

Современные конструкции дорожных одежд автомагистралей и экономическая эффективность их строительства

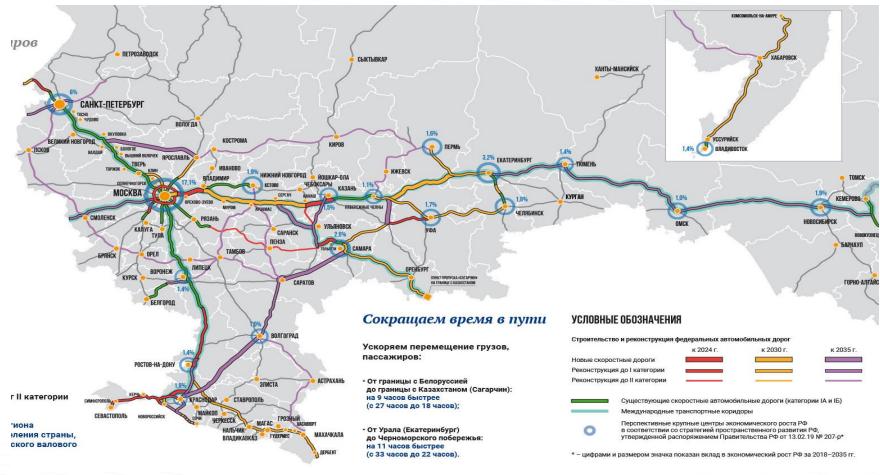
Виктор Васильевич Ушаков

Президент Ассоциации бетонных дорог,

д.т.н., проф., зав.кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ



Развитие сети скоростных дорог и автомагистралей



Пользователи автомобильных дорог предъявляют все более высокие требования к эксплуатационному состоянию дорог

Возрастают нагрузки на автомобильные дороги, увеличивается число ТС

За последние 30 лет нагрузка на дороги возросла в 4 раза





Нормативные межремонтные сроки



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 30 мая 2017 г. № 658 москва

О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения

ПРИЛОЖЕНИЕ №4 Из Постановления к Правилам расчета

Табл. Применяемо для расчета бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт автомобильных дорог федерального значения

| (лет) | | | | | |
|--------------------|----|------|-------------------|------------|----|
| Rua nafot | | Кате | егория Автомобиль | ной дороги | |
| Вид работ | 1 | II | III | IV | V |
| Капитальный ремонт | 24 | 24 | 24 | 24 | 10 |
| Ремонт | 12 | 12 | 12 | 12 | 5 |



Требования к земляному полотну должны быть повышены





Требования к рабочему слою земляного полотна

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

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



Использование наилучших технологий и материалов Укрепление и стабилизация грунтов минеральными и комплексными вяжущими







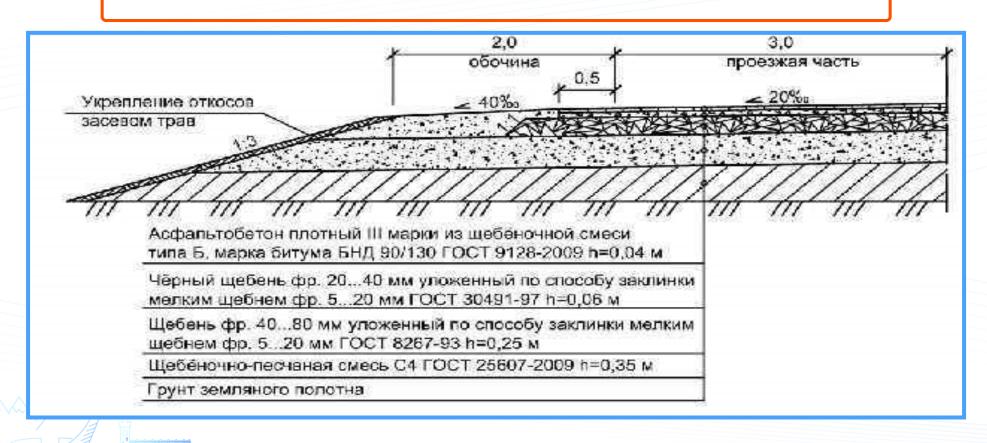




Применение прочных материалов в дополнительных слоях основания дорожных одежд

- Крупные пески
- Гравийно-песчаные смеси,
- Гравийные смеси

Обеспечение на поверхности дополнительного слоя основания дорожной одежды модуля упругости **не менее 80-95 МПа**

