МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЧЕРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Москва— 1972

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЧЕРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Одобрены Техническим Управлением Минтрансстроя СССР

Москва- 1972

УДК 625.855/571.5/

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЧЕРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА. Союздорнии, М., 1972.

Указаны пути повышения трещиностойкости покрытий за счет снижения вязкости битума, повышения содержания щебня, уменьшения концентрации минерального порошка в асфальтовяжущем и применения добавок.

Рекомендованы типы битумоминеральных смесей по гранулометрическим составам минеральной части и марки битумов для их приготовления для устройства дорожных покрытий в районах с резко континентальным климатом в зависимости от расчетной зимней температуры покрытий и категории дорог.

Рис.–2, табл.–4.

УДК 625.855(571.5)

Предисловие

Дорожные покрытия из битумоминеральных материалов в районах с суровым климатом в течение длительного времени работают в условиях низких отрицательных температур. Это вызывает образование трещин на покрытиях, что ухудшает транспортно-эксплуатационные показатели и снижает несущую способность дорожной одежды.

В Омском филиале Союздорнии проведены лабораторные и опытно-экспериментальные исследования по вопросам повышения трещиностойкости дорожных покрытий. Опытные работы проведены на объектах строительства УС-19 Главдорстроя Дорожного управления при СМ Якутской АССР и Дорожного управления при СМ Бурятской АССР.

На основании результатов этих исследований и опытных работ составлены настоящие "Методические рекомендации по повышению трещиностойкости черных дорожных покрытий в условиях резко континентального климата". В них даны рекомендации по выбору составов битумоминеральных смесей и марки битумов для их приготовления в зависимости от климатических факторов и категории дороги из условий трещиностойкости покрытий.

"Методические рекомендации" содержат также основные положения по применению некоторых добавок с целью улучшить деформативную способность битумоминеральных материалов при отрицательных температурах.

"Методические рекомендации" разработаны в развитие действующих нормативно-технических документов (СНиП Ш-Д.5-62, ГОСТ 9128-67, ВСН 93-63, ВСН 153-68, ВСН 123-65) и в дополнение "Предложений по рациональным материалам, типам дорожных одежд и технологии их сооружения в зоне вечной мерзлоты".

"Методические рекомендации" составили кандидаты технических наук Ю.Е.Никольский, Н.В.Матлаков и инж. А.Г.Широков.

Все замечания просьба направлять по адресу : 143900 Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии или Омск-80, проспект Мира, 3, Омский филиал Союздорнии.

ДИРЕКТОР СОЮЗДОРНИИ
доктор технических наук профессор

В.В.Михайлов

Общие положения

1. Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для руководства при проектировании битумоминеральных смесей при строительстве дорожных покрытий в районах с резко континентальным климатом, где основным видом деформаций покрытий являются температурные трещины, образующиеся в зимний период в первые годы эксплуатации дороги.

Наряду с этим положения настоящих "Методических рекомендаций" могут быть распространены и на другие районы, в которых деформации покрытия в виде температурных трещин являются характерными.

2. Под битумоминеральными материалами следует понимать асфальтобетон, а также материалы из черных щебеночных (гравийных) смесей, приготовленных в установке. Свойства битумоминеральных материалов и технология устройства покрытия из них должны отвечать требованиям нормативно-технических документов (СНиП Ш-Д.5-62, ГОСТ 9128-67, ВСН 93-63, ВСН 153-68, ВСН 123-65). Свойства битумов, применяемых для приготовления битумоминеральных смесей, должны соответствовать требованиям ГОСТ 11954-66 и ГОСТ 11955-66.

В рассматриваемых районах не рекомендуется устраивать черные дорожные покрытия методом смешения на дороге.

3. К районам с резко континентальным климатом относятся Горно-Алтайская автономная область, Тувинская АССР, Эвенкийский национальный округ Красноярского края, Иркутская область, Бурятская АССР, Читинская и Амурская области, Якутская АССР (исключая прибрежные районы), Магаданская область и Хабаровский край (исключая прибрежные районы).

