

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
СОЮЗДОРНИИ»



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

2022 г.

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
СОЮЗДОРНИИ»

---



«Утверждаю»

Директор по науке-  
Первый заместитель директора  
ООО «Союздорнии»

  
В. М. Юмашев

ПОСОБИЕ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УСТРОЙСТВУ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИ-  
РОЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПЛИТ «ТЕХНИКОЛЬ XPS»  
В ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

По договору № 65-09-ВТР  
с ООО "ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы"

Зав. лабораторией водно-теплого ре-  
жима и криогенных процессов дорож-  
ных конструкций, к.т.н.



Е. С. Пшеничникова

2022 г.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	1
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	2
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
4 ТРЕБОВАНИЯ К ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМ ПЛИТАМ.....	4
5 УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».....	4
6 ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».....	5
6.1 Требования к морозоустойчивости дорожных конструкций.....	5
6.2 Расчет требуемой толщины теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения морозоустойчивости дорожной конструкции.....	6
6.3 Учет теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в расчете дорожной одежды на прочность.....	8
6.4 Защита земляного полотна от промерзания при проектировании дорожных конструкций с применением плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».....	9
6.5 Проектирование дорожных конструкций с применением плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения теплоизоляции подземных сооружений.....	10
7 ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».....	12
7.1 Принципы проектирования дорожных конструкций в зоне многолетней мерзлоты.....	12
7.2 Особенности расчетов дорожных конструкций.....	14
7.3 Дорожные конструкции, устраиваемые с сохранением грунта земляного полотна в мерзлом состоянии, с использованием теплоизолирующего слоя из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».....	14
8 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ.....	16
8.1. Общие положения.....	16
8.2 Указания по устройству теплоизолирующего слоя.....	16
10 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА.....	19
11 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Дорожно-климатическое районирование.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ЗОНЕ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ДОПУСТИМАЯ ТОЛЩИНА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НАД ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМИ ЭКСТРУЗИОННЫМИ ПЛИТАМИ ТЕХНОНИКОЛЬ XPS.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Е ЗНАЧЕНИЯ ГЛУБИН СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ.....	31
БИБЛИОГРАФИЯ.....	33

---

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Пособие актуализировано в 2022 г.с учетом СП 313.1325800, СП 34.13330, СП 78.13330, ПНСТ 542.

Пособие предназначено для проектирования и строительства дорог с теплоизолирующими слоями из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в зоне сезонного промерзания, зоне сезонного протаивания и в арктической зоне.

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. В. В. Пассеком.

## **1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

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 I – IV технических категорий и ведомственные дороги, а также городские дороги.

---

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем Пособии использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.048	Единая система защиты от коррозии и старения Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов
ГОСТ 9.049	Единая система защиты от коррозии и старения Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов
ГОСТ 12.3.030	Система стандартов безопасности труда. Переработка пластических масс. Требования безопасности
ГОСТ Р 56586	Геомембраны гидроизоляционные полиэтиленовые рулонные. Технические условия
ГОСТ Р 58577	Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов.
ГОСТ Р 59120	Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования
ГОСТ 7076	Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме
ГОСТ 17177	Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний
ГОСТ 15588	Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия
ГОСТ 25100	Грунты. Классификация
ГОСТ 25898	Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию
ГОСТ 30244	Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
ГОСТ 31924 (EN 12939)	Материалы и изделия строительные большой толщины с высоким и средним термическим сопротивлением. Методы определения термического сопротивления на приборах с горячей охранной зоной и оснащенных тепломером
ГОСТ 31925 (EN 12667)	Материалы и изделия строительные с высоким и средним термическим сопротивлением. Методы определения термического сопротивления на приборах с горячей охранной зоной и оснащенных тепломером
ГОСТ 33100	Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог
ГОСТ 33148	Дороги автомобильные общего пользования. Плиты дорожные железобетонные. Технические требования
СП 34.13330	СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги
СП 78.13330.2012	Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85
СП 313.1325800	Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства.
СП 23-101	Проектирование тепловой защиты зданий
ПНСТ 542-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования

---

### 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 автомобильная дорога:** Комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения (ГОСТ 33100).

**3.2 верхний горизонт многолетней мерзлоты (ВГММ):** Поверхность грунтового массива, длительное время (века) существующего в мерзлом состоянии.

**3.3 геотекстиль:** Рулонный синтетический материал в виде гибких полотен, полученный путем механического или термического закрепления синтетических волокон (нетканый) или посредством ткацкого переплетения (тканый);

**3.4 деятельный слой:** Расположенный у поверхности земли ежегодно оттаивающий слой (сезонно талый слой) при наличии многолетнемерзлых грунтов.

**3.5 дорожная одежда:** Конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно (ГОСТ 33100).

**3.6 дорожная конструкция:** Комплекс, состоящий из дорожной одежды и земляного полотна (включая основание насыпей и выемок).

**3.7 дренаж:** геотехническая конструкция, служащая для перехвата и отвода подземных или поверхностных вод (СП 78.13330.2012п.3.44);

**3.8 земляное полотно:** Конструктивный элемент, служащий для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги (ГОСТ 33100).

**3.9 многолетнемерзлые грунты (ММГ):** Грунты, находящиеся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет (ГОСТ 25100).

**3.10 многолетняя мерзлота:** Термин, соответствующий понятиям: вечномерзлые горные породы, многолетняя криолитозона, криолитозона, вечная мерзлота.

**3.11 мерзлокомковатый грунт:** Грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе крупные комья (до 10 – 15 см), включающие частицы связного грунта, видимые ледяные включения и (или) лед-цемент, плохо поддающийся уплотнению и характеризующийся просадкой при оттаивании.

**3.12 модуль упругости:** Отношение изменения напряжения к вызванной им упругой составляющей полной деформации;

**3.13 плиты ТЕХНИКОЛЬ XPS:** Плиты, изготовленные методом экструзии из полистирола общего назначения с добавлением газообразного порообразователя и технологических добавок, выпускаются в виде окрашенных или неокрашенных изделий с гладкой или обработанной поверхностью;

**3.14 приемка скрытых работ:** Промежуточное принятие представителями технического контроля работ, которые в дальнейшем будут полностью или частично скрыты другими частями сооружений или дополнительными и конструктивными слоями земляного полотна и дорожной одежды, для получения строителями разрешения на производство последующих работ;

**3.15 теплоизолирующий слой:** Дополнительный (не несущий) слой основания дорожной одежды, препятствующий теплообмену между земляным полотном и поверхностью дороги.

**3.16 уровень грунтовых вод (УГВ):** Глубина (верхняя граница), на которой водопроницаемая горная порода полностью насыщена водой, когда просачивающаяся из почвенного слоя дождевая или талая вода заполняет все поры горной породы.

**3.17 сыпучемерзлый грунт:** Крупнообломочный и песчаный грунты, имеющие отрицательную температуру, но не сцементированные льдом (ГОСТ 25100).

**3.18 приемка скрытых работ:** Промежуточное принятие представителями технического контроля работ, которые в дальнейшем будут полностью или частично скрыты другими частями сооружений или дополнительными и конструктивными слоями земляного полотна и дорожной одежды, для получения строителями разрешения на производство последующих работ.

---

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМ ПЛИТАМ

Пенополистирольные плиты должны в течение всего периода эксплуатации объекта сохранять:

- теплоизолирующие свойства при воздействии влаги, знакопеременной температуры и агрессивных вод в течение всего периода эксплуатации объекта;
- морозостойкость (определяют циклическим промораживанием в зависимости от условий использования материала);
- биостойкость (ГОСТ 9.049, ГОСТ 9.048);
- экологическая безопасность (экспертное заключение).

Плиты должны выдерживать нагрузки, возникающие при укладке и уплотнении вышележащих слоев дорожной одежды (испытание на прочность при сжатии), а также от веса насыпи и транспорта, обладать технологичностью в работе (размеры плит, удобные в работе, возможность скрепления краев плит между собой, например, шпунтовка и др.). Требования к физическим, теплофизическим и прочностным характеристиками плит, приведенными в таблице А.1 приложения А.

## 5 УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

5.1 Теплоизолирующие слои из пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» могут применяться для:

- снижения деформаций морозного пучения земляного полотна, в котором в пределах глубины промерзания имеются пучиноопасные грунты;
- теплоизоляции подземных сооружений (магазины, склады, кафе, паркинги и т.д.), расположенных непосредственно под проезжей частью городских дорог;
- сохранения многолетнемерзлого грунта в земляном полотне как альтернатива сооружения высоких насыпей (выше отвечающих условию снегонезаносимости).

5.2 **Первое** направление использования теплоизолирующего слоя может быть реализовано на дорогах общего пользования и ведомственных дорогах в II- IV дорожно-климатических зонах (ДКЗ) в случае сезонного промерзания грунтов земляного полотна с повышенной пучинистостью, **второе** направление – на городских дорогах во II – IV ДКЗ, **третье** направление – на дорогах общей сети и ведомственных дорогах, расположенных в I-й ДКЗ.

