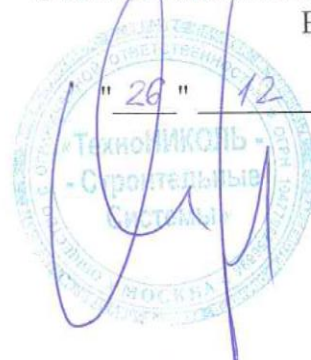


Заместитель начальника Управления
Межгосударственного сотрудничества
Межправительственного совета дорожников,
к.т.н.
Е.С. Пшеничникова

Генеральный директор
ООО «ТехноНИКОЛЬ-
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ»
В.В. Марков

" 28 " 12 2018 г.



" 26 " 12 2018 г.

ООО «ТЕХНОНИКОЛЬ-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ»

ПОСОБИЕ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УСТРОЙСТВУ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» В ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

Москва, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
1.1 Область применения	6
1.2 Нормативные ссылки	6
1.3 Термины и определения	6
1.4 Требования к пенополистиролам, применяемым в дорожном строительстве	7
1.5 Условия и эффективность применения теплоизолирующих слоев из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»	8
2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ СЕЗОННОМ ПРОМЕРЗАНИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»	10
2.1 Требования к морозоустойчивости дорожных конструкций	10
2.2 Расчет требуемой толщины теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» при обеспечении морозоустойчивости дорожной конструкции	11
2.3 Учет теплоизолирующего слоя из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в расчете дорожной одежды на прочность	14
2.4 Проектирование дорожных конструкций с применением пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для защиты земляного полотна от промерзания	16
2.5 Проектирование дорожных конструкций с применением пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения теплоизоляции подземных сооружений.	17
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»	20
3.1 Принципы проектирования дорожных конструкций на вечной мерзлоте и условия их применения	20
3.2 Особенности расчетов дорожных конструкций	21
3.3 Схемы дорожных конструкций, устраиваемых с сохранением грунта в мерзлом состоянии, с использованием теплоизолирующего слоя из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»	22
4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	25
4.1 Общие положения	25

4.2	Указания по устройству теплоизолирующего слоя	25
4.3	Требования безопасности	26
5.	НАЗНАЧЕНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	28
	ПРИЛОЖЕНИЕ А – Характеристики материалов	30
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б- Дорожно-климатическое районирование	32
	ПРИЛОЖЕНИЕ В - Расчет величины морозного пучения	35
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Пример расчета необходимой толщины тепло- изолирующего слоя дорожной одежды в зоне сезонного промерзания	39
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Допустимая толщина защитного слоя и дорож- ной одежды над плитами XPS	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Пособие разработано в развитие ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [1], а также ВСН 84-89 «Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты» [2], с учетом разработанных ранее аналогичных документов.

Пособие предназначено для обеспечения возможности проектирования и строительства дорог с теплоизолирующими слоями из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» как в зоне сезонного промерзания, так и в зоне сезонного протаивания («вечной мерзлоты»).

По мере накопления практического опыта применения теплоизолирующих слоев из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в дорожных конструкциях Пособие может быть дополнено и переработано.

Пособие разработали:

к.т.н. Е.С.Пшеничникова при участии к.т.н. А.В.Павлова.

В Пособии были использованы: материалы д.т.н, проф. В.Д.Казарновского, д.т.н. В.И.Рувинского; результаты расчетов, выполненных сотрудниками Центральной лаборатории инженерной теплофизики ОАО ЦНИИС д.т.н. В.В.Пассеком и к.т.н. Вяч.В.Пассеком.

Замечания, пожелания и возникающие вопросы по «Пособию» просьба адресовать: 143900, г.Балашиха-6, Московская обл., ш.Энтузиастов, 79, СоюзДОРНИИ.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения.

Настоящее Пособие предназначено для проектирования и строительства автомобильных дорог с теплоизолирующими слоями из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в I – IV дорожно-климатических зонах. Пособие распространяется на дороги общего пользования всех технических категорий.

Конструктивные решения с использованием теплоизолирующих слоев должны быть обоснованы соответствующими расчетами, указанными в настоящем Пособии.

1.2. Нормативные ссылки

ГОСТ 12.3.030 – 83. Переработка пластических масс. Требования безопасности.

ГОСТ 17.2.3.02-2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями

ГОСТ 17177-94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний

ГОСТ 30256 – 94. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом.

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*

СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85

1.3 Термины и определения

Дорожная одежда – многослойная конструкция (в отдельных случаях однослойная), воспринимающая нагрузку от транспортных средств и передающая ее на грунтовое основание или на подстилающий грунт. Состоит из дорожного покрытия, воспринимающего усилия от колес автомобилей, несущего основания, обеспечивающего совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже слои, и дополнительного слоя основания (дренирующего, теплоизолирующего, морозозащитного).

Земляное полотно - дорожное сооружение, служащее основанием для размещения конструктивных слоев дорожной одежды и других элементов дороги. Строится в виде насыпей или выемок, и на косогоре - в виде полунасыпи-полувыемки.

Теплоизолирующий слой – дополнительный (не несущий) слой основания дорожной одежды, препятствующий теплообмену между земляным полотном и поверхностью дороги.

Дорожная конструкция – комплекс, состоящий из дорожной одежды и земляного полотна (включая основание насыпей и выемок).

Уровень грунтовых вод (УГВ) – верхняя поверхность стоячей и природной текущей грунтовой воды, ниже которой грунт насыщен водой, за исключением тех случаев, когда поверхность водонепроницаема.

Дренаж – конструкция, устраиваемая для перехвата грунтовых вод или понижения их уровня (УГВ).

Вечномерзлые грунты (ВМГ) - грунты, длительное время (века) существующие в мерзлом состоянии.

Вечная мерзлота – термин, соответствующий понятиям: вечномерзлые горные породы, многолетняя криолитозона, криолитозона.

Деятельный слой – расположенный у поверхности земли ежегодно оттаивающий слой (сезонно талый слой) при наличии ВМГ.

Верхний горизонт вечной мерзлоты (ВГВМ) – поверхность грунтового массива, длительное время (века) существующего в мерзлом состоянии.

1.4 Требования к пенополистиролам, используемым в дорожных конструкциях

Теплоизолирующие материалы, применяемые в дорожных конструкциях, должны:

- сохранять теплоизолирующие свойства под воздействием влаги, знакопеременной температуры и агрессивных вод в течение всего периода эксплуатации дороги;
- быть морозостойкими (определяют циклическим промораживанием в зависимости от условий использования материала);
- быть биостойкими (определяют на основе химического анализа);
- быть нетоксичными (заключение СЭС);
- обладать технологичностью в работе (размеры плит, удобные в работе, возможность скрепления краев плит между собой, например, шпунтовка и др.);
- выдерживать нагрузки, возникающие при укладке и уплотнении вышележащих слоев дорожной одежды (испытание на прочность при сжатии), а также от вышележащих слоев насыпи и транспорта во времени;
- обладать физическими, теплофизическими и прочностными характеристиками, приведенными в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Не более		Не менее	
Водопоглощение, % (ГОСТ 17177)	Теплопроводность, Вт/(мК) (ГОСТ 30256)	Сопротивление сжатию при 10% линейной деформации, МПа (ГОСТ 17177)	Предел прочности при статическом изгибе, МПа (ГОСТ 17177)
0,45	0,032	0,4	0,6

1.5 Условия и эффективность применения теплоизолирующих слоев из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

1.5.1 Теплоизолирующие слои из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в дорожной конструкции могут применяться:

1. для снижения деформаций пучения при промерзании дорожной конструкции, в которой в пределах глубины промерзания имеются пучинистые грунты;
2. для теплоизоляции подземных сооружений (магазины, склады, кафе, паркинги и т.д.), расположенных непосредственно под проезжей частью городских дорог;
3. для сохранения вечномерзлого грунта в основании (или теле) насыпи с исключением просадок земляного полотна при оттаивании его основания (или мерзлой части насыпи), как альтернатива устройству повышенных насыпей (выше, чем отвечающие условию снегонезаносимости) или устройству теплоизоляции из торфа.

1.5.2 Первое направление использования теплоизолирующего слоя может быть реализовано на дорогах общей сети и ведомственных дорогах в I - IV дорожно-климатических зонах (ДКЗ) при наличии сезонного промерзания грунтов земляного полотна с повышенной пучинистостью.

Второе направление может быть реализовано на городских дорогах во II – IV ДКЗ;

Третье направление может быть реализовано на дорогах общей сети и ведомственных дорогах, расположенных в I-й ДКЗ.

1.5.3 Эффект от применения теплоизолирующего слоя, используемого для снижения морозного пучения, может быть получен за счет:

- уменьшения объема качественных материалов, используемых в дорожной одежде для обеспечения ее морозоустойчивости и, соответственно, возможности использования в верхней части земляного полотна местных пучиноопасных грунтов;
- повышения долговечности конструкции вследствие исключения периодически возникающих деформаций морозного пучения и просадки при оттаивании;
- возможности понижения рабочих отметок насыпей на участках, где при применении традиционных конструкций действуют ограничения СП 34.13330.2012 по минимальному возвышению насыпи над уровнем подземных или поверхностных вод, а также над уровнем земли;
- понижения расчетной влажности грунта земляного полотна и соответствующего повышения расчетных значений прочностных характеристик грунта за счет снижения влагонакопления в процессе промерзания;
- снижения требуемой толщины дренирующего слоя за счет исключения поступления воды снизу при оттаивании земляного полотна;
- исключения необходимости замены грунта в основании дорожной одежды в выемке.

1.5.4 Эффект от применения теплоизолирующего слоя, используемого в дорожной одежде для теплоизоляции подземных сооружений, расположенных под городскими дорогами, может быть получен за счет:

- снижения расходов на отопление подземных сооружений;
- улучшение экологической обстановки и снижение пожароопасности в помещениях подземных сооружений за счет замены внутренней теплоизоляции внешней.

1.5.5 Эффект от применения теплоизолирующего слоя для предотвращения оттаивания грунта, используемого в конструкции в мерзлом состоянии в зоне вечной мерзлоты, может быть получен за счет:

- обеспечения возможности уменьшения рабочих отметок насыпей, сооружаемых по I-му принципу в зоне вечной мерзлоты с соответствующим уменьшением объемов земляных работ;
- снижения экологического ущерба при строительстве дорог в северных районах за счет уменьшения объемов выработок грунтов а также уменьшения полосы отвода при снижении высоты насыпи;
- обеспечения возможности использования в земляном полотне грунтов с любой степенью увлажнения в виде мерзло-комковатого материала;
- повышения надежности и долговечности дорожной конструкции, запроектированной по I-му принципу.

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ЕЕ СЕЗОННОМ ПРОМЕРЗАНИИ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

2.1 Требования к морозоустойчивости дорожных конструкций

2.1.1 Морозоустойчивость дорожной конструкции оценивают по расчетной величине ее морозного пучения. Морозоустойчивость конструкции считается обеспеченной при условии:

$$l_{пуч} \leq l_{пуч}^{доп}, \text{ см} \quad (2.1)$$

где: $l_{пуч}$ – расчетная величина морозного пучения конструкции;

$l_{пуч}^{доп}$ – допустимая величина морозного пучения, устанавливаемая по таблице 2.1.

2.1.2 В случаях, когда определенная расчетом величина морозного пучения земляного полотна дорожной конструкции превышает допустимые значения, указанные в таблице 2.1, должны рассматриваться мероприятия по снижению или исключению морозного пучения грунтов земляного полотна, включая устройство теплоизолирующих слоев.

Таблица 2.1 (Таблица 4.3 ОДН 218.046-01 [1])

Тип дорожной одежды	Вид покрытия	Допустимое морозное пучение, см
Капитальные	Асфальтобетон	4
	Цементобетон	3
Облегченные	Асфальтобетон	6
Переходные	Переходное	10

2.1.3 Для определения расчетной величины морозного пучения конструкции $l_{пуч}$ могут быть использованы методики, приведенные в ОДН 218.046-01 [1]:

- методика, основанная на использовании осредненной для заданных условий величины морозного пучения традиционных конструкций, полученной по результатам региональных наблюдений, с введением корректирующих табличных коэффициентов (приведена в Приложении Б настоящего пособия);
- методика, основанная на использовании определяемой экспериментально величины коэффициента влагопроводности грунта.

2.1.4 Теплоизолирующие слои из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» применяют для повышения морозоустойчивости дорожной конструкции в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, характерных для 2 и 3 типа местности по увлажнению (СП 34.13330.2012). В зависимости от особенностей конкретного участка возможно либо не допускать промерзания грунтов насыпи и ее основания и исключить таким образом морозное пучение грунтов полностью, либо уменьшить глубину промерзания и, соответственно, пучение до допустимой его величины.

Теплоизолирующие слои из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» могут быть применены как в насыпях, отсыпанных из

пучиноопасных грунтов, так и в выемках, основание которых сложено пучиноопасными грунтами.

2.1.5 Для расчета требуемой толщины теплоизолирующего слоя могут применяться расчетные методы, изложенные в ОДН 218.046-01 [1]:

- метод, разработанный В.И.Рувинским, основанный на расчете по термическому сопротивлению конструкции;
- метод, разработанный И.А.Золотарем, использующий в качестве характеристики грунта коэффициент влагопроводности, определяемый экспериментально.

Пример расчета величины морозного пучения приведен в Приложении В.

2.2 Расчет требуемой толщины теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» при обеспечении морозоустойчивости дорожной конструкции

2.2.1 Требуемую толщину теплоизолирующего слоя $h_{п}$ в случае недопущения промерзания основания определяют по графику на рисунке 2.1, исходя из требуемого $R_{од(тр)}$ и фактического $R_{од(ф)}$ термических сопротивлений дорожной одежды (п.п. 2.2.2. – 2.2.4). Расчет толщины теплоизолирующего слоя в случае допущения промерзания грунтов земляного полотна на расчетную глубину приведен в ОДН 218.046-01 [1].

Пример расчета требуемой толщины теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» приведен в Приложении Г

2.2.2 Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды $R_{од(тр)}$ вычисляют по формуле:

$$R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot K_{од} \cdot \delta, \quad (м^2К)/Вт \quad (2.2)$$

где $R_{пр}$ - приведенное термическое сопротивление, определяемое по п.2.2.3

$K_{од}$ - коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды между ремонтами (таблица 2.2);

δ – понижающий коэффициент, для II дорожно-климатической зоны $\delta = 1,0$; для III - $\delta = 0,95$; для IV - $\delta = 0,90$ (см. Карту дорожно-климатического районирования, Приложение Б).

2.2.3 Приведенное термическое сопротивление $R_{пр}$ определяют, используя карту (рисунок 2.2) при расположении объекта в Европейской части РФ и в Западной Сибири. По карте устанавливают номер расчетной изолинии, ближайшей к объекту.

При расположении объекта в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке по таблице 2.3. устанавливают номер расчетной изолинии исходя из среднеемноголетнего значения глубины промерзания грунтов.

Зная номер расчетной изолинии, по таблице 2.4 определяют величину $R_{пр}$.

2.2.4 Фактическое термическое сопротивление дорожной одежды определяют по формуле:

$$R_{од(o)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)} + 1/\alpha, \quad (m^2K)/Вт \quad (2.3)$$

где: $n_{од}$ - число конструктивных слоев дорожной одежды без теплоизолирующего слоя;

$h_{од(i)}$ - толщина i -го слоя, м;

$\lambda_{од(i)}$ - коэффициент теплопроводности i -го слоя в мерзлом состоянии, Вт/(мК). При отсутствии фактически измеренных $\lambda_{од(i)}$ допускается включать в расчет значения, приведенные в таблице А.1 (см. Приложение А). Для песков дренирующих слоев следует принимать $\lambda_{од(i)}$ равным среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности песка в талом и мерзлом состоянии;

α - коэффициент теплообмена. Допускается принимать $1/\alpha = 0,04 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

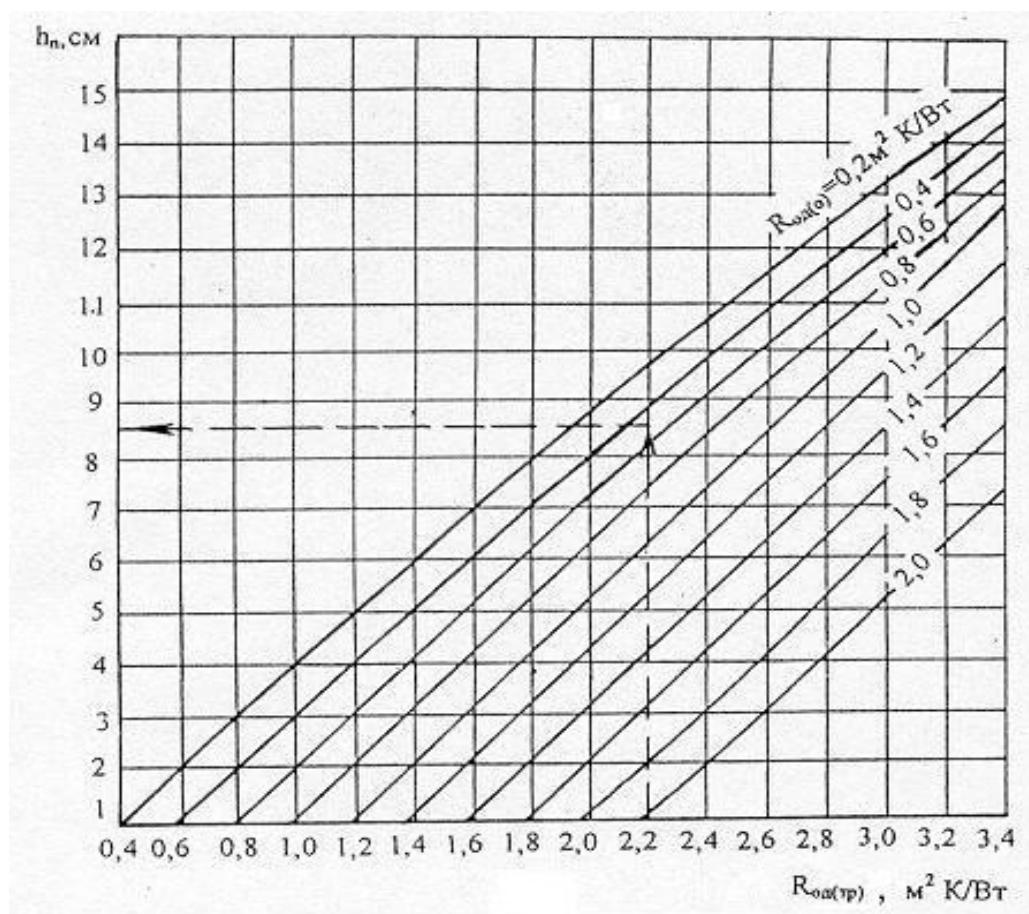


Рисунок 2.1 - График для определения требуемой толщины теплоизолирующего слоя из пенополистирольных плит «ТЕХНОКОЛЬ XPS».

Таблица 2.2

№ изолинии на карте (рисунок 2.2)	Значение коэффициента $K_{од}$ при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами		
	менее 10 лет	10 лет	20 лет
I - II	0,70	0,85	1,0

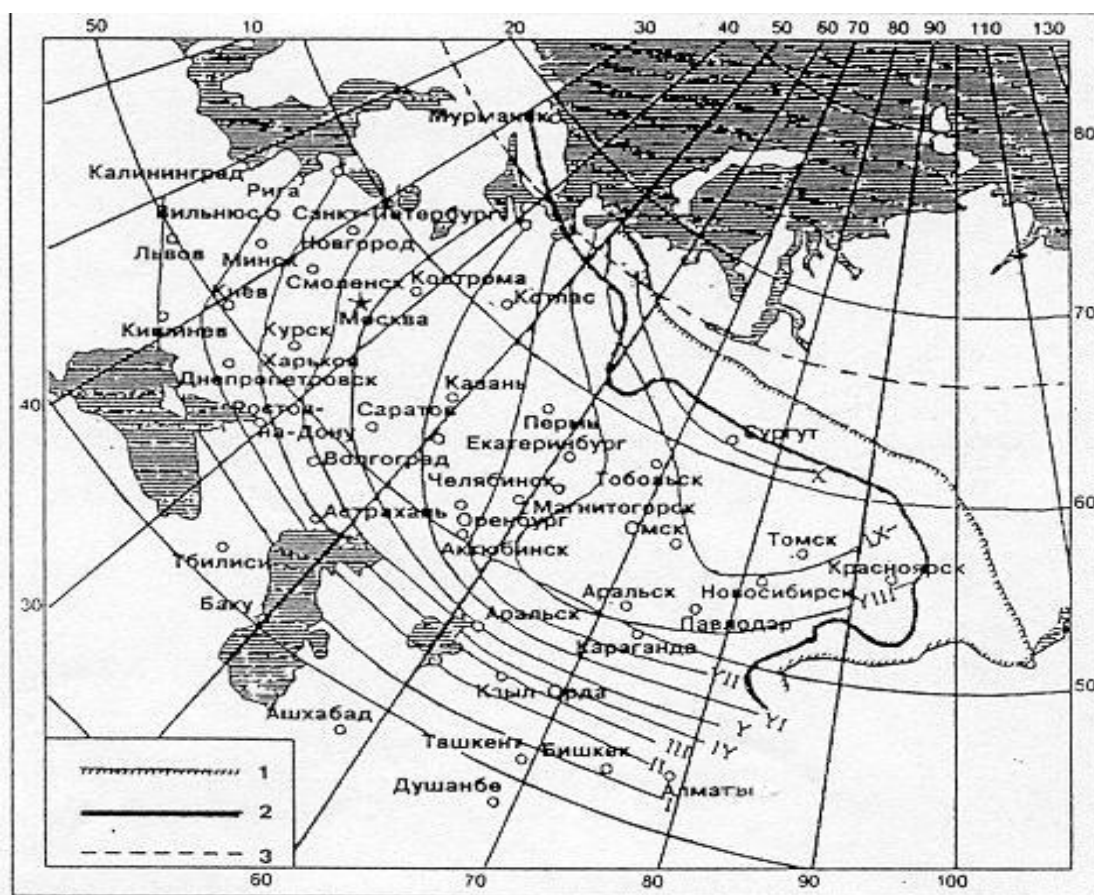
III - X	0,80	0,90	1,0
---------	------	------	-----

Таблица 2.3

Среднегодовое значение глубины промерзания грунтов в поле, очищенном от снега, м.	Номер кривой
0,60	I
0,80	II
1,00	III
1,20	IV
1,40	V
1,60	VI
1,80	VII
2,00	VIII
2,20	IX
2,40	X

Таблица 2.4

Номер изолинии на карте	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$R_{пр}$	0,95	1,30	1,65	1,90	2,20	2,50	2,70	2,90	3,05	3,25



I – X – номера изолиний; 1 – граница сплошного распространения вечномёрзлых грунтов; 2 – то же, островного; 3 – Северный полярный круг.

Рисунок 2.2 - Карта с изолиниями для определения приведенных значений термического сопротивления дорожной одежды.

2.3 Учет теплоизолирующего слоя из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в расчете дорожной одежды на прочность

2.3.1 Проверка на прочность конструкции дорожной одежды с теплоизолирующим слоем из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» производится в соответствии с расчетами, предусмотренными ОДН 218.046-01 [1] (для нежестких дорожных одежд) и Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд жесткого типа, утвержденные Распоряжением Минтранса России от 03.12.2003 № ОС-1066-р, введенными взамен ВСН 197-91 (для жестких дорожных одежд) [3].

Расчет по упругому прогибу выполняют, как обычно, определяя общий модуль упругости конструкции в соответствии с номограммой (рисунок 3.1 ОДН 218.046-01 [1]), путем последовательного приведения двухслойной конструкции к однослойной, снизу вверх, начиная с модуля упругости на поверхности теплоизолирующего слоя.

Вычислить общий модуль упругости на поверхности теплоизолирующего слоя $E_{обц}^T$ обычным способом по номограмме невозможно, поскольку этот расчетный метод разработан для конструкций, в которых модули упругости слоев увеличиваются снизу вверх. Модуль упругости плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ниже модуля упругости подстилающего его грунта земляного полотна.

2.3.2 Учет влияния теплоизолирующего слоя на прочность конструкции дорожной одежды осуществляется путем приведения системы подстилающий грунт + плита «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» к однородному слою с расчетным модулем упругости, равным общему модулю упругости на поверхности плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ($E_{обц}^T$). Последний вычисляют по формуле:

$$E_{обц}^T = \frac{E_n}{1 - \frac{2}{\pi} \left[\arctg\left(\frac{\pi \cdot h_n}{2 \cdot D}\right) \right] \left[1 - \frac{E_n}{E_g} \right]}, \text{ МПа} \quad (2.4)$$

где: E_n – модуль упругости грунта, подстилающего теплоизолирующий слой, МПа (при слоистой толще принимается общий модуль упругости на поверхности толщи под плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»);

E_g – модуль упругости материала «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS», МПа;

D – расчетный диаметр отпечатка колеса, см;

h_n – толщина плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS», см.

Модуль упругости E_n грунта, подстилающего теплоизолирующий слой, определяют по таблице П. 2.5 ОДН 218.046-01 [1], при слоистой толще общий модуль упругости на поверхности толщи определяют в соответствии с п.п.3.27

– 3.29 ОДН 218.046-01 [1]. Расчетное значение модуля упругости материала «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» следует принимать для плит марки 45 $E_p = 20$ МПа.

2.3.3 При конструировании дорожных одежд со слоями из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» следует учитывать, что над плитами должен быть устроен защитный слой из песчаного грунта, предохраняющий плиты от воздействия построечной техники, а непосредственно под плитами – выравнивающий слой из песчаного грунта, толщиной 5 – 10 см. Если согласно проекту плиты предполагается укладывать на песчаный грунт (земляное полотно запроектировано из песка, либо под плитами расположен дренарующий слой), то выравнивающий слой не требуется. Защитный слой целесообразно устраивать из дренаującego материала. При расчете дорожной одежды на прочность выравнивающий слой допускается не учитывать.

2.3.4. При применении в конструкции дорожной одежды теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» следует выполнить проверку этого слоя на прочность при одноосном сжатии. Проверка ведется для условий строительства и эксплуатации дорожной одежды.

На основе этого расчета определяют минимальную толщину защитного слоя над плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».

Проверка ведется по зависимости:

$$Z \geq Z^{\text{дон}}, \text{ м} \quad (2.5)$$

где: Z – глубина расположения слоя от поверхности, к которой прилагается внешняя нагрузка (поверхность защитного слоя при строительстве);

$Z^{\text{дон}}$ – допустимая глубина расположения слоя по условию прочности слоя на одноосное сжатие.

Приблизительно величину $Z_T^{\text{дон}}$ устанавливают по формуле:

$$Z^{\text{дон}} = k \frac{D}{\left[2 \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{p}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (2.6)$$

где: D – расчетный диаметр отпечатка колеса расчетной нагрузки, м;

p – давление от расчетного колеса на поверхность покрытия или слоя засыпки, МПа;

R – прочность плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» на одноосное сжатие при многократном нагружении. Для плит марки 45 $R = 0,45$ МПа;

k – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,3.

Если в задании на проектирование расчетная нагрузка не оговорена специально, то за расчетную принимают нагрузку, соответствующую расчетному автомобилю группы А (таблица 2.5.1).

В случае, если $Z_T < Z_T^{\text{дон}}$, прочность плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» не обеспечена и следует увеличить глубину расположения слоя.

Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS в зависимости от нагрузки приведена в Приложении Д (Табл. Д 1, Д2). Допустимая толщина же-

лезобетонной плиты, размещенной над плитами XPS, исходя из обеспечения прочности плит XPS, приведена в Приложении Д(Табл. Д3, Д4). При этом принято, что прочность железобетонной плиты на изгиб обеспечена, для чего должны быть выполнены предварительные расчеты.

Таблица 2.5.1

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка, кН		Расчетные параметры нагрузки	
	на ось	на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля $Q_{расч.}$	p , МПа	D , см
A_1	100	50	0,60	33
A_2	110	55	0,60	34
A_3	130	65	0,60	37

2.3.5 При расчете на условия строительства параметры нагрузки выбираются в зависимости от применяемой техники и технологии устройства слоев, располагаемых над прослойкой плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».

В случае применения при строительстве техники на гусеничном ходу в формулу (2.6) вместо D следует подставить величину $2b$, равную ширине гусеницы и получаемое по формуле значение $Z_T^{дон}$ увеличить на 20%.

2.4 Проектирование дорожных конструкций с применением пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для защиты земляного полотна от промерзания

2.4.1 При конструировании должно быть обеспечено:

- полная или частичная защита пучиноопасного грунта земляного полотна от промерзания;
- дренирование дорожной одежды.

2.4.2 Дренирование дорожной одежды с теплоизолирующим слоем обеспечивается устройством дренирующего слоя, который может предусматриваться в трех вариантах:

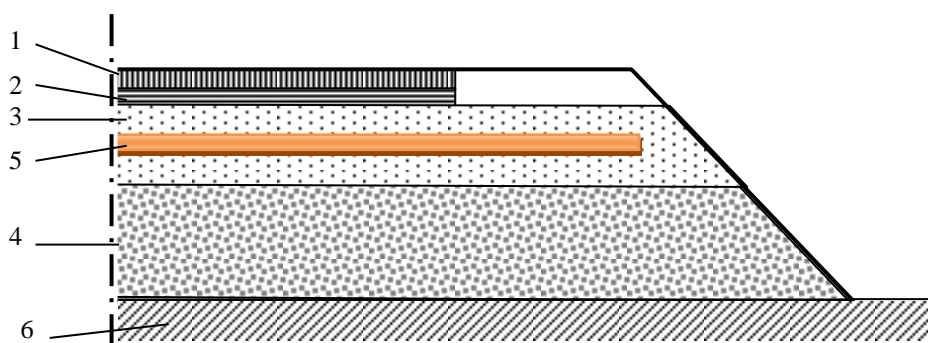
- в виде песчаного слоя, располагаемого над теплоизолирующим (работающим также в качестве защитного слоя);
- в виде песчаного слоя, вмещающего в себя теплоизолирующий слой;
- в виде дренирующего слоя из геотекстиля, обладающего продольной водопроницаемостью.

2.4.3 Толщина дренирующего слоя в общем случае определяется расчетом по методике, изложенной в ОДН 218.046-01 [1].

Необходимая ширина теплоизолирующего слоя принимается равной не менее, чем на 1,5 - 2,0 м больше ширины проезжей части или равной ширине земляного полотна по верху.

2.4.4 Принципиальная схема дорожной конструкции с теплоизолирующим слоем из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» представлена

на рисунке 2.3. Конструкция может быть применена как для нежестких, так и для жестких дорожных одежд.



1 – покрытие; 2 – несущее основание; 3 – дополнительный слой основания с теплоизолирующим слоем; 4 – пучиноопасный грунт; 5 - теплоизолирующий слой; 6 – грунт основания насыпи.

Рисунок 2.3 - Принципиальная схема дорожной конструкции с теплоизолирующим слоем (для условий сезонного промерзания).

2.4.5 При проектировании должно быть учтено следующее:

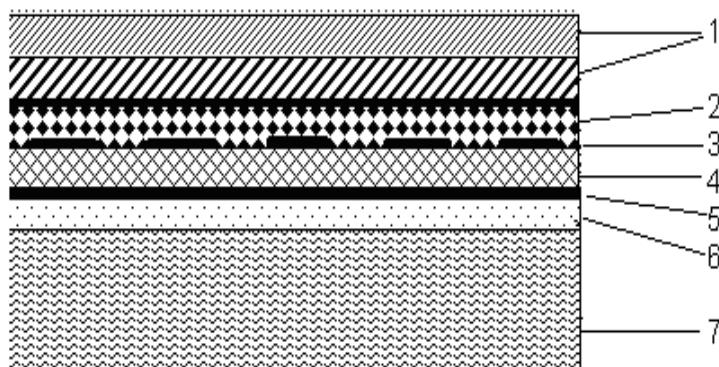
- расчет толщины дренирующего слоя следует выполнять по отдельности: верхнюю часть (над плитами) - на увлажнение за счет осадков, и нижнюю часть - на увлажнение грунтовыми водами;
- толщину теплоизолирующего слоя в выемке в любом случае рекомендуется назначать исходя из исключения промерзания земляного полотна;
- во всех случаях должен быть обеспечен поперечный уклон теплоизолирующего слоя не менее 2%;
- должны быть предусмотрены меры по борьбе с повышенным гололедообразованием (см. раздел 5);
- на участках с теплоизолирующим слоем следует по возможности уменьшать продольные уклоны и увеличивать радиусы кривых, предусмотренные СП 34.13330.2012

2.5 Проектирование дорожных конструкций с применением пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения теплоизоляции подземных сооружений.

2.5.1 Проектирование нежесткой дорожной одежды

Особенность дорожной одежды заключается в том, что она расположена на железобетонной плите, которая является кровлей подземного сооружения. Прочность кровли должна быть обеспечена. Цель расчета заключается в проверке прочности дорожной одежды.

2.5.1.1 Предлагаемая конструкция дорожной одежды рисунок (2.4) включает двухслойный асфальтобетон, щебень фр. 40 – 80 с заклиной щебнем фр. 10 – 20. Между щебнем и теплоизолирующим слоем – пенополистиролом, устроена геотекстильная прослойка. При укладке щебня на пенополистирол, без песчаного слоя, толщина пенополистирольной плиты, полученная на основании теплофизического расчета, должна быть увеличена на 1 – 2 см.



1 – двухслойное асфальтобетонное покрытие; 2 – щебень; 3 - геотекстильная прослойка; 4 – плита «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»; 5 – битумно-полимерная гидроизоляция; 6 - выравнивающий слой из цементобетона; 7 – железобетонная плита кровли подземного сооружения.

Рисунок 2.4 - Схема конструкции дорожной одежды, устраиваемой по кровле подземного сооружения.

2.5.1.2 Требуемую толщину теплоизолирующего слоя рассчитывают исходя из температуры, которую предполагается поддерживать в помещениях подземного сооружения. Расчет целесообразно проводить по специальным программам (например, программа TMFLAT «Расчет температурного режима тела и оснований инженерных сооружений», ОАО ЦНИИС, лаборатория инженерной теплофизики).

2.5.1.3 Расчет дорожной одежды по прочности выполняют следующим образом. По формуле (2.6) настоящего Пособия определяют безопасную глубину расположения теплоизолирующего слоя. В соответствии с ОДН 218.046-01 [1] выполняют проверку асфальтобетонного покрытия на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе. Проверку по упругому прогибу не проводят, поскольку прочность кровли должна быть обеспечена.

2.5.2. Проектирование жесткой дорожной одежды.

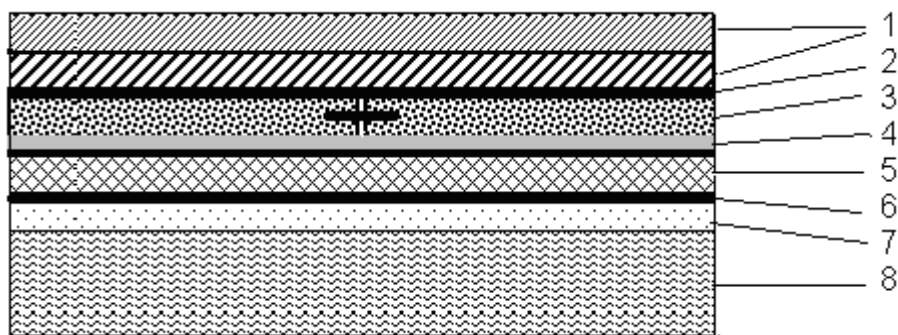
2.5.2.1 Расчет на растяжение при изгибе цементобетонного основания дорожной одежды, приведенный в нормативных документах, выполняется в соответствии со следующей схемой: цементобетонная плита уложена на основание, представляющее собой упругое полупространство, эквивалентный модуль упругости которого существенно ниже модуля упругости плиты.

Основание цементобетонной плиты в данной конструкции дорожной одежды представляет собой слой материала с высокой деформируемостью, уложенный на железобетонную балку пролетного строения, модуль упругости которой имеет тот же порядок, что и модуль цементобетонной плиты.

Для выполнения проверки прочности конструкцию следует приводить к известной расчетной схеме. Далее расчет может выполняться в соответствии с методикой, приведенной в Методических рекомендациях по проектированию дорожных одежд жесткого типа, утвержденных Распоряжением Минтранса России от 03.12.2003 № ОС-1066-р, введенных взамен ВСН 197-91 [3].

2.5.2.2 Предлагаемая конструкция включает двухслойное асфальтобетонное покрытие и бетонное основание. Основание устроено со швами сжатия и расширения. Швы имеют штыревые соединения.

Для предотвращения образования на поверхности асфальтобетона трещин, возникающих в следствие температурного расширения – сжатия плит цементобетонного основания, предложено использовать двухкомпонентную мастику холодного отверждения марки КОВ-190. Толщина слоя мастики 3 мм. При образовании трещины в цементобетоне мастика затекает в нее, при этом полимер-асфальтобетон растягивается. Применение мастики дает эффект только при совместном использовании с асфальтобетоном на полимерно-битумном вяжущем. Между цементобетонным и пенополистирольными плитами помещена профилированная мембрана.



1 – двухслойный асфальтобетон; мастика КОВ; 3 – цементобетонное основание; 4 – профилированная мембрана; 5 - пенополистирольные плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»; 6 – битумно-полимерная гидроизоляция; 7 – выравнивающий слой из цементобетона; 8 – железобетонная плита кровли подземного сооружения.

Рисунок 2.5 - Конструкция жесткой дорожной одежды

2.5.2.3. Для приведения конструкции к расчетной схеме, используемой в нормативных документах, следует определить условный модуль упругости основания цементобетона – пенополистирола, уложенного на бетон. Расчет выполняют в следующем порядке.

Нагрузку, которая передается на поверхность цементобетонной плиты, вычисляют по формуле:

$$p_2 = (D_1^2 \cdot p_1) : D_2^2 \quad (2.7)$$

где p_1 p_2 – напряжения соответственно на поверхности слоя асфальтобетона и цементобетона; D_1 – диаметр площадки приложения нагрузки на поверхности покрытия, D_2 - диаметр площадки на поверхности цементобетона, на которую передается нагрузка;

$$D_2 = D_1 + 2 h_1$$

h_1 – толщина асфальтобетонного покрытия.

Нагрузку, которая передается на поверхность пенополистирола, вычисляют по формуле

$$p_3 = \frac{16Q}{\pi D_2 L} \quad (2.8)$$

где Q – действующая нагрузка (от колеса), кг;

L – длина цементобетонной плиты, см (минимальное значение – 370 см);

D_2 – диаметр площадки действия нагрузки, см.

Условный модуль упругости основания цементобетонной плиты вычисляют по формуле

$$E = \frac{0,25\pi \cdot \delta_3 \cdot D_3 (1 - \mu_0^2)}{l} \quad (2.10)$$

где μ – коэффициент Пуассона;

l - толщина сжимаемого слоя, см

$l = \varepsilon \cdot h_3$;

ε – относительная деформация от действующей нагрузки на поверхности пенополстирола, определяется по результатам испытаний $\varepsilon = f(p)$;

D_3 - диаметр площадки на поверхности пенополистирола, на которую передается нагрузка

$$D_3 = \sqrt{\frac{D_2^2 \cdot p_2}{p_3}}$$

3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

3.1 Принципы проектирования дорожных конструкций на вечной мерзлоте и условия их применения

3.1.1 Применяемые в настоящее время методы проектирования дорожных насыпей в зоне вечной мерзлоты сводятся к трем основным принципам проектирования.

Первый принцип проектирования дорожных конструкций предусматривает обеспечение поднятия верхнего горизонта вечной мерзлоты (ВГВМ) не ниже подошвы насыпи (сезонное оттаивание ниже подошвы насыпи исключается) и сохранение его на этом уровне в течение всего периода эксплуатации дороги (расчетное состояние грунтов основания насыпи – мерзлое). Для реализации первого принципа требуется как правило либо сооружение высоких насыпей (3 ... 5 м в зависимости от условий строительства), либо применение теплоизолирующих материалов.

Второй принцип проектирования предусматривает допущение оттаивания грунтов ниже подошвы насыпи на расчетную глубину в период эксплуатации дороги с учетом допустимой осадки основания в зависимости от типа покрытия (расчетное состояние грунтов основания – талое).

Мощность деятельного слоя при этом может оставаться прежней, либо уменьшится (т.е. ВГВМ поднимется на некоторую высоту по отношению к исходному). Понижать ВГВМ, т.е. увеличивать мощность деятельного слоя, не рекомендуется.

Третий принцип проектирования предусматривает предварительное оттаивание и осушение мерзлых грунтов основания.

Наибольшее применение при строительстве дорог на вечной мерзлоте имеют два принципа – первый и второй.

3.1.2 Первый принцип применяют в 1-ой и 2-ой подзонах I дорожно-климатической зоны (см. Приложение Б) при следующих условиях:

- температура грунтов на границе нулевых годовых амплитуд ниже $-1,5^{\circ}\text{C}$;
- широкое развитие мерзлотных процессов и явлений: подземные льды различного генезиса, бугры пучения, термокарст, морозобойное растрескивание, солифлюкция, наледные участки и т.п.;
- наличие грунтов IV – V категории просадочности (таблица 3.1).

3.1.3 Второй принцип может применяться во всех дорожно-климатических подзонах при условии залегания в основании насыпи минеральных грунтов II- III категорий просадочности и торфяников I - III категорий просадочности.

3.1.4 Третий принцип применяют в 3-ей подзоне I-ой дорожно- климатической зоны при наличии легкоосушаемых грунтов, среднегодовая температура которых выше $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Таблица 3.1 (СП 34.13330.2012)

Категория просадочности грунта	Тип грунта по льдистости и просадочности в сезоннооттаивающем слое и подстилающей вечномерзлой толще	Отношение объема прослоек льда к объему мерзлого грунта, д.е.
I	Без ледяных включений, непросадочный	0 – 0,01
II	Малольдистый, малопросадочный	0,01 – 0,1
III	Льдистый, просадочный	0,1 – 0,4
IV	Сильнольдистый, сильнопросадочный	0,4 – 0,6
V	С крупными включениями подземного льда, чрезмернопросадочный	0,6 – 1

3.1.5 Принцип проектирования выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов, исходя из мерзлотно-грунтовых и климатических условий участка трассы.

3.2 Особенности расчетов дорожных конструкций

3.2.1 Расчет толщины теплоизолирующего слоя, требуемого для сохранения основания насыпи в мерзлом состоянии, целесообразно осуществлять по специальной методике, основанной на двухмерной теплофизической задаче (например, программа TMFLAT «Расчет температурного режима тела и оснований инженерных сооружений», ОАО ЦНИИС, лаборатория инженерной теплофизики). Особое внимание должно быть уделено приоткосной части насыпи, где происходит максимальное оттаивание основания. В особенности это относится к высоким насыпям (более 4 м), в откосах которых могут возникнуть значительные сдвигающие усилия, которые приводят к деформациям откосов насыпи.

3.2.2 Требуемая толщина теплоизолирующего слоя над проезжей частью насыпи может быть рассчитана в одномерной постановке.

В таблице 3.2 приведены толщины плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS», необходимые для обеспечения промерзания оснований снегонезаносимых насыпей для дорог III технической категории. Расчет был выполнен для дорожной одежды, включающей плиты ПАГ-14, подстилающий (он же защитный и дренирующий) слой песка 20 см, плиту «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS». Данные таблицы 3.2 могут быть использованы при применении следующей конструкции дорожной одежды: двухслойный асфальтобетон 14 см, щебень 20 см, песок 25 см, плита «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».

3.2.3 При расчете дорожных одежд по прочности наличие мерзлого слоя с высоким модулем упругости, расположенного под пенополистиролом, и низко модульного теплоизолирующего слоя не учитывается. В качестве расчетного модуля грунта принимается модуль упругости грунта, расположенного над теплоизолирующим слоем.

Таблица 3.2

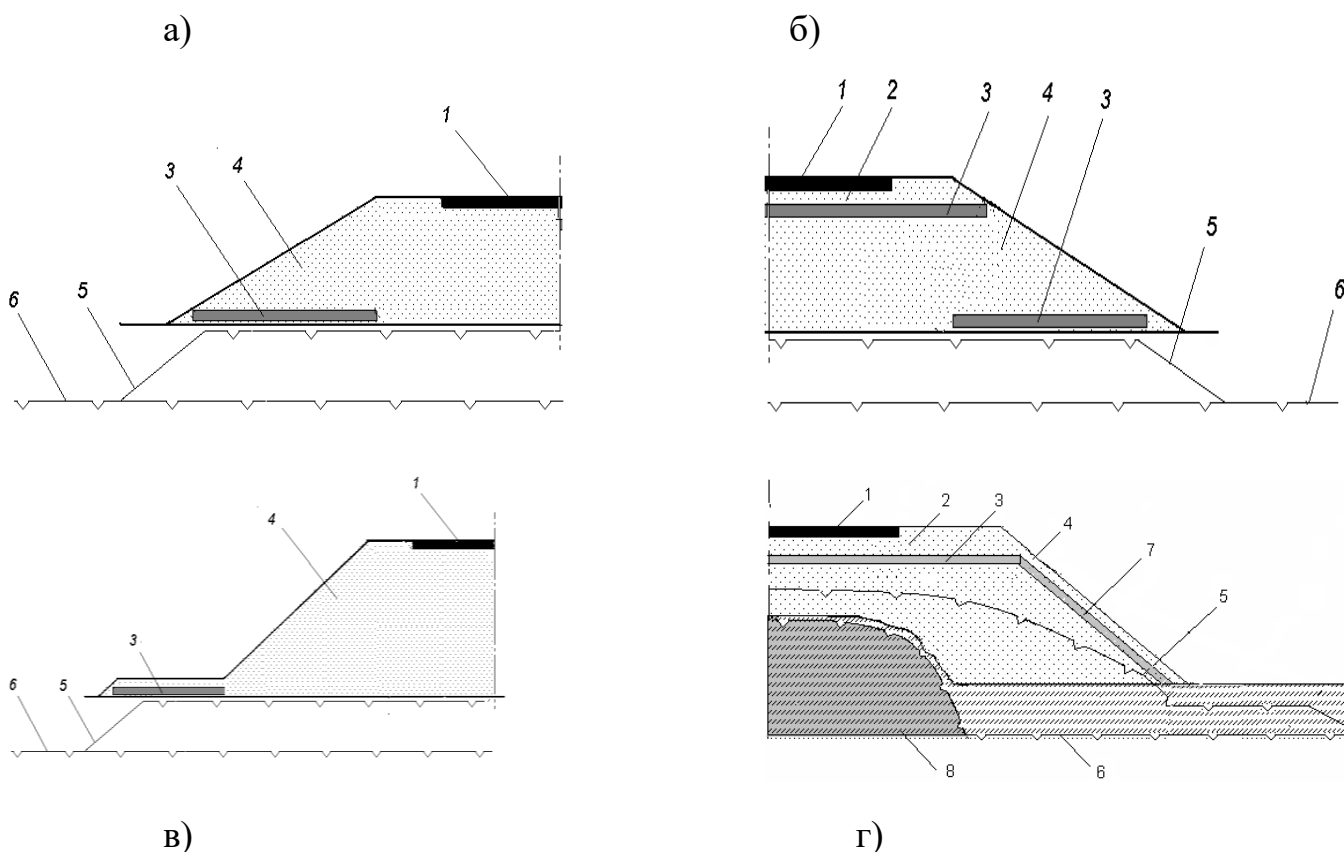
Наименование населенного пункта	Высота снегонезаносимой насыпи для дороги III категории, м (расчет по СП 34.13330.2012, даны с округлением)	Среднегодовая температура воздуха, °С	Требуемая толщина теплоизолирующего слоя для обеспечения сохранения основания в мерзлом состоянии, см
Амдерма(Ненецкий автономный округ)	0,95	-7,0	3
Бодайбо (Иркутская область)	1,15	-5,6	9
Верхоянск (республика Саха)	0,9	-15,7	2
Воркута (республика Коми)	1,2	-6,3	5
Дудинка (Красноярский край)	1,15	-10,2	3
Магадан (Магаданская область)	1,0	-4,7	8
Марресале (Ямало-Ненецкий автономный округ)	0,9	-8,3	3
Новый Порт(Ямало-Ненецкий)	1,05	-8,8	4

автономный округ)			
Чита (Читинская область)	0,8	-2,7	11
Якутск (республика Саха)	1,0	-10,3	5

Применять теплоизолирующие слои в районах со среднегодовой температурой выше - 3 °С нецелесообразно.

3.3 Схемы дорожных конструкций, устраиваемых с сохранением грунта в мерзлом состоянии, с использованием теплоизолирующего слоя из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

3.3.1 Предлагаемые конструкции могут быть устроены как с цементобетонным сборным, так и с асфальтобетонным покрытием. Во всех случаях пенополистирольные плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» укладывают на выравнивающий слой из талого либо сыпучемерзлого песка толщиной 5 – 10 см.



1 – дорожная одежда; 2 – защитный (он же дренирующий) слой; 3 – плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»; 4 – насыпь; 5 – положение ВГВМ после сооружения насыпи; 6 – то же, до сооружения насыпи; 7 – плита «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS», уложенная совместно с полотном нетканого геотекстиля; 8 – льдоминеральное ядро бугра пучения.

Рисунок 3.1 - Схемы дорожных конструкций в зоне вечной мерзлоты

Схема рисунок 3.1а предназначена для случая, когда высота снегонезаносимой насыпи не обеспечивает сохранение основания в мерзлом состоянии.

Схема рисунок 3.1б предназначена для случая, когда высота снегонезаносимой насыпи обеспечивает сохранение основания в мерзлом состоянии. Теплоизолирующий слой применяют для теплозащиты приоткосных частей насыпи.

Схему рисунок 3.1в следует использовать при сооружении высоких насыпей. Такое конструктивное решение используется также при строительстве железных дорог. Под действием веса насыпи в оттаявшей приоткосной части ее основания могут произойти сдвиги и для их предотвращения устраивают бермы. Для уменьшения высоты бермы следует применять плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS». Плиты укладывают таким образом, чтобы защитный слой над плитой был не менее 0,5 м.

Схему рисунок 3.1г следует использовать при сооружении земляного полотна на плоскобугристых торфяниках высотой до 1 м, разделенных мочажинами. Для предотвращения оттаивания тела насыпи со стороны откосной части предусмотрена укладка плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS». Для исключения сдвига грунта откоса по наклонно установленной плите «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» может быть применена геотекстильная прослойка. Таким образом в насыпи образуется ядро, которое сохраняется в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации дороги.

Данное конструктивное решение (теплоизоляция мерзлого ядра в верхней части насыпи при помощи теплоизолирующего слоя, включающего плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» и со стороны откосной части – при помощи берм) может быть использовано также при сооружении ядра насыпи из какого-либо некондиционного материала, т.е. не удовлетворяющего требованиям ВСН 84-89 [2] к грунтам.

4 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ

4.1. Общие положения

4.1.1 До устройства теплоизолирующего слоя должны быть выполнены следующие работы:

- подготовка земляного полотна;
- обеспечение водоотвода с поверхности земляного полотна;
- подготовка путей завоза строительных материалов.

4.1.2 Земляное полотно должно быть спланировано и уплотнено в соответствии с действующими нормативами.

Водоотвод с поверхности земляного полотна должен быть осуществлен до начала отсыпки выравнивающего слоя под плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS». При соответствующем технико-экономическом обосновании применяют дренажную прослойку из геотекстиля. Поперечный уклон дренажной прослойки принимают не менее 2%.

При использовании построечной техники при среднем давлении от заднего колеса более 0,6 МПа следует выполнить расчет необходимой толщины защитного слоя над плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в соответствии с п.2.2.3.

После уплотнения этого слоя виброкатком 14-17 т по нему допускается пропуск построечного транспорта.

4.1.3 Для сохранения вечной мерзлоты в основании насыпи теплоизолирующий слой следует устраивать, как правило, в холодное время года. В выравнивающем слое в основании плит не должно быть мерзлых комьев, поэтому необходимо обеспечить своевременную заготовку сухого песка, пригодного для этой цели. Следует использовать либо талый песок, извлеченный из середины бурта и транспортированный автомашинами с утеплителем, либо сухомерзлый (с влажностью менее 7%).

4.2 Указания по устройству теплоизолирующего слоя

4.2.1 В состав технологического процесса по устройству теплоизолирующего слоя дорожной одежды входят следующие операции:

- Устройство выравнивающего слоя;
- Укладка плит;
- Устройство защитного слоя.

Теплоизолирующий слой необходимо устраивать согласно проектной документации. Как правило, теплоизолирующий слой устраивают путем укладки плит в один ярус, однако в отдельных случаях плиты могут быть уложены в 2 яруса.

4.2.2 Устройство выравнивающего слоя включает транспортировку, распределение, профилирование и уплотнение песка.

Выравнивающий слой должен соответствовать требуемым ровности и плотности в соответствии с СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги» и принят по акту на скрытые работы форма 40Т. Толщина слоя составляет 5 – 10 см в плотном теле.

Поверхность выравнивающего слоя перед укладкой на нем плит должна быть очищена от посторонних предметов.

4.2.3 В дорожной одежде следует использовать плиты с краем, выполненным с уступом (шпунтом) или с пазом для скрепления соседних плит.

Плиты укладывают вручную бригадой рабочих. Плиты следует укладывать таким образом, чтобы поперечные швы в соседних рядах плит располагались вразбежку (рисунок 4.1). В случае укладки плит в 2 яруса швы нижележащего ряда плит необходимо перекрывать вышележащими плитами

При укладке необходимо обеспечить равномерное опирание всей поверхности плиты на выравнивающий слой. Для этого непосредственно перед укладкой плиты, если это требуется, следует подсыпать песок под плиту.

Плиты крайних рядов закрепляют 2-мя стальными стержнями диаметром 6-8 мм и длиной 400 мм в соответствии со схемой раскладки плит. Через каждые 5 – 6 рядов производят закрепление одного ряда плит указанными стержнями. Целесообразно применение стержней, изогнутых в виде буквы «П».

Теплоизолирующий слой должен быть принят по акту на скрытые работы по форме 40Т.

4.2.4 Устройство защитного слоя включает транспортировку, распределение, профилирование и уплотнение песка. Если защитный слой выполняет согласно проекту функции дренирующего слоя, песок должен иметь коэффициент фильтрации в соответствии с расчетным, как правило, не ниже 2 м/сут. Толщина защитного слоя проверяется расчетом и должна быть как правило не менее 20 см в плотном теле.

Проезд строительной техники по плитам теплоизолирующего слоя не допускается. Выравнивающий слой отсыпают «от себя».

Распределение песка производят бульдозером при постоянном геодезическом контроле.

Автогрейдером производят профилирование поверхности песка за 1 – 2 прохода по одному следу.

4.3 Требования безопасности

4.3.1 Плиты при нормальных условиях эксплуатации, транспортировки и хранения не являются токсичными и не выделяют вредных продуктов в концентрациях, опасных для здоровья человека.

4.3.2 Плиты относятся к группе сгораемых материалов.

4.3.3 При производстве и хранении плит должны соблюдаться правила безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.030-83 и ГОСТ 17.2.3.02-2014

4.3.4 Утилизацию отходов осуществляют в соответствии с МЗ №3138 или направляют на вторичную переработку.

4.3.5 Непригодные к переработке отходы подлежат утилизации в специальном месте или вывозу на специальные полигоны промышленных отходов.

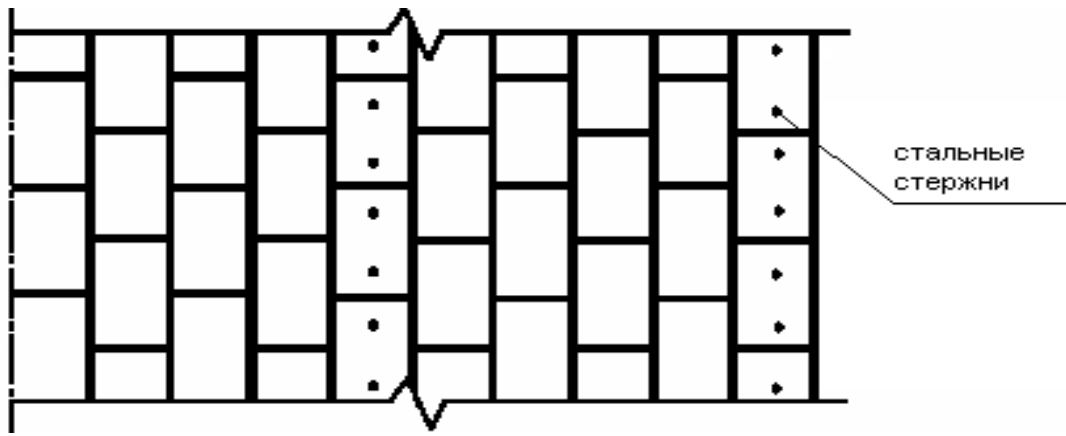


Рисунок 4.1 - Схема раскладки плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

5. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

5.1 При применении теплоизолирующих слоев в дорожной одежде в период знакопеременной температуры воздуха в весеннее время иногда возникает повышенное гололедообразование. Борьба с гололедообразованием может вестись в двух направлениях:

- мероприятия, направленные на устранение всех типов скользкости в зимнее время;
- мероприятия, направленные на обеспечение безопасного проезда в период возникновения повышенного гололедообразования.

5.2 К первому направлению относятся:

- применение в составе асфальтобетонной смеси гидрофобизаторов, препятствующих сцеплению льда с асфальтобетоном;
- применение реагентов, понижающих температуру замерзания воды на покрытии путем их добавки в асфальтобетонную смесь в виде минерального порошка.

Ко второму направлению относятся:

- применение фрикционных материалов, понижающих скользкость покрытия;
- применение реагентов, понижающих температуру замерзания воды на покрытии путем их периодического нанесения на покрытие;
- одновременное применение фрикционных и химических материалов.

5.3 Наиболее эффективным признан метод, направленный на устранение всех типов скользкости, связанный с добавлением в асфальтобетонную смесь реагентов - антигололедных наполнителей, понижающих температуру льдообразования.

Преимущество технологии заключается в предотвращении образования гололедицы, сокращении расхода антигололедных реагентов и улучшении экологической обстановки. Для этой цели может быть использован антигололедный реагент «Грикол» производства «Грикол Лимитед». Минеральный порошок представляет собой кремнийорганические вещества с хлоридами.

При применении этого материала следует учитывать, что действие реагента начинается при активизации поверхности битума, что происходит при осуществлении движения по покрытию. На новом участке дороги до открытия движения может наблюдаться гололедообразование, как и на участках с обычным покрытием.

Реагент применяется в горячих и холодных асфальтобетонных смесях для покрытия толщиной до 5 см.

5.4 Для обеспечения безопасного проезда в период возникновения повышенного гололедообразования целесообразно применение реагентов, понижающих температуру замерзания воды на покрытии. К наиболее часто применяемым в России относятся:

- хлористый кальций СТО 39297743-02-2007 [4];
- Айсмелт™ (ХКНМ) СТО 39297743-01-2008 [5];
- ЭКОСОЛ ТУ 2149-003-93988694-06 [6];

- Био-Маг (хлористый магний) ТУ 2152-042-00203275-2006 [7];
- БИОНОРД ТУ 2149-009-93988694-2007 [8].

5.5 Для обеспечения безопасного проезда необходима организация своевременного оповещения службы эксплуатации дороги о возможности возникновения гололедообразования. Должен устанавливаться предупреждающий знак: «Скользкая дорога».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 - Физико-механические характеристики плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

ТЕХНОНИКОЛЬ XPS	45-500
Плотность, кг/м ³	35,0-45,0
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, кПа, не менее	500
Теплопроводность при (25±5) ⁰ С*, Вт/(м*К), не более	0,031 (при толщине 40 мм) 0,030 (при толщине 50, 60 мм)
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А и «Б», Вт/(м*К), не более	0,034
Предел прочности при изгибе, кПа, не менее	700**
Водопоглощение по объему, %, не более	0,4
Группа горючести	Г4
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м.ч.Па)	0,005
Удельная теплоемкость, кДж/(кг. ⁰ С)	1,50
Модуль упругости, МПа	20
Температура эксплуатации	От -70 до +75
Геометрические *** размеры	Длина - не менее 4000 мм Ширина - не менее 600 мм Толщина - 40 (+2), 50 (±2), 60 (±2)мм

* теплопроводность, измеренная в течение 24 часов с момента выпуска продукции

** прочность на изгиб указана для плит минимальной толщины – 40 мм. Для плит большей толщины допускается применять материал с пределом прочности на изгиб уменьшенным пропорционально увеличению момента сопротивления плиты.

*** по согласованию с потребителем возможно изготовление плит других размеров

Таблица 2 - Теплофизические характеристики материалов, используемых в дорожной одежде

Материал, грунт	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/мК
1	2	3
Асфальтобетон горячий плотный	2400	1,40
То же, пористый	2300	1,25
1	2	3
То же, высокопористый, в том числе битумо-песчаная смесь (ТУ 218 РСФСР)	2200-1900	1,10-1,00

Супесь, укрепленная 10%-ной эмульсией	1700-1900	1,45
Цементобетон	2400	1,74
Песок разномерный, укрепленный 6-10% цемента	2100	1,86
Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10% цемента	2100	1,62
Битумоцементогрунт состава: перлитовый щебень – 25-20%, песок – 75-80%, цемент – 3-4%, битум – 12-10% (массы песка, перлита и цемента)	1400	0,52-0,58
Шлакобетон	1600	0,58
Слабопрочные известняки, укрепленные известью	2000	1,16
Суглинок, укрепленный 6-12% цемента	1750-1900	1,45
Суглинок, укрепленный 2-5% цемента и 6-2% извести	1800-1900	1,33
Супесь, укрепленная 8-10% цемента	1700-1900	1,51
Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8% цемента	1600	0,7
Шлак топочный	800	0,46
Щебень из гранита	1800	1,86
Щебень из известняка	1600	1,39
Гравий	1800	1,86
Песок крупный талый	2000	1,74
То же, мерзлый	2000	2,32
Песок средней крупности талый	1950	1,91
То же, мерзлый	1950	2,44
Песок мелкий талый	1850	1,91
То же, мерзлый	1850	2,32
Песок пылеватый талый	1750	1,80
То же, мерзлый	1750	2,20
Супесь талая	2100	1,80
То же, мерзлая	2100	2,03
Суглинок и глина талые	2000	1,62
То же, мерзлые	2000	1,97
Лессы талые	1500	1,51
То же, мерзлые	1500	2,09
Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом	1850	1,28
Гравийно-песчаная смесь	2000	2,10
Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10% цемента	2000	2,02

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

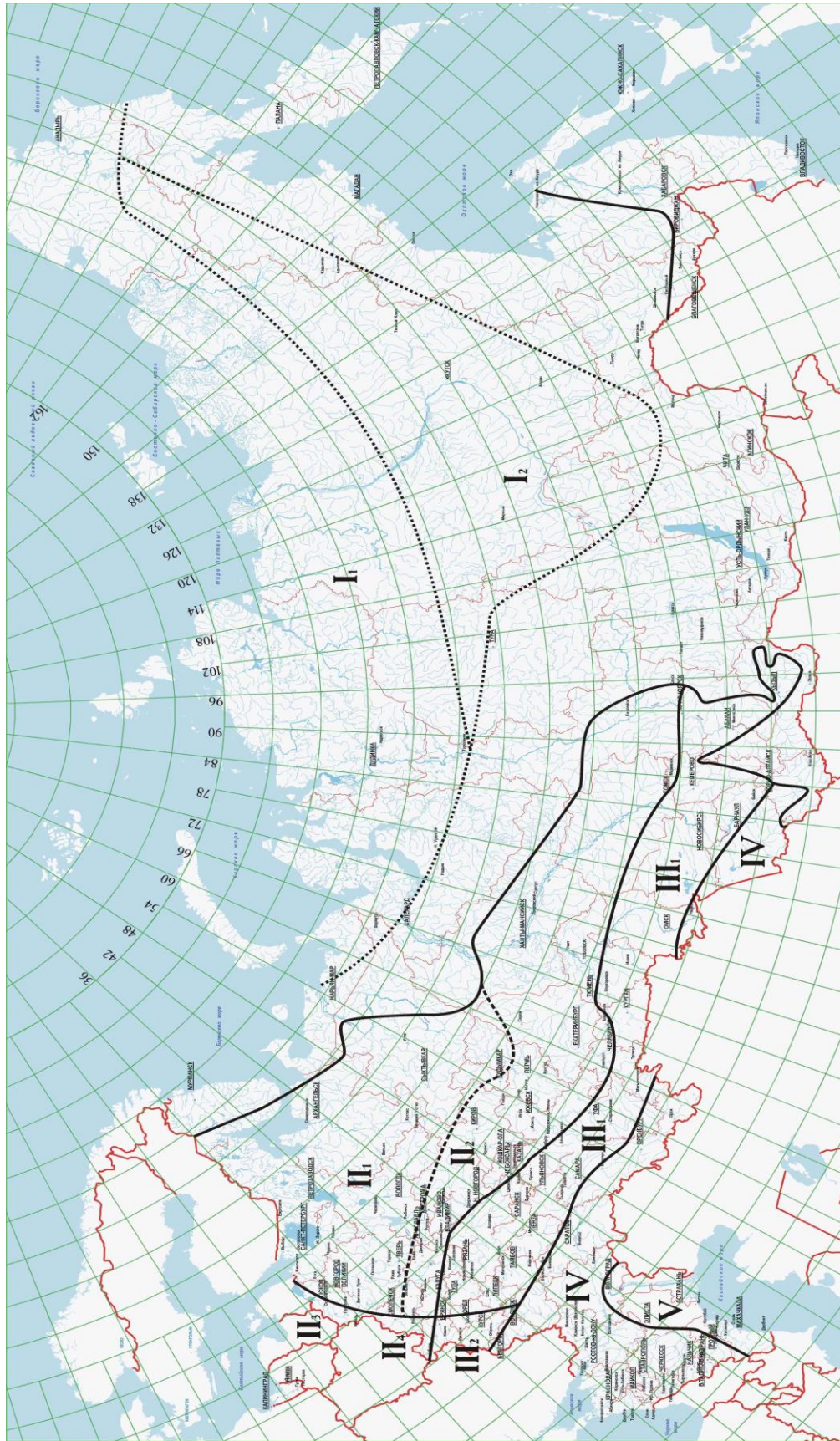


Рисунок 1 - Дорожно-климатическое районирование

Таблица 3. Дорожно-климатические зоны и подзоны

Зона и подзона	Примерные географические границы
I	Севернее линии Нивский–Сосновка–Новый Бор–Щельябож–Сыня–Суеватпуль–Белоярский–Ларьяк–Усть–Озерное–Ярцево–Канск–Выезжий Лог–Усть–Золотая–Сарыч–Сеп–Новоселово–Артыбаш–Иню–государственная граница–Симоново–Биробиджан–Болонь–Многовершинный. Включает зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлых грунтов
I ₁	Севернее линии Нарьян-Мар–Салехард–Курейка–Трубка Удачная–Верхоянск–Дружина–Горный Мыс–Марково
I ₂	Восточнее линии устье р. Нижняя Тунгуска–Ербогачен, Ленск–Бодайбо–Богдарин и севернее линии Могоча–Сковородино–Зая–Охотск–Палатка–Слаутсткое. Ограничена с севера подзоной I ₁
I ₃	От южной границы вечной мерзлоты до южной границы подзоны I ₂
II	От границы зоны I до линии Львов–Житомир–Тула–Нижний Новгород–Ижевск–Томск–Канск. На Дальнем Востоке от границы зоны I до государственной границы. Включает зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
II ₁	С севера и востока ограничена зоной I, с запада – подзоной II ₃ , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск–Березники–Ивдель
II ₂	С севера ограничена подзоной II ₁ , с запада – подзоной II ₄ , с юга – зоной III, с востока и юга – границей зоны I
II ₃	С севера ограничена государственной границей, с запада – границей с подзоной II ₅ , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск, с востока – линией Псков–Смоленск–Орел
II ₄	С севера ограничена подзоной II ₃ , с запада – подзоной II ₆ , с юга – границей с зоной III, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
II ₅	С севера и запада ограничена государственной границей, с востока – линией Минск–Бобруйск–Гомель, с юга–линией Барановичи–Рославль–Клин–Рыбинск
II ₆	С севера ограничена подзоной II ₅ , с запада – государственной границей, с юга – границей с зоной III, с востока – линией Минск–Бобруйск–Гомель
III	От южной границы зоны II до линии Кишинев–Кировоград–Белгород–Самара–Магнитогорск–Омск–Бийск–Туран. Включает лесостепную зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы
III ₁	Ограничена с севера зоной II, с запада – подзоной III ₂ , с юга – зоной IV, с востока – зоной I
III ₂	С севера ограничена зоной II, с запада – подзоной III ₃ , с юга – зоной IV, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
III ₃	С севера ограничена зоной II, с запада – государственной границей, с юга – зоной IV, с востока – линией Бобруйск–Гомель–Харьков

IV	От границы зоны III до линии Джульфа–Степанакерт–Кизляр–Волгоград и далее южнее на 200 км линии Уральск–Актюбинск–Караганда. Включает степную зону с недостаточным увлажнением грунтов
V	К юго-западу и югу от границы зоны IV и включает пустынную и пустынно-степную зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ

При проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения следует определять по формуле

$$l_{нуч} = l_{нуч.ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл} \quad (В.1)$$

где $l_{нуч.ср}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях, определяемая по рисунку В.4 в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости (таблица В.1 и таблица В.2) и глубины промерзания ($z_{пр}$);

$K_{УГВ}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины (H_r) залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (рисунок В.1); при отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод следует принимать: для супеси тяжелой и пылеватой и суглинка $K_{УГВ} = 0,53$; для песка и супеси легкой и крупной $K_{УГВ} = 0,43$;

$K_{пл}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (таблица 2.3);

$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние зернового состава грунта основания насыпи или выемки (таблица В.4);

$K_{нагр}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания (рисунок В.2);

$K_{вл}$ - коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (таблица В.5).

Если данные натурных наблюдений отсутствуют, то глубину промерзания дорожной конструкции можно определять по формуле

$$z_{пр} = z_{пр(ср)} \cdot 1,38 \quad (В.2)$$

где $z_{пр(ср)}$ - средняя глубина промерзания для данного района, устанавливаемая при помощи карт изолиний (рисунок В.3).

При глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр} < 2$ м $l_{нуч.ср}$ устанавливают по графикам рисунка В.4 и при $z_{пр} = 2,0 \div 3,0$ м — по формуле

$$l_{нуч.ср} = l_{нуч.ср2,0} \cdot [a + b \cdot (z_{пр} - c)], \quad (В.3)$$

где $l_{нуч.ср2,0}$ - величина морозного пучения при $z_{пр} = 2,0$ м;

$a = 1,0$; $b = 0,16$; $c = 2,0$ при $2,0 < z_{пр} < 2,5$;

$a = 1,08$; $b = 0,08$; $c = 2,5$ при $2,5 < z_{пр} < 3,0$

Если при расчетном сроке службы до 10 лет полученная величина возможного пучения будет превышать 80% от допустимой (см. таблицу 2.1. основного текста), а при сроке службы более 10 лет будет превышать 60 % от допустимой, то необходимо рассмотреть вариант устройства морозозащитного или теплоизолирующего слоя.

Таблица В.1 - Классификация грунтов по степени пучинистости при замерзании (СП 34.13330.2012 Приложение В, Таблица В.6)

Группа грунта по пучинистости	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение образца, %
I	Непучинистый	1 и менее
II	Слабопучинистый	Свыше 1 до 4
III	Пучинистый	Свыше 4 до 7
IV	Сильнопучинистый	Свыше 7 до 10
V	Чрезмернопучинистый	Свыше 10

Таблица В.2 - Группы грунтов по степени пучинистости (СП 34.13330.2012 Приложение В, Таблица В.7)

Грунт	Группа
Песок гравелистый, крупный и средней крупности, содержащий до 2% частиц мельче 0,05 мм	I
Песок гравелистый, крупный, средней крупности и мелкий, содержащий до 15 %, частиц мельче 0,05 мм, супесь легкая крупная	II
Супесь легкая, суглинок легкий и тяжелый, глины	III
Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок тяжелый пылеватый	IV
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	V

Таблица В.3

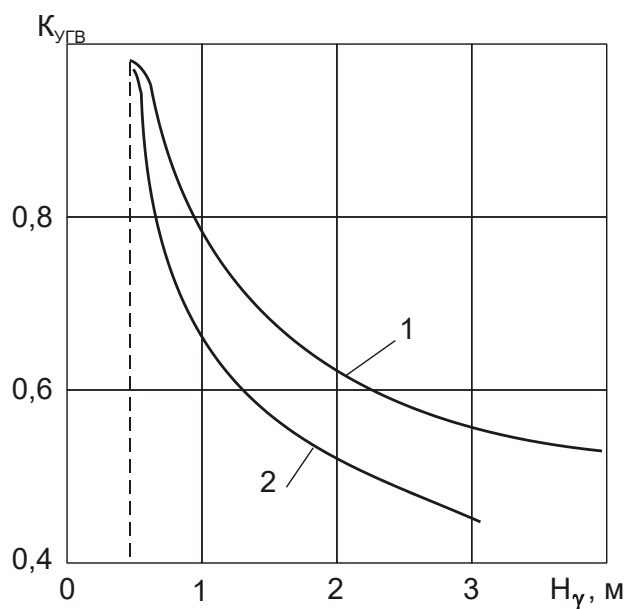
Коэффициент уплотнения $K_{упл}$	$K_{пл}$ для грунта	
	песка пылеватого, супеси легкой и пылеватой, суглинка, глины	песка, кроме пылеватого, супеси легкой крупной
1,03 - 1,00	0,8	1,0
1,01 - 0,98	1,0	1,0
0,97 - 0,95	1,2	1,1
0,94 - 0,90	1,3	1,2
< 0,90	1,5	1,3

Таблица В.4

Грунт	$K_{сп}$
пески	1,0
супеси	1,1
суглинки	1,3
глины	1,5

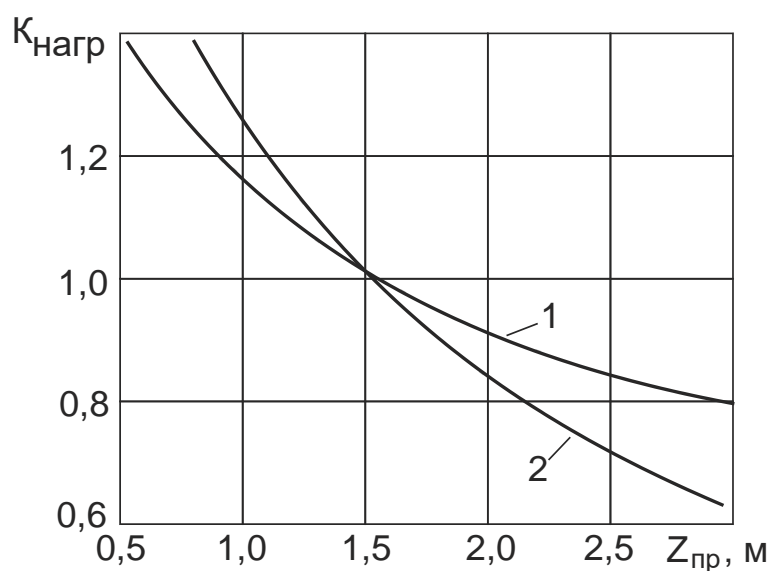
Таблица В.5

Относительная влажность W/W_T	0,6 и менее	0,7	0,8	0,9
$K_{вл}$	1,0	1,1	1,2	1,3



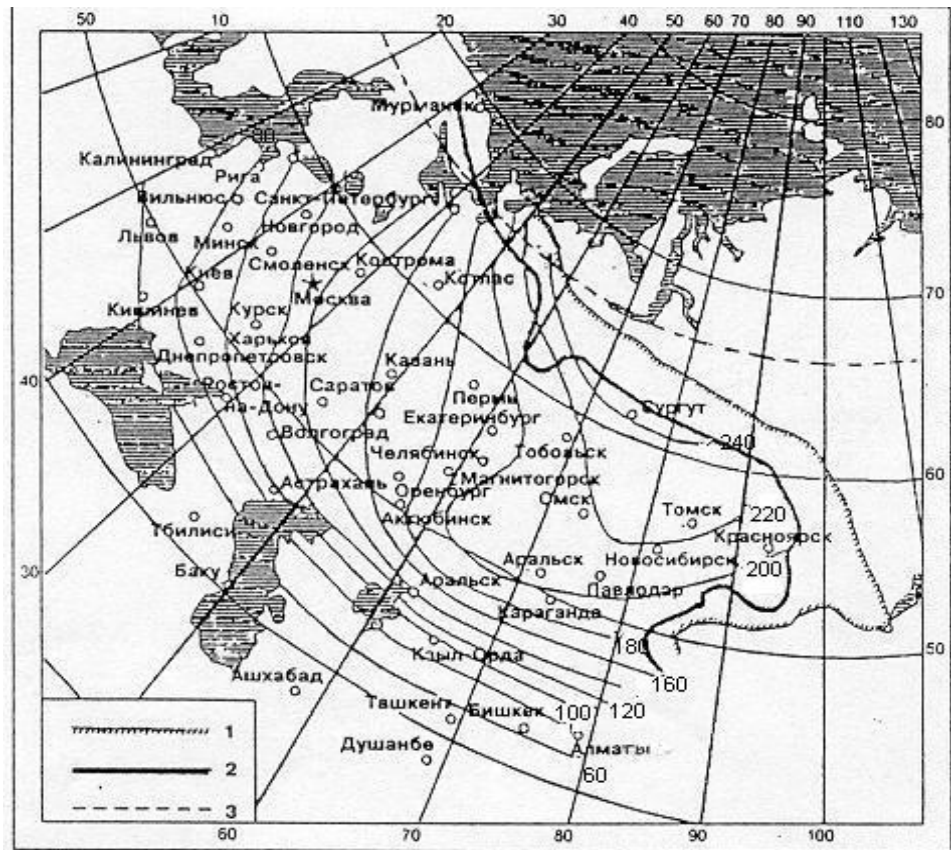
1 – супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок; 2 – песок; супесь легкая и легкая крупная.

Рисунок В.1 - Зависимость коэффициента $K_{угв}$ от расстояния от низа дорожной одежды до расчетного УГВ или УПВ.



1 – супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок; 2 – песок; супесь легкая и легкая крупная.

Рисунок В.2 - Зависимость коэффициента $K_{нагр}$ от глубины промерзания $z_{пр}$ от поверхности покрытия.



1 – граница сплошного распространения вечномёрзлых грунтов; 2 – то же, островного; 3 – границы стран СНГ

Рисунок В.3.- Карта изолиний глубины промерзания $Z_{пр(ср)}$ грунтов на территории СНГ.

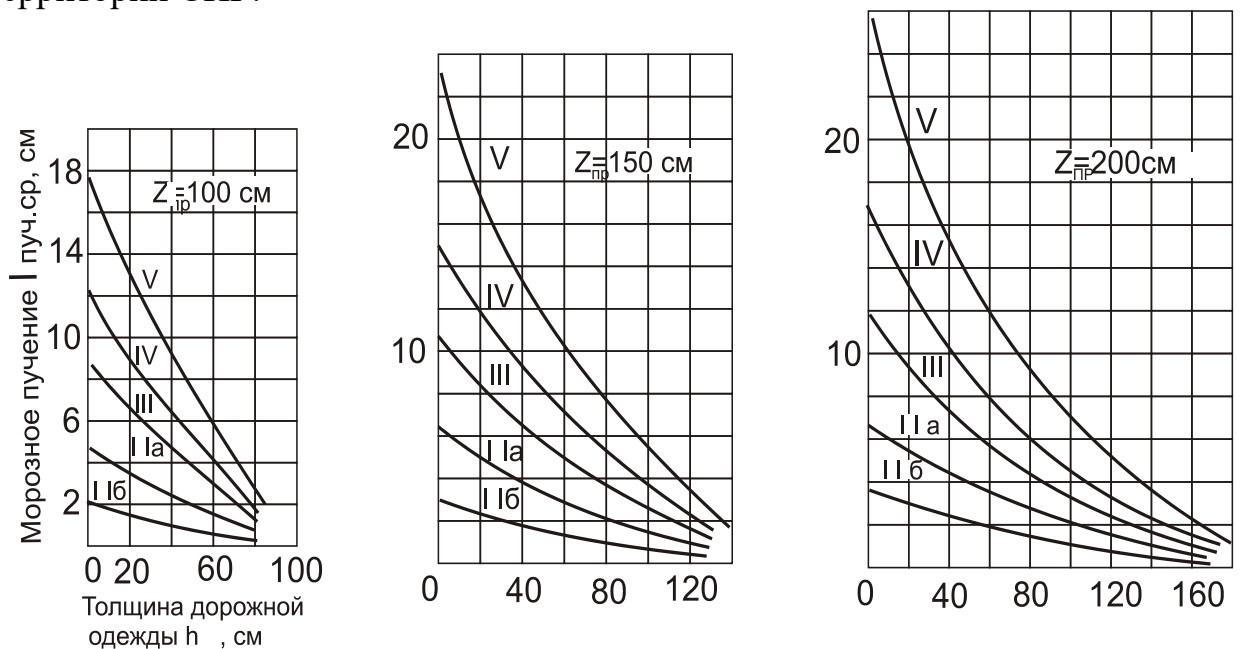


Рисунок В.4 - Графики для определения осредненной величины морозного пучения $I_{пуч.ср}$.

Примечания. 1 Кривую II – V выбирают в соответствии с таблицей В.2; кривую Ia выбирают при 2-й и 3-й схемах увлажнения рабочего слоя, кривую Ib — при 1-й.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
ПРЕМЕР РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ЗОНЕ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ

Требуется определить толщину h_n теплоизолирующего слоя пенополистирола, размещаемого под дорожной одеждой, которая состоит из следующих слоев:

- а/б плотный – 4 см;
- а/б пористый – 8 см;
- а/б пористый – 8 см;
- щебень – 30 см;
- песок – 25 см.

Автомобильная дорога располагается во II дорожно-климатической зоне (ДКЗ), в Подмосковье. Заданный срок службы дорожной одежды – 15 лет.

Расчет

1 По карте (рисунок 2.2) и таблице 2.3 определяем приведенное термическое сопротивление R_{np} , принимая среднее значение по соседним изолиниям:

$$R_{np} \approx 2,05 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

2 По таблице 2.2 определяем коэффициент $K_{од}$, учитывающий срок службы дорожной одежды между ремонтами, как среднеарифметическое значение для 10 и 20 лет:

$$K_{од} \approx 0,92$$

3 Понижающий коэффициент δ для II ДКЗ по п.2.2.2:

$$\delta = 1,0$$

4 Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды определяется по формуле (2.2):

$$R_{од(тр)} = R_{np} \cdot K_{од} \cdot \delta, \quad \text{м}^2\text{К/Вт}$$

$$R_{од(тр)} = 2,05 \cdot 0,92 \cdot 1,0 \approx 1,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

5 Фактическое термическое сопротивление дорожной одежды определяем по формуле (2.3):

$$R_{од(ф)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)} + 1/\alpha, \quad \text{м}^2\text{К/Вт}$$

Значения коэффициентов теплопроводности слоев дорожной одежды находим по таблице А.2. Для песков дренирующих слоев принимаем $\lambda_{од(i)}$ равным

среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности песка в талом и мерзлом состоянии; $1/\alpha = 0,04 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$:

$$R_{od(o)} \approx 0,04 / 1,4 + 0,16 / 1,25 + 0,3 / 1,86 + 0,25 / 2,1 + 0,04 \approx 0,5 \text{ (м}^2\text{К/Вт)}$$

6 По графику на рисунке 2.1, исходя из требуемого $R_{od(mp)} \approx 1,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ и фактического $R_{od(o)} \approx 0,5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ термических сопротивлений дорожной одежды, находим требуемую толщину теплоизолирующего слоя в случае недопущения промерзания основания:

$$h_n \approx 7 \text{ см}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ДОПУСТИМАЯ ТОЛЩИНА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НАД ПЛИТАМИ XPS

Таблица Д1

Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS. Грунт защитного слоя уплотнен, коэффициент запаса $k=1,3$ давление в шинах транспортного средства $p = 0,6 \text{ МПа}$.

Транспортное средство	Вес, т	Кол-во колес ТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа	0,30 МПа	0,40 МПа	0,50 МПа
Грузовой автомобиль	30	6	5600	35	30	22	15
Грузовой автомобиль	16	4	6000	36	31	22	16
Грузовой автомобиль	12	4	4500	31	27	20	14
Грузовой автомобиль	9	4	3388	27	23	17	12
Грузовой автомобиль	7	4	2630	24	21	15	11
Грузовой автомобиль	6	4	2550	23	20	15	10
Погрузчик	3,5	4	1490	18	16	12	8
Погрузчик	3,0	4	1280	17	14	11	8
Погрузчик	2,5	4	1060	15	13	10	7
Погрузчик	2,0	4	850	14	12	9	6

Таблица Д2.

Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS. Грунт защитного слоя не уплотнен, коэффициент запаса $k=1,3$ давление в шинах транспортного средства $p = 0,6$ МПа, $\alpha = 45^\circ$.

Транспортное средство	Вес ТС, т	Кол-во колес	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа	0,30 МПа	0,40 МПа	0,50 МПа
Грузовой автомобиль	30	6	5600	38	33	26	21
Грузовой автомобиль	16	4	6000	40	34	27	21
Грузовой автомобиль	12	4	4500	34	30	23	19
Грузовой автомобиль	9	4	3388	30	26	20	16
Грузовой автомобиль	7	4	2630	26	23	18	14
Грузовой автомобиль	6	4	2550	26	23	17	14
Погрузчик	3,5	4	1490	20	17	13	11
Погрузчик	3	4	1280	19	16	13	10
Погрузчик	2,5	4	1060	17	15	11	9
Погрузчик	2	4	850	15	13	10	8

Примечания.

1. Нагрузка на заднюю ось двухосного автосамосвала рассчитана как 75% общего веса транспортного средства с грузом.
2. Нагрузка на переднюю ось погрузчика рассчитана как 85% общего веса транспортного средства с грузом.
3. Нагрузка на заднюю ось трехосного автосамосвала весом 30 тонн была рассчитана следующим образом. 75% общего веса приходится на две задние оси, что составляет 22,5 т. Если считать, что нагрузка распределена равномерно между осями, то на заднее колесо приходится ее четверть, т.е. 5,625 т. Однако вследствие неравномерного распределения груза в кузове а также неисправности моста на заднюю ось может приходиться большая часть нагрузки, чем на среднюю. По этой причине нагрузку на колесо целесообразно принимать 6 т, и принимать допустимую толщину защитного слоя как для грузового автомобиля весом 16 т с двумя осями, (2-я строка таблиц Д1 и Д2).
4. Значения толщин защитного слоя в таблицах округлены в большую сторону.

Таблица Д3. Допустимая толщина железобетонной плиты, размещенной над плитами XPS.

Коэффициент спарен. колеса $k=1,0$ (колесо одиночное).

Транспортное средство	Вес, т	Кол-во колес ТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Прочность на сжатие плит XPS при 10% линейной деформации и модуль упругости плит XPS			
				$\sigma = 0,25$ МПа; $E_{пл} = 17$ МПа	$\sigma = 0,30$ МПа; $E_{пл} = 17$ МПа	$\sigma = 0,40$ МПа; $E_{пл} = 20$ МПа	$\sigma = 0,50$ МПа; $E_{пл} = 20$ МПа
				Допустимая толщина ж/б плиты над плитами XPS, см			
Грузовой автомобиль	30	6	5600	10	8	6	4
Грузовой автомобиль	16	4	6000	11	8	6	5
Грузовой автомобиль	12	4	4500	9	7	5	–
Грузовой автомобиль	9	4	3388	8	6	–	–
Грузовой автомобиль	7	4	2630	7	5	–	–
Грузовой автомобиль	6	4	2550	6	5	–	–
Погрузчик	3,5	4	1490	5	–	–	–
Погрузчик	3,0	4	1280	–	–	–	–
Погрузчик	2,5	4	1060	–	–	–	–
Погрузчик	2,0	4	850	–	–	–	–

Таблица Д4. Допустимая толщина железобетонной плиты, размещенной над плитой XPS. Коэффициент спарен. колеса $k=1,2$ (колесо сдвоенное)

Транспортное средство	Вес, т	Кол-во колесТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Прочность на сжатие плит XPS при 10% линейной деформации и модуль упругости плит XPS			
				$\sigma = 0,25$ МПа; $E_{пл} = 17$ МПа	$\sigma = 0,30$ МПа; $E_{пл} = 17$ МПа	$\sigma = 0,40$ МПа; $E_{пл} = 20$ МПа	$\sigma = 0,50$ МПа; $E_{пл} = 20$ МПа
				Допустимая толщина ж/б плиты над плитами XPS, см			
Грузовой автомобиль	30	6	5600	12	10	7	6
Грузовой автомобиль	16	4	6000	13	11	8	5
Грузовой автомобиль	12	4	4500	11	9	6	5
Грузовой автомобиль	9	4	3388	10	8	6	–
Грузовой автомобиль	7	4	2630	8	7	5	–
Грузовой автомобиль	6	4	2550	8	7	5	–
Погрузчик	3,5	4	1490	6	5	–	–
Погрузчик	3,0	4	1280	6	–	–	–
Погрузчик	2,5	4	1060	5	–	–	–
Погрузчик	2,0	4	850	–	–	–	–

Библиография

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд.
2. ВСН 84-89. Изыскания, проектирование и строительство дорог в районах распространения вечной мерзлоты.
3. Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд жесткого типа, утвержденные Распоряжением Минтранса России от 03.12.2003 № ОС-1066-р
4. СТО 39297743-02-2007 Противогололедный материал кальций хлористый. Технические условия
5. СТО 39297743-01-2008 Противогололедный материал ХКНМ. Технические условия
6. ТУ 2149-003-93988694-06 Противогололедный материал «ЭКОСОЛ»
7. ТУ 2152-042-00203275-2006 Магний хлористый технический (бишофит)
8. ТУ 2149-009-93988694-2007 Противогололедный материал «Бионорд»