4. Условия работы дорожных покрытий в зимний период года характеризуются расчетной зимней темпе-

ратурой покрытия $T_{расч}$. (приложение 1). Значения расчетных зимних температур покрытия в районах с резко континентальным климатом определяют по приложению 1 или по формуле

$$T_{расч} = 0{,}82\ t_{\beta}\ , \qquad (1)$$

где t_{β} – расчетная зимняя температура воздуха, равная средней температуре наиболее холодных суток, °С.

Для некоторых крупных населенных пунктов, не входящих в район с резко континентальным климатом, расчетные зимние температуры покрытий приведены в приложении 2.

5. Повышение трещиностойкости покрытий из битумоминеральных материалов может быть достигнуто:

а) улучшением деформативных свойств материала покрытия при низких отрицательных температурах;

б) рациональным конструированием дорожной одежды в целом.

В настоящих "Методических рекомендациях" рассматриваются только вопросы повышения деформативной способности материала покрытия.

6. Трещиностойкость битумоминеральных покрытий характеризуется условием

$$T_{расч} \geq T_{кр}\ , \qquad (2)$$

где $T_{расч}$ – расчетная зимняя температура битумоминеральных покрытий в конкретном районе, °С;

$T_{кр}$ – критическая температура битумоминерального материала покрытия, обусловленная свойствами этого материала при отрицательных температурах; определяющими показателями в этом слу-

чае являются: динамическая вязкость ненарушенной структуры битумоминерального материала; коэффициент линейного температурного расширения; коэффициент поперечного расширения и предел прочности на растяжение, определенный при скорости деформирования, соответствующей максимально возможной скорости охлаждения покрытия в данном районе.

Условие трещиностойкости битумоминеральных покрытий основывается на соответствии свойств материала покрытия климатическим факторам района строительства. При этом имеется в виду, что основание, на котором устраивают покрытие, устойчиво и выполнено из несвязных материалов (щебень или гравий) или из материалов с применением органических вяжущих.

7. Из битумоминеральных материалов, рассматриваемых в настоящих "Методических ракомендациях", устраивают верхние слои усовершенствованных капитальных покрытий на дорогах I-Ш категорий и однослойные или верхние слои двухслойных усовершенствованных облегченных покрытий на дорогах П-У категорий.

Способы повышения трещиностойкости битумоминеральных покрытий

8. Деформативные свойства битумоминерального материала, обусловливающие трещиностойкость покрытий, можно регулировать:

- применением битумов различной вязкости;
- изменением содержания щебня в составе битумоминеральных материалов;
- соотношением минерального порошка и битума в асфальтовяжущем;
- применением добавок.

В зависимости от климатических условий и наличия материалов трещиностойкость покрытия может быть

обеспечена или одним из этих способов, или их совокупностью.

9. Деформативные свойства битумоминеральных материалов находятся в обратной зависимости от вязкости применяемого для их приготовления битума, т.е. с понижением вязкости битума повышается деформативная способность битумоминерального материала. Исходя из этого для устройства покрытий в рассматриваемых районах следует отдавать предпочтение теплым битумоминеральным смесям.

10. Лучшими деформативными свойствами характеризуются битумоминеральные материалы с повышенным содержанием щебня. Для строительства покрытий в рассматриваемых районах, как правило, следует применять составы битумоминеральных материалов с содержанием щебня не менее 35%.

11. При увеличении содержания минерального порошка в составе битумоминеральных материалов деформативная способность их уменьшается. Вследствие этого объемное наполнение асфальтовяжущего минеральным порошком должно быть не более 0,45, т.е. применение песчаных битумоминеральных материалов следует ограничивать.

12. Значения критических температур битумоминеральных материалов $T_{кр}$ определяют по номограмме (рис.1) с учетом вязкости битума и типа гранулометрии минеральной части смеси.

Пример. Необходимо определить значение $T_{кр}$ асфальтобетона типа В, приготовленного на битуме БНД-60/90 с глубиной проникания иглы при 25°С, равной 85. Для этого из соответствующего значения глубины проникания иглы восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой типа В. Координата точки пересечения по оси ординат и будет соответствовать значению критической температуры. В данном случае $T_{кр}$ =-34°С.

13. Состав асфальтобетонных смесей в зависимости от расчетной зимней температуры покрытия и категории дороги назначают по табл.1.

