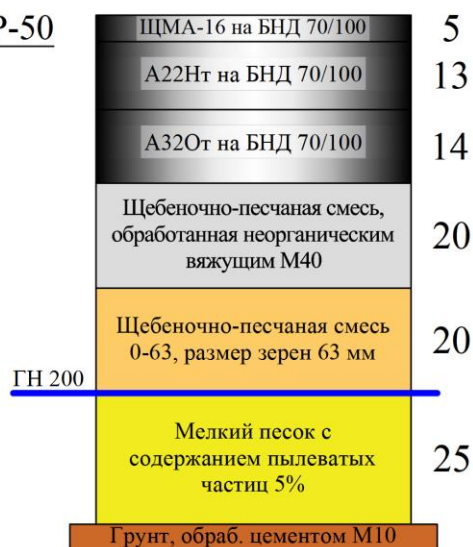
Рис. 2.4. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Мурманской области

Для Мурманской области сметная стоимость жёстких 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 нежёсткие дорожные одежды несущественно, но меньше по стоимости – соответственно 3,46 и 11,40 %. Следует заметить, что при использовании в конструкциях нежёстких дорожных одежд асфальтобетонов, запроектированных на менее вязких марках битума, что допустимо в северных регионах страны, стоимость дорожных одежд значительно увеличится и различие в таком случае может достигать 40 %.

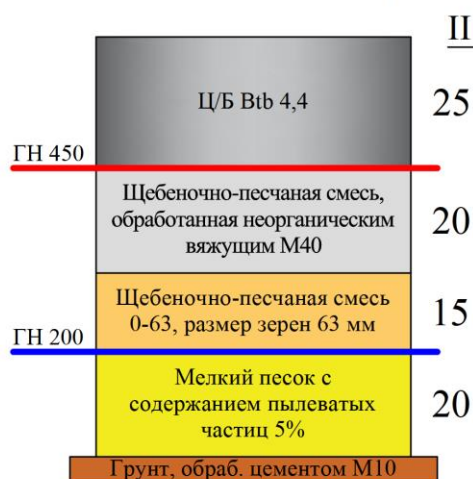
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5697,48 р/м²



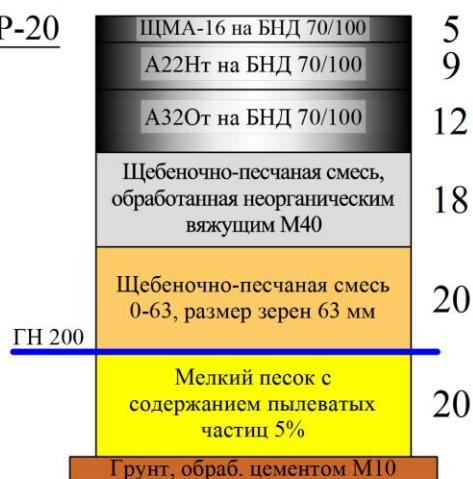
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7381,83 р/м²



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



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



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



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

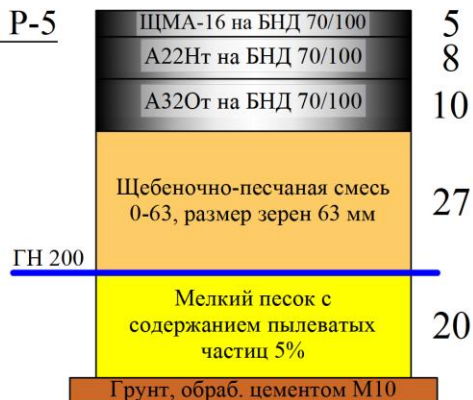


Рис. 2.5. Конструкции дорожных одежд в Ленинградской области

Таблица 2.3

Сметные показатели для дорожных одежд в Ленинградской области

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

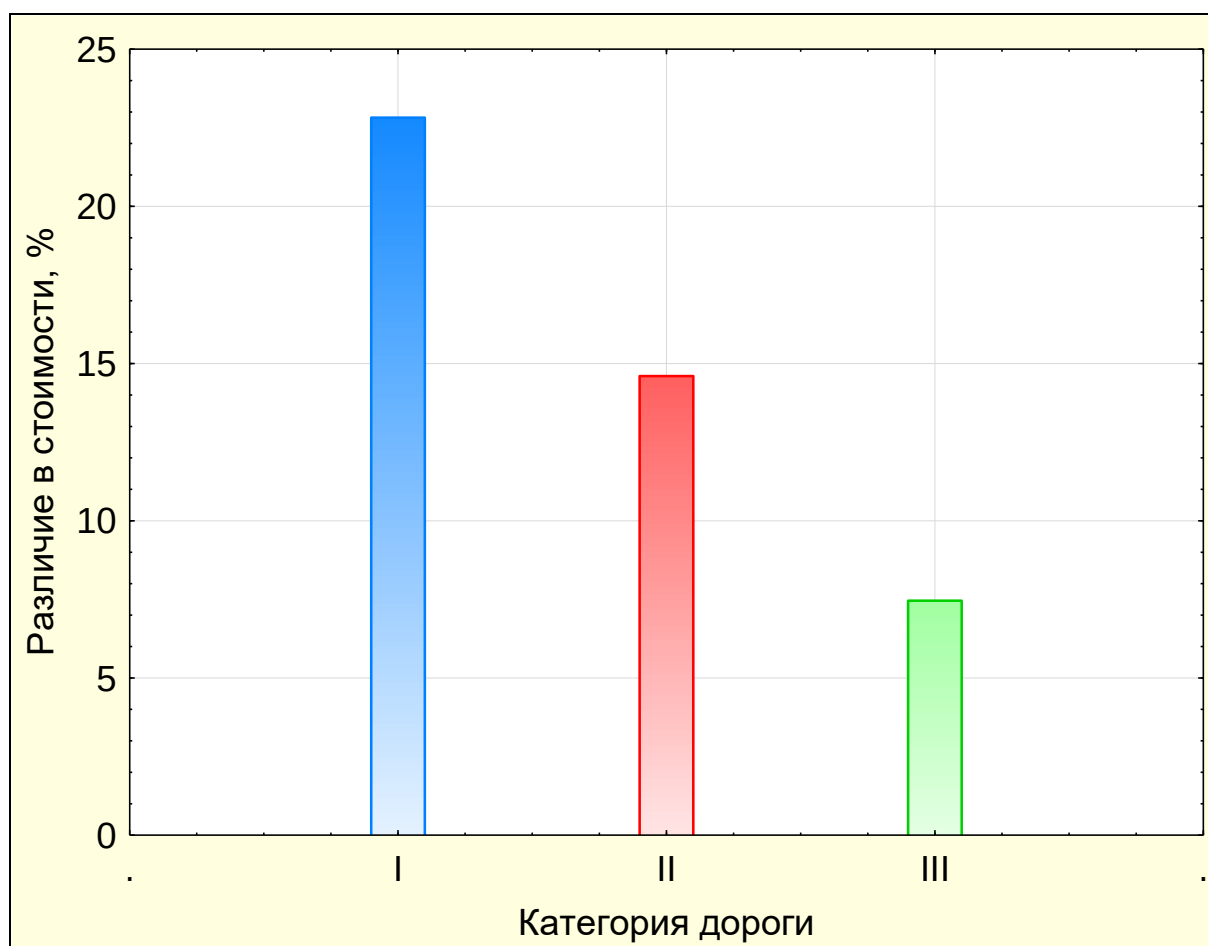
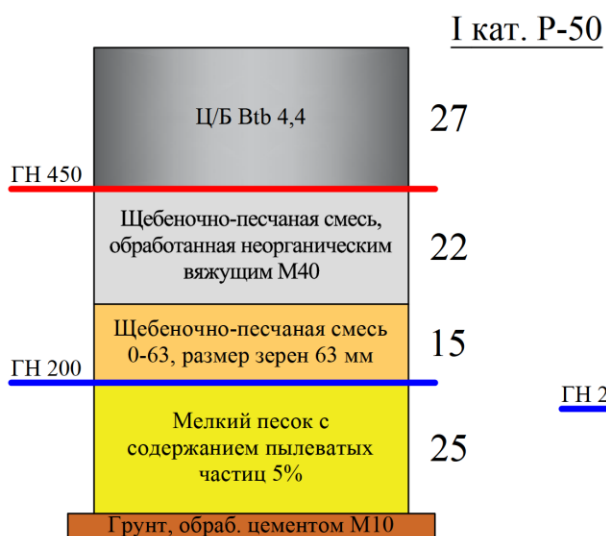


Рис. 2.6. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Ленинградской области

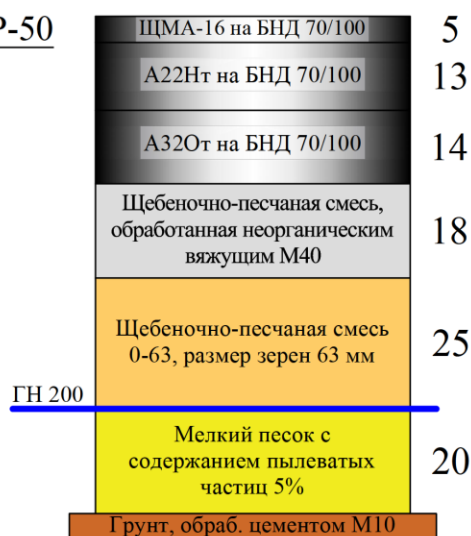
Заключение.

