



РОСДОРНИИ

Особенности конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на основе современных требований

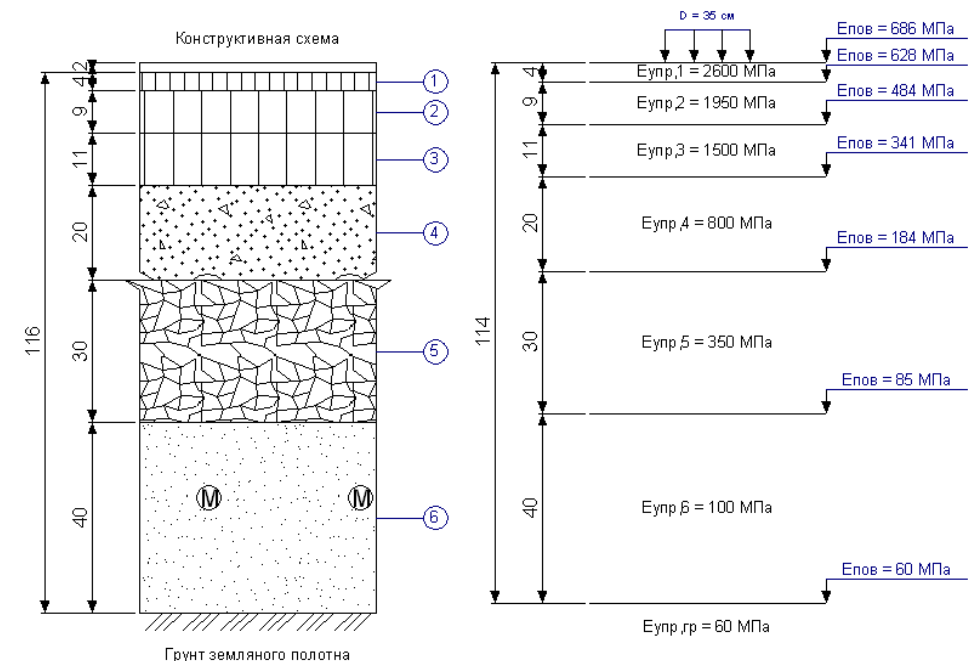
Главный специалист
Филиппов Максим Дмитриевич
ФАУ «РОСДОРНИИ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

Цель работы - определение особенностей конструирования и расчета нежестких дорожных одежд в рамках действующих нормативных требований, формирование предложений по совершенствованию методики

Задачи:

1. Ознакомление с нормативно-техническими документами в области конструирования и расчета нежестких дорожных одежд
2. Особенности конструирования и расчетов нежестких дорожных одежд
3. Предложения по совершенствованию методики конструирования и расчета нежестких дорожных одежд





Отмененные нормативные документы

ВСН 46-72

«Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа»

ВСН 46-83

«Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа»

ОДН 218.046-01

«Проектирование нежестких дорожных одежд»

ПНСТ 265-2018

«ДАОП. Проектирование нежестких дорожных одежд»

Действующие нормативные документы

ПНСТ 542-2021

«ДАОП. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования»

Действует до **01.06.2024** Начата переработка (НИИ ТСК)

1 Более высокие требования к толщине асфальтобетонных слоев над основанием из материалов, обработанных неорганическими вяжущими

Таблица - Минимальная толщина асфальтобетонных слоев

Наименование НТД	ОДН 218.046-01		ПНСТ 542-2021	
Тип дорожной одежды	капитальные	облегченные	капитальные	облегченные
Толщина асфальтобетонных слоев на основаниях с применением:				
материалов, обработанных неорганическими вяжущими	18	12	22	18
материалов, обработанных комплексными вяжущими, а также медленно твердеющими минеральными вяжущими	15 (13)	10 (9)	18 (16)	15 (13)
Примечание: в скобках - в условиях жарких и сухих районов IV-V дорожно-климатических зон				

2

Исключается из прочностного расчета верхняя часть дорожного покрытия (на глубину допустимой колеиности) при отсутствии специального слоя износа (п. 6.5 ПСНТ 542-2021)

Цитата: «В случае, когда функцию слоя износа выполняет ВСП, при расчете дорожных одежд на прочность и морозоустойчивость толщина верхнего слоя, принятая с учетом требований к минимальной толщине слоя по [ГОСТ Р 59120](#), должна быть уменьшена на величину максимально допустимой глубины колеи в соответствии с [ГОСТ Р 50597](#)».

Предельно допустимая глубина колеи по категория автомобильных дорог: I категория – 2 см, II категория – 2,5 см, III-IV категория – 3 см.

3

Содержит нормативную базу расчетных характеристик современных типов асфальтобетонов по системам объемно-функционального проектирования и Маршалла

ГОСТ Р 58406.1-2020 «ДАОП. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия»;

ГОСТ Р 58406.2-2020 «ДАОП. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия»;

ГОСТ Р 58401.1-2019 «ДАОП. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования»;

ГОСТ Р 58401.2-2019 «ДАОП. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования».

4

Вводит требования к модулю упругости на поверхности рабочего слоя

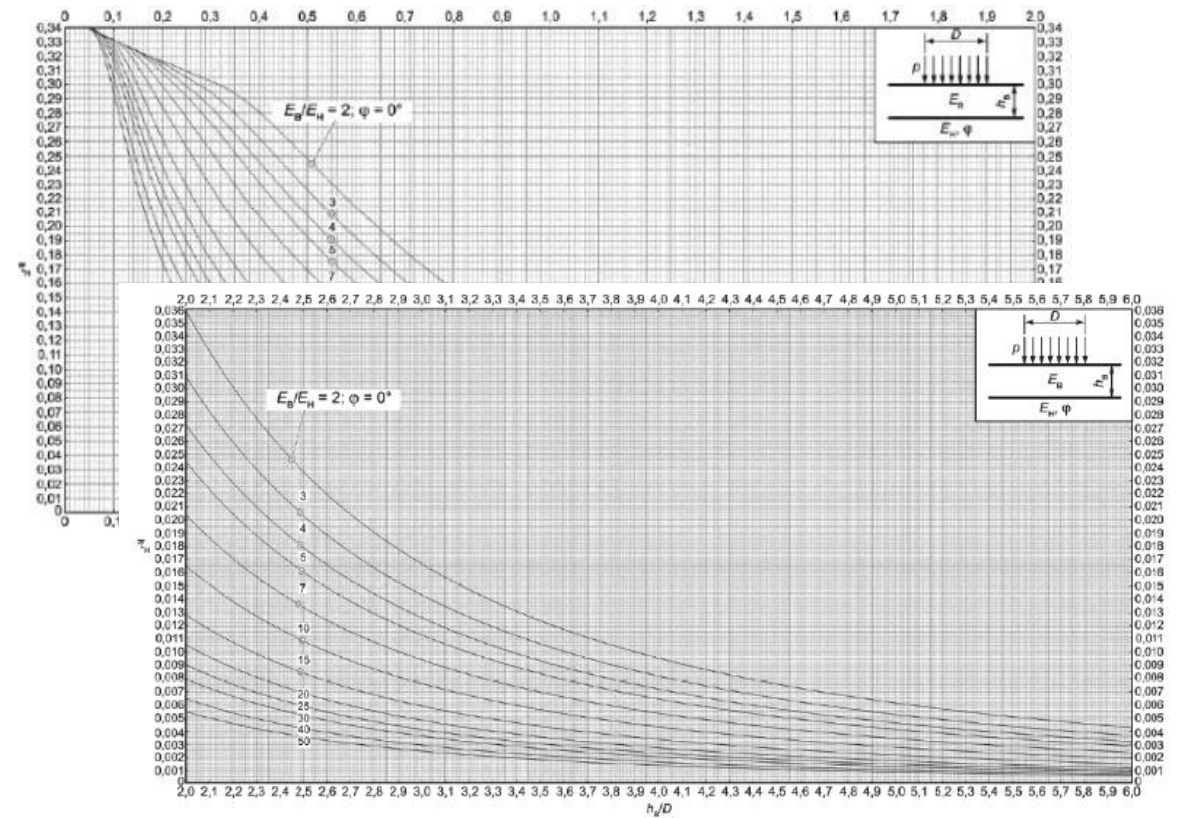
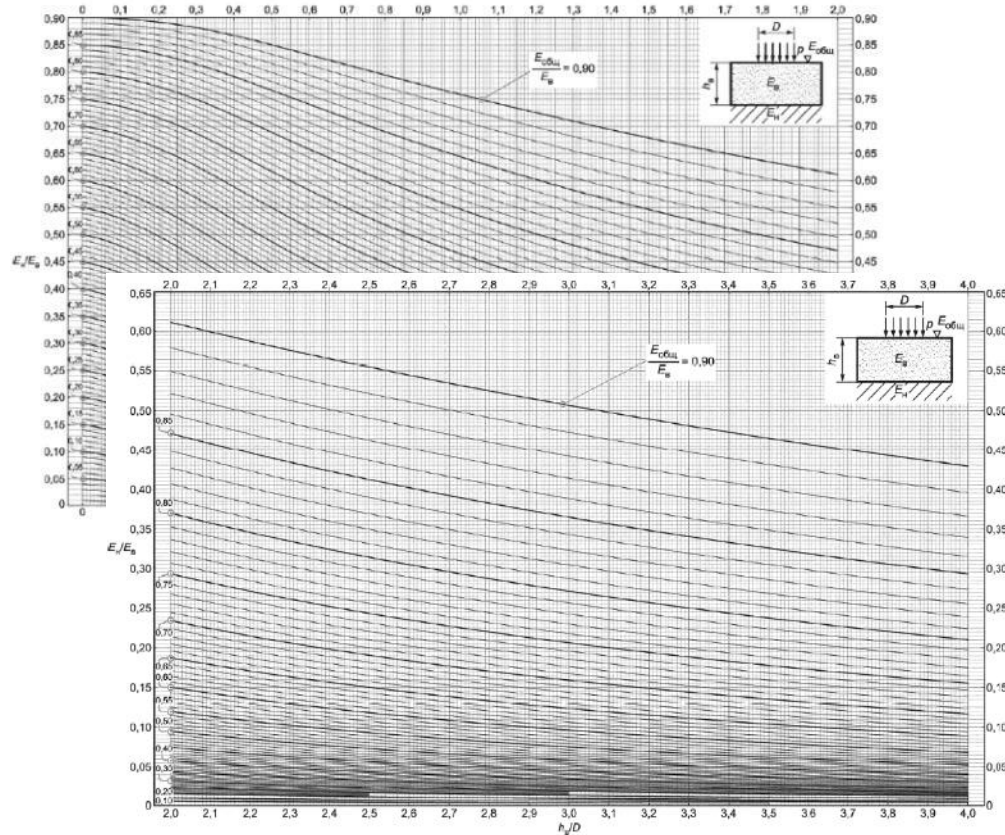
ДКЗ	I-II	III	IV-V
Модуль упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна, МПа, не менее	60	53	45

Для достижения требования к величине общего модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна:

- устройство рабочего слоя из непучинистых или слабопучинистых грунтов;
- укрепление грунта верхней части рабочего слоя вяжущими или местными материалами.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ПНСТ 542-2021

5 Содержит номограммы с повышенной точностью при расчёте на упругий прогиб и сдвигустойчивость (48 номограмм)



6

Устанавливает требование о допустимом превышении значения одного из критериев (имеющего минимальное значение) не более 5% при условии выполнения остальных критериев прочности (п. 9.1.3)

7

Методика ПНСТ 542-2021 применяется для выбора типа асфальтобетона для устройства слоев покрытия и основания с учетом круглогодичного использования автомобильной дороги ($T_{рдг}=365$ дней)

Таблица – Расчетные сроки службы слоев дорожной одежды из асфальтобетонов

Слой дорожной одежды из асфальтобетона	Расчетный срок службы, $T_{сл}$	Расчетное число дней в году, $T_{рдг}$ дней
Покрытие	до ремонта – 12 лет	365
Основание	до капитального ремонта – 24 года	365

$$\sum N_p = 0,7 * f_{пол} * K_c * T_{рдг} * k_n * \sum_{m=1}^n N_{1m} * S_m \text{ сум} \quad K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}$$

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

1

Отсутствуют методики проверочных расчетов проектируемых конструкций по критериям колееобразования и температурного трещинообразования



2

Отсутствует возможность расчета конструкций дорожных одежд с геосинтетическими материалами

Цитата: «...рекомендуется применение геосинтетических материалов...*эффективность применения которых подтверждена соответствующими расчетами*».

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

3 Отсутствуют расчетные характеристики на материалы, соответствующие вновь введенным НТД

Например:

ГОСТ Р 70648-2023 «ДАОП. Смеси холодные асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия».