14. В районах с расчетной зимней температурой покрытий до -35°С горячий асфальтобетон 1 марки типов А и Б с битумом БНД-90/130 рекомендуется применять на дорогах 1 и П категорий. В районах с расчетной температурой покрытий до -30°С допускается устройство покрытий из горячих смесей 1 и П марок на дорогах Ш категории.

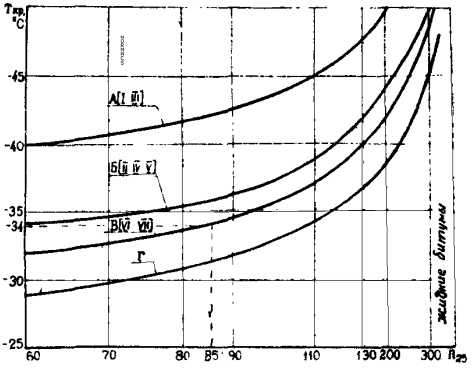

Рис.1. Номограмма для определения значений критической температуры битумо - минерального материала:

А, Б, В, Г - тип асфальтобетона по ГОСТ 9128-67; 1-УП - тип гранулометрического состава черных щебеночных (гравийных) смесей по табл. 3

15. В районах с расчетной температурой покрытий ниже -40°С горячие асфальтобетонные смеси применять не рекомендуется.

16. На дорогах 1-Ш категорий покрытия из теплых асфальтобетонных смесей 1 марки рекомендуется устраивать во всех рассматриваемых районах. При этом содержание щебня в районах с расчетными температурами ниже -40°С должно быть не менее 35%.

17. Применение жидких битумов для устройства покрытий дорог 1-П категорий не допускается.

18. На дорогах 1У категории при соответствующем технико-экономическом обосновании покрытия допускает-

Таблица I

Рекомендуемые составы асфальтобетона в зависимости от расчетной зимней температуры покрытия и категории дороги

Расчетная температура покрытия, °С	Марка битума	Категория дороги			
		I	II	III	IУ
		Типы асфальтобетонной смеси			
-30	БНД-90/130	А, Б	А, Б	А, А′, Б, Б′	–
	БНД-130/200	А, Б	А, Б	А, А′, Б, Б′, В, В′	А′, Б′
	БНД-200/300	–	А, Б, В	А, А′, Б, Б′, В, В′, Г	Б′, В′, Г
	СГ-130/200	–	–	А, Б, В	Б′, В′, Г
-35	БНД-90/130	А, Б	А, Б	–	–
	БНД-130/200	А, Б	А, Б	А, А′, Б, Б′	–
	БНД-200/300	–	А, Б, В	А, А′, Б, Б′, В, В′	Б′, В′, Г
	СГ-130 200	–	–	А, Б, В	Б′, В′, Г
-40	БНД-90/130	А	А	–	–
	БНД-130/200	А, Б	А, Б	А, А′, Б, Б′	–
	БНД-200/300	–	А, Б	А, А′, Б, Б′	А′, Б′, В′
	СГ-130/200	–	–	А, Б, В	А′, Б′, В′, Г
-45	БНД-130/200	А	А	–	–
	БНД-200/300	А	А, Б	А, А′, Б, Б′	А′, Б′
	СГ-130/200	–	–	А, Б	А′, Б′
-50	БНД-200/300	А	А	А, А′	А′
	СГ-130/200	–	–	А, Б	А′, Б′

Примечание. А, Б, В, Г – асфальтобетоны I марки; А′, Б′, В′ – асфальтобетоны II марки.

ся устраивать из теплых асфальтобетонных смесей П марки.

19. Гранулометрические составы минеральной части смесей приведены в табл.2. Состав черных щебеночных (гравийных) смесей назначают по табл.3 в зависимости от расчетной зимней температуры покрытия и категории дороги.

20. Покрытия из горячих черных щебеночных смесей 1 марки с битумом БНД-90/130 рекомендуется устраивать на дорогах П категории в районах с расчетной температурой покрытия не ниже -40°С. На дорогах Ш категории устройство покрытий из горячих смесей допускается только в районах с расчетной температурой покрытий не ниже -30°С.