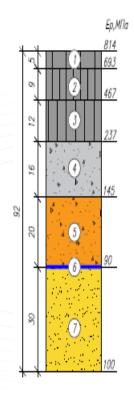


Варианты конструкций дорожных одежд автомобильной дороги м-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань»

ТИП 1 (рекомендуемый)

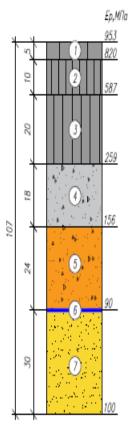
ТИП 2

ТИП 3



| Номер слоя | Наименование |
|---|--|
| 1 | Щебеначно-мастичный асфальтобетон SMA-16 по ГОСТ Р 58401.2-2019 на битумном вяжущем РСТО-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019 |
| 2 | Асфальтобетон из горячей смеси SP-223 по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном вяжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019 |
| Асфальтобетон из горячей смеси SP-329 по 3 ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном блжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019 | |
| 4 | Щебеночно-песчаная смесь из шлака марки С4 (0—40мм) по ГОСТ 3344—83 |
| 5 | Щебеночно-песчоная смесь С4 (0—80мм) по ГОСТ 25607—2009 |
| б | Разделяющая прослойка из геотекстильного материала |
| 7 | Грунт песчаный мелкий с Кф не менее 1,0 м/сут с содержанием пылеватых частиц не более 5% по ГОСТ 25100-2020 |

Грунт земполотна - песчаный грунт



| Номер слоя | Наименование | |
|---|---|--|
| Щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА—16 г ГОСТ Р 58406.1—2020 на полимербитумном вляди ПБВ—60 по ГОСТ Р 52056—2003 | | |
| Асфальтобетон из горячей смеси А22НТ по ГОСТ 2 58406.2—2020 на битуме БНДТО/100 (ГОСТ 33133—2014) | | |
| 3 | Асфальтобетон из горячей смеси АЗ20T по ГОСТ Р 58406.2—2020 на битуме БНД70/100 (ГОСТ 33133—2014) | |
| 4 | Щебеночно-песчаная смесь из шлака марки С4 (0-40мм) по ГОСТ 3344-83 | |
| 5 Щебеночно-песчаная смесь С4 (0—80мм) по Г 25607—2009 | | |
| 6 | Разделяющая прослойка из геотекстильного материала | |
| 7 | Грунт песчаный мелкий с Кф не менее 1,0 м/сут и содержанием пылеватых частиц не более 5% по ГОСТ 25100—2020 | |

Грунт земполотна — песчаный грунт

| | | Ер,МПа |
|----|---------|------------|
| 7 | | 812 |
| | 'ω' (I) | 812 692 |
| | o 2 | 466 |
| | 2 3 | 236 |
| | σ () | 156 |
| 96 | 5 | * |
| | 0.00 | 90 |
| 7 | 0. | 100 |

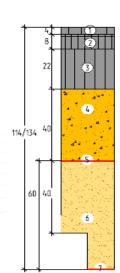
| Номер слоя | Ноименование |
|--|---|
| Щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA-1 ГОСТ Р 58401.2—2019 на битумном вяжущем РС70—28 по ГОСТ Р 58400.1—2019 | |
| 2 | Асфальтобетон из горячей смеси SP—22Э по ГОСТ Р 58401.1—2019 на битумном влжущем PG64—28 по ГОСТ Р 58400.1—2019 |
| j | Асфальтобетон из горячей смеси SP—32Э по ГОСТ Р 58401.1-2019 на битумном влжущем PG64-28 по ГОСТ Р 58400.1-2019 |
| 4 | Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и крупнообломочные грунти (оптимальные) обработанные жидкими органическими вяжущими или вяжими, в том числе эмульгированними |
| 5 | Щебеночно-песчаная смесь С4 (0-80мм) по ГОСТ 25607—2009 |
| в | Разделяющая прослайка из геотекстильного материала |
| 7 | Грунт песчаный мелкий с Кф не менее 1,0 м/сут и содержанием пылеватых частиц не более 5% по ГОСТ 25100—2020 |