4 Отсутствует возможность расчета конструкций дорожных одежд с использованием новых современных технологий и материалов, в том числе включенных в РННТ

Например, для материалов включенных в РННТ:

- стабилизация или укрепление грунтов рабочего слоя земляного полотна и материалов основания,
- устройство слоев покрытия из резино-дисперсно-армированного асфальтобетона,
- устройство слоев покрытия из асфальтобетонных смесей с применением композиционного материала УНИРЕМ,
- устройство слоев покрытия из асфальтобетонных смесей с применением модификатора ЭЛАДОМ или ПолиМ-extra,
- устройство слоев покрытия из асфальтобетонных смесей с применением армирующих волокон Forta
- и другие инновационные материалы



РННТ

Реестр новых и наилучших технологий,
материалов и технологических решений
повторного применения

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

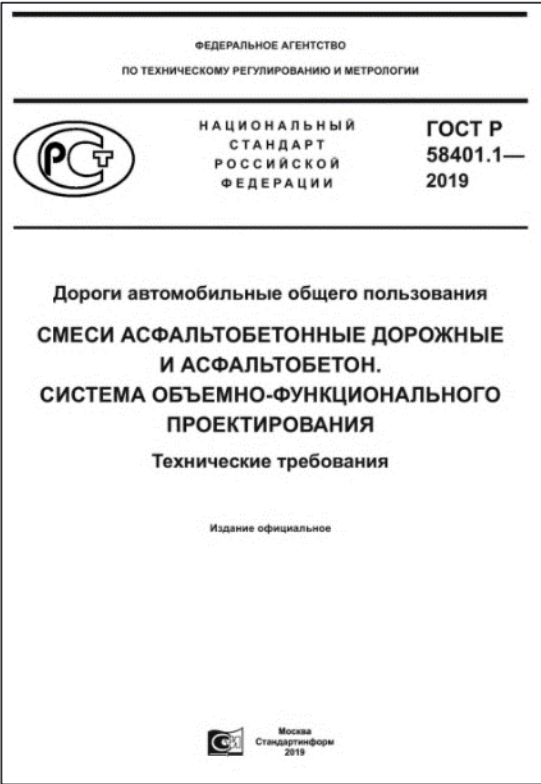
5

Расчетные характеристики асфальтобетонов:

- не зависят от крупности заполнителя;
- различны для одного асфальтобетона для слоев покрытия и основания

Таблица - Виды асфальтобетонных смесей, применяемых в слоях покрытия и основания (Приложение В ГОСТ Р 58401.1)

Вид асфальтобетонной смеси по ГОСТ Р 58401.1	Конструктивный слой дорожной одежды		
	покрытие		основание
	верхний слой	нижний слой	
SP-22Т	+	+	+
SP-22 (Л, Н или Т)	-	+	+
SP-32 (Н, Т или Э)	-	+	+



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

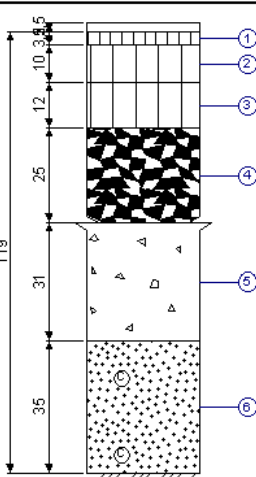
6 Условия работы в зоне контакта слоев влияют на результаты расчета конструкций

Спаянный контакт - при совместной работе слоев в зоне контакта

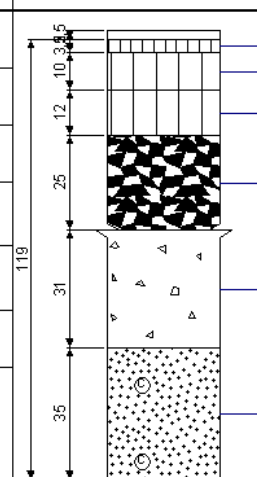
Гладкий контакт - при свободном смещении слоев в зоне контакта

На примере дорожной одежды для автомобильной дороги II категории

при гладком контакте

Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоев, МПа	Расчетные характеристики			Морозостойкость	Дренаж
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
1. Конструктивный слой №1 — SMA-16 по ГОСТ Р 59401.2 на битумном вяжущем Р6-52(V)-34 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 645	Е _{упр} = 2600 К _{тр} = 1,200 К _{расч} = 1,490 Запас = 24%	Е _{сдв} = 1400	Е _{изг} = 4500		
2. Конструктивный слой №2 — Асфальтобетон SP-22 по ГОСТ Р 59401.1 на битумном вяжущем Р6-46(V)-34 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 599	Е _{упр} = 1950	Е _{сдв} = 1020	Е _{изг} = 3450		
3. Конструктивный слой №3 — Асфальтобетон SP-32 по ГОСТ Р 59401.1 на битумном вяжущем Р6-46(V)-28 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 436	Е _{упр} = 1500	Е _{сдв} = 750	Е _{изг} = 2950 К _{тр} = 1,000 К _{расч} = 1,030 Запас = 3%		
4. Конструктивный слой №4 — Щебеночно-песчаные смеси, обработанные вяжущими или жидкими органическими вяжущими, в т. ч. эмульгированными (ГОСТ Р 70454)		Е _{пов} = 284	Е _{упр} = 450	Е _{сдв} = 450	Е _{изг} = 450		
5. Конструктивный слой №5 — Щебеночно-песчаные смеси, для основания по ГОСТ Р 70456, при максимальном размере зерен 0-63 мм		Е _{пов} = 174	Е _{упр} = 275	Е _{сдв} = 275	Е _{изг} = 275		
6. Конструктивный слой №6 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		Е _{пов} = 93	Е _{упр} = 120	Е _{сдв} = 120 К _{тр} = 1,000 К _{расч} = 2,990 Запас = 199%	Е _{изг} = 120		
Грунт земляного полотна — Грунт*		Е _{пов} = 60	Е _{упр} = 60	Е _{сдв} = 60			

при спаянном контакте

Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоев, МПа	Расчетные характеристики			Морозостойкость	Дренаж
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
1. Конструктивный слой №1 — SMA-16 по ГОСТ Р 59401.2 на битумном вяжущем Р6-52(V)-34 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 645	Е _{упр} = 2600 К _{тр} = 1,200 К _{расч} = 1,490 Запас = 24%	Е _{сдв} = 1400	Е _{изг} = 4500		
2. Конструктивный слой №2 — Асфальтобетон SP-22 по ГОСТ Р 59401.1 на битумном вяжущем Р6-46(V)-34 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 599	Е _{упр} = 1950	Е _{сдв} = 1020	Е _{изг} = 3450		
3. Конструктивный слой №3 — Асфальтобетон SP-32 по ГОСТ Р 59401.1 на битумном вяжущем Р6-46(V)-28 по ГОСТ Р 59400.2		Е _{пов} = 436	Е _{упр} = 1500	Е _{сдв} = 750	Е _{изг} = 2950 К _{тр} = 1,000 К _{расч} = 1,307 Запас = 31%		
4. Конструктивный слой №4 — Щебеночно-песчаные смеси, обработанные вяжущими или жидкими органическими вяжущими, в т. ч. эмульгированными (ГОСТ Р 70454)		Е _{пов} = 284	Е _{упр} = 450	Е _{сдв} = 450	Е _{изг} = 450		
5. Конструктивный слой №5 — Щебеночно-песчаные смеси, для основания по ГОСТ Р 70456, при максимальном размере зерен 0-63 мм		Е _{пов} = 174	Е _{упр} = 275	Е _{сдв} = 275	Е _{изг} = 275		
6. Конструктивный слой №6 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		Е _{пов} = 93	Е _{упр} = 120	Е _{сдв} = 120 К _{тр} = 1,000 К _{расч} = 2,990 Запас = 199%	Е _{изг} = 120		H _{min} = 25 см Запас = 10 см
Грунт земляного полотна — Грунт*		Е _{пов} = 60	Е _{упр} = 60	Е _{сдв} = 60			

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

7 Значительные запасы по критериям прочности при минимальном запасе прочности по одному из них (до 5 %)

На примере дорожной одежды для автомобильной дороги II категории

Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Расчётные характеристики			Морозоустойчивость	Дренаж
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
1. Верхний слой покрытия — SMA-11 по ГОСТ Р 58401.2 на битумном вяжущем PG 52(V)-34 по ГОСТ Р 58400.2		Епов = 686	Еупр = 2600 Ктр = 1,200 Красч = 1,590 Запас = 33%	Есдв = 1400	Еизг = 4500		
2. Нижний слой покрытия — Асфальтобетон SP-16 по ГОСТ Р 58401.1 на битумном вяжущем PG 46(V)-34 по ГОСТ Р 58400.2		Епов = 628	Еупр = 1950	Есдв = 1020	Еизг = 3450		
3. Верхний слой основания — Асфальтобетон SP-22 по ГОСТ Р 58401.1 на битумном вяжущем PG 46(V)-28 по ГОСТ Р 58400.2		Епов = 484	Еупр = 1500	Есдв = 750	Еизг = 2950 Ктр = 1,000 Красч = 1,001 Запас = 0%		
4. Средний слой основания — Щебённо-песчаные смеси, обработанные цементом (ГОСТ 23558), по прочности соответствующие марке Б0		Епов = 341	Еупр = 800	Есдв = 800	Еизг = 800 Ктр = 1,000 Красч = 3,015 Запас = 202%		
5. Нижний слой основания — Щебень фракционированный 31,5..45 (45..63) мм трудноуплотняемый с закладкой фракционированным мелким щебнем		Епов = 184	Еупр = 350	Есдв = 350	Еизг = 350		
6. Дополнительный слой основания — Песок мелкий, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		Епов = 85	Еупр = 100	Есдв = 100 Ктр = 1,000 Красч = 3,840 Запас = 284%	Еизг = 100		Hmin = 25 см Запас = 15 см
Грунт земляного полотна — Грунт*		Епов = 60	Еупр = 60	Есдв = 60			

8

Увеличение толщины асфальтобетонных слоев, при этом мощность слоев основания имеет низкие значения

На примере дорожных одежд капитального типа для II дорожно-климатической зоны

Таблица – Сопоставление толщин пакета асфальтобетонных слоев и слоев основания дорожных одежд разных категорий автомобильных дорог

Параметр	Категория автомобильной дороги		
Категория автомобильной дороги	I (4 полосы)	II (2 полосы)	III
Требуемый минимальный модуль упругости (п. 9.3.2), МПа	330	325	310
Толщина дорожной одежды, см	102	87	87
Толщина пакета асфальтобетонных слоев, см	22	22	22
Толщина слоев основания без учета дренирующего слоя, см	35	25	25
в т.ч.			
Толщина укрепленного слоя основания неорганическими вяжущими, см	15	10	10
Толщина неукрепленного слоя основания из каменных материалов, см	20	15	15

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

9

Требуемые коэффициенты прочности в ПНСТ 542-2021 (п. 9.2, таблица 5) не увязаны с предельными коэффициентами разрушения по ГОСТ Р 59120-2021

Таблица – Сравнение предельных коэффициентов разрушения дорожных одежд по действующим и отмененным НТД

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Требования по действующим НТД				Требования по отмененным НТД		
		ПНСТ 542-2021			Предельный коэффициент разрушения по ГОСТ Р 59120	ОДН 218.046-01		
		Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию		Предельный коэффициент разрушения		Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию		Предельный коэффициент разрушения
		упругого прогиба	сдвигоустойчивости и растяжения при изгибе			упругого прогиба	сдвигоустойчивости и растяжения при изгибе	
Капитальный	I	1,50	1,10	-	0,10	1,50	1,10	0,05
	II	1,20	1,00	-		1,20	1,00	
	III	1,17	1,00	-	0,20	1,17	1,00	0,10
	IV	1,15	1,00	-		1,10	0,94	
Облегченный	III	1,15	1,00	-	0,30	1,10	0,94	0,15
	IV	1,06	0,94	-		1,06	0,90	
Переходный	IV	1,02	0,87	-	0,40	1,02	0,87	0,40

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

10

Отсутствует взаимосвязь между принимаемыми в проектных решениях запасами по критериям прочности и допустимыми отклонениями толщины асфальтобетонных слоев в уплотненном состоянии

Таблица – Допуски по толщине асфальтобетонных слоев в уплотненном состоянии по ГОСТ Р 59120-2021

Конструктивный слой дорожной одежды	Допуски по толщине	
	при определении толщины по единичным измерениям, %	при определении толщины слоя в трех местах и более, %
Для верхнего и нижнего слоев покрытия толщиной до 60 мм	- 20	-15
Для нижнего слоя покрытия и слоя основания толщиной свыше 60 мм	-15	-10

На примере дорожной одежды для автомобильной дороги II категории

Проектное решение

С учетом допустимого отклонения к толщине верхнего слоя покрытия

№ слоя	Наименование материала слоя	Расчетная толщина слоя, см	Общий модуль упругости, Еобщ, МПа	Показатель прочности:			Расчетная толщина слоя, см	Общий модуль упругости, Еобщ, МПа	Показатель прочности:		
				критерий	Красч.пр.	величина, запас (+/-),%			критерий	Красч.пр.	величина, запас (+/-),%
1	SMA-11 на PG	6,0*	686	Упр. прогиб	1.59	+33%	4,8*	663	Упр. прогиб	1,53	+28%
2	SP-16Э на PG	9,0	628	-	-	-	9,0	628	-	-	-
3	SP-22Э на PG	11,0	484	Растяжение	1.00	+0%	11,0	484	Растяжение	0,95	-5%
4	ЩПС, обработанная цементом (М60)	20,0	341	Растяжение	3,01	+202%	20,0	341	Растяжение	2,88	+188%
5	Щебень тр/уп с заклинкой	30,0	184	-	-	-	30,0	184	-	-	-
6	Песок мелкий	40,0	85	Сдвиг	3.84	+284%	40,0	85	Сдвиг	3,64	+264%
7	Грунт земляного полотна	-	60	-	-	-	-	60	-	-	-
Суммарная толщина конструкции:		116					114,8				

ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И СРОКОВ СЛУЖБЫ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1

Разработка и включение в методику конструирования и расчета нежестких дорожных одежд недостающих критериев прочности:

- устойчивость к образованию колеи в процессе эксплуатации автомобильной дороги
- устойчивость к трещинообразованию

2

Актуализация ПНСТ 542-2021 с наполнением данными о расчетных характеристиках новых современных материалов, в том числе включенных в РННТ

Целесообразно дополнить стандарт нормой, что при расчетах дорожных одежд допускается применять не только табличные значения характеристик материалов, но и характеристики, определенные в лабораторных условиях по утвержденным методикам.

3

Дополнить стандарт расчетными характеристиками для холодных асфальтобетонов по ГОСТ Р 70648-2023

4

Уточнить в методике ПНСТ 542-2021 требование по учету вида контакта (гладкий, спаянный) на границе слоев

5

Дополнить стандарт нормой или внести уточнение о назначении расчетных характеристик асфальтобетонов, имеющих одинаковое обозначение и применяемых как в слоях покрытия, так и в слоях основания

6

Для снижения общей стоимости запроектированной конструкции представляется целесообразным реализация концепции «вечных дорог» с проектированием прочного основания для снижения сдвигоустойчивости в несвязных материалах дорожной одежды и в грунтах рабочего слоя при снижении толщины пакета асфальтобетона

7

Проанализировать методику расчета нежестких дорожных одежд по критерию сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе и выполнить корректировку методики расчета либо расчетных характеристик битумоминеральных материалов

8

Дополнить стандарт нормой об учете при конструировании дорожных одежд проектного запаса прочности с учетом допустимых отклонений (в меньшую сторону) к толщине конструктивных слоев

9

Разработать государственные стандарты (ГОСТ Р, ПНСТ) на применение геосинтетических материалов в конструктивных слоях дорожной одежды с включением методик расчета конструкций дорожной одежды, учитывающих наличие геосинтетических материалов в конструкции

**Спасибо
за внимание**





РОСДОРНИИ

Материалы для конструктивных слоев нежестких дорожных одежд по нормативным документам 2022-2023 гг. Требования и условия применения

Начальник отдела конструкций земляного
полотна ФАУ «РОСДОРНИИ», к.т.н.
Рахимова Ирина Александровна

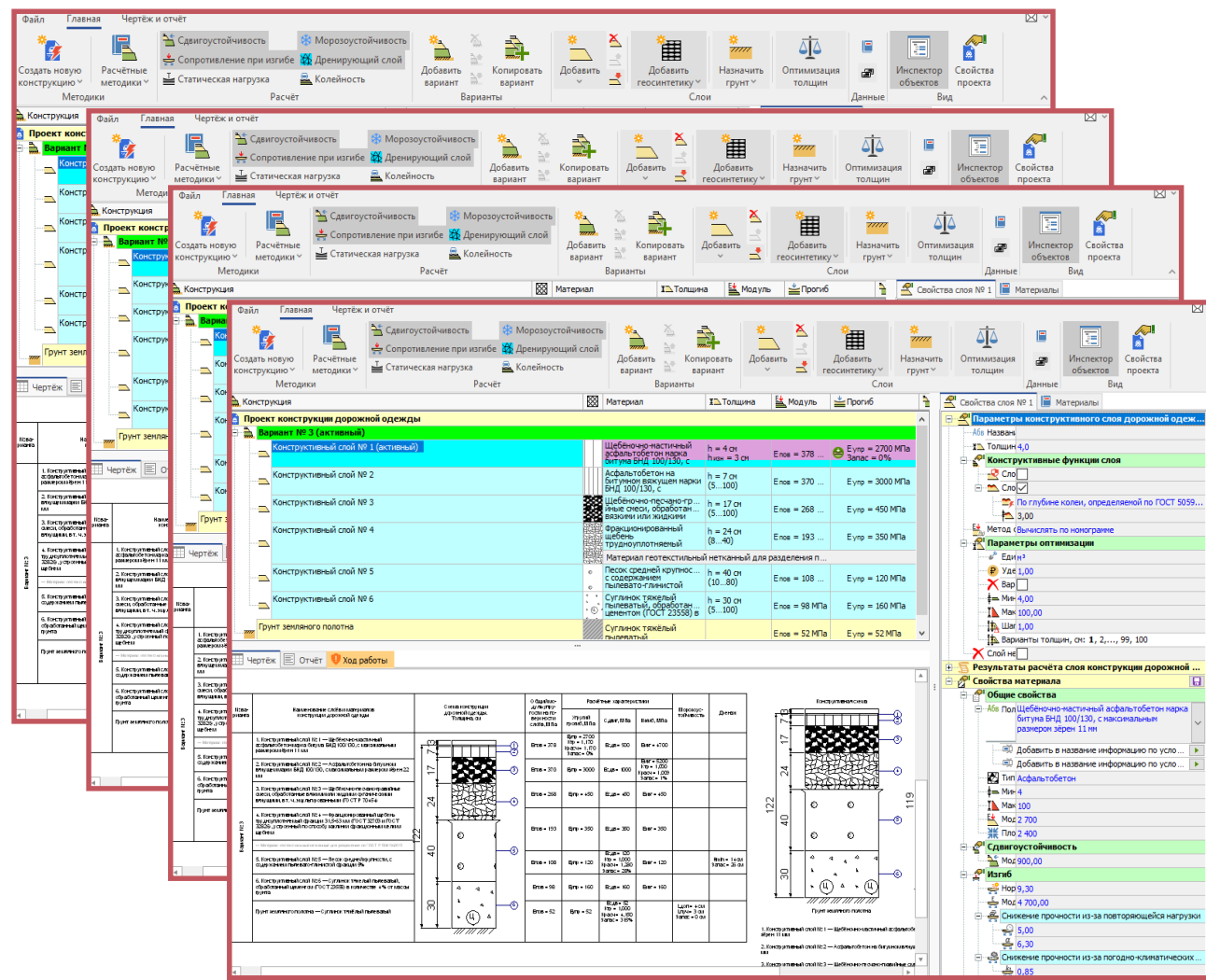
Цель доклада – анализ требований к материалам конструктивных слоев нежестких дорожных одежд по нормативно-техническим документам, введенным в действие в 2022-2023 гг.

Задачи:

1. Изучение требований к материалам конструктивных слоев дорожных одежд
2. Анализ особенностей применения материалов в конструкциях дорожных одежд
3. Оценка полноты технических требований к материалам для применения в конструкциях дорожных одежд
4. Выявление наличия рекомендаций по применению материалов в конструкциях дорожных одежд

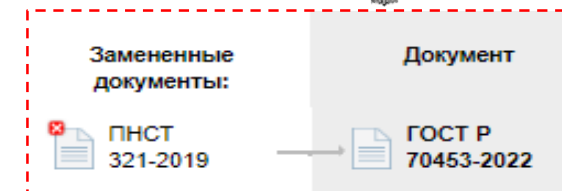
Рассматриваемые дорожно-строительные материалы:

- Грунты стабилизированные и укрепленные органическими, неорганическими и комплексными вяжущими
- Органоминеральные смеси с добавлением переработанного асфальтобетона
- Щебеночно-гравийно-песчаные смеси необработанные и укрепленные органическими, неорганическими и комплексными вяжущими
- Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон теплые и холодные



1. ГРУНТЫ, УКРЕПЛЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

ГОСТ Р 70453-2022 «ДАОП. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Общие технические условия»



Материалы и грунты, применяемые при укреплении

Грунты:

- крупнообломочные с размером частиц до 45 мм (частиц фр. 31, 5-45 мм не более 10 %);
- пески;
- супеси;
- суглинки;
- глины, при условии доведения числа пластичности до 17;
- техногенные грунты, в том числе золошлаковые смеси, которые могут быть применены в качестве вторичных ресурсов.

Вяжущие материалы:

- медленнораспадающиеся дорожные битумные эмульсии по ГОСТ Р 58952.1;
- жидкие дорожные нефтяные битумы по ГОСТ 11955 с условной вязкостью не более 100 с;
- вспененные битумы;
- другие органические вяжущие (карбамидоформальдегидные смолы по ГОСТ 14231, битумные пасты, высокосмолистые нефти и др.)

Требования к грунтам, укрепленным органическим вяжущим

- прочность на сжатие не менее 0,7 МПа.
- значение коэффициента морозостойкости - не менее 0,80.
- влажность смеси перед уплотнением должна соответствовать оптимальной с учетом вяжущего, но допускаются отклонения
 - при сухой погоде и температуре окружающего воздуха выше 20°C - не более чем на 3% выше оптимальной влажности;
 - - при сухой погоде и температуре окружающего воздуха от 0°C до 20°C и при наличии осадков - на 2% меньше оптимальной влажности.

Допускается применение вторичного асфальтобетона не более 15 %.

ГОСТ Р 70453-2022 «ДАОП. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Общие технические условия»

Требуемые свойства укрепленного грунта

- водонасыщение
- прочность на сжатие
- коэффициент морозоустойчивости

Физико-механические свойства грунтов, укрепленных органическими вяжущими приведены в ГОСТ 30491-2012:

- предел прочности на сжатие при температурах 20 и 50 °С
- предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов при температуре 20°С
- предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов при температуре 20°С
- коэффициент морозостойкости
- набухание

Требуемое количество циклов замораживания и оттаивания

Конструктивный слой дорожной конструкции	Число циклов замораживания - оттаивания в зависимости от дорожно-климатической зоны				
	I	II	III	IV	V
Верхний слой основания в конструкциях с двухслойным асфальтобетонным покрытием.	50	25	25	15	10
Основание в конструкциях с монолитным цементобетонным покрытием					
Нижний слой основания в конструкциях с двухслойным асфальтобетонным покрытием.	25	15	15	10	5
Основание в конструкциях со сборным железобетонным покрытием					
Верхний слой основания в конструкциях с однослойным покрытием из щебеночно-гравийно-песчаных смесей,	30	15	15	15	10
обработанных органическими или неорганическими вяжущими					
Нижний слой основания в конструкциях с однослойным покрытием из щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных органическими или неорганическими вяжущими		10	10	5	
Верхняя часть рабочего слоя земляного полотна	15	10	10	-	-
Дополнительный слой основания					

ГРУНТЫ, УКРЕПЛЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

ГОСТ 30491-2012 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия»

Рекомендации по применению

Вид материала	Дорожно-климатическая зона	Интенсивность воздействия расчетной нагрузки, ед./сут	Конструктивный слой		
			Покрытие	Основание	
				Несущая часть	Дополнительные слои
Грунт, укрепленный жидким, вспененным или эмульгированным битумом	IV, V	1000 и менее	-	+	+
Грунт, укрепленный жидким, вспененным или эмульгированным битумом с добавкой минерального вяжущего	I-V II-V	Св. 2000	-	+	+
		350 и менее	+	+	+

Количество активных добавок:

- составляет от 3 до 10 % от массы смеси и определяется
 - видом грунта,
 - вяжущим материалом и добавкой
- назначается в зависимости от природно-климатических условий – ДКЗ.

Сочетание вяжущих материалов (ориентировочный расход) и активных добавок для приготовления укрепленных грунтов

Вид грунта	Вяжущий материал и добавка	Ориентировочный расход органического вяжущего, % массы смеси	Дорожно-климатическая зона строительства
Крупнообломочный нецементированный, близкий к оптимальному составу грунт, гравелистый, крупный, средний и неоднородный песок	Жидкий и вспененный нефтяной битум	3-5	IV, V
	Жидкий и вспененный битум с активной добавкой		II, III, IV, V
Крупнообломочный нецементированный грунт оптимального состава, однородный, крупный, средний и мелкий песок	Битумная эмульсия совместно с карбамидной смолой	3-5	II, III
	Жидкий (вспененный) нефтяной битум с активной добавкой		IV, V
	Битумная эмульсия совместно с добавкой извести или цемента		II, III, IV, V
Пылеватый песок, различная супесь с числом пластичности менее 3	Битумная эмульсия с цементом или добавкой извести или цемента	4-6	II, III, IV, V
	Жидкий нефтяной битум с активной добавкой		IV, V
Супесь, близкая к оптимальному составу, галечниковый либо гравелистый пылеватый суглинок	Битумная эмульсия совместно с добавкой извести или цемента	4-6	II, III, IV, V
	Жидкий битум с активной добавкой		II, III
	Жидкий нефтяной битум совместно с цементом		IV, V
Супесь пылеватая, суглинок легкий пылеватый	Битумная эмульсия совместно с добавкой извести или цемента	5-8	II, III, IV, V
	Жидкий битум с активной добавкой		IV, V
	Битумная эмульсия совместно с карбамидной смолой		II, III
	Жидкий нефтяной битум совместно с цементом		IV, V
Супесь тяжелая пылеватая	Жидкий битум с добавкой извести (цемента), ПАВ	5-8	II, III, IV, V
	Жидкий битум		IV, V
Глина легкая песчаная и пылеватая с числом пластичности не более 22	Жидкий битум с добавкой извести (цемента) и ПАВ	8-10	III, IV, V

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ РАСЧЕТОВ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ПНСТ 542

Материал	Расчетный модуль упругости E , МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{укр}$, МПа
Крупнообломочные, гравелистые, крупные, средние, мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, <u>суглинки</u> с числом пластичности до 12 (см. ГОСТ 30491), обработанные		
вязкими или жидкими органическими вяжущими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	350	-
жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	600	0,40
Крупнообломочные, гравелистые, крупные, средние, мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, <u>суглинки</u> с числом пластичности до 12 (см. ПНСТ 321-2019), обработанные		
жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	350	-

Минимальная толщина слоя грунтов, обработанных органическими и неорганическими вяжущими по ГОСТ 59120 – 10 см.

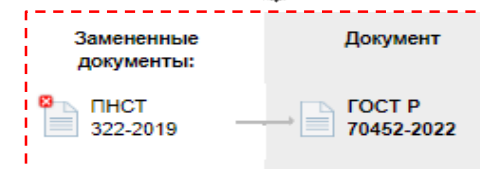
В ПНСТ 542 не для всех грунтов по ГОСТ Р 70453 указаны расчетные характеристики (нет глины, введено ограничение по числу пластичности для суглинков, не указан вид эмульсии)

Нет рекомендаций по применению грунтов, укрепленные органическими вяжущими в конструктивных слоях дорожных одежд и рабочем слое земляного полотна в ГОСТ Р 70453-2022 «ДАОП. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Общие технические условия»

2. ГРУНТЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ И УКРЕПЛЕННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ



ГОСТ Р 70452-2022 «ДАОП. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»



грунты укрепленные: Грунты, обработанные органическими, минеральными или комплексными вяжущими с целью повышения их физико-механических свойств.

неорганические вяжущие материалы: Порошкообразные минеральные материалы, которые при смешивании с водой образуют пластично-вязкое тесто, способное со временем под влиянием физико-химических процессов затвердевать, постепенно увеличивая свою прочность.

грунты стабилизированные: Грунты, обработанные стабилизаторами с целью улучшения их водно-физических свойств.

стабилизаторы: Многокомпонентные системы, включающие в своем составе (в основном) поверхностно-активные вещества как ионогенного, так и неионогенного типов и обладающие свойствами гидрофобизаторов, суперпластификаторов, полимеров, применяемые в строительстве для обработки грунтов с целью изменения их водно-физических свойств.

Грунты:

- крупнообломочные с размером частиц до 45 мм (фр.31,5-45 мм – не более 10%);
- пески; супеси; суглинки;
- глины, при условии доведения числа пластичности до 17;
- техногенные грунты, в том числе золошлаковые смеси, которые могут быть применены в качестве вторичных ресурсов.

Вяжущие материалы:

- цементы
- комплексные минеральные вяжущие по ГОСТ Р 70196-2022,
- молотые высокоактивные и активные шлаки черной, цветной металлургии и фосфорные шлаки;
- строительную известь;
- активные материалы с удельной поверхностью не менее 150 м/кг и полным остатком на сите с размером ячеек 0,063 мм не менее 20% масс., с прочностью не менее 2 МПа.

Добавки (допускается применять):

- золу-уноса;
- золошлаковые смеси;
- бокситовые и нефелиновые шламы;
- твердые порошковые отходы промышленного производства, (вторичные ресурсы).

Совместно с неорганическими вяжущими допускается применение медленнораспадающейся дорожной битумной эмульсии по ГОСТ Р 58952.1 или дорожного жидкого нефтяного битума по ГОСТ 11955 с условной вязкостью не более 100 с.

ГОСТ Р 70452-2022 «ДАОП. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»

Требуемое количество циклов замораживания и оттаивания

Конструктивный слой дорожной конструкции	Число циклов замораживания - оттаивания в зависимости от дорожно-климатической зоны				
	I	II	III	IV	V
Верхний слой основания дорожной одежды в конструкциях с двухслойным асфальтобетонным покрытием.	50	25	25	15	10
Основание дорожной одежды в конструкциях с монолитным цементобетонным покрытием	25	15	15	10	5
Нижний слой основания дорожной одежды в конструкциях с двухслойным асфальтобетонным покрытием.					
Основание дорожной одежды в конструкциях с сборным железобетонным покрытием	30	15	15	15	10
Верхний слой основания дорожной одежды в конструкциях с однослойным покрытием из щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных органическими или неорганическими вяжущими					
Нижний слой основания дорожной одежды в конструкциях с однослойным покрытием из щебеночно-гравийно-песчаных смесей, обработанных органическими или неорганическими вяжущими	-	10	10	5	5
Однослойное покрытие из укрепленного грунта с поверхностной обработкой		15	10	10	
Земляное полотно.	15	10	10	-	-
Дополнительный слой основания дорожной одежды					

В отличие от требования ГОСТ Р 70453-2022 по укреплению грунтов органическими вяжущими в ГОСТ Р 70452-2022 добавлены требования к однослойным покрытиям

Грунты, укрепленные неорганическими вяжущими, в зависимости от прочности на сжатие и прочности на растяжение при раскалывании в проектный срок набора прочности подразделяют на марки: М10; М20; М40; М60; М70; М80; М100, что соответствуют прочности на сжатие от 1 до 10 МПа.

Рекомендации по применению

Тип дорожной одежды	Марка по прочности, не ниже		
	Покрытие	Основание	Дополнительный слой основания
Капитальный	Не применяют	М40	М10
Облегченный			
Переходный	М40	М20	

Укрепленный грунт также может быть применен в рабочем слое земляного полотна

Модуль деформации, угол внутреннего трения и удельное сцепление стабилизированного грунта могут быть определены по ГОСТ 12248.3

ГРУНТЫ, УКРЕПЛЕННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Расчетные характеристики по ПНСТ 542

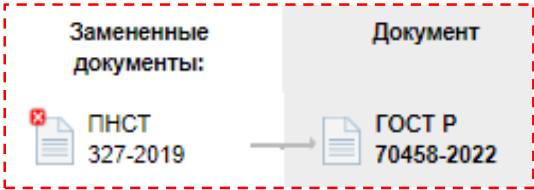
Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{укр}$, МПа
ЩПС, ГПС, обработанные цементом (см. ПНСТ 326-2019); крупнообломочные грунты, обработанные цементом (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	300	0,22
20	500	0,37
40	600	0,42
60	800	0,47
75*	870	0,50
100*	1000	0,70
ЩПС, ГПС, крупнообломочный грунт, обработанные зольным, шлаковым вяжущими, бокситовыми и нефелиновыми шлаками (см. ГОСТ 23558);		
ЩГПС, укрепленные, шлакопортландцементом, строительной известью (см. ПНСТ 326-2019); крупнообломочные грунты, укрепленные, шлакопортландцементом, строительной известью, зольным, шлаковым вяжущими (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	250	0,20
20	450	0,35
40	550	0,40
60	750	0,46
75*	870	0,50
100*	950	0,68
Гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, обработанные цементом (см. ГОСТ 23558);		
гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, укрепленные цементом (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	200	0,20
20	400	0,32
40	550	0,40
60	700	0,45
75*	870	0,50
100*	950	0,68

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{укр}$, МПа
Гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, обработанные зольным или шлаковым вяжущим (см. ГОСТ 23558);		
гравелистые, крупные, средние песчаные грунты, укрепленные шлаковыми, золошлаковыми и другими минеральными вяжущими, а также комплексным методом (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	180	0,18
20	300	0,23
40	450	0,35
60	600	0,40
80*, 75*	730	0,43
100*	870	0,53
Мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12, обработанные цементом (см. ГОСТ 23558);		
мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12, укрепленные цементом (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	160	0,18
20	250	0,29
40	400	0,37
60	550	0,42
80*, 75*	750	0,46
100*	870	0,57
Мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12, укрепленные шлаковыми, золошлаковыми и другими минеральными вяжущими (см. ГОСТ 23558); мелкие и пылеватые песчаные грунты, все виды супесей, суглинки с числом пластичности до 12, укрепленные шлаковыми, золошлаковыми и другими минеральными вяжущими, а также комплексным методом (см. ПНСТ 322-2019), соответствующие марке		
10	150	0,16
20	200	0,22
40	300	0,33
60	450	0,38
80*, 75*	600	0,42
100*	750	0,50

Расчетный модуль упругости меняется от 160 до 600 МПа в зависимости от вида грунта и состава укрепленного грунта.

3. ЩЕБЕНОЧНО-ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНАЯ СМЕСЬ

ЩПГС искусственно приготовленная смесь щебня, гравия и песка



ГОСТ Р 70458-2022 «ДАОП. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные. Общие технические условия»

Рекомендации по применению

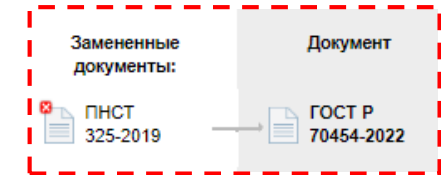
Тип ЩГПС (крупность зерен, мм)	0/8	0/11,2	0/16	0/22,4	0/31,5	0/45	0/63	0/90
Модуль упругости по ПНСТ 542-2021, МПа (изменение на 19 % между 0/8 и 0/90)	235	240	250	255	260	265	275	280
Покрытия дорожных одежд	M1, M2 (грансостав)					—	—	—
Основания дорожных одежд	M1, M2 (грансостав)							
Дренирующие слои	—	—	M1, M3 (грансостав) П3, П5 (содержание пылеватых и глинистых частиц)					
Морозозащитные слои	—	—	M2 (грансостав) П3, П5 (содержание пылеватых и глинистых частиц)					

Марка -проходы через сита с максимальным размером фракции. M1 выше по требованиям, чем M3. ЕСТЬ ВСЕГО 3 марки.
Марка по содержанию пылеватых и глинистых частиц - по массе частиц менее 0,63 мм $P_3 \leq 3\%$, $P_5 \leq 5\%$. ЕСТЬ ВСЕГО 6 марок, P3- min.
Категория – любая и существующих K85 или K90. ЕСТЬ ВСЕГО 2 категории.

Минимальная толщина слоя ЩГПС по ГОСТ Р 59120 - 15 см на песчаном основании, 8 см – на прочном основании (каменное или укрепленный грунт)

4. ЩГПС, УКРЕПЛЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Тип ЩГПС (крупность зерен, мм)	0/8	0/11,2	0/16	0/22,4	0/31,5	0/45	0/63	0/90
Укрепление вяжущими неорганическими и органическими	+				Не более 10% зерен		—	—



В качестве вяжущих применяют:

Для приготовления ЩГПС применяют:

- смеси щебеночно-гравийно-песчаные, смеси щебеночно-песчаные, смеси гравийно-песчаные по ГОСТ Р 70458;
- щебень и гравий по ГОСТ 32703;
- природный песок по ГОСТ 32824;
- дробленый песок по ГОСТ 32730;
- минеральный порошок по ГОСТ 32761.

В качестве минеральных добавок допускается применять:

- золу-уноса по ГОСТ 25818;
- золошлаковые смеси по ГОСТ 25592;
- бокситовые и нефелиновые шламы с содержанием двухкальциевого силиката не менее 40 % масс.;
- твердые порошковые отходы промышленного производства, которые могут являться источниками вторичных ресурсов.

В качестве активных добавок применяют ПАВ

1. Органические :

- вязкие дорожные нефтяные битумы по ГОСТ 33133, в том числе вспененные;
- жидкие дорожные нефтяные битумы по ГОСТ 11955 с условной вязкостью не более 100 с;
- медленнораспадающиеся дорожные битумные эмульсии по ГОСТ Р 58952.1;
- другие органические вяжущие (карбамидоформальдегидные смолы, битумные пасты, высокосмолистые нефти).

2. Неорганические совместно с органическими

- цемент по ГОСТ 33174 или ГОСТ 31108;
- комплексные минеральные вяжущие по ГОСТ Р 70196;
- строительную известь по ГОСТ 9179;
- активные материалы с удельной поверхностью не менее 150 м²/кг и полным остатком на сите с размером ячеек 0,063 мм не менее 20 % масс., с прочностью, определенной по ГОСТ 32820 не менее 2 МПа.

Расчетный модуль упругости слоев из ЩГПС, обработанных органическими вяжущими, составляет от 450 до 700 МПа в зависимости от состава ЩГПС и вяжущего

Минимальная толщина слоя по ГОСТ Р 59120 в конструкциях дорожных одежд - 10 см

ГОСТ Р 70458-2022 по укреплению ЩГПС органическими вяжущими содержит также требования к ЩГПС укрепленному комплексными вяжущими

5. ЩГПС, УКРЕПЛЕННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

ГОСТ Р 70455-2022 «ДАОП. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»

Материалы, применяемым при укреплении ЩГПС

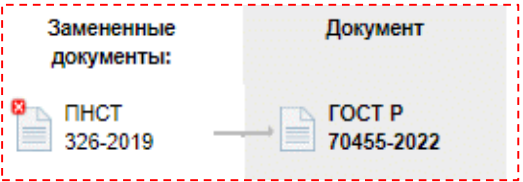
Для обработки применяют щебеночно-гравийно-песчаные смеси, соответствующие требованиям ГОСТ Р 70458.

В качестве вяжущих применяют:

- цементы по ГОСТ 33174, ГОСТ 22266, ГОСТ 31108
- комплексные минеральные вяжущие по ГОСТ Р 70196;
- молотые высокоактивные и активные шлаки черной, цветной металлургии и фосфорные шлаки по ГОСТ 32826;
- строительную известь по ГОСТ 9179;
- активные материалы с удельной поверхностью не менее 150 м/кг и полным остатком на сите с размером ячеек 0,063 мм не менее 20% масс., с прочностью, определенной по ГОСТ 32820, не менее 2 МПа.

В качестве добавок допускается применять:

- золу-уноса по ГОСТ 25818;
- золошлаковые смеси по ГОСТ 25592;
- бокситовые и нефелиновые шламы с содержанием двухкальциевого силиката не менее 40% масс.;
- твердые порошковые отходы промышленного производства, которые могут являться источниками вторичных ресурсов.



Установлены требования по применению ЩГПС укрепленных

- по маркам по прочности в зависимости от категории дороги и конструктивного слоя по типам дорожной одежды
- по морозоустойчивости

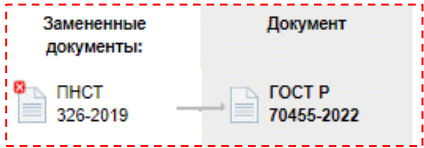
Требования по морозоустойчивости

Тип дорожной одежды	Морозоустойчивость в зависимости от температуры эксплуатации			
	От 0 до - 5	От -5 до -15	От -15 до -30	Ниже -30
Капитальный	F15	F25	F25	F50
Облегченный	F10	F15	F25	F50
Переходный	F10	F10	F25	Не применяют

ЩПГС, УКРЕПЛЕННЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ



ГОСТ Р 70455-2022 «ДАОП. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»



Рекомендации по ГОСТ Р 70455-2022 и расчетные характеристики

Слои дорожных одежд по категориям дорог	Тип дорожной одежды	Марка по прочности не ниже (по ГОСТ 70455)	Минимальный расчетный модуль упругости*, МПа (по ПНСТ 542-2021)	Минимальная прочность на растяжение при изгибе*, МПа (по ПНСТ 542-2021)
Покрытие IV, IVA-р, IVБ-р, IVБ-п, IVA-п, VA	Капитальный, облегченный	—	—	—
	Переходный	M40	600 (550)	0,42 (0,40)
Основание I, II, III, IV, IVA-р, IVБ-р, IVБ-п, IVA-п, VA	Капитальный	M60	800 (750)	0,47 (0,46)
	Облегченный	M40	600 (550)	0,42 (0,40)
	Переходный	M20	500 (450)	0,37 (0,35)
Дополнительный слой основания	Капитальный, облегченный, переходный	M10	300 (250)	0,22 (0,20)

* - В скобках приведены значения для ЩПГС, укрепленные шлакопортландцементом, строительной известью, зольным, шлаковыми вяжущими

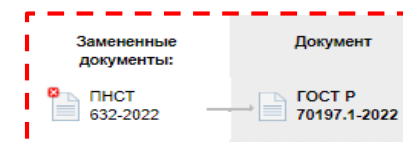
Минимальная толщина слоя в конструкциях дорожных одежд по аналогии с каменными материалами и грунтами, обработанными органическими или неорганическими вяжущими (по ГОСТ Р 59120) - 10 см

6. ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ СМЕСЬ (ОМС)

Органоминеральная смесь (ОМС) это искусственная смесь, получаемая смешением на дороге или в смесительных установках щебня (гравия), песка или их смесей, а также минерального порошка (в том числе порошковых отходов производства) с органическими вяжущими и активными добавками и без них или с органическими вяжущими совместно с минеральными (по п. 3.1 ГОСТ 30491).

1. ГОСТ 30491-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия
2. ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия», разработан АНО «НИИ ТСК» при участии ООО «Автодорис»
3. ОДМ 218.3.084-2020 «Рекомендации по приготовлению и применению органоминеральных смесей при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд капитального и облегченного типов»
4. ПНСТ 632-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием демонтированного асфальтобетона. Технические условия», разработан ООО «Автодорис». **Отменен с 22.06.2023.**
5. ПНСТ 306-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием переработанного асфальтобетона (РАП). Технические условия». **Отменен с 01.11.2021.**

Межгосударственный
стандарт



ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ СМЕСЬ И ХОЛОДНАЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ СМЕСЬ (ОМС И ХОМС С RAP)



Состав ОМС по ГОСТ 30491-2012

Органоминеральная смесь: Искусственная смесь, получаемая смешением на дороге или в смесительных установках щебня (гравия), песка или их смесей, а также минерального порошка (в том числе порошковых отходов производства) с органическими вяжущими и активными добавками и без них или с органическими вяжущими совместно с минеральными.

- щебень (гравий)
- песок;
- щебеночно-гравийно-песчаные смеси;
- шлаковые щебеночно-песчаные смеси;
- гравийно-песчаные смеси;
- минеральные порошки;
- Органические вяжущие (битумы нефтяные дорожные вязкие, вспененные битумы, карбамидоформальдегидные смолы, битумные пасты, высокосмолистые нефти, полимерные эмульсии)
- минеральные вяжущие (портландцемент, шлакопортландцемент)
- добавки: активные (ПАВ);
- вода

RAP не предусмотрен

ОМС по ОДМ 218.3.084-2020

Содержание асфальтогранулята в смеси допускается менее 60% от массы минеральной части.

Виды материалов для производства ОМС близкие по ГОСТ 30491-2012 и ГОСТ Р 70197.1

Состав ХОМС с RAP по ГОСТ Р 70197.1 -2022

Холодная органоминеральная смесь: Рационально подобранная смесь, получаемая перемешиванием на дороге или в смесительных установках (стационарных или мобильных) без нагрева щебня (гравия), песка, добавок (при необходимости) и вторичного асфальтобетона с минеральным или комплексным вяжущим.

Вторичный асфальтобетон: Асфальтобетонный гранулят или переработанный асфальтобетон (RAP).

- щебень (гравий)
- щебеночно-песчаная смесь
- песок (или Щ и П)
- асфальтобетонный гранулят
- переработанный асфальтобетон (RAP)
- Органические вяжущие (медленнораспадающиеся битумные эмульсии, вспененные битумы)
- минеральные вяжущие (цементы);
- добавки: активные (ПАВ); минеральные (минеральный порошок, золу-уноса, строительную известь, твердые порошковые отходы промышленного производства, активные золошлаковые смеси и др.)
- вода

УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОМС И ХОМС С RAP

Зерновой состав минеральной части крупно- и мелкозернистых смесей и прочность щебня и гравия ГОСТ 30491-2012

Конструктивный слой	Максимальная крупность зерен щебня (гравия), мм	Содержание, % по массе			Марка по дробимости (прочность), не менее
		Щебня, не более	Зерен мельче 0,63 мм, не менее	Зерен мельче 0,071 мм, не менее	
Покрытие	20	65	24	8	800
	20	50	38	10	400
	15	35	50	12	300
	10	35	50	12	200
Основание	40	70	12	Не нормируется То же	800
	40	55	20		400
	20	35	30		300
	15	35	30		200

ГОСТ Р 70197.1-2022 (ОМС с RAP)

Категория дороги	Конструктивный слой	
	Покрытие	Основание
I, II, III	-	+
IV, IVA-p, IVБ-p, IVБ-п, IVA-п, VA	+	+

Рекомендации ОДМ 218.3.084-2020 (ОМС и ОМС с RAP)

Вид органоминеральной смеси	Суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы, тыс.	Категория дороги в соответствии с СП 34.13330.2021, ГОСТ Р 58818	Укрепление грунтов рабочего слоя для дорожных одежд		
			Покрытие	Основание	
				Верхний	Нижний
С жидкими органическими вяжущими	300 и менее	IV, IVA-p, IVБ-p, IVБ-п, IVA-п, VA	+	-	-
с жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными	более 3000	I, II	-	-	+
	3000 и менее	III, IV	-	+	+
	300 и менее	IV, IVA-p, IVБ-p, IVБ-п, IVA-п, VA	+	+	+
с вязкими, в том числе эмульгированными органическими вяжущими	2000 и менее	III, IV	-	-	+
	1000 и менее	IV	-	+	+
	300 и менее	IV, IVA-p, IVБ-p, IVБ-п, IVA-п, VA	+	+	+
с жидким или вязкими, в том числе эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	более 3000	I, II	-	-	+
	3000 и менее	III, IV	-	+	+
	300 и менее	IV, IVA-p, IVБ-p, IVБ-п, IVA-п, VA	+	+	+

ГОСТ Р 70197.1-2022

Распространяется на ХОМС, содержащие вторичный асфальтобетон в количестве не менее 15%, предназначенные для устройства слоев оснований и покрытий дорожных одежд

Типы ХОМС с RAP

ОМС 16 М, ОМС 16 К, ОМС 32 М, ОМС 32 К

- 16, 32 – номинально максимальным размером зерен заполнителя, мм
- М – ОМС на основе минеральных вяжущих, в том числе совместно с порошковыми отходами промышленного производства
- К – ОМС на основе комплексного вяжущего

Минимальная толщина слоя по ГОСТ 59120 может быть только по аналогии с имеющимися требованиями 8 см как для щебеночных (гравийных) материалов, обработанных органическим вяжущим

ПНСТ 632-2022 (отменен)

Распространяется на ХОМС, содержащие демонтированный асфальтобетон, предназначенные для устройства слоев оснований и покрытий дорожных одежд
Демонтированный асфальтобетон добавляется в виде отдельных фракций

Типы ХОМС с RAP

ХО 32 ЭМ, ХО 32 Э, ХП 16 ЭМ, ХП 16 Э

- О, П – смеси для слоя, соответственно, основания или покрытия.
- 16, 32 - номинальный максимальный размер в мм.
- Э – на основе битумных эмульсий;
- ЭМ – на основе комплексного вяжущее (битумной эмульсии и минерального вяжущего).

Расчетные характеристики слоев из ХОМС по ПНСТ 542-2021 только для отмененного ПНСТ 632-2022

Обозначение смесей	Расчетный модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа
ХО 32 ЭМ	1000	0,65
ХО 32 Э	450	-
ХП16 ЭМ	1200	0,70
ХП 16 Э	600	-

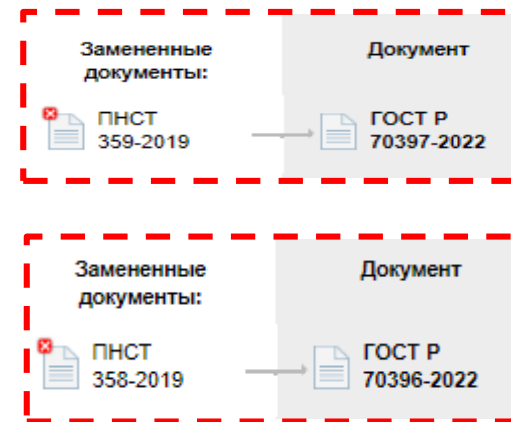
7. СМЕСИ ТЕПЛЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН (ТЕПЛЫЕ А, SP, ЩМА и SMA)

ГОСТ Р 70396-2022 «ДАОП. Смеси теплые асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия»

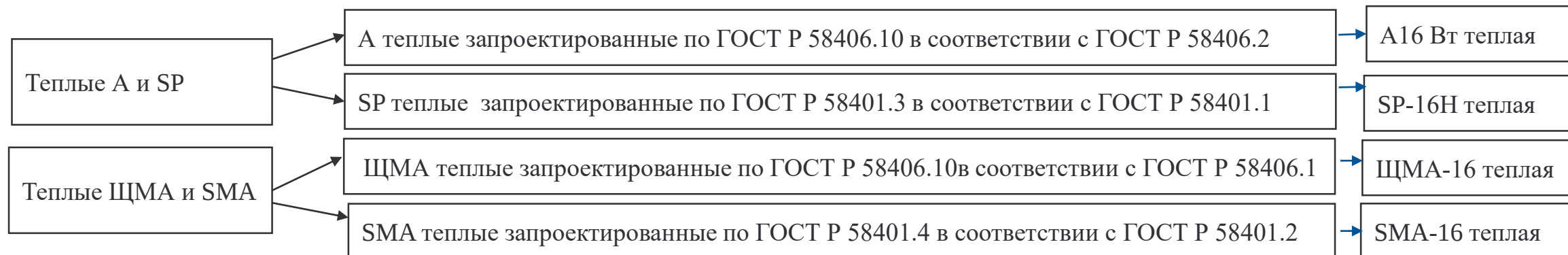
ГОСТ Р 70397-2022 «ДАОП. Смеси теплые щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия»

Теплая асфальтобетонная (щебеночно-мастичная) смесь - асфальтобетонная смесь (щебеночно-мастичная) , приготовленная при температуре ниже температуры смешивания более чем на 20°C, с применением теплых технологий (вспененное битумное вяжущее, водосодержащие добавки, химические добавки или органические добавки).

Оптимальные интервалы температур смешивания и уплотнения при проектировании теплых асфальтобетонных смесей определяют при выполнении пробных замесов в лаборатории или на асфальтобетонном заводе.



В зависимости от системы проектирования асфальтобетонных смесей выделяют:



А и ЩМА – соответственно, асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон по Маршаллу
SP и SMA - соответственно, асфальтобетон и по системе объемно-функционального проектирования

Теплые А и SP допускается применять при устройстве всех конструктивных асфальтобетонных слоев, теплые ЩМА и SMA – в верхнем слое покрытия.

Требования к показателям теплых ЩМА ГОСТ Р 70397

Наименование показателя	Тип смеси			
	ЩМА 22 теплая	ЩМА 16 теплая	ЩМА 11 теплая	ЩМА 8 теплая
Эксплуатационный показатель				
Средняя глубина колеи, мм, не более	5,0 (4,0)			
Дополнительные показатели				
Угол наклона кривой <u>колееобразования</u> , мм/1000 циклов, не более	0,18 (0,15)			
Разрушающая нагрузка по Маршаллу, Н, не менее	5500 (6200)			
Деформация по Маршаллу, мм	от 2,0 до 4,5 (от 2,0 до 4,0)			

Требования к показателям теплых А ГОСТ Р 70396

Наименование показателя	Верхний слой покрытия (нижний слой покрытия)			Слой основания		
	Условия движения					
	Т	Н	Л	Т	Н	Л
Эксплуатационный показатель						
Средняя глубина колеи, мм, не более	5,0 (6,5)	5,5 (7,0)	7,5 (не нормируется)	9,0	10,0	Не нормируется
Дополнительные показатели						
Угол наклона кривой колееобразования, мм/1000 циклов, не более	0,18 (0,28)	0,23(0,33)	0,35 (не нормируется)	0,35	0,45	Не нормируется
Разрушающая нагрузка по Маршаллу, Н, не менее	7000 (7000)	4300 (4300)	3150 (3150)	Не нормируется		
Деформация по Маршаллу, мм	От 2,0 до 4,0 (От 2,0 до 4,0)	От 2,0 до 4,5 (От 2,0 до 4,5)	От 2,0 до 5,0 (От 2,0 до5,0)			

* - в скобках приведены показатели для ЩМА по ГОСТ Р 58406.1.

В ГОСТ Р 70396 не указано, что требования, представленные в таблицах, распространяются на теплые SMA и SP

Требования к эксплуатационным показателям теплых асфальтобетонных смесей

Условия движения по количеству приложений АК-11,5	Число текучести, циклы, не менее	Глубина колеи, мм, не более
Т	105	4,5
Э	415	3,5

Допускается применение переработанного асфальтобетона (RAP), при условии соответствия показателей теплых асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов требованиям ГОСТ Р 70396 или 70397. Применяемый переработанный асфальтобетон (RAP) должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 59118.1 (% не нормируется)

Расчетные характеристики теплых асфальтобетонных смесей в методике расчетов в настоящее время отсутствуют. Требования по толщине слоев совпадают с требованиями ГОСТ Р 59120 для асфальтобетонов.

8. СМЕСИ ХОЛОДНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН



ГОСТ Р 70648-2023 «ДАОП. Смеси холодные асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия»



Универсальная холодная асфальтобетонная смесь - это рационально подобранная смесь, состоящая из минеральной части (щебня, песка и минерального порошка или без него) и жидкого органического вяжущего (жидкого нефтяного дорожного битума или модифицированного жидкого битума), взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

Холодные асфальтобетонные смеси и асфальтобетон предназначены

- для устройства верхних слоев покрытий
- ликвидации выбоин.

ГОСТ Р 70648-2023 не распространяется на холодные смеси с использованием битумных эмульсий.

Классификация холодных асфальтобетонных смесей (АХ)

В зависимости от используемого вяжущего:

- на смеси с жидким нефтяным дорожным битумом;
- смеси с модифицированным жидким битумом.

В зависимости от назначения:

- универсальные (АХ), предназначенные для выполнения дорожных работ по ликвидации выбоин и устройства асфальтобетонных покрытий;
- многощебенистые ремонтные смеси (АХР), предназначенные для ликвидации выбоин в покрытиях из асфальтобетонных и органоминеральных смесей.

Типы универсальных холодных асфальтобетонных смесей

Тип асфальтобетонной смеси	АХ5	АХ8	АХ11	АХ16	АХ22
Номинально максимальный размер применяемого минерального заполнителя, мм	5,6	8,0	11,2	16	22,4

Температура приготовления холодных асфальтобетонных смесей зависит от условной вязкости вяжущего:

- 80-110 °С для жидкого полимер-битумного вяжущего;
- 80-130 °С для жидкого битума.

Температура смеси для устройства покрытий – не ниже 25°С. Температура воздуха не ниже 5°С.

Марки АХ

В зависимости от требований к используемым минеральным материалам и значений нормируемых физико-механических показателей холодные асфальтобетоны и асфальтобетонные смеси АХ подразделяют на марки: М1, М2, М3.

Дополнительным компонентом холодной асфальтобетонной смеси, при необходимости, является переработанный асфальтобетон в количестве до 15 % массы минеральной части смеси.

Рекомендуемая область применения универсальных холодных асфальтобетонных смесей

Категория дороги в соответствии ГОСТ 33382, ГОСТ Р 58818	Область применения для марки смеси		
	Устройство покрытия		Ликвидация выбоин
	Дорожно-климатическая зона		
	I-III	IV V	I-V
I, II, III	-	-	M1, M2
IV, V. IVA-р, IVБ-р, IVБ-п, IVA-п, VA	M1	M1, M2	M1, M2, M3

Для теплых и холодных асфальтобетонов минимальная толщина слоя покрытия по ГОСТ Р 59120, по аналогии с покрытиями из асфальтобетонов в зависимости от номинально максимальный размер применяемого минерального заполнителя

Материалы конструктивных слоев	Минимальная толщина слоя, см
Асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размерам зерен не более 11,2 мм)	3
Асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размерам зерен более 11.2 мм)	Не менее 2.5-кратного номинально максимального размера зерен минерального материала

Толщина слоя износа – 3 см назначается по ГОСТ Р 50597-2017 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля»

Расчетные характеристики асфальтобетонов теплых и холодных в настоящее время отсутствуют

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ ВЯЖУЩИМИ, ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД (ТРЕБОВАНИЯ ПНСТ 542-2021)

1. Устройство слоев основания из материалов, укрепленных неорганическими, органическими и комплексными вяжущими.

Минимальная толщина слоев асфальтобетона и материалов, содержащих органическое вяжущее, с учетом слоя износа, должна быть 22 см для дорожных одежд капитального типа и 16 см - для дорожных одежд облегченного типа, и не менее толщины слоя основания, укрепленного неорганическими вяжущими.

Допускается уменьшение толщины вышележащих слоев, обработанных органическими вяжущими, на 20% а в условиях жаркого и сухого климата (в ДКЗ IV и V) - на 30% в применения материалов, случаях обработанных комплексными вяжущими, а также медленно твердеющими минеральными вяжущими, при соответствии конструкции всем требованиям расчета на прочность и морозоустойчивость.

2. Под слоем основания из укрепленных материалов рекомендуется устраивать основание из ЩПС или ЩГПС, а также из фракционированного щебня, устраиваемого по способу заклинки.
3. Не рекомендуется располагать неукрепленные зернистые материалы между слоями из материалов или грунтов, укрепленных вяжущими.
4. Допускается устройство дополнительного слоя основания выполняющего функцию морозозащитного слоя из песка, ГПС, ПГС, ЩПС и ЩГПС, обработанных вяжущими

Материалы, содержащие органические вяжущие в т.ч. асфальтобетон	$\geq h$
Материалы укрепленные комплексным вяжущим	$\geq 22 \text{ см}$
	h

Материалы, содержащие органические вяжущие в т.ч. асфальтобетон	$\geq (h-20\%)$
Материалы укрепленные неорганическими вяжущим	$\geq (22 \text{ см}-20\%) \approx 18$
	h

Материал или грунт, укрепленные вяжущим*

Щебень фракционированный, устроенный по способу заклинки или Щебеночно-песчаная смесь или Щебеночно-гравийная-песчаная смесь

~~Материал или грунт, укрепленные вяжущим*~~

~~Неукрепленный зернистый материал~~

~~Материал или грунт, укрепленные вяжущим*~~

* неорганическое, органическое и комплексное вяжущее



ВЫВОДЫ

1

- ГОСТы Р, принятые в 2022-2023, содержат необходимые определения, требования к физико-механическим свойствам и характеристикам материалов. В основном во всех документах содержатся приложения с рекомендациями по их применению в конструкциях дорожных одежд.

2

- Максимально подробно в нормативных документах даны рекомендации для грунтов и ЩГПС, укрепленных неорганическими вяжущими.

3

- Целесообразно актуализировать и конкретизировать рекомендации для обоснованного применения в конструктивных слоях дорожных одежд :

- для грунтов, укрепленных органическими вяжущими, рекомендации отсутствуют в ГОСТ Р 70453-2022,

- для ОМС с RAP в ГОСТ Р 70197.1-2022 имеются обобщенные рекомендации (указаны только конструктивные слои и категории автомобильных дорог).

4

- В настоящее время документы по ОМС недостаточно увязаны между собой в части классификации ОМС и требований к ним, что привело к невозможности обоснованного применения ОМС с RAP по ГОСТ Р 70197.1-2022 в конструкциях дорожных одежд, в том числе из-за отсутствия расчетных характеристик.

5

- Для грунтов, укрепленных вяжущими, необходимы рекомендации по их применению в рабочем слое земляного полотна. Особенно это актуально, т.к. введено требование по прочности к грунтам рабочего слоя.

6

- Требование ПНСТ 542 к толщине пакета слоев из асфальтобетона и материалов, содержащих органические вяжущие, уложенных на материалы, укрепленные неорганическими или комплексными вяжущими, требует корректировки или дополнений для теплых и холодных асфальтобетонов.

7

- Для всех рассмотренных материалов конструктивных слоев дорожных одежд целесообразно ввести расчетные характеристики в разрабатываемый ныне ГОСТ Р по конструированию и расчетам дорожных одежд переходного и низшего типов для дорог с низкой интенсивностью движения.

**Спасибо
за внимание**





РОСДОРНИИ

Методы снижения трещинообразования на асфальтобетонных покрытиях нежестких дорожных одежд

Главный специалист отдела конструкций
земляного полотна ФАУ «РОСДОРНИИ», к.т.н.

Беляев Николай Николаевич

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

1. Перечень основных нормативных и методических документов по проблеме трещинообразования на асфальтобетонных покрытиях.
2. Классификация трещин асфальтобетонных покрытий, причины трещинообразования.
3. Влияние трещин дорожного покрытия на эксплуатацию автомобильных дорог и нормативные требования в отношении трещинообразования.
4. Методы снижения усталостного трещинообразования.
5. Методы снижения трещинообразования в результате морозного пучения или неравномерных осадок.
6. Методы снижения температурного трещинообразования.
7. Методы снижения отраженного трещинообразования.

Автомобильные дороги с асфальтобетонными покрытиями составляют более 60% протяженности автодорожной сети Российской Федерации. Одним из наиболее распространенных дефектов асфальтобетонных покрытий, наряду с колеей и выбоинами, являются трещины. По некоторым данным, до 60% площади дорожных асфальтобетонных покрытий имеют трещины того или иного происхождения.

[ГОСТ 32825-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений»]:

Трещина - разрушение дорожного покрытия, проявляющееся в нарушении сплошности покрытия. При этом, длина и глубина трещины намного больше ее ширины.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ПРОБЛЕМЕ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ



- [1] ГОСТ 32825-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений»
- [2] ГОСТ Р 55029-2020 «Материалы геосинтетические для армирования асфальтобетонных слоев дорожной одежды. Технические требования».
- [3] ГОСТ Р 58400.1-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации».
- [4] ГОСТ Р 58400.2-2019 «Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом уровней эксплуатационных транспортных нагрузок».
- [5] ГОСТ Р 58401.1-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования».
- [6] ГОСТ Р 58401.2-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования».
- [7] ГОСТ Р 58406.1-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия».
- [8] ГОСТ Р 58406.2-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия».
- [9] ГОСТ Р 59201-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила».
- [10] ПНСТ 542-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования».
- [11] ОДМ 218.3.036-2013 «Рекомендации по технологии санации трещин и швов в эксплуатируемых дорожных покрытиях»
- [12] ОДМ 218.3.041-2020 «Методические рекомендации по армированию асфальтобетонных слоев дорожных одежд стальными сетками».
- [13] ОДМ 218.3.119-2019 «Методические рекомендации по применению нежестких дорожных одежд с основаниями из укрепленных или обработанных вяжущими каменных материалов и грунтов».
- [14] ОДМ 218.4.039-2018 «Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог».

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТРЕЩИН АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Трещины в асфальтобетонном покрытии подразделяются на технологические и эксплуатационные.

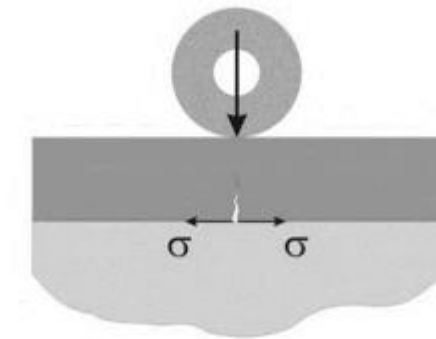
Технологические трещины образуются из-за некачественного выполнения дорожно-строительных работ и предотвращаются путем соблюдения нормативных требований к технологии выполнения работ по устройству асфальтобетонных покрытий.

Эксплуатационные трещины в дорожном покрытии образуются от растягивающих напряжений в результате комплексного воздействия внешних силовых (транспортная нагрузка) и несиловых (температурные деформации) факторов.

Классификация трещин:

По причинам образования	По расположению на дорожном полотне	По ширине	По глубине
Усталостные	Продольные	Узкие (до 5 мм)	Поверхностные
В результате морозного пучения и неравномерных осадок	Поперечные	Средние (до 10 мм)	Сквозные
Температурные	Диагональные	Широкие (до 30 мм)	
Отраженные			

Усталостная трещина



УСТАЛОСТНЫЕ ТРЕЩИНЫ

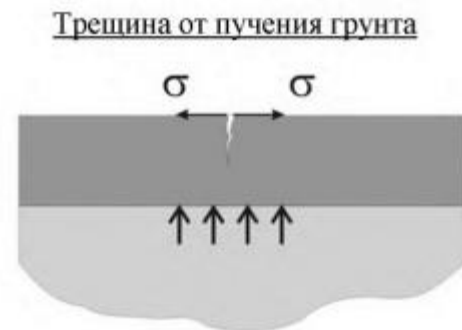
Усталостные трещины, возникают при изгибе монолитного слоя от многократных транспортных нагрузок. Развиваются снизу вверх от подошвы к поверхности покрытия.



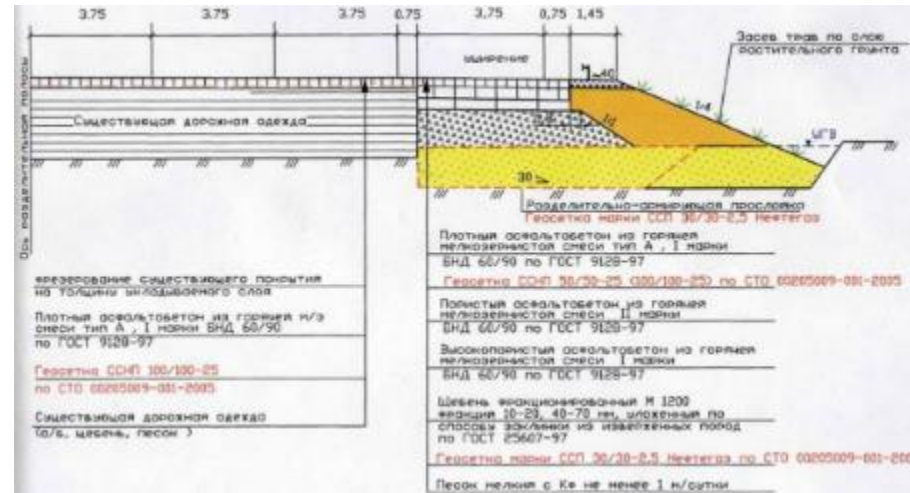
Взаимопересекающиеся поперечные, продольные и диагональные трещины, делящие поверхность покрытия на многоугольники со сторонами 0,5-1,0 м и менее, образуют **сетку трещин**. Сетка трещин с мелкими ячейками размером сторон порядка 10-20 см может образовываться на полосах наката в тонких покрытиях расположенных на недостаточно прочном основании, особенно на участках оттаивания переувлажненного грунта в весенний период и в период пучинообразования. Сетка трещин является разновидностью усталостного трещинообразования.

ТРЕЩИНЫ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ

Такие трещины образуются в результате неравномерного поднятия асфальтобетонного покрытия при морозном пучении грунтов, подстилающих дорожную одежду. По вертикали эти трещины развиваются сверху вниз, от поверхности покрытия к основанию.



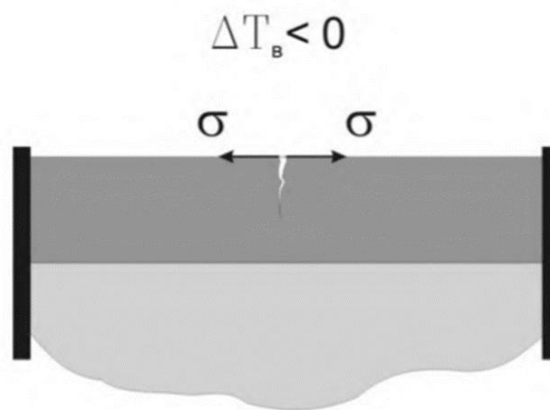
Продольные трещины вдоль границы уширения дорожной конструкции возникают в результате неравномерных осадок соседних разнопрочных участков дорожной одежды.



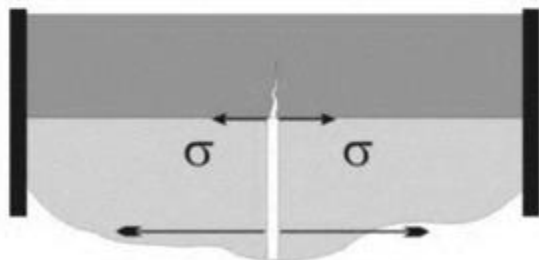
Трещины, возникающие на асфальтобетонном покрытии в результате недопустимых деформаций грунтов земляного полотна

Температурные трещины возникают в результате охлаждения и сопротивления покрытия температурной усадке. По вертикали эти трещины развиваются сверху вниз, от поверхности покрытия к основанию. Температурные трещины располагаются поперек проезжей части с регулярным шагом.

Температурная трещина



Отраженная трещина



Отраженные трещины копируют швы или трещины жестких трещиновато-блочных оснований (бетонных или из ЩЦПС), либо копируют трещины в нижележащих старых трещиновато-блочных асфальтобетонных слоях. Отраженные трещины являются специфической разновидностью усталостных трещин и тоже развиваются снизу вверх.

3. ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИН ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ



ГОСТ Р 50597-2017 «Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля» не рассматривает трещины, в отличие от выбоин или колеи, как дефект, влияющий на безопасность движения.

Не загерметизированные трещины служат источником дополнительного увлажнения нижележащих слоев дорожной одежды и подстилающих грунтов.

Наблюдения показывают, что до 90% выбоин на асфальтобетонных покрытиях образуются в местах пересечения полос наката с трещинами. По некоторым данным, даже загерметизированная сквозная трещина может ослаблять треснувший конструктивный слой на 45 - 65%, на расстоянии до 0,5 м от трещины. В результате, вдоль трещины образуется зона шириной до 1 м с пониженным общим модулем упругости дорожной одежды. Кроме того, трещина создает неровность, при проезде которой усиливается динамическое воздействие колеса автомобиля на кромки трещины. Что ускоряет образование выбоины.

Глубина сквозной трещины	Оценка снижения общего модуля упругости дорожной одежды рядом с трещиной	Оценка снижения ресурса дорожной одежды рядом с трещиной
Один слой а/б	Минус 10-15%	В 1,5-2 раза
Три слоя а/б	Минус 25-30%	В 6-10 раз

На основании формулы (9) ПНСТ 542-2021[10]:

$$E_{\min} = \sqrt{\frac{p}{0,6}} 98,65 (\lg \sum N_p - C),$$

можно оценить, насколько снизится ресурс дорожной одежды (по числу приложения расчетных нагрузок $\sum N_p$), при снижении общего модуля упругости дорожной одежды E. В таблице представлена такая оценка возможного влияния трещины на долговечность дорожной одежды.

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Трещина в асфальтобетонном покрытии – это значительный дефект. Степень опасности трещин для дорожной одежды зависит от их шага (расстояния между соседними трещинами). В таблице 4.5 ОДМ 218.3.036-2013[11], дается балльная оценка дефектов дорожного покрытия, в том числе трещин:

В том случае, когда расстояние между трещинами менее 1 м (< 3 баллов), ослабленные зоны соседних трещин сливаются и наступает отказ дорожной одежды.

Наличие сетки трещин на покрытии также свидетельствует об отказе дорожной одежды.

Вид дефекта	Оценка в баллах
Поперечные редкие трещины на расстоянии 8 - 10 м	4,3
Поперечные частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3 - 4 м	3,2
То же 1 - 2 м	2,6

4. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ УСТАЛОСТНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Основной метод предотвращения образования продольной усталостной трещины по полосе наката – проверочный расчет по методике ПНСТ 542-2021 (п. 9.6 «Расчет дорожной одежды на сопротивление слоев из асфальтобетона усталостному разрушению от растяжения при изгибе»).

Образование трещин от усталостного разрушения не будет происходить при условии:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{пр}^{тр}}, \tag{1}$$

где σ_r - наибольшее растягивающее напряжение в слое асфальтобетона;
RN - предельное напряжение на растяжение при изгибе асфальтобетона;
 $K_{пр}^{тр}$ - требуемый коэффициент прочности.

При изменении конструкции дорожной одежды величина σ_r может изменяться в 6-14 раз.

В то время, как выбор различных стандартных типов асфальтобетонов по ГОСТ Р 58401.1-2019 [5], ГОСТ Р 58401.2-2019 [6], ГОСТ Р 58406.1-2020 [7] или ГОСТ Р 58406.2-2020 [8] позволяет изменять величину RN только в пределах до 30%.

Таким образом, основной путь обеспечения усталостной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий – это увеличение толщин конструктивных слоев асфальтобетонных слоев покрытия и конструктивных слоев основания дорожной одежды при проектировании. Что не всегда целесообразно по технико-экономическим соображениям.

Выходом из этого положения может служить усиление асфальтобетонного покрытия различными армирующими материалами. Применение технологии армирования асфальтобетонных слоев геосетками или стальными сетками для усиления дорожных одежд предусмотрено п. 6.3.25 ГОСТ Р 59201-2021 [9].

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕТКИ ТРЕЩИН

Отдельной формой усталостного трещинообразования на асфальтобетонных покрытиях является образование сетки трещин по полосам наката.

При нормативной прочности дорожной одежды по всем критериям нет условий для появления усталостной сетки трещин в верхнем слое покрытия. Поэтому специальная методика дополнительного проверочного расчета дорожной одежды на этот вид трещиностойкости в нормативных документах не предусмотрена.

5. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ИЛИ НЕРАВНОМЕРНЫХ ОСАДОК

При морозном пучении (неравномерном поднятии дорожной одежды) трещины на асфальтобетонном покрытии не образуются, если величина морозного пучения дорожной конструкции не превышает для асфальтобетонных покрытий **при капитальном типе дорожной одежды - 4 см, при облегченной дорожной одежде – 6 см** (табл. 2 ГОСТ Р 59120-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования»). Для выполнения этого условия проводится проверочный расчет дорожной одежды на морозоустойчивость по методике ПНСТ 542-2021 [10] (п.10. «Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость»).

На практике применяются различные конструктивные мероприятия при проектировании автомобильной дороги для уменьшения величины морозного пучения и, соответственно, для предотвращения образования трещин. В том числе:

- устройство дополнительного морозозащитного слоя основания дорожной одежды;
- регулирование свойств подстилающих дорожную одежду грунтов (замена пучинистых грунтов на непучинистые, изменение свойств грунтов путем их укрепления или стабилизации);
- регулирование водного режима земляного полотна (увеличение высоты насыпи, эффективный водоотвод, капилляропрерывающие прослойки в основании насыпи);
- регулирование теплового режима земляного полотна (теплоизолирующие прослойки выше пучинистого грунта).



При ремонте автомобильных дорог эффективным является также армирование асфальтобетонного покрытия.

Пример: армирование асфальтобетонного покрытия стальной сеткой на пучинистом участке а/д «Горская – Осиновая Роща» (Петербург) в 2013 году. До ремонта раскрытие длинной трещины - более 50 мм. Через 10 лет после ремонта - уменьшилась длина трещины, раскрытие трещины менее 5 мм.

Август 2018 г.

Трещина по границе уширения дорожной конструкции провоцируется разной жесткостью существующей и пристраиваемой дорожной одежды.

Для предотвращения образования таких трещин, ГОСТ Р 59201-2021 [9] предусматривает армирование асфальтобетонного покрытия на ширину не менее 1 м в каждую сторону от границы уширения. Для этой цели ГОСТ Р 59201-2021 [9] допускает применение как полимерных, так и стальных армирующих сеток.

Пример:

Проведено армирование асфальтобетонного покрытия стальной сеткой вдоль границы уширения при реконструкции кольцевой дороги категории IА вокруг г. Санкт-Петербурга.

Левая (существующая) полоса движения имеет дорожную одежду с основанием из тощего бетона. Правая (пристраиваемая) полоса движения с основанием из ЩПС.

За истекший период продольная трещина на асфальтобетонном покрытии не образовалась несмотря на то, что граница уширения находится в пределах полосы очень интенсивного движения.



Июнь 2022 г.

6. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ



Основным направлением борьбы с температурными трещинами в асфальтобетонных покрытиях считается применение асфальтобетона на битумном вяжущем, низкотемпературные свойства которого соответствуют расчетным отрицательным температурам, при которых будет эксплуатироваться асфальтобетонное покрытие. Поэтому, среди стандартных методик проверочных проектных расчетов дорожных одежд, содержащихся в ПНСТ 542-2021 [10], отсутствует специальная методика прочностного расчета на устойчивость дорожной одежды к образованию температурных трещин.

Характеристики различных битумных вяжущих, применяемых на территории РФ

Марка битумного вяжущего	Технические требования	Минимальная температура хрупкости Т _{хр} или растрескивания Т _р вяжущего, °С	Доля географических пунктов на территории РФ, в которых температуры зимой не опускаются ниже Т _{хр} или Т _р , %	Рекомендации по применению
БНД	ГОСТ 33133-2014	-21 (Т _{хр})	1	Приложение А ГОСТ 33133-2014
ПБВ	ГОСТ Р 52056-2003*	-40 (Т _{хр})	34	Приложение А ГОСТ 9128-2013* (действует до 01.06.2024 г.)
PG	ГОСТ Р 58400.1-2019	-46 (Т _р)	68	Приложение Б ПНСТ 542-2021

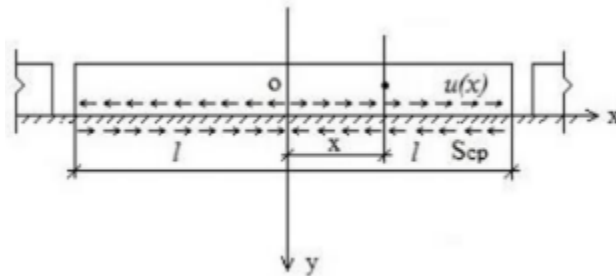
* Не применяется в отношении объектов ТР ТС 014/2011

Замечания по применению битумных вяжущих:

- между температурой хрупкости или растрескивания битумного вяжущего и температурой растрескивания асфальтобетона на этом вяжущем существует разница в 4-8 °С.
- на образование температурной трещины влияют не только низкотемпературные свойства битумного вяжущего и асфальтобетона, но и конструктивные особенности дорожной одежды. Поэтому целесообразно иметь и применять методику расчета дорожных одежд также и на температурную трещиностойкость.

Учет влияния конструкции дорожной одежды на температурную трещиностойкость асфальтобетонного покрытия, при проектировании дорожной одежды, может быть выполнен по методическим рекомендациям ОДМ 218.3.119-2019 [13], который содержит соответствующую методику.

В качестве расчетной схемы используется одномерная модель температурного деформирования дорожной одежды, представленная на рисунке:



Рассматривается многослойный монолитный элемент дорожной одежды длиной $2l$. Каждый слой имеет свои характеристики: толщина слоя h_i , модуль упругости E_i , коэффициент теплового расширения a_i , плотность ρ_i .

При изменении температуры ΔT , температурные деформации в монолитных конструктивных слоях $\epsilon_{v,i} = a_i \cdot \Delta T$ приводят к перемещениям элемента дорожной одежды $u(x)$.

При этом, со стороны дисперсного подстилающего основания на многослойную монолитную плиту дорожной одежды действует среднее по плоскости контакта значение удельной силы трения S_{cp} :

$$|S_{cp}| = 0,7 \cdot [\operatorname{tg} \phi \cdot \sum (\rho_i \cdot h_i) \cdot \gamma + C], \quad (2)$$

Где h_i – толщина i -го слоя; ϕ – угол внутреннего трения материала основания; C – внутреннее сцепление в материале основания.

Значение общей деформации монолитных слоев дорожной одежды $\varepsilon_{a,k}$, в зависимости от изменения координаты «X», вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{a,k} = \frac{|S_{cp}|X}{E_{red}h} + \frac{1}{E_{red}h} \sum E_i h_i \varepsilon_{vi}. \quad (3)$$

Где E_{red} – средневзвешенный модуль упругости монолитного многослойного элемента дорожной одежды; h – толщина многослойного элемента дорожной одежды.

Отсюда, для каждого i -го слоя может быть рассчитано значение температурного напряжения по формуле: $\sigma_{i,k} = E_i \cdot (\varepsilon_{a,k} - \varepsilon_{vi})$. Температурная трещина в проверяемом i -том слое возникает при условии $|\sigma_{i,k}| \geq [R_i]$, где $[R_i]$ – предел прочности материала i -го слоя при сжатии или растяжении (в зависимости от теплового расширения или сжатия слоя).

Из приведенной методики следует несколько общих выводов:

- Образование температурных трещин является неизбежным. Весь вопрос в том, с каким шагом $L = 2X$ эти трещины будут образовываться.
- Температурные трещины могут образовываться во всех монолитных конструктивных слоях дорожной одежды, причем в каждом слое шаг этих трещин L_i будет индивидуальным.
- При проектировании, изменяя характеристики материалов конструктивных слоев (например, путем выбора типа асфальтобетона или марки битумного вяжущего) и изменяя толщину конструктивных слоев дорожной одежды можно целенаправленно управлять величиной шага температурных трещин, которые будут образовываться в заданных эксплуатационных условиях.

В качестве такого минимального допустимого шага ОДМ 218.3.119-2019 [13] устанавливает величину $L = 5$ м. Что приблизительно соответствует балльной оценке дорожного покрытия 3,5. ОДМ 218.3.119-2019 [13] содержит всю необходимую справочную базу характеристик материалов и эксплуатационных условий, требующихся для проверочного расчета дорожной одежды на температурную трещиностойкость. В том числе характеристики современных типов асфальтобетонов на битумных вяжущих по классификации РГ.

7. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ОТРАЖЕННОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Первый метод – увеличение толщины асфальтобетонного покрытия, которое укладывается на трещиновато-блочное основание. В п. 6.11.2 ПНСТ 542-2021 [10] указано:

«... для ограничения появления «отраженных» трещин ... Минимальная толщина ... слоев асфальтобетона ... должна быть 22 см для дорожных одежд капитального типа и 16 см - для дорожных одежд облегченного типа».

Второй метод предусмотрен в п. 6.3.25 ГОСТ Р 59201-2021 [9]:

«Для усиления дорожной одежды, предотвращения образования отраженных трещин ... при необходимости следует предусматривать ... армирующие прослойки из геосинтетических материалов, а также из стальной сетки, замоноличенной в эмульсионно-минеральную смесь».

Пример: автодорога III категории с цементобетонным основанием А-114 «Вологда-Новая Ладога» км 174 - км 224. Армирование асфальтобетонного покрытия стальной сеткой. После 10 лет эксплуатации на асфальтобетонном покрытии наблюдается в 5 раз меньше отраженных трещин, чем на смежном не армированном участке.

Июль 2013 г.



Сентябрь 2022 г.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТРАЖЕННЫХ ТРЕЩИН ПУТЕМ АРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ



ОДМ 218.3.041-2020 [12] содержит рекомендации по назначению толщин армированных стальными сетками асфальтобетонных покрытий на трещиновато-блочных основаниях – от 6 до 17 см в зависимости от категории дороги и условий эксплуатации:

№ п/п	Тип стальной сетки	Продолжительность расчетного периода $T_{\text{рдг}}$, сут	Минимально допустимая толщина армированного а/б покрытия для дороги I категории, см
1.	Тяжелая	< 150	14
2.	Тяжелая	> 200	15
3.	Средняя	< 150	15
4.	Средняя	> 200	16
5.	Легкая	< 150	16
6.	Легкая	> 200	17

Также ОДМ 218.3.041-2020 [12] содержит специальную методику расчета на образование отраженных трещин.

ВЫВОДЫ

1. Трещины в асфальтобетонных покрытиях являются распространенным и значительным дефектом.
2. Трещины, возникающие в асфальтобетонных покрытиях в процессе эксплуатации автомобильных дорог, имеют различные причины и различные механизмы образования.
3. При проектировании дорожных одежд необходимо предусматривать различные проектные решения, направленные на предотвращение образования эксплуатационных трещин различного происхождения в асфальтобетонных покрытиях.
4. Действующие нормативные и методические документы дорожного хозяйства содержат необходимые методики проверочных расчетов дорожных одежд, необходимые технические решения и материалы, а также методические рекомендации по их применению для эффективного предотвращения образования трещин на асфальтобетонных покрытиях.

**Спасибо
за внимание**