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

- возможности использования в верхней части земляного полотна местных пучиноопасных грунтов;
- повышения долговечности дорожной конструкции вследствие исключения периодически возникающих деформаций морозного пучения и просадок при оттаивании, увеличения срока службы дорожной одежды;
- возможности понижения рабочих отметок насыпей на участках, где при применении традиционных конструкций действуют ограничения СП 34.13330 по минимальному возвышению насыпи над уровнем грунтовых или поверхностных вод;
- 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 пучиноопасного грунта земляного полотна в выемке.

---

5.4 Эффект от применения теплоизолирующего слоя в дорожной одежде городских дорог, проходящих над подземными сооружениями, может быть получен за счет:

- снижения расходов на отопление подземных сооружений;
- улучшения экологической обстановки и снижения пожароопасности в помещениях подземных сооружений в результате замены внутренней теплоизоляции внешней, используемой как теплоизолирующий слой дорожной одежды.

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

- обеспечения возможности уменьшения рабочих отметок насыпей, сооружаемых по I-му принципу в зоне многолетней мерзлоты с соответствующим уменьшением объемов земляных работ;
- снижения экологического ущерба при строительстве дорог в северных районах в результате уменьшения объемов выработок грунтов, а также уменьшения полосы отвода при снижении высоты насыпи;
- обеспечения возможности использования в земляном полотне грунтов повышенной влажности в виде мерзло-комковатого материала.

## **6 ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ-ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»**

### **6.1 Требования к морозоустойчивости дорожных конструкций**

6.1.1 Морозоустойчивость дорожной конструкции оценивают по расчетной величине ее морозного пучения. Морозоустойчивость конструкции считается обеспеченной при условии (ПНСТ 542):

$$I_{\text{пуч}} \leq I_{\text{пуч}}^{\text{доп}}, \text{ см} \quad (6.1)$$

где

$I_{\text{пуч}}$  – расчетная величина морозного пучения конструкции;

$I_{\text{пуч}}^{\text{доп}}$  – допустимая величина морозного пучения, устанавливаемая по таблице.

6.1.2 В случаях, когда определенная расчетом величина морозного пучения земляного полотна дорожной конструкции превышает допустимые значения, указанные в таблице 6.1, должны рассматриваться мероприятия по снижению или исключению морозного пучения грунтов земляного полотна, включая устройство теплоизолирующего слоя.

**Таблица 6.1** – Предельно допустимое значение пучения на покрытии дорожной одежды от воздействия низких температур (таблица 2 ГОСТР 59120-2021)

Тип дорожной одежды	Вид покрытия	Предельно допустимое значение пучения, см
Капитальный	Цементобетонное (первая расчетная схема*)	3
	Из сборных покрытий из железобетонных ненапряженных плит по ГОСТ 33148 длиной более 25h	
	Цементобетонное (вторая расчетная схема**)	4/6***
	Из сборных покрытий из железобетонных ненапряженных плит по ГОСТ 33148 длиной менее 25h	
	Асфальтобетонное	
Облегченный	Асфальтобетонное: из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущим	6
Переходный	Переходное	10

\* Первую расчетную схему применяют при гарантированной устойчивости земляного полотна и отсутствии неравномерных осадков или выпучивания

\*\* Вторую расчетную схему применяют на участках с ожидаемыми неравномерными осадками или неравномерным пучением земляного полотна

\*\*\* Числитель – при отсутствии пучения в стыках поперечных швов, знаменатель – при наличии пучения в стыках

h- толщина бетонной плиты, см

6.1.3 Для определения расчетной величины морозного пучения  $I_{пуч}$  используют методику, приведенную в приложении Б (ПНСТ 542).

6.1.4 Теплоизолирующие слои из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» применяют для повышения морозоустойчивости дорожной конструкции в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, характерных для 2 и 3 типов местности по увлажнению (СП 34.13330). 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. Ввиду изменчивости свойств грунтов, в частности, гранулометрического состава и влажности, прогнозировать реальное значение морозного пучения в пределах 1–2 см достаточно сложно, проще оценить его максимально возможную величину. В связи с этим целесообразным представляется исключение морозного пучения.

## 6.2 Расчет требуемой толщины теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения морозоустойчивости дорожной конструкции

6.2.1 Если промерзание основания требуется исключить, следует оценить соответствие требуемого термического сопротивления дорожной одежды  $R_{од(тр)}$  фактическому термическому сопротивлению дорожной одежды  $R_{од(ф)}$ . Промерзания не происходит, если выполняется условие (6.2):

$$R_{од(тр)} \geq K_3 \cdot R_{од(ф)} \quad (6.2)$$

где

$K_3$  – коэффициент запаса,  $K_3 = 1,3$ .

Требуемую толщину теплоизолирующего слоя  $h_n$  в случае недопущения промерзания основания определяют по формуле (6.3):

$$h_n = (R_{од(тр)} - R_{од(ф)}) \lambda_n \quad (6.3)$$

где

$\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности теплоизолирующего слоя.

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

$$R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot \delta, (m^2K)/Вт \quad (6.4)$$

где

$R_{пр}$  – приведенное термическое сопротивление;

$\delta$  – понижающий коэффициент (таблица 6.2).

6.2.3 Приведенное термическое сопротивление  $R_{пр}$  определяют, используя карту (рисунок 6.1) 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 6.3 устанавливают номер изолинии исходя из среднееголетнего значения глубины промерзания грунтов (табл. Е.1, Е.2 и Е.3 ПРИЛОЖЕНИЕ Е).

Зная номер расчетной изолинии, по таблице 6.4 определяют величину  $R_{пр}$ .

6.2.4 Фактическое термическое сопротивление дорожной одежды определяют по формуле:

$$R_{од(ф)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)} + 1/\alpha, (M^2K)/Вт \quad (6.5)$$

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), таблица А1 (Приложение А). Для песков дренирующих слоев следует принимать  $\lambda_{од(i)}$  равным среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности песка в талом и мерзлом состоянии;

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

**Таблица 6.2**

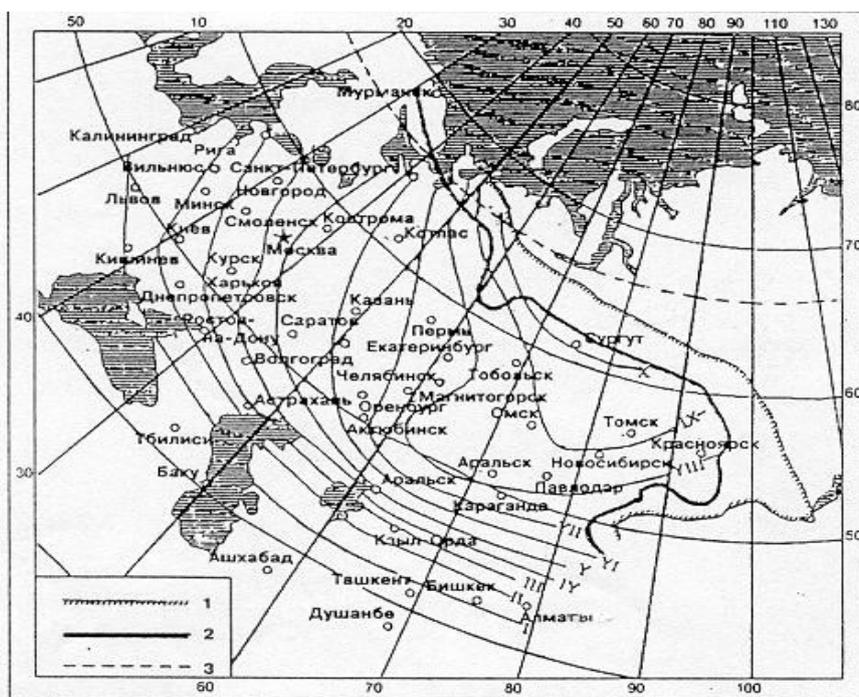
Дорожно-климатическая зона (ДКЗ), определяемая по Карте дорожно-климатического районирования, приложение Б.	Значение коэффициента $\delta$
II <sub>1</sub> II <sub>3</sub> II <sub>5</sub>	1,0
II <sub>2</sub> II <sub>4</sub> II <sub>6</sub>	0,95
III	0,90
IV	0,85

**Таблица 6.3**

Среднееголетнее значение глубины промерзания грунтов в поле, очищенном от снега, м	Номер изолинии
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 6.4**

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



На карте: 1 – граница сплошного распространения вечномёрзлых грунтов; 2 – то же, островного; 3 – Северный полярный круг.

Рисунок 6.1 – Карта с изолиниями для определения приведенных значений термического сопротивления  $R_{пр}$  дорожной одежды.

### 6.3 Учет теплоизолирующего слоя из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в расчете дорожной одежды на прочность

6.3.1 Проверку прочности выполняют на период эксплуатации и на период строительства.

6.3.2 Проверка прочности на период эксплуатации включает расчет по упругому прогибу, который выполняют, определяя общий модуль упругости конструкции при помощи номограмм (рисунок Е.1, Е.2 ПНСТ 542-2021) путем последовательного приведения двухслойной конструкции к однослойной, снизу вверх, за исключением модуля упругости на поверхности теплоизолирующего слоя  $E_{общ}^T$ . Определить  $E_{общ}^T$  по номограммам невозможно, поскольку они разработаны для конструкций, в которых модули упругости слоев увеличиваются снизу вверх.

$E_{общ}^T$  вычисляют по формуле:

$$E_{общ}^T = \frac{E_n}{1 - \frac{2}{\pi} \left[ \arctg \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{h_n}{D} \right) \right] \left[ 1 - \frac{E_n}{E E_6} \right]}, \text{ МПа} \quad (6.5)$$

где

$E_n$  – модуль упругости грунта, подстилающего теплоизолирующий слой, МПа;

$E_6$  – 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, принимают по ПНСТ542-2021, таблицы В.4 и В.6. При слоистой толще принимается общий модуль упругости на поверхности толщи под плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».

Расчетное значение  $E_6$  следует принимать для плит ТЕХНОНИКОЛЬ XPS 45 равным 20 МПа.

Если в задании величина  $D$  не оговорена, расчет выполняют по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{40 \cdot Q_{расч}}{\pi \cdot p}}, \text{ см} \quad (6.6)$$

где

$Q_{расч}$  — расчетная величина нагрузки, передаваемой колесом на поверхность покрытия, кН;

$p$  — давление в шине, МПа, принимается равным 0,8 МПа для автомобильных дорог с капитальным покрытием и 0,6 МПа для автомобильных дорог с облегченной и переходной дорожной одеждой (ПНСТ 542).

6.3.4 При конструировании дорожных одежд со слоями из пенополистирольных экструзионных 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, когда земляное полотно запроектировано из песка, либо под плитами расположен дренирующий слой, то выравнивающий слой не требуется. Защитный слой целесообразно устраивать из дренирующего материала, преимущественно из не пылеватого песка. При расчете дорожной одежды на прочность выравнивающий слой допускается не учитывать.

6.3.5 На период строительства выполняют проверку допустимой толщины защитного слоя над плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» с учетом воздействия построечного транспорта исходя из условия:

$$Z \geq Z^{доп}, \text{ м} \quad (6.7)$$

где

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

$Z^{доп}$  – допустимая глубина расположения теплоизолирующего слоя по условию прочности слоя на одноосное сжатие.

Приблизительно величину  $Z_T^{доп}$  устанавливают по формуле:

$$Z_{T^{доп}} = D_0 \sqrt{\frac{k \cdot p_0 - R}{2,5R}}, \quad (6.8)$$

где

$D_0$  – диаметр отпечатка колеса построечного транспорта, м;

$p_0$  – давление от колеса построечного транспорта 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.

6.3.6 При расчете на условия строительства параметры нагрузки принимают в зависимости от используемой техники.

В случае применения при строительстве техники на гусеничном ходу в формулу (6.7) вместо  $D_0$  следует подставить величину  $2b$ , равную ширине гусеницы и получаемое по формуле значение  $Z_T^{доп}$  увеличить на 20%.

## 6.4 Защита земляного полотна от промерзания при проектировании дорожных конструкций с применением плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

6.4.1 При конструировании должно быть обеспечено:

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

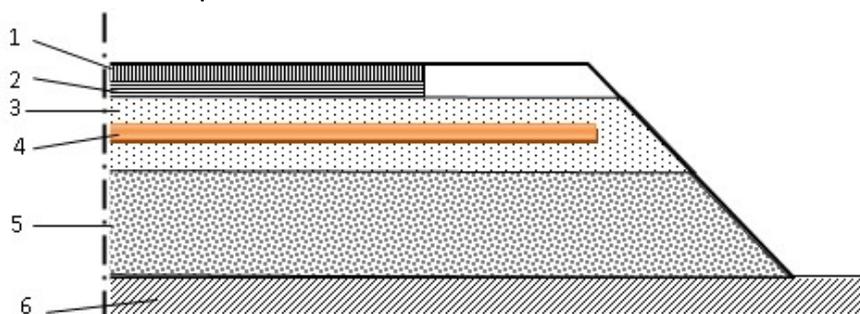
6.4.2 Дренирование дорожной одежды с теплоизолирующим слоем обеспечивается устройством дренирующего слоя, который может предусматриваться в виде:

- песчаного слоя, располагаемого над теплоизолирующим слоем, работающим также в качестве защитного слоя;
- песчаного слоя, вмещающего в себя теплоизолирующий слой;
- дренажной прослойки из геотекстиля, обладающего продольной водопроницаемостью.

6.4.3 Требуемая толщина дренажного слоя в общем случае определяется расчетом по методике, изложенной в ПНСТ 542.

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

6.4.4 Принципиальная схема дорожной конструкции с теплоизолирующим слоем из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» представлена на рисунке 6.3. Конструкция может быть применена как для нежестких, так и для жестких дорожных одежд.



1 – покрытие; 2 – основание дорожной одежды; 3 – дополнительный слой основания, включающий теплоизолирующий слой; 4 – теплоизолирующий слой; 5 – пучиноопасный грунт; 6 – грунт основания насыпи.

Рисунок 6.3 – Принципиальная схема дорожной конструкции с теплоизолирующим слоем для условий сезонного промерзания.

6.4.5 Особенности проектирования дорожных конструкций с применением пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» заключаются в следующем:

- расчет толщины дренажного слоя следует выполнять по отдельности, верхнюю часть (над плитами) – на увлажнение за счет осадков, и нижнюю часть – на увлажнение грунтовыми водами (ПНСТ 542);
- толщину теплоизолирующего слоя в выемке 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 9);
- на участках с теплоизолирующим слоем следует по возможности уменьшать продольные уклоны и увеличивать радиусы кривых, предусмотренные СП 34.13330.

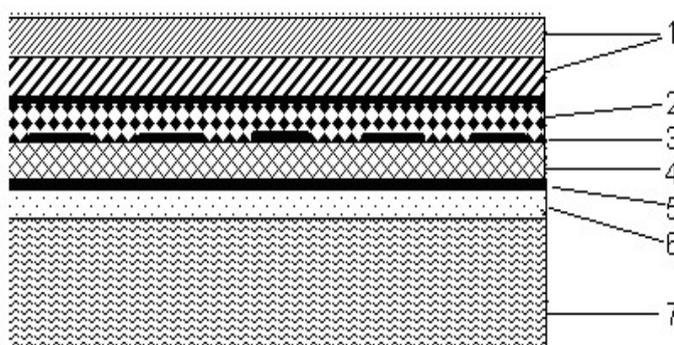
## 6.5 Проектирование дорожных конструкций с применением плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» для обеспечения теплоизоляции подземных сооружений.

### 6.5.1 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.

6.5.1.1 Конструкция дорожной одежды рисунок (6.4) включает двухслойный асфальтобетон, щебень фр. 40 – 80 с заклинкой. Между щебнем и теплоизолирующим слоем – пенополистиролом, устроена геотекстильная прослойка. При укладке щебня на пенополистирол без подстилающего

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 – гидроизоляция; 6 – выравнивающий слой из цементобетона; 7 – железобетонная плита кровли подземного сооружения.

Рисунок 6.4 – Конструкция дорожной одежды, устраиваемой по кровле подземного сооружения.

6.5.1.2 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 [11]).

6.5.1.3 Расчет дорожной одежды по прочности выполняют следующим образом. По формуле (6.7) настоящего пособия определяют безопасную глубину расположения теплоизолирующего слоя. В соответствии с ПНСТ 542 выполняют проверку асфальтобетонного покрытия на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе. Проверку по упругому прогибу не проводят, поскольку прочность кровли должна быть обеспечена.

#### 6.5.2. Проектирование жесткой дорожной одежды.

6.5.2.1 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.

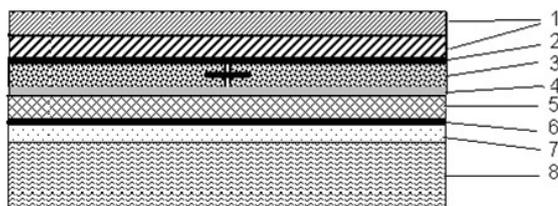
Основание цементобетонной плиты в данной конструкции дорожной одежды представляет собой слой материала с высокой деформируемостью, уложенный на железобетонную балку пролетного строения, модуль упругости которой имеет тот же порядок, что и модуль цементобетонной плиты.

Для выполнения проверки прочности конструкцию следует приводить к известной расчетной схеме. Далее расчет может выполняться в соответствии с методикой, приведенной в нормативном документе (Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд [1]).

6.5.2.2 Конструкция дорожной одежды рис. 6.5 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 вследствие температурного расширения –сжатия плит цементобетонного основания, целесообразно использовать двухкомпонентную мастику холодного отверждения марки КОВ-190[10]. 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 цементобетонными и пенополистирольными плитами помещена мембрана ГОСТ Р 56586, выполненная из

полиэтилена высокой плотности толщиной не менее 3 мм. Мембрана препятствует затеканию цементного молока в стыки плит XPS, а также перераспределяет нагрузку от колеса совместно с цементобетоном.



1 – двухслойный асфальтобетон; 2 – мастика КОВ; 3 – цементобетонное основание; 4 – мембрана; 5 – плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»; 6 – гидроизоляция; 7 – выравнивающий слой из цементобетона; 8 – железобетонная плита кровли подземного сооружения.

Рисунок 6.5 – Конструкция жесткой дорожной одежды

6.5.2.3. 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:

$$p_2 = (D_1^2 \cdot p_1) : D_2^2 \quad (6.9)$$

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

$$p_3 = \frac{16Q}{\pi \cdot D_2 \cdot L} \quad (6.10)$$

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

$$E = \frac{0,25\pi \cdot p_3 \cdot D_3 \cdot (1 - \mu_0^2)}{l} \quad (6.11)$$

где

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$l$  – толщина сжимаемого слоя, см

$$l = \varepsilon \cdot h_3;$$

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

$D_3$  – диаметр площадки на поверхности пенополистирола, на которую передается нагрузка;

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

## 7 ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

### 7.1 Принципы проектирования дорожных конструкций в зоне многолетней мерзлоты

7.1.1 Проектирование и строительство автомобильных дорог в зоне распространения многолетней мерзлоты осуществляется с учетом СП 34.13330, СП 313.1325800, ОДМ 218.2.094[2], СТО НОСТРОЙ 2.25.28[3].

В настоящее время проектирование дорожных насыпей в зоне многолетней мерзлоты осуществляется по трем основным принципам.

Первый принцип проектирования предусматривает обеспечение поднятия верхнего горизонта многолетней мерзлоты (ВГММ) не ниже подошвы насыпи, 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 климатических условий, 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. ВГММ поднимется на некоторую высоту по отношению к исходному. Понижать ВГММ, т.е. увеличивать мощность деятельного слоя, не рекомендуется.

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

Наиболее часто применяют два принципа, первый и второй.

7.1.2 Первый принцип применяют в первой и второй подзонах I дорожно-климатической зоны (см. приложение Б) при следующих условиях:

- температура грунтов на границе нулевых годовых амплитуд ниже минус 1,5°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 7.1).

7.1.3 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.

7.1.4 Третий принцип применяют в третьей подзоне при наличии легкоосушаемых грунтов, среднегодовая температура которых выше минус 5°C.

**Таблица 7.1 – (СТО НОСТРОЙ 2.25.28[3])**

Категория просадочности грунта	Тип грунта по льдистости и просадочности в сезонноттаивающем 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

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

## 7.2 Особенности расчетов дорожных конструкций

7.2.1 Расчет толщины теплоизолирующего слоя, требуемого для сохранения основания насыпи в мерзлом состоянии, целесообразно осуществлять по методике, основанной на решении теплофизической задачи в двухмерной постановке (например, программа TMFLAT, ОАО ЦНИИС, центральная лаборатория инженерной теплофизики [11]). Особое внимание должно быть уделено при откосной части насыпи, где происходит максимальное оттаивание основания. В особенности это относится к высоким насыпям (более 4 м), в основания и откосов которых могут возникнуть значительные сдвигающие усилия, которые приводят к деформациям самих откосов и тела насыпи.

7.2.2 Требуемая толщина теплоизолирующего слоя над проезжей частью насыпи в отдельных случаях может быть рассчитана в одномерной постановке.

В таблице 7.2 приведены толщины плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS», необходимые для обеспечения промерзания оснований снегонезаносимых насыпей для дорог III технической категории. Расчет выполнен для дорожной одежды, включающей плиты ПАГ-14, подстилающий (он же защитный и дренирующий) слой песка 20 см, плиту «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS». Данные таблицы 7.2 могут быть использованы при применении следующей конструкции дорожной одежды: двухслойный асфальтобетон 14 см, щебень 20 см, песок 25 см, плита «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS».

7.2.3 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 материала, расположенного над теплоизолирующим слоем.

Таблица 7.2

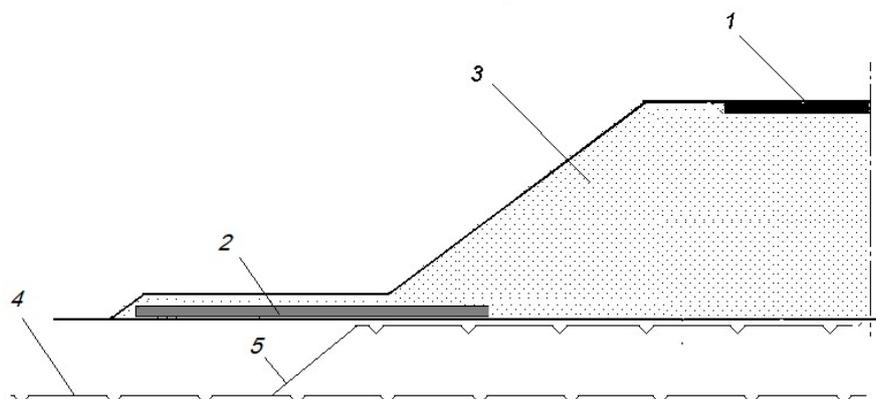
Наименование населенного пункта	Высота снегонезаносимой насыпи для дороги III категории, м (расчет по СП 34.13330)	Среднегодовая температура воздуха, °С	Требуемая толщина теплоизолирующего слоя для обеспечения сохранения основания в мерзлом состоянии, см
Амдерма (Ненецкий автономный округ)	0,95	-7,0	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 автономный округ)	1,05	-8,8	4
Чита (Читинская область)	0,8	-2,7	11
Якутск (республика Саха)	1,0	-10,3	5

## 7.3 Дорожные конструкции, устраиваемые с сохранением грунта земляного полотна в мерзлом состоянии, с использованием теплоизолирующего слоя из пенополистирольных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

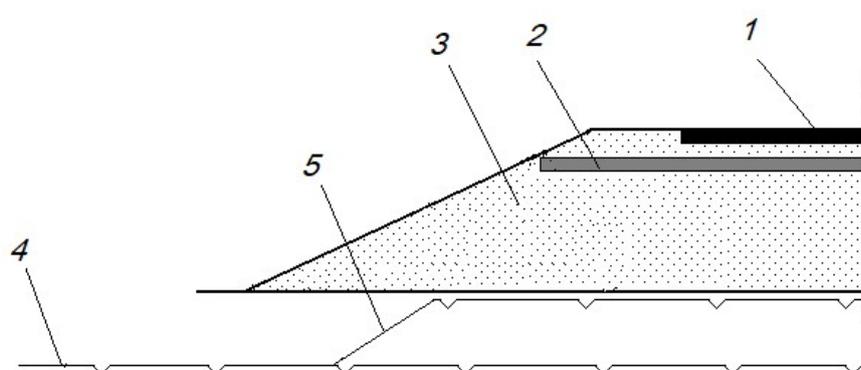
7.3.1 Предлагаемые конструкции могут быть устроены как с цементобетонным сборным, так и с асфальтобетонным покрытием. Во всех случаях пенополистирольные плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» укладывают на выравнивающий слой из талого, либо сыпучемерзлого, песка толщиной 5 – 10 см.

Положение верхней границы вечной мерзлоты в земляном полотне, помимо геометрических параметров насыпи, зависит от природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условий, поэтому в каждом конкретном случае необходимо выполнение мерзлотного прогноза на весь период эксплуатации дороги.

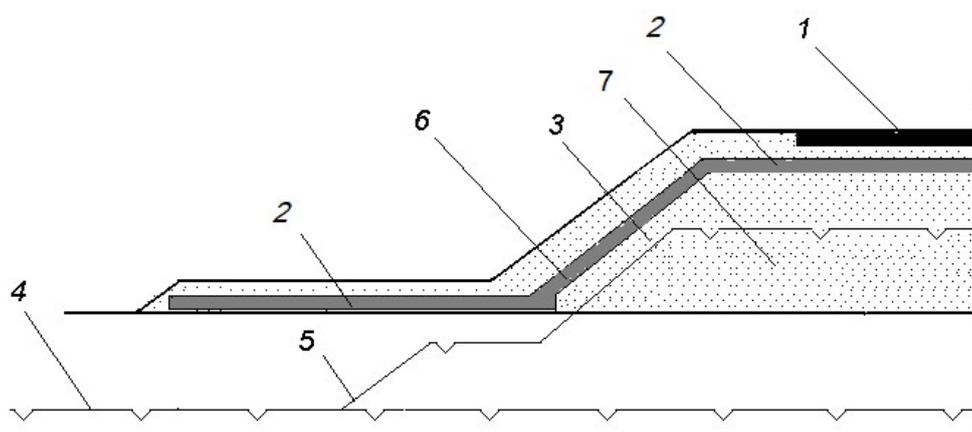
а)



б)



в)



1 – дорожная одежда; 2 – плиты «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»; 3 – насыпь; 4 – положение ВГВМ до сооружения насыпи; 5 – то же, после сооружения насыпи; 6 – наклонный теплоизолирующий слой, устроенный из блоков карбон XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, 7 – грунт насыпи, используемый в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации дороги

Рисунок 7.1 – Схемы дорожных конструкций в зоне вечной мерзлоты

Конструкция рисунка 7.1 а) предназначена для региона с большим снегопереносом (более 600 м<sup>3</sup>/м) для случая, когда высота насыпи обеспечивает сохранение основания в мерзлом состо-

---

янии (первый принцип проектирования). Снег скапливается у откоса насыпи и вызывает растепление мерзлых грунтов, поэтому требуется теплоизоляция этой зоны дорожной конструкции. Поверх плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» должен быть устроен защитный слой из песка либо местного грунта.