Грунт земполотна – песчаный грунт

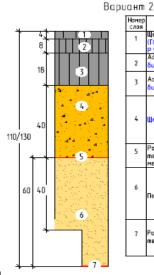


Выбор конструкций дорожных одежд

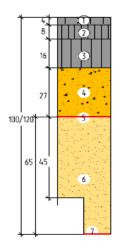
Изменение межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий привело к значительному увеличению толщины асфальтобетонных слоев



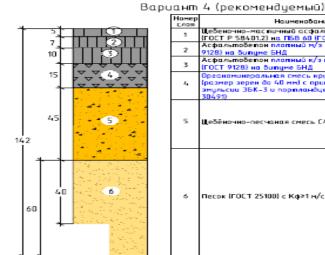
| Вариант 1 (стадия ОИ) | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| Номер слоя | Наименобание | | | |
| 1 | Цебеночно-мастичный асфальтобетон (ШМА-15) (ГОСТ 31015) на ПМБ (СТО Автодор 2.30) | | | |
| 2 | Плотный ПДА асфальтоветон из горячей мелкозернистой узкофракционированной смеси AE _W (CTO Abmodop 2.11) на битуме БНД | | | |
| 3 | Порислый ПДА асфальтовелон из горячей крупнозернислой уэкофракционированной снеси РЕ ₃₆₅ (СТО Авладор 2,11) на билуме БНД | | | |
| 4 | Щебёночно-песчаная смесь С4 (ГОСТ 25607) | | | |
| 5 | Розделительная прослойка из пермоскрепленного (пермоупрочненного) или механически упрочненного геоглекстиля | | | |
| 6 | Песок (ГОСТ 25100) с Кф≥1 н/суп | | | |
| 7 | Разделительная прослойка из пермоскрепленного геопекспиля (в выенке) | | | |



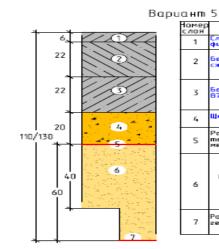
| Номер слоя | Наиненобание |
|---------------|--|
| 1 | Щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA-16 (ГОСТ Р 58401.2) на битучном бяжущем РС (ГОСТ Р 58400.1) |
| 2 | Асфальпобетан SP-223 (ГОСТ Р 58401.1) на битуннан бяжущен РG (ГОСТ Р 58400.1) |
| 3 | Асфальпабетан SP-323 (ГОСТ P 58401.1) на битумнан бяжущем PG (ГОСТ P 58400.1) |
| 4 | Шебёночно-песчаноя смесь С4 (ГОСТ 25607) |
| 5 | Разделительная прослайка из тернаскрепленного (тернаупрочненного) или неханически упрочненного геолекстиля |
| 6 | Песок (ГОСТ 25100) с Кф≥1 н√суп |
| 7 | Разделипельная прослайка из пермоскрепленного зеопекстиля (б быемке) |



| Номер слоя | Наименобание | |
|---------------|--|--|
| 1 | Цебеночно-мастичный асфаль побетон SMA-16 (ГОСТ Р 58401.2) на билумном бяжущем РБ (ГОСТ Р 58400.1) | |
| 2 | Асфальпобепон SP-223 (ГОСТ Р 58401,1) на бипунном вяжущем РБ (ГОСТ Р 58400.1) | |
| 3 | Асфальпобелон SP-323 (ГОСТ Р 58401.1) на билунном бяжущем Рб (ГОСТ Р 58400.1) | |
| 4 | Шлаковая снесь из антивних материалов с максимальной крупностью зерен до 40 мм ICIJ-4-0-A-CTO Abnodop 2.21 | |
| 5 | Разделительная прослойка из пермоскрепленного (пермоупрочненного) или механически упрочненного геотекстиля | |
| 6 | Песок (ГОСТ 25100) с Кф≥1 м/сут | |
| 7 | Разделительная прослойка из термаскрепленного геотекспиля (б быемке) | |