21. Покрытия из теплых черных щебеночных (гравийных) смесей рекомендуется устраивать на дорогах Ш-У категорий. При этом для устройства покрытий дорог Ш категории содержание щебня в минеральной части смесей должно быть не менее 35%.

22. Для устройства покрытий дорог У категории рекомендуется применять битумы по вязкости не выше марки БНД-200/300 в районах с расчетной температурой до -40°С, а в районах, где температура покрытий ниже -40°С, следует применять только жидкие битумы.

23. Для улучшения деформативных свойств битумоминеральных материалов при отрицательных температурах рекомендуется применять следующие добавки:

а) кубовые остатки производства α -метилстирола;

б) кубовые остатки производства этилбензола и бутилбензола;

в) синтетический каучук СКМС-30.

Характеристика указанных добавок приведена в табл4.

Применение указанных добавок в составе битумоминеральных материалов понижает значения их критических температур (рис.2).

24. Добавки выбирают с учетом наличия материалов

Гранулометрический состав минеральной части
ства верхнего слоя

Тип смеси	Виды гранулометрии	Процентное		
		25	20	15
1	Среднезернистый	95–100	–	55–65
П	"	–	95–100	85–91
Ш	Мелкозернистый	–	–	95–100
1У	"	–	–	95–100
У	"	–	–	–
У1	"	–	–	95–100
УП	"	–	–	–

Рекомендуемые составы черных щебеночных
зимней температуры покрытий и

Расчетная температура покрытия, °С	Марка битума	II Типы
-30	БНД-90/130	1, II, III
	БНД-130/200	–
	БНД-200/300	–
	СГ-130/200	–
	МГ-130/200	–
-35	БНД-90/130	1, II, III
	БНД-130/200	–
	БНД-200/300	–
	СГ-130/200	–
	МГ-130/200	–

Таблица 2

черных щебеночных (гравийных) смесей для устрой-
покрытия

содержание зерен минерального материала мельче, мм							
10	5	3	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
–	32–45	27–37	19–27	13–20	9–15	7–12	4–7
70–80	50–65	40–55	28–39	20–29	14–22	9–15	6–10
–	35–50	30–43	22–28	19–24	14–18	9–12	4–7
75–85	50–65	40–55	28–39	20–29	14–22	9–15	6–10
95–100	50–65	40–55	28–39	20–29	14–22	9–15	6–10
85–93	65–80	57–70	39–53	29–40	20–28	12–19	8–12
95–100	65–80	57–70	39–53	29–40	20–28	12–19	8–12

Таблица 3

(гравийных) смесей в зависимости от расчетной
категории дороги

Категория дороги		
III	IУ	У
черной щебеночной (гравийной) смеси		
1, II, III	–	–
1, II, III, 1У	1, II, III, 1У	–
1, II, III, 1У, У	II, 1У, У, У1, УII	II, 1У, У
1. II	II, 1У, У, У1, УII	II, 1У, У, У1, УII
–	–	II, 1У, У
–	–	–
1, II, III, 1У	–	–
1, II, III, 1У, У	II, 1У, У1	II, 1У, У
1, II, III, 1У	II,1У,У, У1	II,1У,У,У1,УII
–	–	II, 1У,У

Расчетная температура покрытия $T_{расч.}$, °С	Марка битума	II Типы
-40	БНД-90/130	I, III
	БНД-130/200	-
	БНД-200/300	-
	СГ-130/200	-
	МГ-130/200	-
-45	БНД-130/200	-
	БНД-200/300	-
	СГ-130/200	-
	МГ-130/200	-
-50	БНД-200/300	-
	СГ-130/200	-
	МГ-130/200	-

для приготовления битумоминеральных смесей и расчетной зимней температуры покрытия в данном районе.

Пример. Для строительства покрытия в пос.Нагорный Якутской АССР, где расчетная температура покрытия составляет -36°С, запроектирован состав малощебенистого асфальтобетона типа В с битумом БНД-90/130 ($П_{25}$=85). Необходимо выбрать добавку таким образом, чтобы $T_{кр}$ была равна -36° или была ниже $T_{расч.}$.