Конструкция рисунка 7.1 б) предназначена для региона с малым снегопереносом (200 м<sup>3</sup>/м и ниже) для случая, когда высота снегонезаносимой насыпи не обеспечивает сохранение основания в мерзлом состоянии, поэтому требуется теплоизолирующий слой, устроенный поверху насыпи на всю ее ширину (второй принцип проектирования). Снег у откоса насыпи скапливается в незначительных количествах и не вызывает значительного растепления.

Конструкцию рисунка 7.1 в) следует использовать при сооружении насыпей из мерзло-комковатых и каких-либо других грунтов, нестабильных при оттаивании, которые в течение всего периода эксплуатации должны быть в мерзлом состоянии (первый принцип проектирования). Берму устраивают для предотвращения поступления тепла со стороны полосы отвода вдоль дороги с нарушенным в процессе строительства мохорастительным покровом.

Как правило, непосредственно под теплоизолятором происходит сезонное оттаивание на некоторую глубину, поэтому поверх мерзлокомковатого грунта, который должен находиться в мерзлом состоянии, устраивают слой из сыпучемерзлого грунта, сезонное оттаивание которого допускается. Необходимые толщины теплоизолятора, слоя сыпучемерзлого грунта устанавливают на основании теплофизического расчета, выполненного в двухмерной постановке.

Конструкция может быть также применена в регионах с большой глубиной сезонного оттаивания, со среднегодовой температурой воздуха, близкой к минус 3°С.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СЛОЕВ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ЭКСТРУЗИОННЫХ ПЛИТ «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ**

### **8.1. Общие положения**

8.1.1 До устройства теплоизолирующего слоя должны быть выполнены следующие работы:

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

8.1.2 Земляное полотно должно быть спланировано и уплотнено в соответствии с действующими нормативами (СП 78.13330, СП 313.1325800).

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

При использовании построечной техники при среднем давлении от заднего колеса более 0,8 МПа следует выполнить расчет необходимой толщины защитного слоя над плитами «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» в соответствии с п.6.3.5.

После уплотнения защитного слоя виброкатком 14-17 т допускается пропуск построечного транспорта.

8.1.3 Для сохранения многолетней мерзлоты в основании насыпи теплоизолирующий слой следует устраивать, как правило, в холодное время года.

### **8.2 Указания по устройству теплоизолирующего слоя**

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

- устройство выравнивающего слоя;
- укладка плит;
- устройство защитного слоя.

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

Выравнивающий слой должен соответствовать требуемым ровности и плотности в соответствии с СП 78.13330и 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.

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 сыпучемерзлый.

8.2.3 Теплоизолирующий слой устраивают путем укладки плит в один ярус, однако в отдельных случаях плиты могут быть уложены в два яруса.

Плиты укладывают вручную бригадой рабочих. Плиты следует укладывать таким образом, чтобы поперечные швы в соседних рядах плит располагались в разбежку (рисунок 8.1). В случае укладки плит в два 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.

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

Плиты крайних рядов закрепляют двумя 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 П-образных стержней, соединяющих две соседний плиты.

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

8.2.4 Устройство защитного слоя включает транспортировку, распределение, профилирование и уплотнение песка. Если защитный слой выполняет согласно проекту функции дренирующего слоя, песок должен иметь коэффициент фильтрации, соответствующий расчетному, как правило, не ниже 2 м/сут.

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.

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

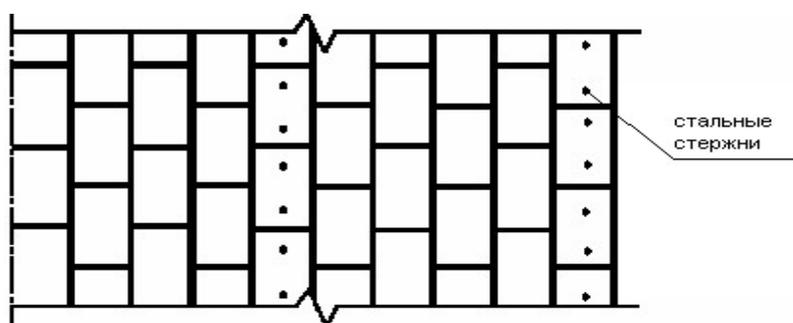


Рисунок 8.1 – Схема раскладки плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»

---

## 9 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

9.1 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.

9.2 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.

9.3 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.

9.4 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 [5];
- Айсмелт™ (ХКНМ) СТО 39297743-01 [6];
- ЭКОСОЛ ТУ 2149-003-93988694 [7];
- Био-Маг (хлористый магний) ТУ 2152-042-00203275 [8];
- БИОНОРД ТУ 2149-009-93988694 [9].

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

---

## 10 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

10.1 Операционный контроль качества земляных работ выполняют в соответствии с СП 78.13330 в обычном порядке. После завершения работ земляное полотно должно быть принято по акту на скрытые работы.

10.2 Нетканый геотекстиль в строительной организации проходит приемочный контроль, осуществляемый визуально. Должен быть выполнен осмотр полотен 3% рулонов по всей длине из поступившей партии, но не менее двух рулонов. При наличии нарушений целостности (разрывы, дыры) полотна выбраковываются.

10.3 Контроль качества работ по сооружению насыпи из плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS» начинается с приемочного контроля плит, осуществляемого визуально. Плиты не должны иметь сколов, вмятин, трещин.

10.4 При раскладке плит контролируют ровность укладки каждого слоя плит при помощи нивелира. Проверяют наличие закрепления плит в крайних рядах. Если защитный слой из песка над плитами выполняет функцию дренирующего слоя, соответствие состава песка проектным требованиям следует определять в карьере один раз за смену.

## 11 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

11.1 Плиты в условиях транспортировки, хранения, и эксплуатации, соответствующих требованиям нормативных документов, не являются токсичными и не выделяют вредных продуктов в концентрациях, опасных для здоровья человека.

11.2 Плиты относятся к группе сгораемых материалов.

11.3 При производстве и хранении плит должны соблюдаться правила безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.030 и ГОСТ Р 58577

11.4 Утилизацию отходов осуществляют в соответствии с (СанПиН 2.1.7.1322-03) [12] или направляют на вторичную переработку.

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Таблица А.1.1 – Физико-механические характеристики пенополистирольных экструзионных плит «ТЕХНОНИКОЛЬ XPS»**

Характеристика	Марка плиты ТЕХНОНИКОЛЬ			ТЕХНОНИКОЛЬ XPS 45		
	CARBON PROF	CARBON SOLID 500	CARBON SOLID 700	500	600	700
1	2	3	4	5	6	7
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	20,0-35,0	30,0-80,0	30,0-80,0	35,0-45,0	35,0-55,0	35,0-65,0
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, не менее, кПа	250	500	700	500	600	700
Теплопроводность при (25±5)°С, Вт/(м*К), не более	0,029-0,030	0,030-0,032	0,030-0,032	0,033	0,033	0,033
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А» и «Б», Вт/(м*К), не более	0,032	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
Группа горючести	Г4/Г3	Г4	Г4	Г4	Г4	Г4
Водопоглощение, не более, %	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
Модуль упругости, МПа	17	20	20	20	20	20
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м*ч*Па)	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Удельная теплоемкость, кДж/(кг*°С)	1,45	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Предел прочности при изгибе, не менее, МПа	0,25	0,3-0,4	0,55	0,35-0,7*	0,35-0,7*	0,35-0,7*
Температура эксплуатации °С	от -70 до +75	от -70 до +75	от -70 до +75	от -70 до +75	от -70 до +75	от -70 до +75
Толщина, мм	40;50; 60; 80;100	40;50; 60;100	50;100	40;50; 60;	40;50; 60;	40;50; 60;
Длина, мм	1180	1180;2400	1180;2400	4000	4000	4000
Ширина, мм	580	580;600	580;600	600	600	600

**Примечания**

1 Крепление плит между собой улучшает наличие «L»-кромки; также возможна нарезка специальной «S»-кромки.

2 По согласованию с потребителем возможно изготовление плит других размеров.

\* Прочность на изгиб 0,7 МПа 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.

**Таблица А.1.2 – Физико-механические характеристики изделий из плит пенополистирольных экструзионных «ТЕХНИКОЛЬ CARBON BLOCK»**

№ п/п	Наименование показателя, единица измерения	ТЕХНИКОЛЬ CARBON BLOCK					
		150	200	250	300	400	500
1	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup> , в пределах	16,0-30,0	18,0-35,0	20,0-35,0	30,0-80,0		
2	Прочность на сжатие при 10 %-ной линейной деформации, МПа, не менее	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
3	Предел прочности при изгибе <sup>1</sup> , МПа, не менее	0,10	0,20	0,20	0,25	0,30	0,45
4	Теплопроводность при (25±5)°С, Вт/(м·К), не более	0,034		0,032			
5	Водопоглощение, %, по объему, не более	0,60		0,40			
6	Предел прочности на отрыв между плитами, МПа, не менее				0,20		
7	Средняя ширина несквозного зазора между плитами в блоке, мм, не более				50		
8	Средняя глубина несквозного зазора между плитами в блоке, мм, не более				300		

Примечание 1 – Предел прочности при изгибе определяется согласно п. 7.7 на образцах толщиной 40 мм, значение может быть пересчитано в соответствии с моментом инерции для иной толщины

**Таблица А.2– Теплофизические характеристики материалов, используемых в дорожной одежде**

Материал, грунт	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/мК
Асфальтобетон горячий плотный	1,40
То же, пористый	1,25
То же, высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь	1,10-1,00
Супесь, укрепленная 10%-ной эмульсией	1,45
Цементобетон	1,74
Песок разномерный, укрепленный 6-10% цемента	1,86
Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10% цемента	1,62
Битумоцементогрунт состава: перлитовый щебень – 25-20%, песок – 75-80%, цемент – 3-4%, битум – 12-10% (массы песка, перлита и цемента)	0,52-0,58
Шлакобетон	0,58
Слабопрочные известняки, укрепленные известью	1,16
Суглинок, укрепленный 6-12% цемента	1,45
Суглинок, укрепленный 2-5% цемента и 6-2% извести	1,33
Супесь, укрепленная 8-10% цемента	1,51
Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8% цемента	0,7
Шлак топочный	0,46
Щебень из гранита	1,86
Щебень из известняка	1,39
Гравий	1,86
Песок крупный талый	1,74
То же, мерзлый	2,32
Песок средней крупности талый	1,91
То же, мерзлый	2,44
Песок мелкий талый	1,91
То же, мерзлый	2,32
Песок пылеватый талый	1,80
То же, мерзлый	2,20
Супесь талая	1,80
То же, мерзлая	2,03
Суглинок и глина талые	1,62
То же, мерзлый	1,97
Лессы талые	1,51
То же, мерзлые	2,09
Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом	1,28
Гравийно-песчаная смесь	2,10
Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10% цемента	2,02

\*Приведены среднеарифметические значения теплопроводности талого и мерзлого грунта

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Дорожно-климатическое районирование

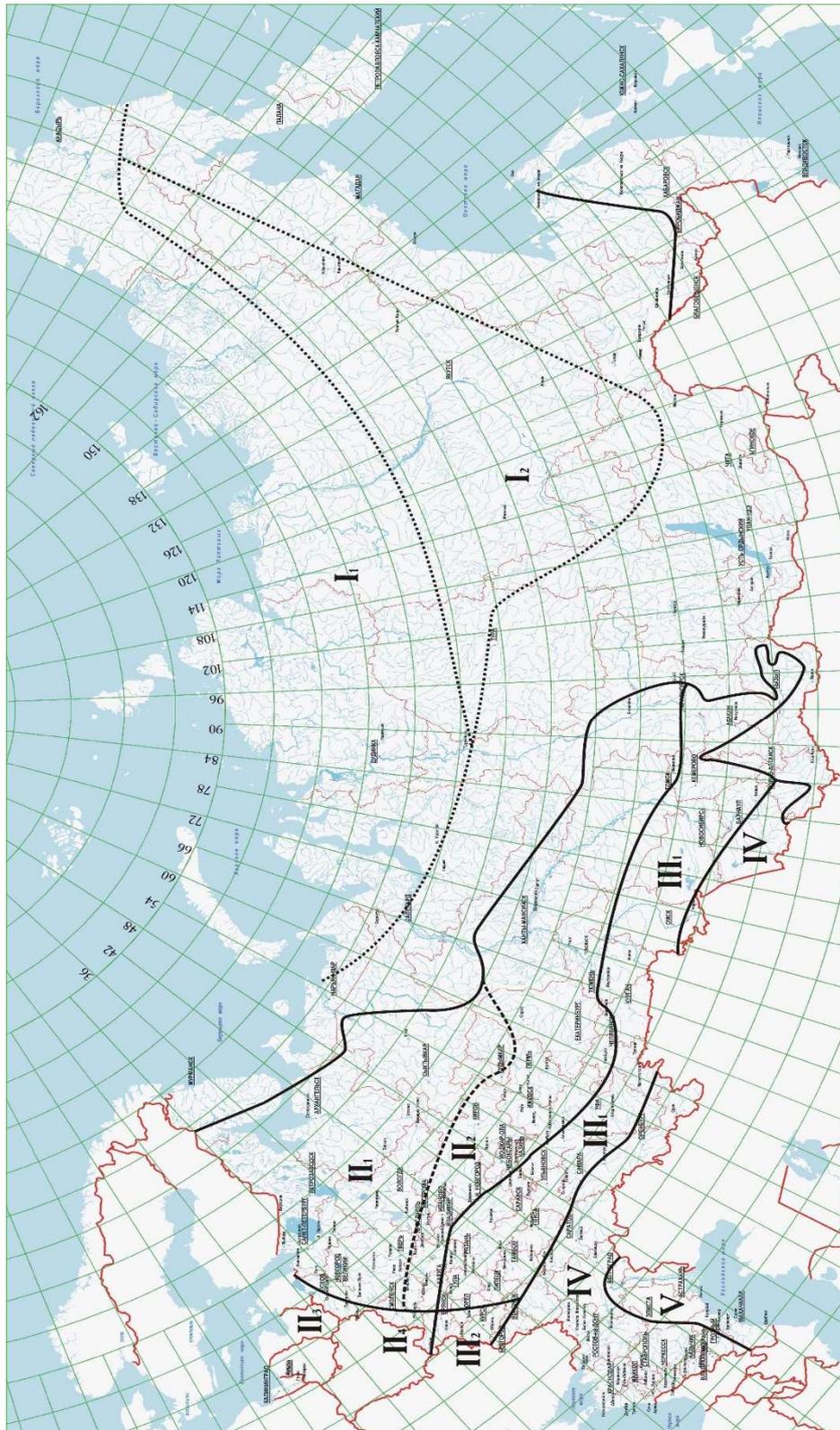


Рисунок Б.1 – Дорожно-климатическое районирование

**Таблица Б.1.– Дорожно-климатические зоны и подзоны (СП 34.13330.2021)**

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 <sub>1</sub>	Севернее линии Нарьян-Мар–Салехард–Курейка–Трубка Удачная–Верхоянск–Дружина–Горный Мыс–Марково
I <sub>2</sub>	Восточнее линии устье р. Нижняя Тунгуска–Ербогачен, Ленск–Бодайбо–Богдарин и севернее линии Могоча–Сковородино–Зeya–Охотск–Палатка–Слаутское. Ограничена с севера подзоной I <sub>1</sub>
I <sub>3</sub>	От южной границы вечной мерзлоты до южной границы подзоны I <sub>2</sub> .
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 <sub>1</sub>	С севера и востока ограничена зоной I, с запада – подзоной II <sub>3</sub> , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск–Березники–Ивдель
II <sub>2</sub>	С севера ограничена подзоной II <sub>1</sub> , с запада – подзоной II <sub>4</sub> , с юга – зоной III, с востока и юга – границей зоны I
II <sub>3</sub>	С севера ограничена государственной границей, с запада – границей с подзоной II <sub>5</sub> , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск, с востока – линией Псков–Смоленск–Орел
II <sub>4</sub>	С севера ограничена подзоной II <sub>3</sub> , с запада – подзоной II <sub>6</sub> , с юга – границей с зоной III, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
II <sub>5</sub>	С севера и запада ограничена государственной границей, с востока – линией Минск–Бобруйск–Гомель, с юга–линией Барановичи–Рославль–Клин–Рыбинск
II <sub>6</sub>	С севера ограничена подзоной II <sub>5</sub> , 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 <sub>1</sub>	Ограничена с севера зоной II, с запада – подзоной III <sub>2</sub> , с юга – зоной IV, с востока – зоной I
III <sub>2</sub>	С севера ограничена зоной II, с запада – подзоной III <sub>3</sub> , с юга – зоной IV, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
III <sub>3</sub>	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

$$I_{пуч} = I_{пуч.ср} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{эр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл} \quad (B.1)$$

где

$I_{пуч.ср}$  – 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 В.3);

$K_{эр}$  – 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

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

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  $I_{пуч.ср}$  устанавливаются по графикам рисунка В.4 и при  $z_{пр} = 2,0 \div 3,0$  м — по формуле

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

где

$I_{пуч.ср2,0}$  – 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 6.1 настоящего пособия), 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)

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)

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**

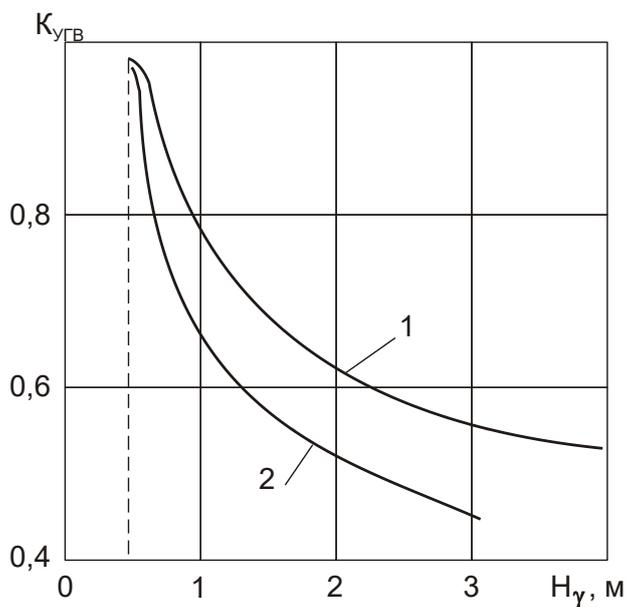
Коэффициент уплотнения $K_{упл}$	$K_{пл}$ для грунта	
	песка пылеватого, супеси легкой и пылевой, суглинка, глины	песка, кроме пылеватого, супеси легкой крупной
1,03 – 1,00	0,8	1,0
1,01 – 0,98	1,0	1,0
0,97 – 0,95	1,2	1,1
0,94 – 0,90	1,3	1,2

**Таблица В.4**

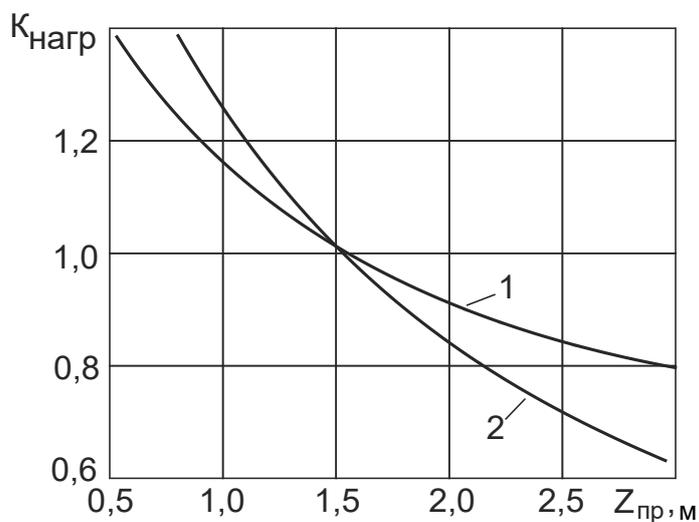
Грунт	$K_{эр}$
пески	1,0
супеси	1,1
суглинки	1,3
глины	1,5

**Таблица В.5**

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

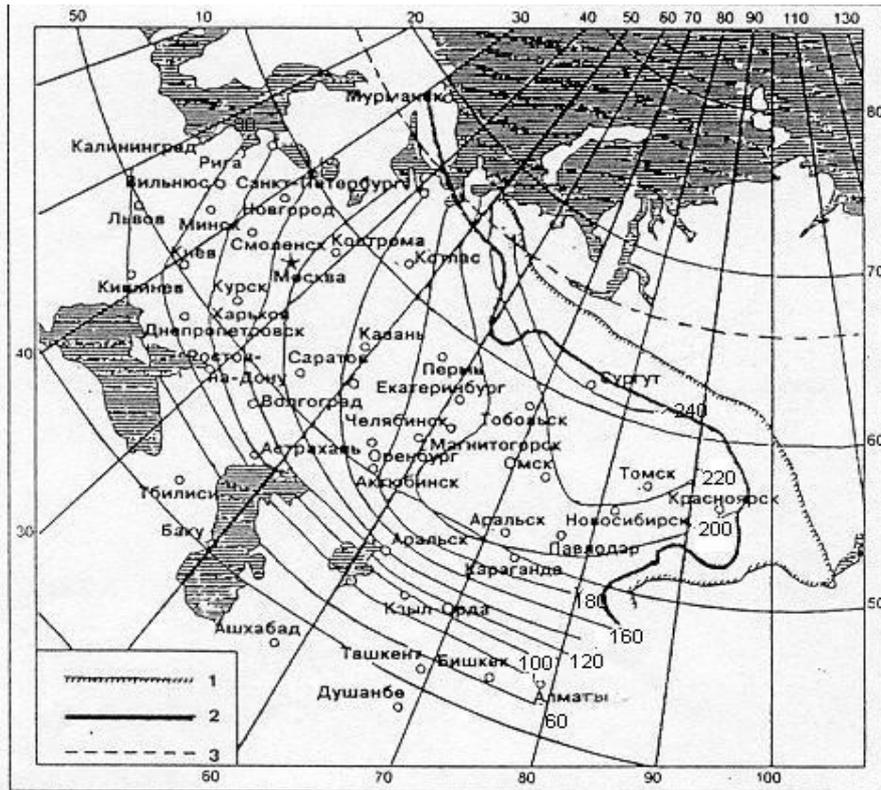


1 – супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок; 2 – песок; супесь легкая и легкая крупная.  
 Рисунок В.1- Зависимость коэффициента  $K_{угв}$  от расстояния от низа дорожной одежды до расчетного УГВ или УПВ.



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.



На карте: 1 – граница сплошного распространения вечномерзлых грунтов;  
 2 – то же, островного; 3 – Северный полярный круг  
 Рисунок В.3. – Карта изолиний глубины промерзания  $Z_{пр(ср)}$  грунтов на территории СНГ.

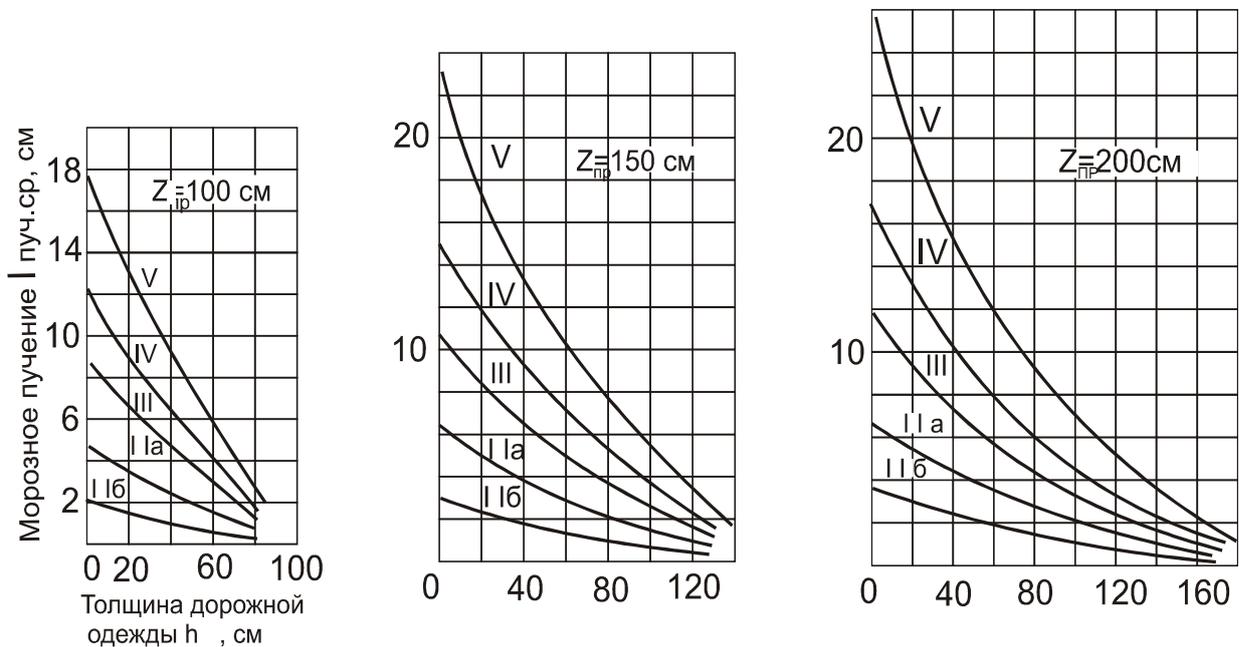


Рисунок В.4 – Графики для определения осредненной величины морозного пучения  $I_{пуч.ср}$ .

**Примечания**

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ЗОНЕ СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ

Пример расчета

#### 1 Исходные данные

Географическое положение объекта: г. Казань.

Дорога 1-й технической категории проходит в выемке. Грунт основания – пучиноопасный пылеватый суглинок, промерзание которого следует исключить. Толщины конструктивных слоев дорожной одежды приведены в колонке 3 таблицы Г.1.

Требуется оценить возможность промерзания грунта основания, если оно происходит, применить пенополистирольные плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ.

#### 2 Собираем дополнительные данные.

2.1 Определяем коэффициенты теплопроводности материалов дорожной одежды по таблице А и заносим в колонку 4 таблицы Г.1.

Щебеночно-гравийно-песчаной смеси в таблице А.2 нет, принимаем коэффициент теплопроводности близкого материала, гравийно-песчаной смеси.

Таблица Г.1

№	Материал	Толщина слоя $h_i$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda_i$ Вт/(мК)
1	2	3	4
1	Асфальтобетон плотный	0,04	1,4
2	Асфальтобетон пористый	0,08	1,25
3	Асфальтобетон высокопористый	0,22	1,25
4	Щебеночно-гравийно-песчаная смесь	0,20	2,1
5	Песок средней крупности	0,30	2,12

2.2 По карте рисунка 6.2 настоящего пособия определяем номер ближайшей изолинии к объекту. Город Казань находится между VI и VII изолиниями, ближе к VI. По таблице 6.4 определяем значения параметра  $R_{пр}$  для указанных изолиний:  $R_{прVI} = 2,50$  и  $R_{прVII} = 2,70$  соответственно. Интерполируя, определяем расчетное значение для г. Казани,  $R_{пр} = 2,55$ .

2.3 По карте рисунка Б.1 пособия определяем номер дорожно-климатической зоны, II<sub>2</sub>.

2.4 По таблице 6.2 пособия по номеру дорожно-климатической зоны определяем величину коэффициента  $\delta = 0,95$ .

#### 3 Расчет

3.1 Определяем требуемое термическое сопротивление  $R_{од(тр)}$  по формуле:

$$R_{од(тр)} = R_{пр} \cdot \delta,$$
$$R_{од(тр)} = 2,55 \cdot 0,95 = 2,4 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$$

3.2 Определяем фактическое термическое сопротивление дорожной одежды  $R_{од(ф)}$  по формуле:

$$\sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)} + 1/\alpha,$$

$$R_{од(ф)} = h_{од(i)} / \lambda_{од(i)} + 1/\alpha,$$

где  $1/\alpha = 0,04 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$ ;

$h_{од(i)}, \lambda_{од(i)}$  – колонки 3 и 4 табл. 1 соответственно.

$$R_{од(ф)} = 0,04/1,4 + 0,08/1,25 + 0,22/1,25 + 0,2/2,1 + 0,3/2,12 + 0,04 = 0,55 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$$

3.3 Сравниваем требуемое термическое сопротивление с фактическим:

$$K_3 \cdot R_{од(ф)} \geq R_{од(тр)}$$

$$1,3 \cdot 0,55 < 2,4$$

Условие не выполняется, требуется теплоизолирующий слой.

3.4 Определяем требуемую толщину теплоизолирующего слоя  $h_n$  по формуле:

$$h_n = (1,3R_{од(тр)} - R_{од(ф)}) \cdot \lambda_n$$

где  $\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности теплоизолирующей плиты XPS,

$$\lambda_n = 0,032 \text{ Вт/(мК)}$$

$$h_n = (1,3 \cdot 2,4 - 0,55) \cdot 0,032 = 0,08 \text{ (м)} = 80 \text{ мм}$$

Ответ: для исключения промерзания земляного полотна автомобильной дороги в г. Казани для указанной конструкции дорожной одежды требуется толщина теплоизолирующей плиты ТЕХНОНИКОЛЬ XPS толщиной 80 мм.

Расчет окончен.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### ДОПУСТИМАЯ ТОЛЩИНА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НАД ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫМИ ЭКСТРУЗИОННЫМИ ПЛИТАМИ ТЕХНОНИКОЛЬ XPS

**Таблица Д.1** – Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS. Грунт защитного слоя уплотнен, коэффициент запаса  $k=1,3$  давление в шинах транспортного средства  $p = 0,6$  МПа.

Транспортное средство	Вес, т	Количество 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 Д.2** – 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, т	Количество 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	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	3,0	4	1280	19	16	13	10
Погрузчик	2,5	4	1060	17	15	11	9
Погрузчик	2,0	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 Д.1 и Д.2).

4 Значения толщин защитного слоя в таблицах округлены в большую сторону.

**Таблица Д.3** – Допустимая толщина железобетонной плиты, размещенной над плитами XPS. Коэффициент спарен. колеса  $k=1,0$  (колесо одиночное).

Транспортное средство	Вес, т	Количество колес ТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа $E_{пл}=17$ МПа	0,30 МПа $E_{пл}=17$ МПа	0,40 МПа $E_{пл}=20$ МПа	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 Д.4** – Допустимая толщина железобетонной плиты, размещенной над плитами XPS. Коэффициент спаренного колеса  $k=1,2$  (колесо сдвоенное).

Транспортное средство	Вес, т	Количество колес ТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа $E_{пл}=17$ МПа	0,30 МПа $E_{пл}=17$ МПа	0,40 МПа $E_{пл}=20$ МПа	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	6	5	-	-
Погрузчик	3,5	4	1490	6	-	-	-
Погрузчик	3,0	4	1280	5	-	-	-
Погрузчик	2,5	4	1060	-	-	-	-
Погрузчик	2,0	4	850	-	-	-	-

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
**ЗНАЧЕНИЯ ГЛУБИН СЕЗОННОГО ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И**  
**НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ**

**Таблица Е.1** – Глубина зимнего промерзания грунта на оголенных участках

Наименование пунктов	Глубина промерзания под оголенной поверхностью, см	Глубина промерзания на болотах, см
Асташиха	302	-
Агзу	186	-
Биробиджан	275	110
Братомобовка	311	-
Благовещенск	285	111
Белогорск	312	139
Богородское	295	95
Бикин	220	93
Вяземский	250	91
Владивосток	141	37
Дальнегорск	134	33
Дальнереченск	184	-
Завитинск	306	131
Елабуга	270	-
Кумара	311	139
Комсомольск-на-Амуре	292	112
Кхуцин	142	34
Нижне-Тамбовское	294	114
Николаевск-на-Амуре	291	-
Находка	132	28
Облучье	301	124
Ольга	136	34
Поярково	298	123
Помпеевка	294	-
Посьет	119	28
Свободный	311	-
Сихотэ-Алинь	-	-
Совгавань	185	74
Спасск-Дальний	174	84
Троицкое	276	97
Тумнин	288	-
Турий рог	179	89
Уссурийск	169	79
Хабаровск	268	100

*Примечание.* В таблице даны глубины промерзания грунтов на площадках с оголенной от снега поверхностью с учетом следующих условий: абсолютная высота площадок отличается от средней для данного пункта не более чем на  $\pm 50$  м; площадки расположены на равнине или на соответствующих им по количеству получаемого тепла уклонах сопкок, площадки не подвергаются затенению и обогреву от отапливаемых сооружений; грунты площадок глинистые или мелкопесчаные с влажностью в зимнее время года не более 25%.

Если местные условия отличаются от указанных, необходимо к табличным глубинам промерзания применять поправочные коэффициенты и/или поправки, приведенные в Таблице Е 2 и Таблице Е 3.

**Таблица Е.2** – Поправочный коэффициент за счет типа грунта и влажности

Вид грунта	Влажность	Поправочный коэффициент
Глинистый и мелкопесчаный	До 25%	1,00
Глинистый и мелкопесчаный	Более 25%	0,75
Крупносkeletalные грунты	-	1,33
Супеси, пески мелкие и пылеватые	-	1,22

**Таблица Е.3** – Поправка за счет экспозиции склона

Экспозиция склонов и сопок	Для склонов открытых площадок с уклоном 15-30 гр, см	Для склонов селитебной (под застройкой) части, см
Северные склоны	плюс 60	плюс 40
Равнина, западные и юго-восточные склоны и склоны всех румбов	0	0
Южные и юго-западные склоны	минус 20	0
Северо-восточные и северо-западные склоны	плюс 20	0
Восточные склоны	плюс 40	0

---

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Распоряжение Минтранса России от 03.12.2003 N ОС-1066-р.
- [2] ОДМ 218.2.094-2018 Методические рекомендации по проектированию земляного полотна автомобильных дорог общего пользования из местных талых и мерзлых переувлажненных глинистых и торфяных грунтов в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов
- [3] СТО НОСТРОЙ 2.25.28-2011 Автомобильные дороги. Строительство земляного полотна автомобильных дорог. Часть 6. Возведение земляного полотна в зоне вечной мерзлоты.
- [4] Отчет о научно-исследовательской работе: «Экспериментальное определение модуля упругости экструзионного пенополистирола «Техноплекс». Балашиха, 2007
- [5] СТО 39297743-02-2007 Противогололедный материал кальций хлористый. Технические условия, с изменениями №№ 1-3
- [6] СТО 39297743-01-2008 Противогололедный материал Айсмелитгрин (ЖКНМ);
- [7] ТУ 2149-003-93988694-06 Противогололедный материал ЭКОСОЛ;
- [8] ТУ 2152-042-00203275-2006 Магний хлористый технический;
- [9] ТУ 2149-009-93988694-2007 Противогололедный материал БИОНОРД.
- [10] ОДМ 218.5.008-2008 Методические рекомендации по применению трещинопрерывающей прослойки при устройстве дорожной одежды с полимерасфальтобетонным покрытием
- [11] Программное средство TMFLAT для расчета нестационарного распределения температуры в двумерной области произвольной конфигурации с учетом отработки скрытых теплот при фазовых превращениях влаги и с учетом тепловыделения цемента в монолитных бетонных конструкциях.