| 4 (рекоменоуемый) |
|--|
| Наименование |
| Щебеночно-мастичный асфальтобелон SMA-16 (ГОСТ Р 58401.2) на ПБВ 60 (ГОСТ Р 52056) |
| Асфальтобетон платный н/з тип А марка I (ГОСТ 9128) на билуме БНД |
| Асфальтоветон плотный к/з тип Б марка I (ГОСТ 9128) на билуме БНД |
| Оргономинерольная смесь крупнозернистая (размер зерен до 40 мм) с применением битумной эмульсии 36К-3 и портландуемента М400 (ГОСТ 30491) |
| Щебёночно-песчаная смесь С4 (FOCT 25607) |
| Песок (ГОСТ 25100) с Кф≥1 н√сул |
| |



| u | I THIM S | | | | |
|---|--------------|--|--|--|--|
| | слоя слоя | Наименобание | | | |
| Слой износа из бетона B3S арм фиброболокном | | Слай износа из бетона 835 армированного фибровалакном | | | |
| | 2 | бетон тяжелый класса на изгиб Btb 4.4(SSPtb), на сжатие B35 (FOCT 26633) | | | |
| | 3 | Бетон тяжелый класса по прочности на сжатие B7,5 (FOCT 26633) | | | |
| 1 | 4 | Щебёначно-песчаная смесь C4 (FOCT 25607) | | | |
| | | Разделительноя прослойка из термаскрепленного (термаупрачненного) или механически упрочненного геопекспиля | | | |
| | 6 | Песак (ГОСТ 25100) с Кф≥1 м/сул | | | |
| | 7 | Разделипельная прослайка из термаскрепленного геопекспиля (в быемке) | | | |
| | | | | | |

Нормативные документы по проектированию дорожных одежд

ГОСТ Р 59628-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование жёстких дорожных одежд. Типовые конструкции»

ПНСТ 390-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Типовые конструкции»

ПНСТ 542-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд»

ОДМ 218.2.104-2019. «Альбом типовых конструкций нежёстких дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах»



Нормативные документы по проектированию дорожных одежд

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Проект

Дороги автомобильные общего пользования ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД



Типовые конструкции жестких дорожных одежд

| Ресурс конст- рукции дорожной одежды | Типовые конструкции жестких дорожных одежд | | | | |
|--|--|---|-------------|---|--|
| | P-70 | Конструкция дорожной одежды | P-70 | Конструкция дорожной одежды | |
| | $ \begin{array}{c} 1 \\ 28 \\ 2 \\ 3 \end{array} $ | 1 Бетон тяжелый класса Btb=4.4 по ГОСТ 26633 | 1 | 1 Бетон тяжелый класса Btb=4.4 по ГОСТ 26633 | |
| D 70 | | 2 Пленка полиэтиленовая аэродромная, 200 мк | | 2 Пленка полиэтиленовая аэродромная, 200 мк | |
| P-70 | | 3 Жесткий укатываемый бетон В-7.5 по ГОСТ 26633 | 24 00000 | 3 Щебеночно-песчаная смесь обработанная цементом; песок обработанный цементом по ГОСТ 23558 | |
| | | 4 Песок по ГОСТ 8736 | 4 | 4 Песок по ГОСТ 8736 | |
| | | | | | |
| | P-50 | Конструкция дорожной одежды | P-50 | Конструкция дорожной одежды | |
| | 27 27 23 3 18 4 | 1 Бетон тяжелый класса Btb=4.4 по ГОСТ 26633 | 1 | 1 Бетон тяжелый класса Btb=4.4 по ГОСТ 26633 | |
| D 50 | | 2 Пленка полиэтиленовая аэродромная, 200 мк | | 2 Пленка полиэтиленовая аэродромная, 200 мк | |
| P-50 | | 3 Жесткий укатываемый бетон В-7.5 по ГОСТ 26633 | 22 | 3 Щебеночно-песчаная смесь обработанная цементом; песок обработанный цементом по ГОСТ 23558 | |
| | | 4 Песок по ГОСТ 8736 | 4 | 4 Песок по ГОСТ 8736 | |
| | ////// | | | | |

Выбор конструкции дорожной одежды

Решение о выборе того или другого типа покрытия и дорожной одежды ДОЛЖНЫ ОСНОВЫВАТЬСЯ прежде всего на экономических расчетах и приниматься с учетом НОЛИЧИЯ ИСХОДНЫХ дорожно-строительных материалов





Субъекты РФ, характеризующихся индивидуальными особенностями увлажнения, температурного режима и промерзания

| Дорожно-климатическая зона | Субъекты РФ |
|----------------------------|--|
| ı | Республика Бурятия (I ₃), |
| | Мурманская область (I ₃) |
| | Ленинградская область (II_1), |
| II. | Московская область (II_2), |
| II II | Свердловская область (II_2) |
| | Приморский край (II ₂) |
| 111 | Пензенская область (III ₁) |
| III | Самарская область (III ₁) |
| IV | Оренбургская область |
| V | Астраханская область |
| Всего | 10 |



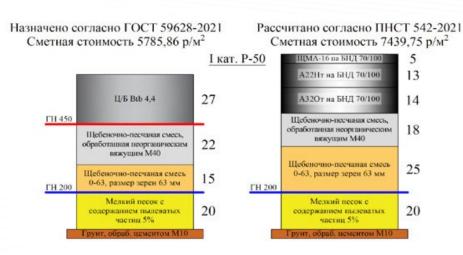
Суммарные размеры движения для назначения типовых жёстких дорожных одежд по ГОСТ Р 59628-2021

| Категория автомобильной дороги | Суммарное количество приложений расчётной нагрузки за срок службы, млн. | |
|--|---|--|
| The state of the s | 35,0 | |
| II | 12,5 | |
| III | 3,0 | |

Примечание. Нормативная осевая нагрузка составляет 115 кН.



Конструкции дорожных одежд в Московской области



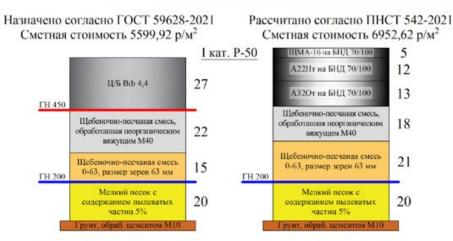


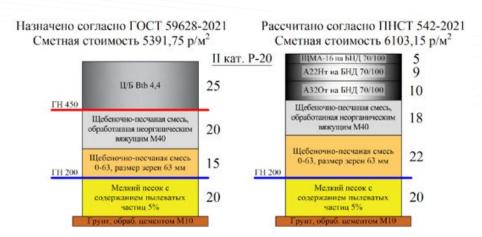
Сметные показатели для дорожных одежд в Московской области

| | Стоимость за 1 м², руб. | | | |
|------------------|-------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Категория дороги | Нежёсткая | Жёсткая | Разница в | Различие в |
| | дорожная | дорожная | стоимости, руб. | стоимости, % |
| | одежда | одежда | | |
| I | 7496,49 | 6066,55 | 1429,94 | 19,08 |
| II | 6455,39 | 5707,22 | 748,17 | 11,59 |



Конструкции дорожных одежд в Пензенской области



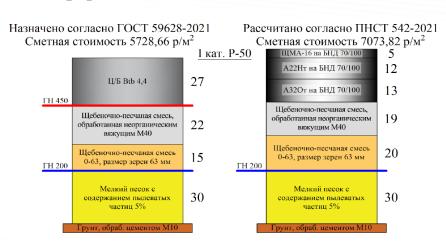


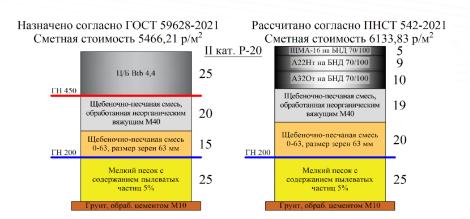
Сметные показатели для дорожных одежд в Пензенской области

| | Стоимость | за 1 м², руб. | | |
|------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------|
| Категория дороги | Нежёсткая | Жёсткая | Разница в | Различие в |
| | дорожная | дорожная | стоимости, руб. | стоимости, % |
| | одежда | одежда | | |
| l 6952,62 | | 5599,92 | 1352,7 | 19,46 |
| II | 6103,15 | 5391,75 | 711,4 | 11,66 |