По номограмме (см.рис.1) определяем критическую температуру материала без добавки (-34°С). Затем на номограмме (см.рис.2) находим точку пересечения линии с ординатой -36°С и абсциссой -34°С, удовлетворяю-

Продолжение табл. 3

Категория дороги		
III	IУ	У
черной щебеночной	(гравийной) смеси	
–	–	–
1, II, III	–	–
1, II, III, IУ	1, II, III, IУ	II, IУ, У, У1
1, II, III, IУ	II, IУ, У, У1	II, IУ, У, У1, УII
–	–	II, IУ, У
–	–	–
1, II, III	1, II, III	–
1, II, III, IУ	1, II, III, IУ, У1	II, III, IУ
–	1, II, III, IУ	II, III, IУ, У1
1, III	1, III	–
1, II, III	1, II, III, IУ	II, IУ, У
–	1, II, III	II, IУ

щую поставленному требованию. В данном случае может быть применена любая из рекомендуемых добавок. Аналогичным образом выбирают добавки для битумоминеральных смесей и других составов с различными битумами.

25. Введение 2–4% добавки кубовых остатков производства α -метилстирола в битум наряду с улучшением низкотемпературных свойств битумоминерального материала улучшает сцепление битума с поверхностью минеральных материалов основных и карбонатных пород. Добавку вводят в битум при его температуре от 70 до 110°С (в зависимости от марки битума) при постоянном перемешивании. Температура добавки должна быть 20÷40°С.

Указанная добавка в количестве 1–1,5% от веса минерального порошка рекомендуется также для активации минеральных порошков. Добавку вводят в смесь с битумом (1:1) на поверхность минерального порошка в процессе размола. Температура активирующей добавки (битум+добавка) должна быть 100÷110°С. Технология приготовления активированных минеральных порошков и их свойства должны соответствовать требованиям ВСН 113-65.

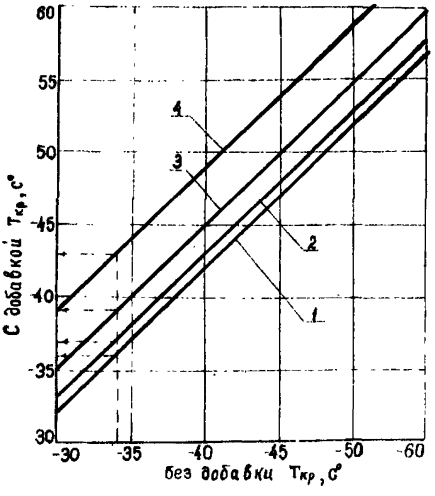

Рис.2. Номограмма для определения критических температур битумоминеральных материалов с добавками:

1–синтетический каучук СКМС-30;

2–кубовые остатки производства этилбензола и бутилбензола; 3–кубовые остатки производства α-метилстирола; 4–применение активированных минеральных порошков с использованием кубовых остатков производства α-метилстирола

26. Добавки кубовых остатков производства этилбензола и бутилбензола вводят в битум в количестве 2–4% от веса битума при его температуре 70÷130°С (в зависимости от марки битума) при постоянном перемешивании. Температура добавки должна быть 30÷50°С.

27. Синтетический каучук СКМС-30 вводят в битум в растворенном виде в количестве 0,5–1,5% от веса битума. Измельченный каучук растворяют в растворителе (хлороформе, бензоле, бензине А-72 и др.) в соотношении 1:5 до образования однородной массы. Готовую массу выдерживают в течение 2–4 суток в открытой емкости для испарения легких фракций растворите-

ля (потеря в весе должна составлять 35–40%). После этого растворенный каучук вводят в битум при температуре 110–130°С.

Таблица 4

Характеристика добавок

Добавки	Класс добавки	Краткая техническая характеристика
Кубовые остатки производства α-метилстирола	Анионактивная	Жидкость коричневого цвета; состав: α-метилстирола до 40%; димер α-метилстирола 5–7%; смола, представляющая собой темную твердую массу полимеров; молекулярный вес 145
Кубовые остатки производства этилбензола и бутилбензола	Анионактивная	Вязкая жидкость темно-коричневого цвета. Температура начала кипения +53°С, конца кипения +176°С; температура замерзания –50°С
Синтетический каучук СКМС-30	Полимер	Состав: масла 26–29,5%; свободные органические кислоты 3,9–5,7%; связанные органические кислоты > 0,3%; неазон Д 1,0–1,6%; зола 0,4%; железо > 0,006%; медь > 0,0002%; летучие (влага) > 0,4%. Относительное удлинение < 550. Эластичность по отскоку 28%

Примечание. Поставщик – Омский завод синтетического каучука.