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

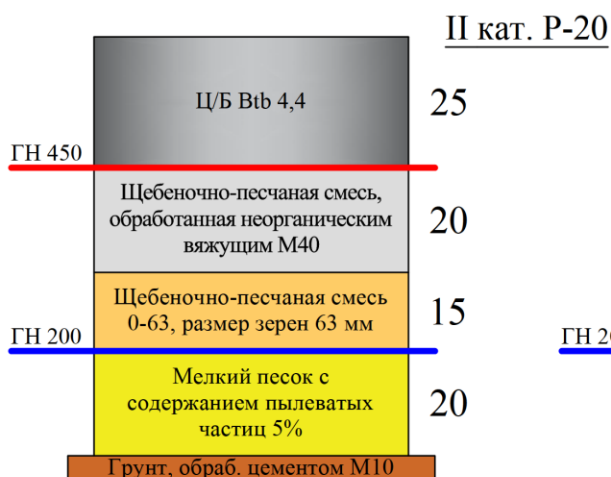
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 6066,55 р/м²



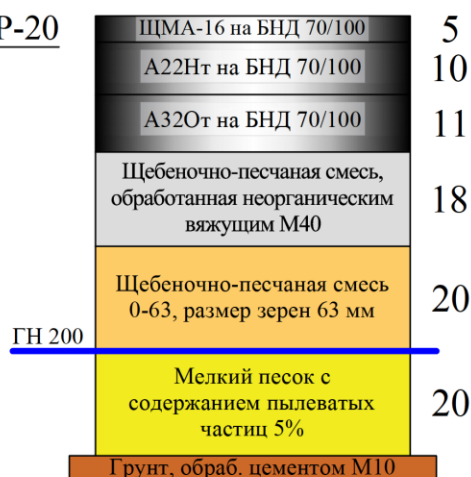
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7496,49 р/м²



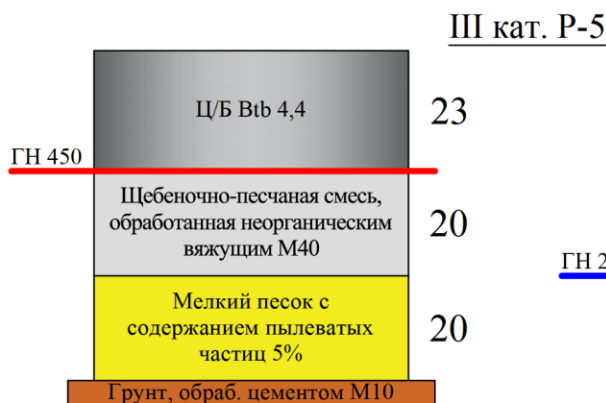
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5707,22 р/м²



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



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



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

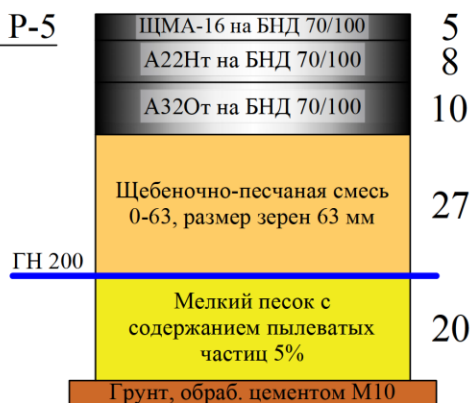


Рис. 2.7. Конструкции дорожных одежд в Московской области

Таблица 2.4

Сметные показатели для дорожных одежд в Московской области

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

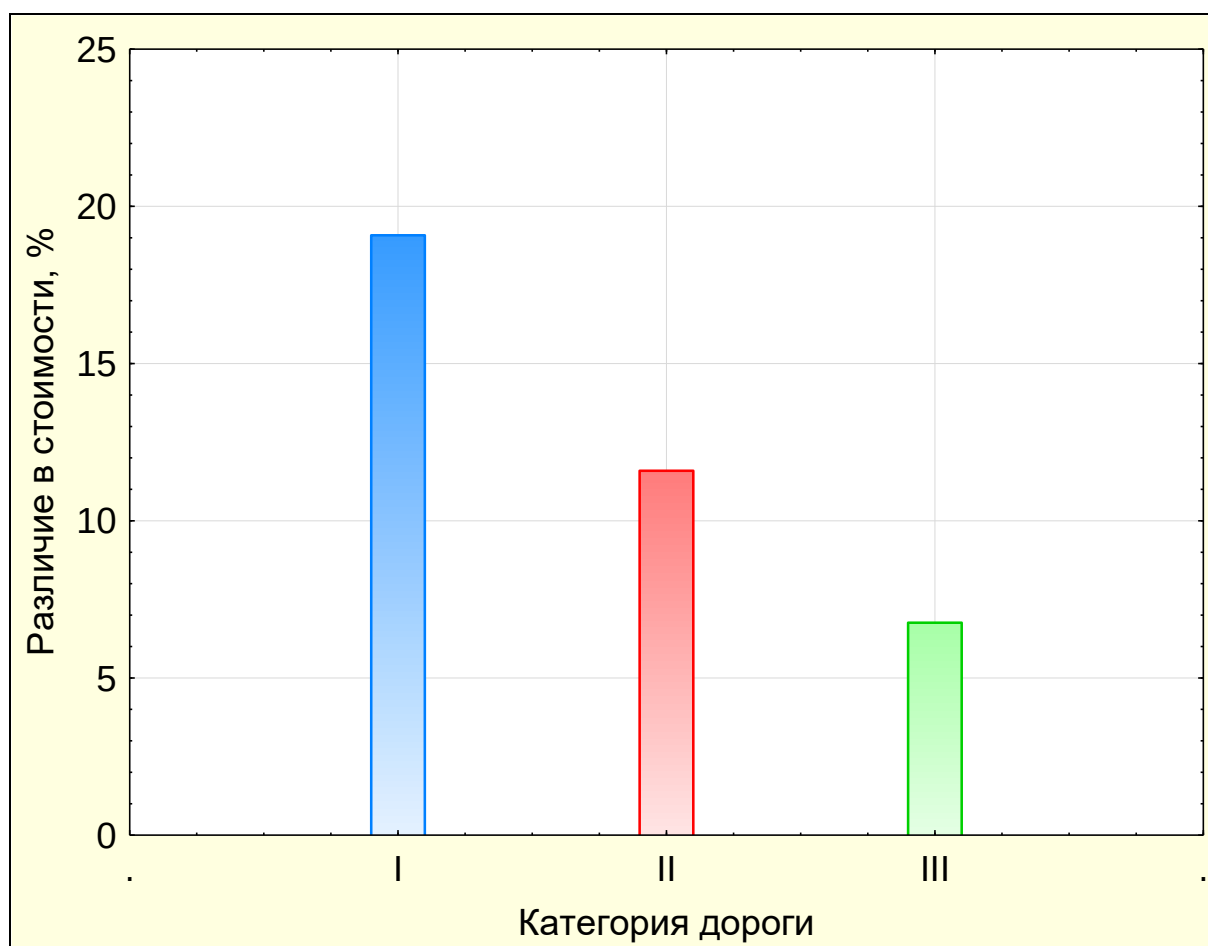


Рис. 2.8. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Московской области

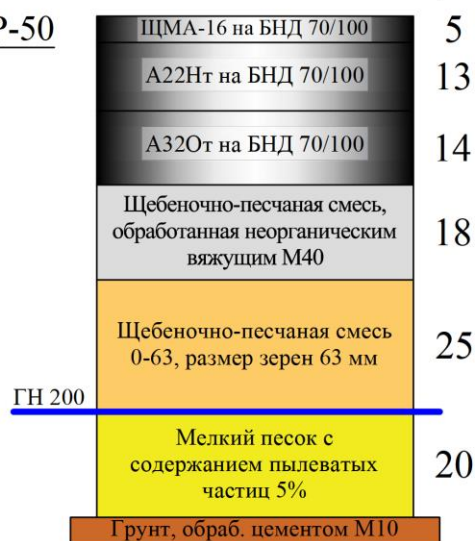
Заключение.

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

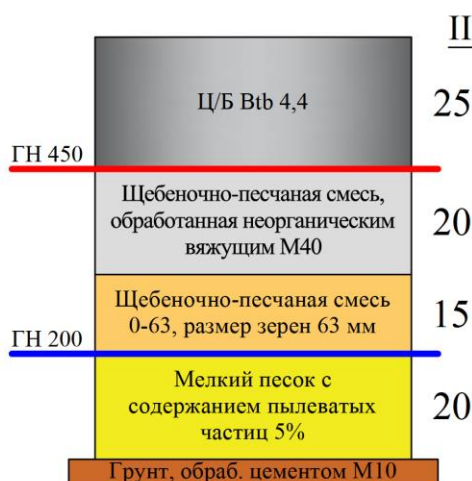
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5785,86 р/м²



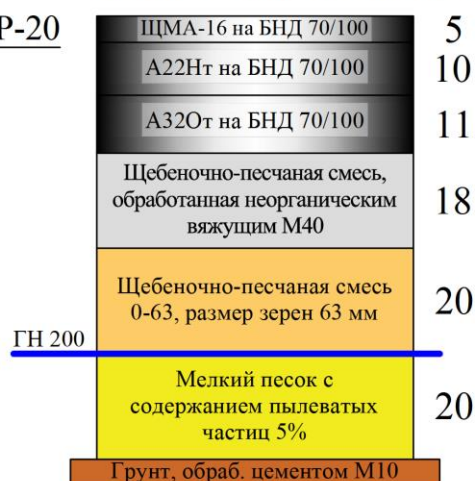
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7439,75 р/м²



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



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



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



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

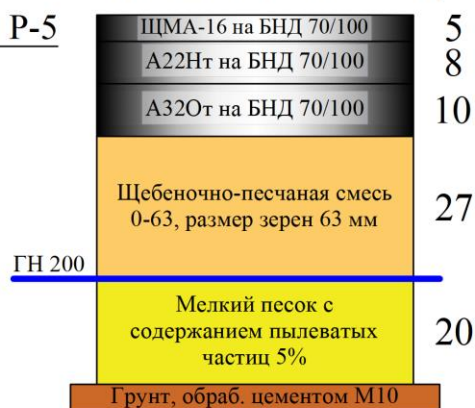


Рис. 2.9. Конструкции дорожных одежд в Свердловской области

Таблица 2.5

Сметные показатели для дорожных одежд в Свердловской области

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

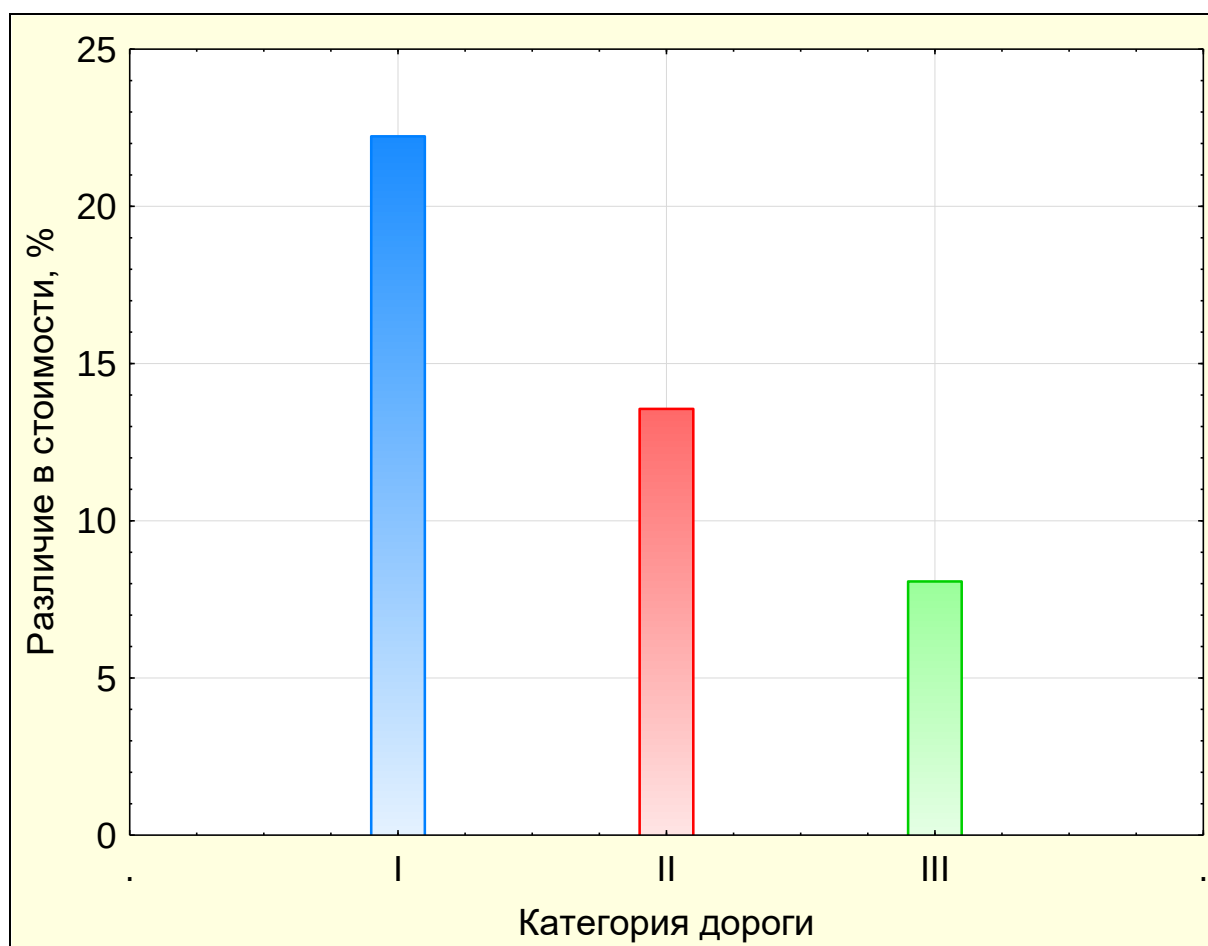
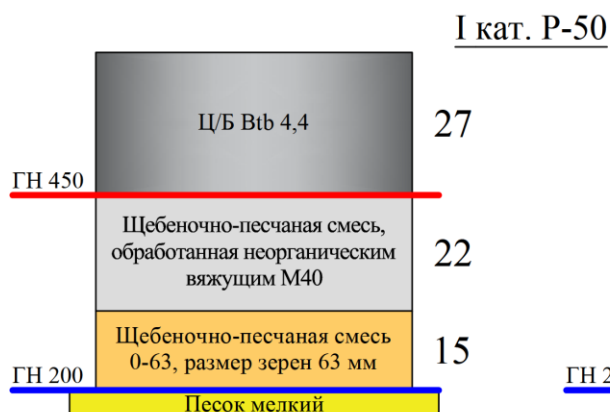


Рис. 2.10. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Свердловской области

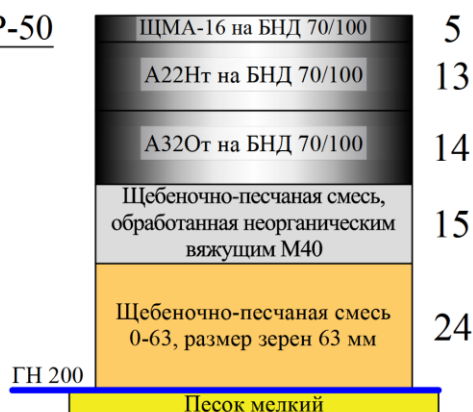
Заключение.

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

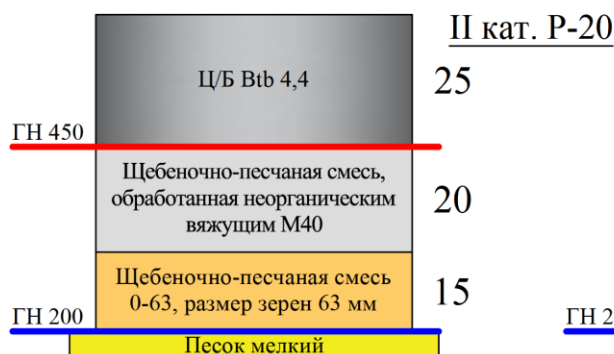
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5949,13 р/м²



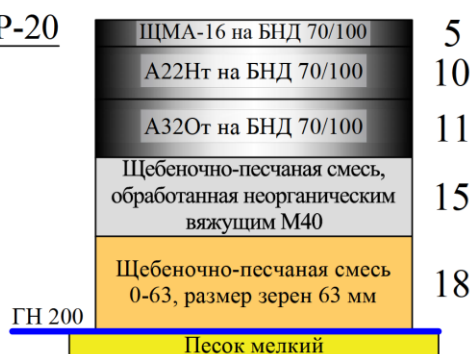
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7235,42 р/м²



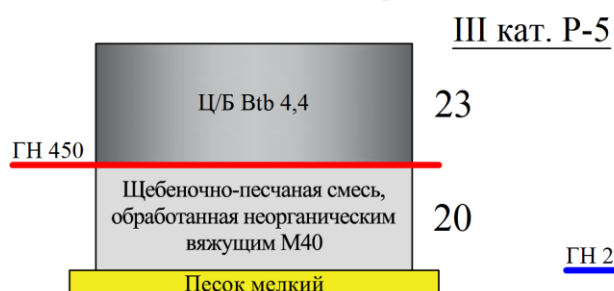
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5718,37 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6195,68 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4901,86 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5042,16 р/м²

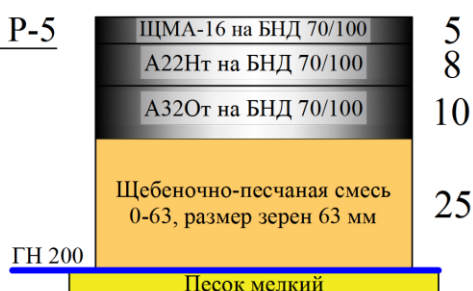


Рис. 2.11. Конструкции дорожных одежд в Приморском крае

Таблица 2.6

Сметные показатели для дорожных одежд в Приморском крае

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , руб.		Разница в стоимости, руб.	Различие в стоимости, %
	Нежёсткая дорожная одежда	Жёсткая дорожная одежда		
I	7235,42	5949,13	1286,29	17,78
II	6195,68	5718,37	477,31	7,70
III	5042,16	4901,86	140,30	2,78

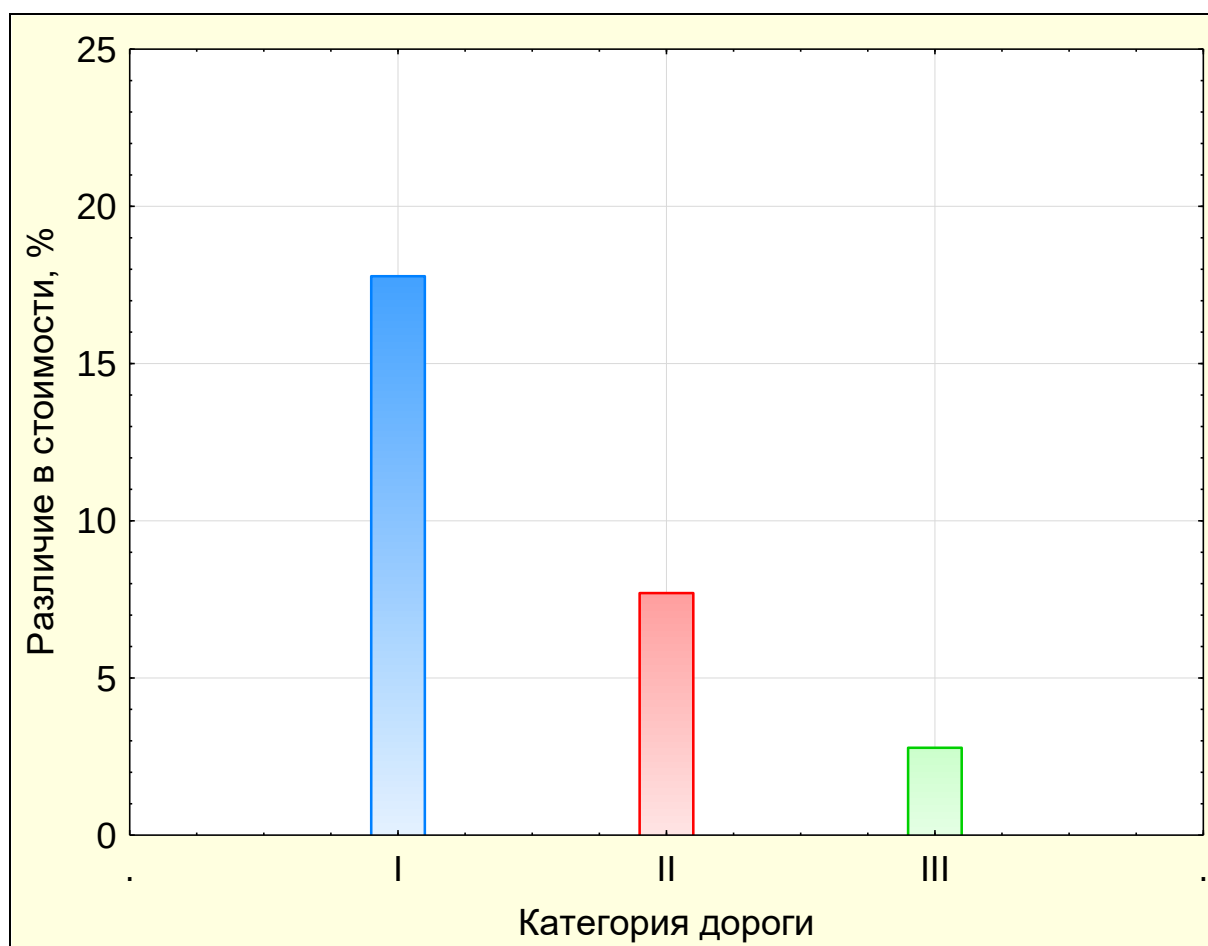
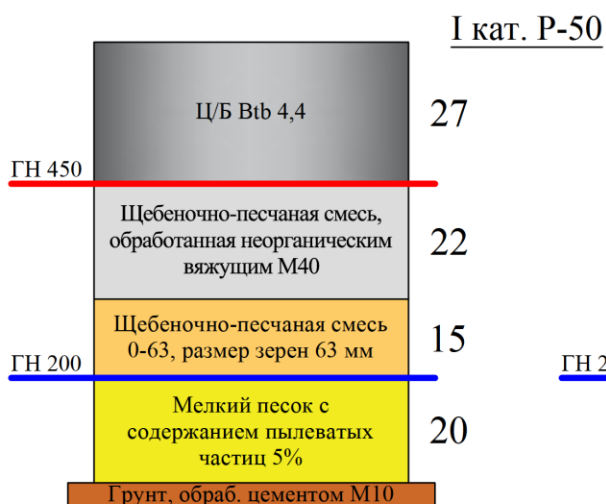


Рис. 2.12. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Приморском крае

Заключение.

Для Приморского края сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. Наибольшее разницу в стоимости за 1 м² показало сравнение для дорог I категории, наименьшую – для III категории. Относительное различие составило от 2,78 % до 17,78 %. Такой результат, прежде всего, обусловлен довольно значительной толщиной пакета асфальтобетонных слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

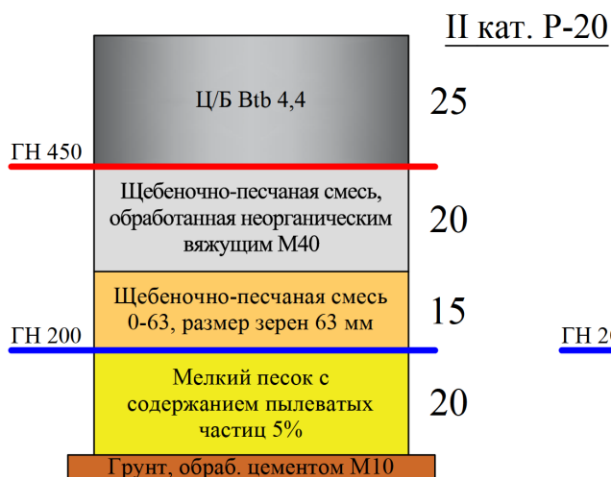
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5599,92 р/м²



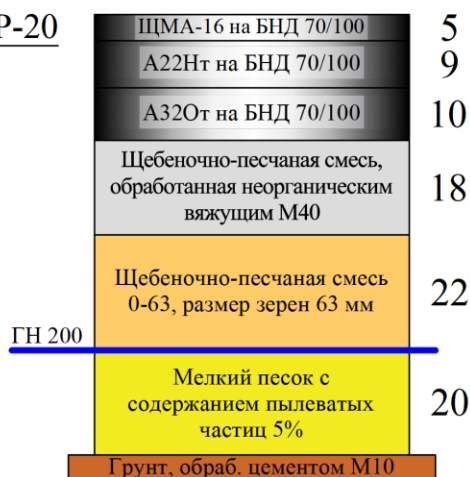
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6952,62 р/м²



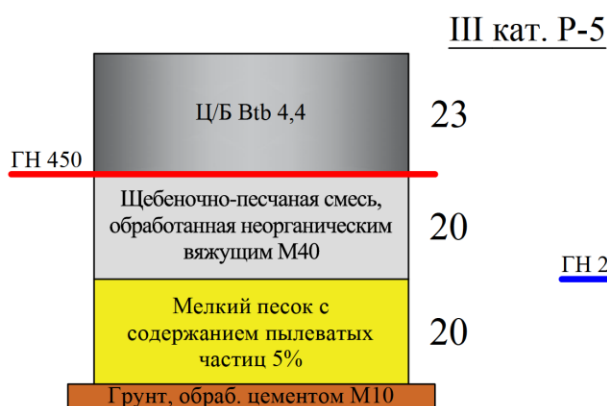
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5391,75 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6103,15 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4655,17 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5184,68 р/м²

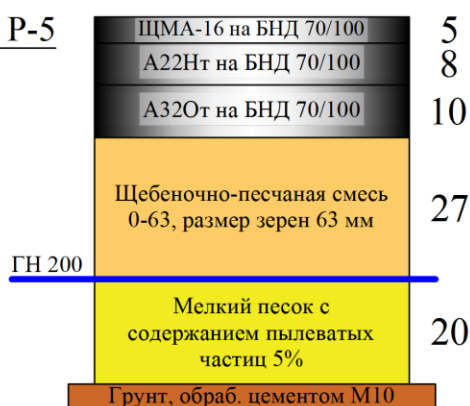


Рис. 2.13. Конструкции дорожных одежд в Пензенской области

Таблица 2.7

Сметные показатели для дорожных одежд в Пензенской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , руб.		Разница в стоимости, руб.	Различие в стоимости, %
	Нежесткая дорожная одежда	Жесткая дорожная одежда		
I	6952,62	5599,92	1352,7	19,46
II	6103,15	5391,75	711,4	11,66
III	5184,68	4655,17	529,51	10,21

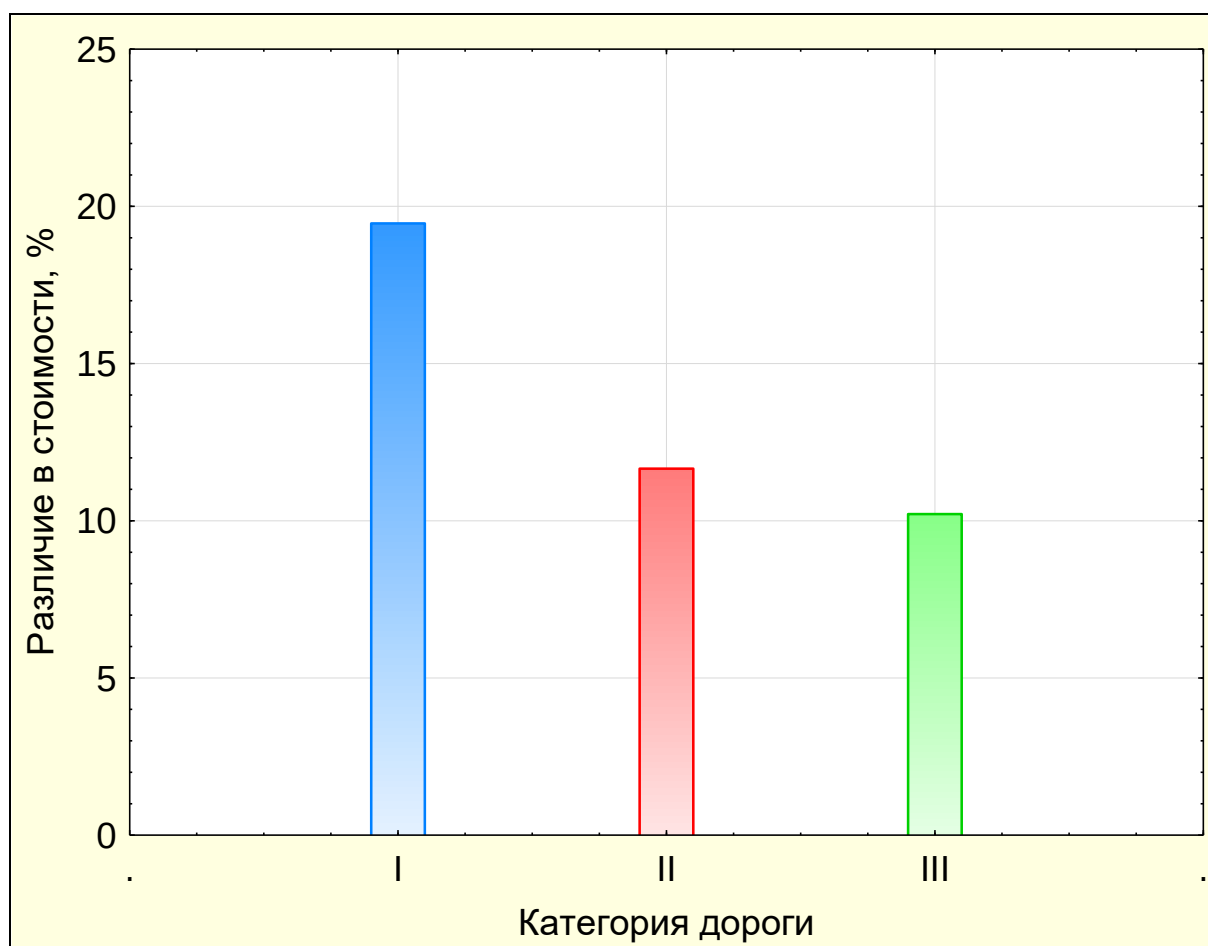
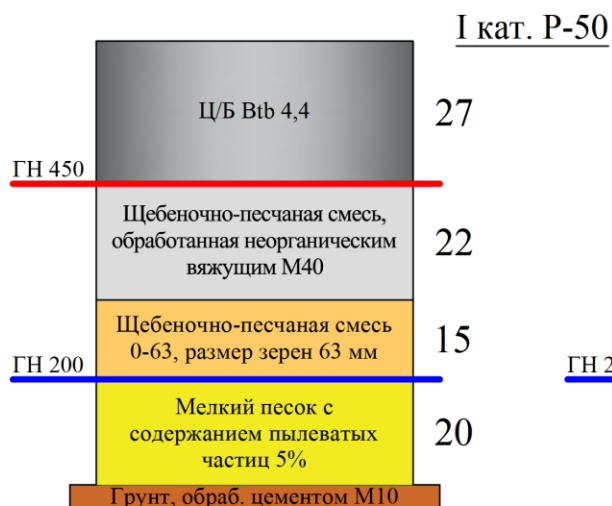


Рис. 2.14. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Пензенской области

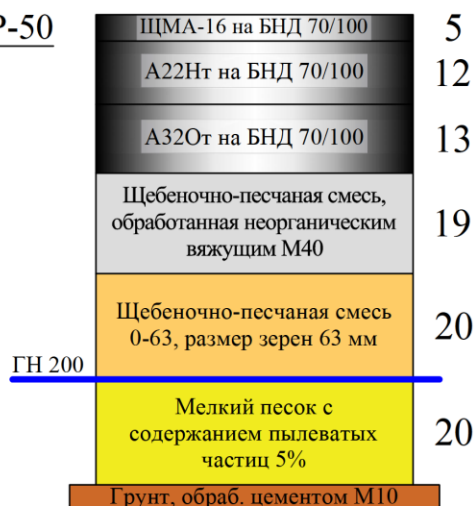
Заключение.

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

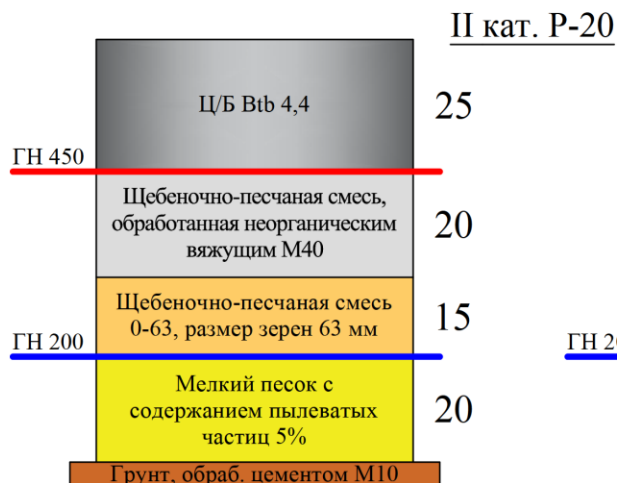
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5419,65 р/м²



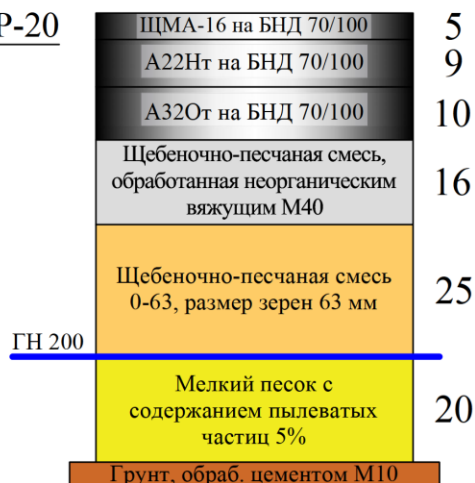
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6929,48 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5318,13 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6072,39 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4592,02 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5100,67 р/м²

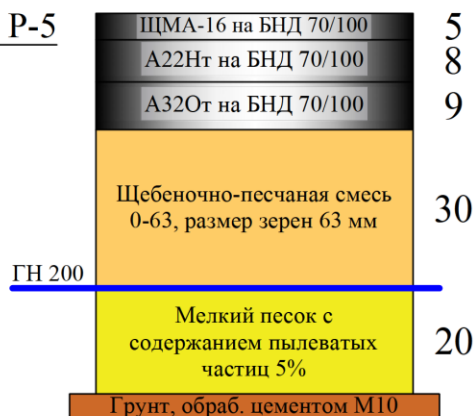


Рис. 2.15. Конструкции дорожных одежд в Самарской области

Таблица 2.8

Сметные показатели для дорожных одежд в Самарской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , руб.		Разница в стоимости, руб.	Различие в стоимости, %
	Нежесткая дорожная одежда	Жесткая дорожная одежда		
I	6929,48	5419,65	1509,83	21,79
II	6072,39	5318,13	754,26	12,42
III	5100,67	4592,02	508,65	9,97

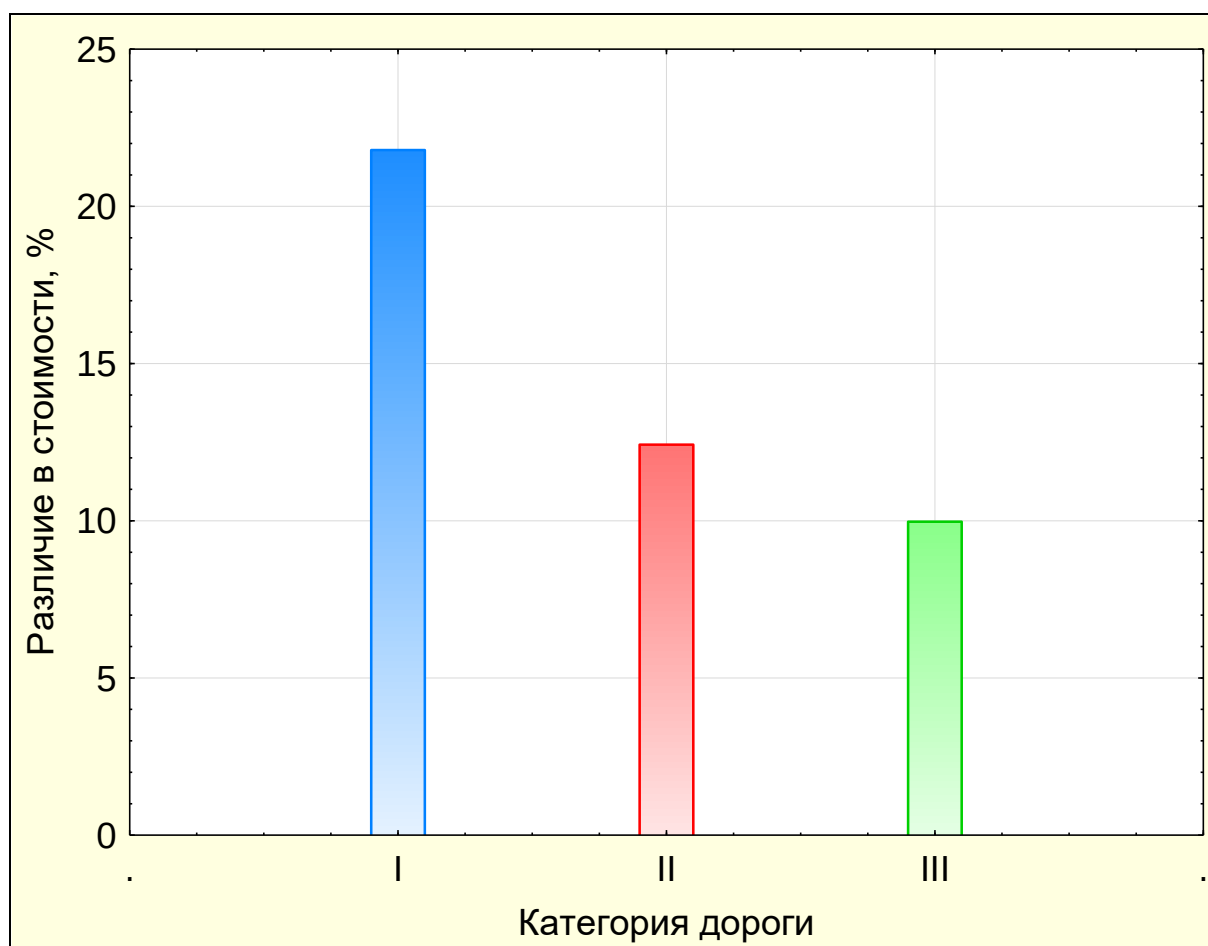
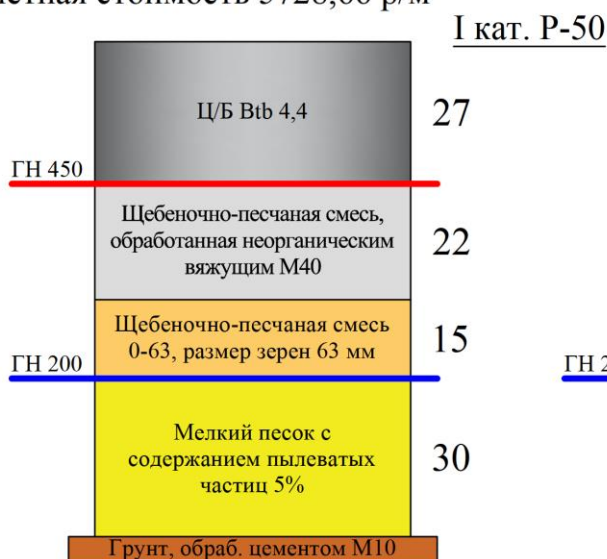


Рис. 2.16. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Самарской области

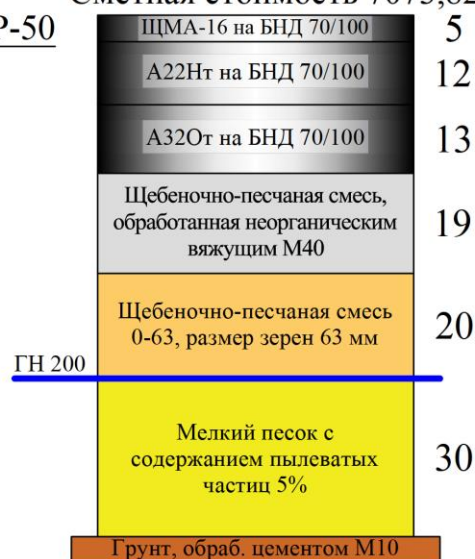
Заключение.

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

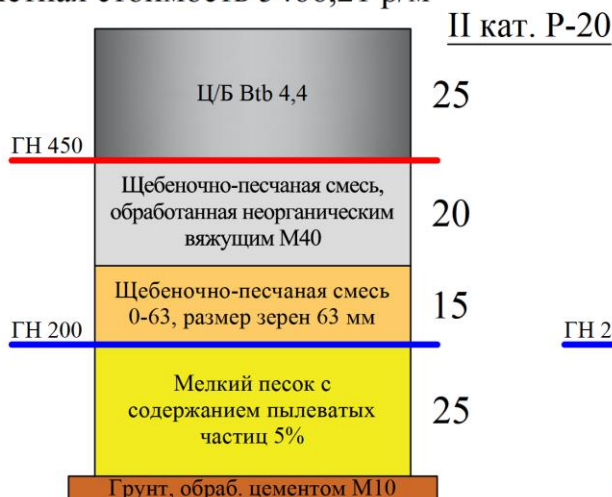
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5728,66 р/м²



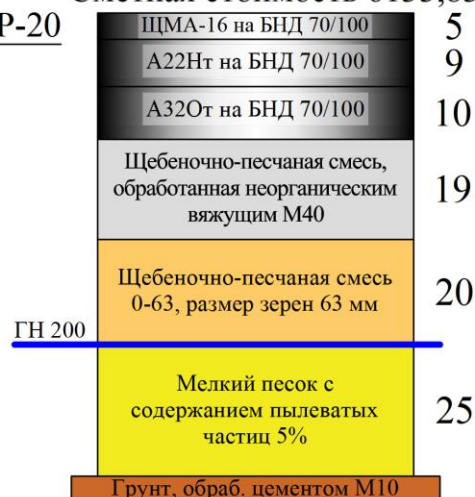
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 7073,82 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5466,21 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6133,83 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4726,65 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5436,03 р/м²

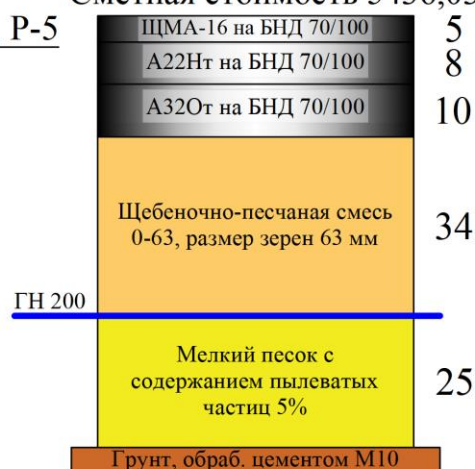


Рис. 2.17. Конструкции дорожных одежд в Оренбургской области

Таблица 2.9

Сметные показатели для дорожных одежд в Оренбургской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , руб.		Разница в стоимости, руб.	Различие в стоимости, %
	Нежесткая дорожная одежда	Жесткая дорожная одежда		
I	7073,82	5728,66	1345,16	19,02
II	6133,83	5466,21	667,62	10,88
III	5436,03	4726,65	709,38	13,05

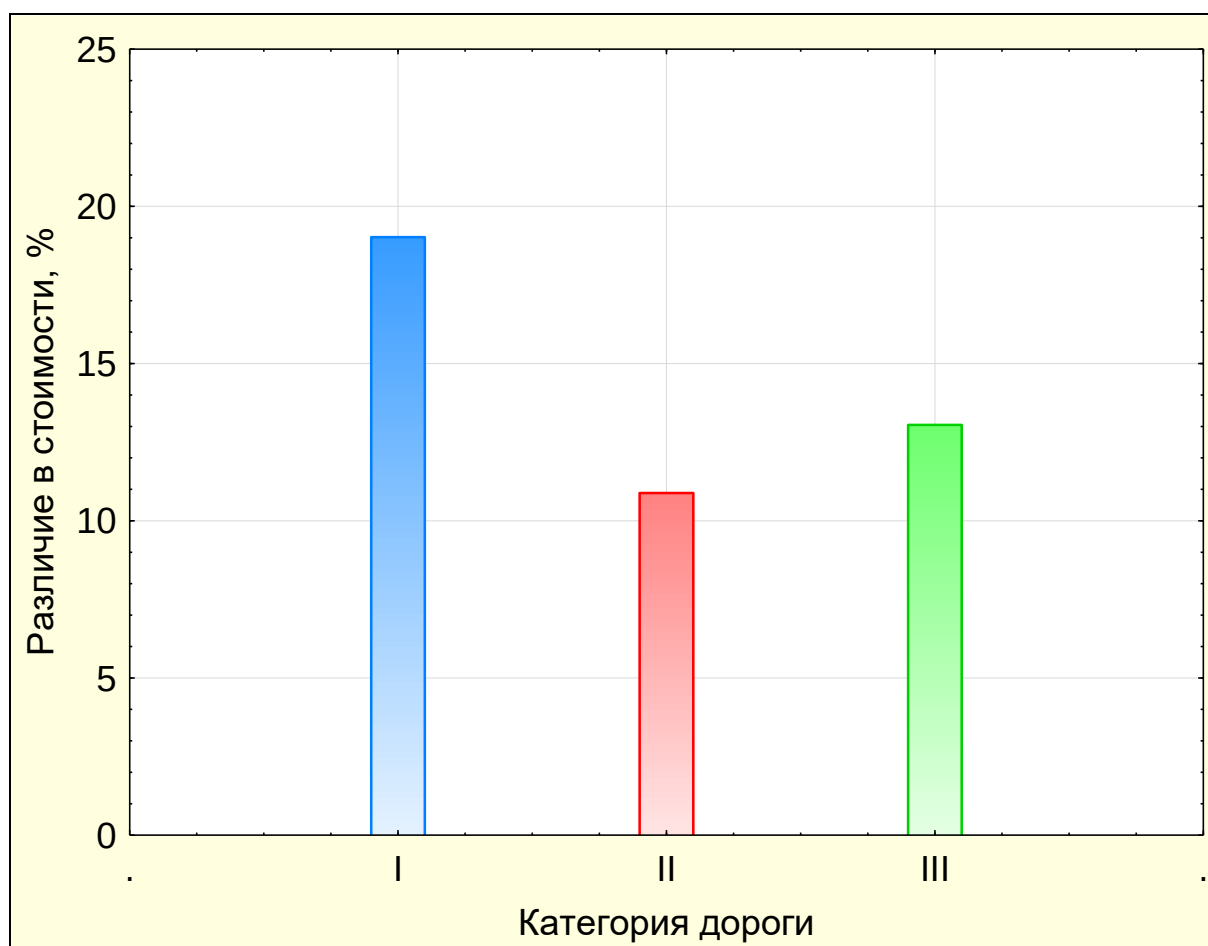
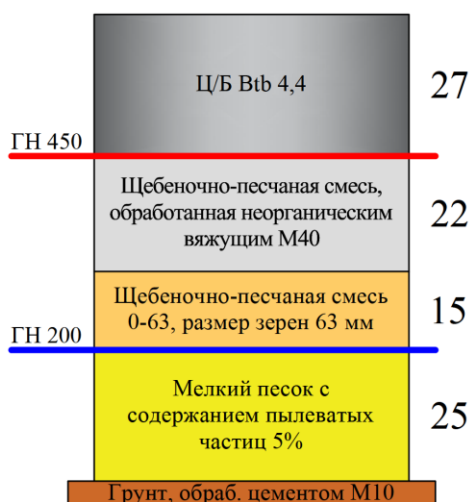


Рис. 2.18. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд
в Оренбургской области

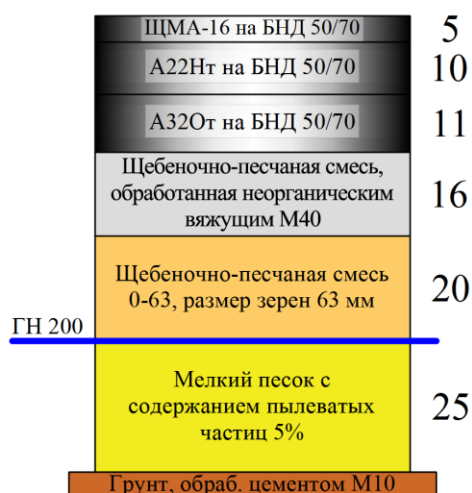
Заключение.

Для Оренбургской области сметная стоимость жёстких дорожных одежд с монолитным цементобетонным покрытием для всех случаев рассмотренных категорий автомобильных дорог ниже по сравнению со сметной стоимостью нежёстких дорожных одежд. 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 слоёв нежёстких дорожных одежд из-за требований выполнения определяющего критерия на изгиб (I и II категории) и на сдвиг в песчаном слое (III категория).

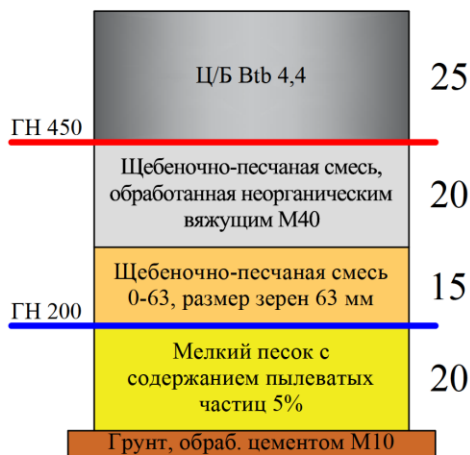
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5608,95 р/м²



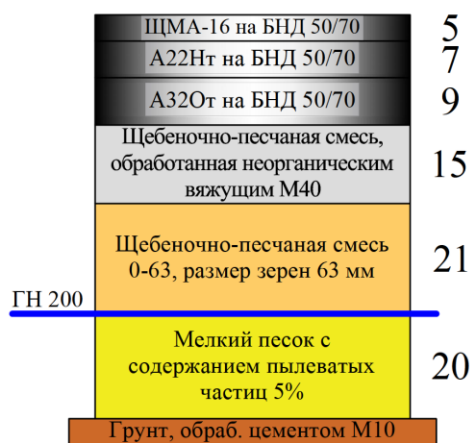
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 6273,20 р/м²



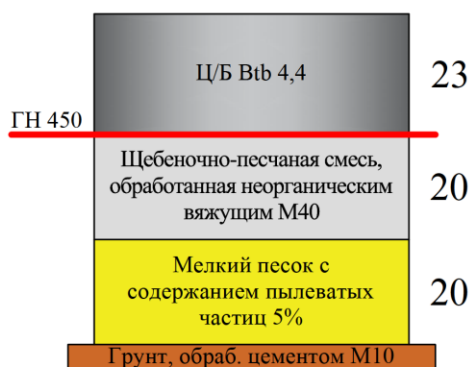
Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 5349,68 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5438,86 р/м²



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021
Сметная стоимость 4619,08 р/м²



Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021
Сметная стоимость 5189,12 р/м²

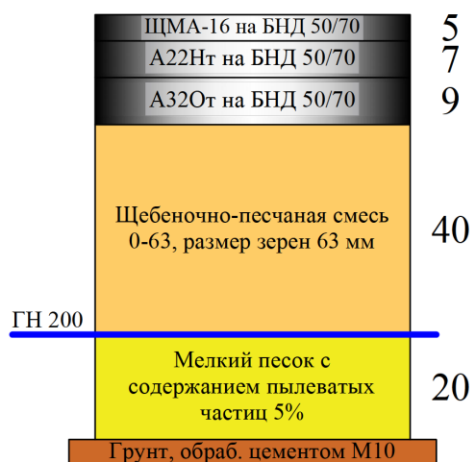


Рис. 2.19. Конструкции дорожных одежд в Астраханской области

Таблица 2.10

Сметные показатели для дорожных одежд в Астраханской области

Категория дороги	Стоимость за 1 м ² , руб.		Разница в стоимости, руб.	Различие в стоимости, %
	Нежесткая дорожная одежда	Жесткая дорожная одежда		
I	6273,20	5608,95	664,25	10,59
II	5438,86	5349,68	89,18	1,64
III	5189,12	4619,08	570,04	10,99

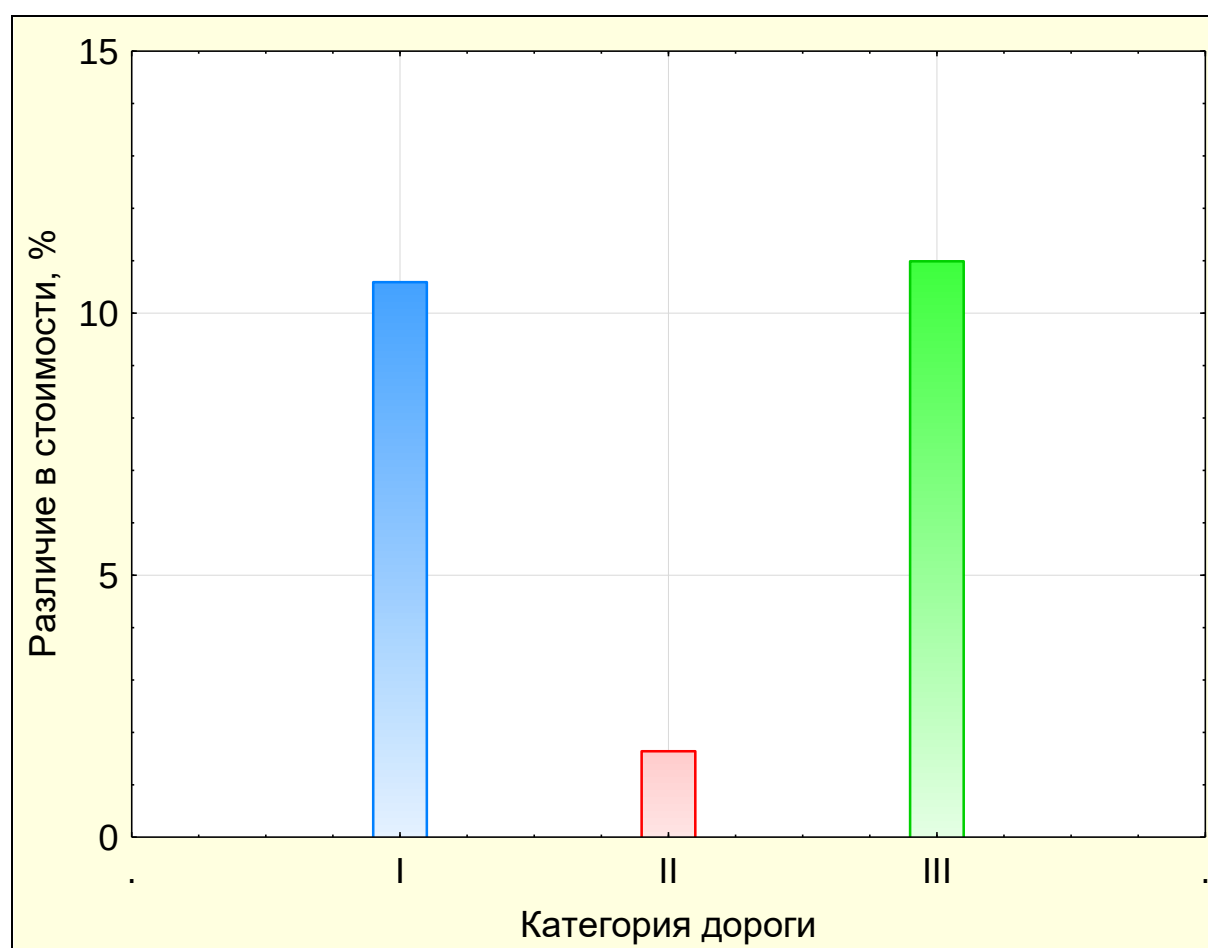


Рис. 2.20. Различие в сметной стоимости вариантов дорожных одежд в Астраханской области

Заключение.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отчёте научно-исследовательской работе «Оценка экономической эффективности применения жёстких и нежёстких дорожных одежд для различных категорий автомобильных дорог» в соответствии с техническим заданием проведено назначение и расчёт вариантов дорожных одежд для дорог I...III категорий в наиболее вероятных условиях их эксплуатации разных регионов России. При конструировании верхней части земляного полотна и дорожных одежд использованы наиболее передовые и широко апробированные на практике материалы и технологии.

Экономическая оценка вариантов дорожных одежд проведена базисно-индексным методом на основе федеральных единых расценок.

В процессе подготовки и согласовании отчёта в полном объёме были учтены замечания Заказчика.

По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно отметить, что практически во всех случаях вариантного сравнения экономически более выгодным является конструкция с монолитным цементобетонным покрытием.

Следует отметить, что разница в стоимости вариантов сравнения во многом связана с соотношением толщины пакета асфальтобетонных слоёв и толщины цементобетонного покрытия.

На размер различия в стоимости нежёстких дорожных одежд с жёсткими дорожными одеждами во многом оказывает влияние разновидность асфальтобетона в нежёстких дорожных одеждах: по ГОСТ 58401.1-2019 или по ГОСТ 58406.2-2020, а также марка органического вяжущего. За счёт более низких нормативных значений модулей упругости асфальтобетонов типа «Суперпейв» толщина асфальтобетонных покрытий и слоёв оснований у них выше, чем у асфальтобетонов по ГОСТ 58406.2-2020, а, следовательно, они оказываются существенно дороже. Кроме того, в южных районах России, где асфальтобетоны проектируют на более вязких

битумах, толщины слоёв из асфальтобетона и материалов оснований меньше, что в некоторой степени выравнивает стоимости оцениваемых вариантов нежёстких и жёстких дорожных одежд. Проектирование асфальтобетонов на битумах марок менее вязких, чем это было принято в данной работе, приведёт к существенному росту сметной стоимости нежёстких дорожных одежд.