Конструкции дорожных одежд в Оренбургской области





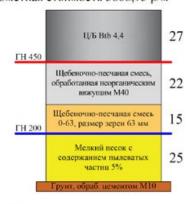
Сметные показатели для дорожных одежд в Оренбургской области

| | Стоимость | за 1 м², руб. | | |
|------------------|-----------|---------------|-----------------|--------------|
| Категория дороги | Нежёсткая | Жёсткая | Разница в | Различие в |
| | дорожная | дорожная | стоимости, руб. | стоимости, % |
| | одежда | одежда | | |
| I 7073,82 | | 5728,66 | 1345,16 | 19,02 |
| II | 6133,83 | 5466,21 | 667,62 | 10,88 |

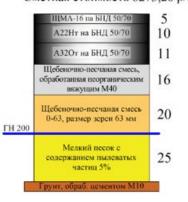


Конструкции дорожных одежд в Астраханской области

Назначено согласно ГОСТ 59628-2021 Сметная стоимость $5608,95 \text{ p/m}^2$



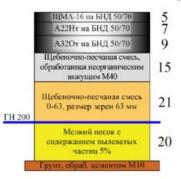
Рассчитано согласно ПНСТ 542-2021 Сметная стоимость $6273,20 \text{ p/m}^2$



Назначено согласно ГОСТ 59628-2021 Сметная стоимость $5349,68 \text{ p/m}^2$



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



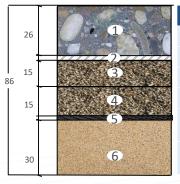
Сметные показатели для дорожных одежд в Астраханской области

| | Стоимость за 1 м², руб. | | | |
|------------------|-------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Категория дороги | Нежёсткая | Жёсткая | Разница в | Различие в |
| | дорожная | дорожная | стоимости, руб. | стоимости, % |
| | одежда | одежда | | |
| I | 6273,20 | 5608,95 | 664,25 | 10,59 |
| II | 5438,86 | 5349,68 | 89,18 | 1,64 |



Варианты конструкций дорожных одежд автомобильной дороги «Казань - Екатеринбург»

Жесткая дорожная одежда

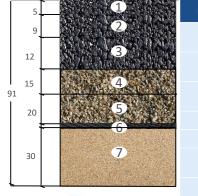


| | Nº | Наименование |
|------------|----|---|
| | 1 | Цементобетон Btb 4.4 |
| 9 | 2 | Геотекстиль (полимерная пленка) |
| A Property | 3 | Щебеночно-песчаная смесь, обработанная цементом |
| | 4 | Щебёночно-песчаная смесь С4 (0-80) по ГОСТ 25607-2009 |
| | 5 | Разделительная прослойка из геотекстильного материала (7,5 kN) |
| | 6 | Грунт песчаный мелкий с Кф не менее 1,0 м/сут и содержанием пылеватых частиц не более 5% по ГОСТ 25100 - 2020 |

Срок службы – 24 года. Число приложений расчетной нагрузки-38,3млн. Сметная стоимость

1000 м2 – **7 956 103 руб.**

Нежесткая дорожная одежда



| Nº | Наименование | | | | |
|----|---|--|--|--|--|
| 1 | Щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA-16 (ГОСТ Р 58401.2 - 2019) на битумном вяжущем РG 70-28 (ГОСТ Р 58400.1 - 2019) | | | | |
| 2 | Асфальтобетон из горячей смеси SP22 Э (ГОСТ Р 58401.1) на битумном вяжущем PG 64-28 (ГОСТ Р 58400.1 – 2019) | | | | |
| 3 | Асфальтобетон из горячей смеси SP32 Э (ГОСТ Р 58401.1 – 2019) на битумном вяжущем PG 64-28 (ГОСТ Р 58400.1 – 2019) | | | | |
| 4 | Щебёночно-песчаная смесь, обработанная цементом | | | | |
| 5 | Щебёночно-песчаная смесь, С4 (0-80) (ГОСТ 25607-2009) | | | | |
| 6 | Разделительная прослойка из геотекстильного материала (7,5 kN) | | | | |
| 7 | Грунт песчаный мелкий с Кф не менее 1,0/сут и содержанием пылеватых частиц не более 5% (ГОСТ 25100 – 2020) | | | | |

Срок службы – 24 года. Число приложений расчетной нагрузки-38,3млн.

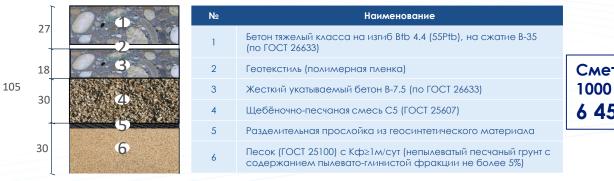
Сметная стоимость 1000 м2 –

9 792 103 руб.



Варианты конструкций дорожных одежд автомобильной дороги «Москва-Нижний-Новгород-Казань»

Жесткая дорожная одежда. Срок службы 30 лет, число приложений расчетной нагрузки 40 млн



Сметная стоимость 1000 м2 – 6 454 745 руб.

Нежесткая дорожная одежда. Срок службы 24 года, число приложений расчетной нагрузки 25,9 млн

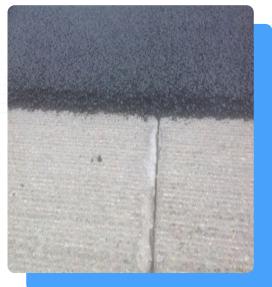
| 5 | | Nº | Наименование |
|----|--|----|--|
| 8 | _ | 1 | Щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA-16 (ГОСТ Р 58401.2) на битумном вяжущем PG 58 (V)-34 (ГОСТ Р 58400.21) |
| 13 | STATE OF THE STATE | 2 | Асфальтобетон SP-22 Э (ГОСТ Р 58401.1) на битумном вяжущем PG 52 (V)-28 (ГОСТ Р 58400.2) |
| 40 | 4 | 3 | Асфальтобетон SP-32 Э (ГОСТ Р 58401.1) на битумном вяжущем PG 52 (V)-28 (ГОСТ Р 58400.2) |
| | 5 | 4 | Щебёночно-песчаная смесь C5 (ГОСТ 25607) |
| | | 5 | Разделительная прослойка из геосинтетического материала |
| 40 | 6 | 6 | Песок (ГОСТ 25100) с Кф≥1м/сут (непылеватый песчаный грунт с содержанием пылевато-глинистой фракции не более 5%) |

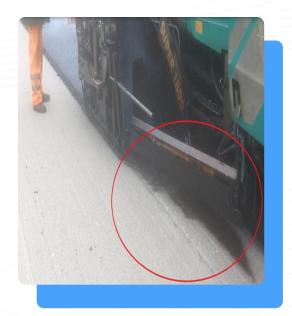
Сметная стоимость 1000 м2 – 9 392 960 руб.

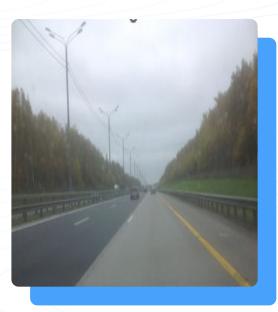


Устройство слоя износа на цементобетонном покрытии по мембранной технологии с применением много-щебенистых асфальтобетонных смесей











Автомобильная дорога М-4 «Дон» на участке км52-км71







Совершенствование норм проектирования дорожных одежд

1. Совершенствовать методику приведения к расчетной нагрузке различных типов современных транспортных средств и расчету общего количества приложения расчетной нагрузки за срок службы.



3. Разрабатывать новые подходы к конструированию и расчету дорожных одежд на основе мониторинга и проведения научных исследований.







СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!