28. Вводить добавки в битум следует в соответствии с требованиями ВСН 59-68.

29. Устройство покрытий в соответствии с требованиями настоящих "Методических рекомендаций" позволит получить в рассматриваемых районах экономический эффект в сумме 1,5–2,0 тыс.руб. на 1км покрытия

за счет лучшего состояния покрытия (увеличения среднетехнической скорости движения автомобиля) и снижения расходов на ремонтные работы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Значения расчетных зимних температур покрытий из битумоминеральных материалов в районах с резко континентальным климатом

Наименование пунктов	Расчетная температура $T_{расч}$, °С
Красноярский край	
Абакан	–34
Эрзин	–45
Агата	–44,6
Тура	–45,9
Байкит	–43,5
Ванавара	–41
Тувинская АССР	
Кызыл	–44,3
Иркутская область	
Иркутск	–31,2
Братск	–38,5
Качуг	–37,7
Киренск	–41
Нижне-Илимск	–41,9
Ербогачен	–45,2
Бурятская АССР	
Троицкий прииск	–35,2
Романовка	–36,1
Сосново-Озерск	–31,9
Улан-Удэ	–31,1
Бичура	–35,5
Читинская область	
Чита	–32,8
Сретенск	–38,5
Соловьевск	–31,7
Якутская АССР	
Жиганск	–46
Шелагонцы	–46,7
Якутск	–48,4
Верхоянск	–53,3
Вилюйск	–43,5
Олекминск	–43,5
Алдан	–37,8
Зырянка	–48,4
Нера	–53,6
Охотский перевоз	–49,2
Мухтуя (Ленск)	–44,3
Сухана	–47,5
Кюсюр (Булун)	–44,3
Югаренок	–44,6

Наименование пунктов	Расчетная температура $T_{расч}$, °С
Суордах	-47,4
Сурен-Кюель	-41,8
Оймякон	-54,9
Средне-Колымск	-47,5
Восточная	-41,8
Усть-Мома	-51,6
Иэма	-52
Токо	-45
Магаданская область	
Атка	-39,8
Эльчен	-46,2

Наименование пунктов	Расчетная температура $T_{расч}$, °С
Амурская область	
Благовещенск	-30
Усть-Нюкжа	-39
Сковородино	-34,4
Пикон	-36,4
Хабаровский край	
Хабаровск	-25
Нижнетамбовское	-33
Чекунда	-40,2
Софийский прииск	-40,2

Значения расчетных зимних температур покрытий из битумоминеральных материалов в районах с континентальным климатом

Наименование пункта	Расчетная температура $T_{расч}$, °С
Барнаул	–33
Бийск	–32
Енисейск	–37
Игарка	–39
Ишим	–34
Кемерово	–33
Красноярск	–32
Куйбышев (Новосибирская обл.)	–34
Магадан	–28
Минусинск	–34
Нижневартовский (Тюменская обл.)	–36
Новокузнецк	–34
Новосибирск	–34
Норильск	–39
Омск	–34
Охотск	–33
Рубцовск	–33
Сургут (Тюменская обл.)	–37
Тара (Омская обл.)	–34
Таштагол	–34
Тобольск	–33
Томск	–34
Туруханск (Красноярский край)	–43
Тюмень	–32
Ханты-Мансийск	–35

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
Общие положения	5
Способы повышения трещиностойкости битумоминеральных покрытий	7
Приложения	19

Ответственный за выпуск В.О.Арутюнян

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор Л.А.Буланова
Корректор В.А.Крылова

Подписано к печати 24.1У-72г. Формат 60х84/16
Л 51768 Заказ 85-2
Тираж 750
1,00 уч.изд.л.
Цена 11 коп. 1,5 печ.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru