

**Общество с ограниченной ответственностью
«ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы»**



ТЕХНОНИКОЛЬ

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СТО 72746455-4.6.6-2025**

**НАСЫПИ ДОРОЖНЫЕ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

**Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ
для стабилизации температурного режима
грунтов основания и тела насыпей**

Издание официальное

Москва 2025

**Общество с ограниченной ответственностью
«ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы»**



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СТО 72746455-4.6.6-2025**

**НАСЫПИ ДОРОЖНЫЕ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

**Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ
для стабилизации температурного режима
грунтов основания и тела насыпей**

Издание официальное

Москва 2025



Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом Российской Федерации от 29.06.2015 N162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», а правила применения и разработки стандартов организаций — ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

- 1 РАЗРАБОТАН ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы»
- 2 УТВЕРЖДЕН Приказом ООО «ТехноНИКОЛЬ—Строительные Системы» № О294-СТО от 02 октября 2025 г.
И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ
- 3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В настоящем стандарте учтены основные положения ГОСТ Р 1.5–2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Стандарт, а также информация о его изменении публикуется на официальных ресурсах Корпорации ТЕХНОНИКОЛЬ в сети интернет.

© ООО «ТехноНИКОЛЬ—Строительные Системы», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован, распространен и использован другими организациями в своих интересах, без договора с ООО «ТехноНИКОЛЬ—Строительные Системы».

Содержание

Введение	VI
1. Область применения.....	1
2. Нормативные ссылки	1
3. Термины и определения.....	3
4. Требования к материалам	5
5. Конструирование насыпей на многолетнемерзлых грунтах.....	6
5.1 Общие положения	6
5.2 Основные принципы применения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима насыпи и ее основания.....	7
5.3 Особенности совместного применения мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов	10
5.4 Расположение плит XPS в теле насыпи по высоте	12
6. Конструктивные схемы насыпей и мероприятия по стабилизации температурного режима грунтов.....	13
6.1 Общие положения	13
6.2 Выделение регионов по применению мероприятий стабилизации температурного режима грунтов	14
6.3 Особенности выбора конструктивных схем насыпей и мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов	14
6.4 Варианты конструктивных схем насыпей и мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов	17
7. Защита откосов насыпи	34
7.1 Требования к конструкциям защиты откоса	34
7.2 Конструкции защиты откоса	34
8. Защита территории, прилегающей к подошве откоса насыпи.....	37
9. Теплофизические и прочностные расчеты конструкций насыпей	39
9.1 Прогнозное моделирование теплового режима насыпи в программном комплексе FROST 3D.....	39
9.2 Оценка условий предельного равновесия конструкции защиты откоса на поверхности откоса.....	46
9.3 Прогноз осадки основания насыпи	48
10. Контроль качества строительства.....	50
11. Требования безопасности	51
Приложение А (обязательное) Характеристики используемых материалов	52
Приложение Б (рекомендуемое) Мероприятия по охлаждению грунтов.....	54
Приложение В (рекомендуемое) Примеры расчета равновесия конструкции укрепления откоса	58
Приложение Г (рекомендуемое) Примеры расчета осадки основания насыпи	61
Рецензии.....	64
Библиография.....	69

Введение

Настоящий стандарт организации разработан для обеспечения соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ [1] и в соответствии с Федеральными законами от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [2], от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ [3], от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ [4].

Стандарт предназначен для проектирования насыпей автомобильных и железных дорог в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ).

В стандарте приведены конструктивные решения насыпей автомобильных и железных дорог с использованием экструзионных пенополистирольных плит ТЕХНОНИКОЛЬ по СТО 72746455–3.3.1 [5] или ТУ 2244–047–17425162 [6] (далее—XPS ТЕХНОНИКОЛЬ) для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела дорожных насыпей применительно к регионам, выделенным в зоне распространения ММГ. Рассмотрено сочетание применения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ с различными мероприятиями по охлаждению грунтов, включая габионы, многосекционные геоболочки, а также термоопоры. Приведены конструкции защиты откосов и территории, прилегающей к подошве насыпи, в которых используются плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ.

В основу разработки стандарта положены требования действующих нормативных документов и результаты Рекомендаций по применению теплоизоляции для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела дорожных насыпей в зоне вечной мерзлоты [7], также были использованы результаты других исследований ООО «ЦЛИТ».

СТАНДАРТ ТЕХНОНИКОЛЬ

НАСЫПИ ДОРОЖНЫЕ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей

Erbankments of roads in permafrost regions. Application of XPS TECHNONICOL thermal insulation to stabilize the temperature regime of subgrade soils and embankment bodies

Дата введения—2025–10–02

1. Область применения

Настоящий стандарт организации устанавливает требования и рекомендации для проектирования насыпей автомобильных и железных дорог, возводимых в зоне распространения ММГ, с применением теплоизоляционных плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ. Документ предназначен для использования при проектировании нового строительства, реконструкции и капитального ремонта. Стандарт описывает порядок подбора конструкций, назначения расположения и толщины теплоизоляции, учета климатических и грунтово-гидрологических условий, а также проверки эффективности принятых решений методами моделирования теплового режима. Настоящий стандарт не распространяется на насыпи, сооружаемые в горных районах зоны ММГ.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.1.044	Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.3.002	Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.009	Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ EN822	Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения длины и ширины
ГОСТ EN826	Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения характеристик сжатия
ГОСТ 7076	Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме
ГОСТ EN12087	Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Методы определения водопоглощения при длительном погружении
ГОСТ 17177	Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний
ГОСТ 25100–2020	Грунты. Классификация

ГОСТ 27751	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения
ГОСТ 30244	Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
ГОСТ 30402	Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость
ГОСТ 32310 (ЕН13164)	Изделия из экструзионного пенополистирола, применяемые в строительстве. Технические условия
ГОСТ 32960	Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения
ГОСТ 33063	Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов
ГОСТ 33100–2023	Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог
ГОСТ 33149–2014	Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях
ГОСТ Р 51285	Сетки проволочные кручёные с шестиугольными ячейками для габионных конструкций. Технические условия
ГОСТ Р 52132	Изделия из сетки для габионных конструкций. Технические условия
ГОСТ Р 55028–2012	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения
ГОСТ Р 59287	Изделия из панелей для габионных конструкций. Технические условия
СП 24.13330	Свайные фундаменты
СП 25.13330.2020	Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04–88
СП 34.13330.2021	СНиП 2.05.02–85* Автомобильные дороги
СП 78.13330	Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85
СП 100.13330	Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03–85
СП 119.13330.2024	Железные дороги колеи 1520 мм. СНиП 32–01–95
СП 313.1325800	Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства
СП 493.1325800.2020	Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Общие требования

Примечание—При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования—на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины и определения

В настоящем стандарте организации применены следующие термины с соответствующими определениями, а также обозначения и сокращения:

3.1 берма: Горизонтальная площадка (уступ) на откосах земляных сооружений для придания устойчивости вышележащей части сооружения, а также улучшения условий их эксплуатации.

3.2 верхнее строение железнодорожного пути: Составная часть железнодорожного пути, предназначенная для восприятия нагрузок от колес железнодорожного подвижного состава и передачи их на нижнее строение пути, а также для направления движения колес по рельсовой колее.

3.3 верхний горизонт многолетней мерзлоты (ВГММ): Поверхность грунтового массива, длительное время (более трех лет) существующего в мерзлом состоянии.

3.4 габионные сетчатые изделия (ГСИ): Объемные изделия различной формы из проволочной крученої с шестиугольными ячейками сетки по ГОСТ Р 51285, предназначенные для формирования габионных конструкций.

3.5 геоболочка: Емкость из геосинтетического материала для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем.

[ГОСТ Р 55028–2012 пункт 2.1.11]

3.6 геоболочка многосекционная (МГО): Пространственная ячеистая конструкция с линейно расположенным ячейками квадратной формы, с гибким основанием-дном, изготовленная методом сшивания из геополос в перпендикулярном направлении друг к другу и к основанию-дну.

3.7 геотекстиль тканый: Геотекстиль, получаемый по технологии ткачества.

[ГОСТ Р 55028–2012, пункт 2.1.14]

3.8 геотекстиль нетканый: Геотекстиль, полученный по технологии нетканых текстильных материалов.

[ГОСТ Р 55028–2012, пункт 2.1.27]

3.9 грунт: горная порода, используемая при строительстве в качестве основания сооружения, среды, в которой сооружение возводится, или материала для сооружения.

3.10 грунт многолетнемерзлый, грунт вечномерзлый: Грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

[СП 25.13330–2020, пункт 3.1.4]

3.11 грунт пластичномерзлый: Дисперсный грунт, сцепленный льдом, но обладающий вязкими свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой.

[СП 25.13330.2020, пункт 3.1.5]

3.12 грунт сезонномёрзлый (сезонноталый): Грунт, находящиеся в мёрзлом или талом состоянии периодически в течение холодного или тёплого сезона.

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

3.14 дорожная одежда: Конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно.

[ГОСТ 33100–2023, пункт 3.7]

3.15 дорожная конструкция: Комплекс, состоящий из дорожной одежды / балластной призмы, и земляного полотна, включая основание насыпей и выемок.

3.16 земляное полотно: Конструктивный элемент, служащий для размещения дорожной одежды / верхнего строения пути, а также технических средств организации движения и обустройства автомобильной / железной дороги.

3.17 мерзлый грунт: Грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий видимые ледяные включения и/или лед-цемент, за счет которых образованы криогенные структурные связи.

[ГОСТ 25100–2020, пункт 3.10]

3.18 многолетняя мерзлота: Часть верхнего слоя земной коры, характеризующаяся отсутствием периодического протаивания.

Примечание— Термин, соответствующий понятиям: многолетнемерзлые горные породы, вечная мерзлота, криолитозона.

3.19 нарушение местной устойчивости откосов: Деформации откосов, проявляющиеся в форме оползней и сплывов в результате процессов физико-химического выветривания, в форме эрозии в результате воздействия дождевых осадков, поверхностных вод, в форме механических и супфазионных выносов грунта в результате воздействия грунтовых вод.

3.20 насыпь: Инженерное сооружение из насыпного грунта, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли (подстилающего грунта).

3.21 рабочий слой: Верхняя часть земляного полотна в пределах от низа дорожной одежды до уровня, соответствующего 2/3 глубины промерзания конструкции, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия;

3.22 рабочий слой в зоне распространения ММГ: сезонноталый слой (СТС) земляного полотна от верха покрытия при мощности СТС до 1,5 м; 2/3 толщины СТС, считая от низа дорожной одежды, при его мощности более 1,5 м.

3.23 расчетный температурный режим грунтов: Температурный режим грунтового массива, при котором обеспечивается прочность и устойчивость насыпи.

3.24 расчетная температура: Температура, по которой рассчитывается несущая способность грунтов в узловых точках массива грунтов оснований.

3.25 основание насыпи: Массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя.

3.26 основная площадка земляного полотна железной дороги: Верх земляного полотна, включающий в себя границу раздела балластного слоя нормируемой толщины и грунтов земляного полотна, а также обочины.

3.27 отсыпка грунта: Устройство насыпных слоев грунта землеройно-транспортными или транспортными (самосвальными) машинами.

3.28 откос: Боковая наклонная поверхность, ограничивающая искусственное земляное сооружение (земляное полотно, дамбу и др.) или склоны естественного рельефа.

3.29 плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ (пенополистирол, экструзионный пенополистирол): 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.

3.30 снегоперенос: Горизонтальное перемещение снега ветром при его скорости более 2 м/с; Объём снега, перенесённого через 1 м фронта метлевого потока за определённое время.

3.31 слабые грунты: Связный грунт, имеющий прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа).

[ГОСТ 33149–2014, пункт 3.35]

3.32 талик (таликовая зона): Толща талых грунтов, залегающая в массиве многолетнемерзлых грунтов.

Примечание—Различают талики сквозные и несквозные, надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные.

[СП 447.1325800.2019, пункт 3.1.16]

3.33 термическое сопротивление: Тепловое сопротивление, способность тела (его поверхности или какого-либо слоя) препятствовать распространению теплового движения молекул.

3.34 термоармирующая конструкция: Армирующая конструкция, снабженная теплоизоляционными материалами, препятствующими передаче тепла.

3.35 температурное поле: Распределение температур на плоскости или в пространстве.

3.36 температурный режим: Одна из характеристик окружающей среды, при которой температура поддерживается в определённых параметрах в определённых условиях.

3.37 температурный режим нестационарный: Температурный режим, при котором температурное поле изменяется во времени.

3.38 температурный режим установившийся: Нестационарный циклический температурный режим, при котором температурные режимы отдельных циклов совпадают между собой.

3.39 устойчивость откоса: Способность откоса сохранять свой профиль в течение длительного времени.

3.40 ячейки многосекционной геооболочки: Объёмные элементы многосекционной геооболочки в растянутом состоянии, образованные соединенными между собой геополосами и пришивным тканевым дном, служащие для заполнения материалами, применяемыми в дорожном строительстве.

4. Требования к материалам

4.1 Плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ (рисунок 4.1) должны быть изготовлены по СТО 72746455-3.3.1 [5] или ТУ 2244-047-17425162 [6] в соответствии с требованиями ГОСТ 32310 (EN1316), а их технические характеристики должны соответствовать данным, приведенным в таблицах А.1 и А.3 [приложения А](#).



Рисунок 4.1 Плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ

4.2 Плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, применяемые в строительстве автомобильных и железных дорог, должны удовлетворять следующим требованиям:

- соответствовать заданным показателям по прочности на сжатие при 10%-ной линейной деформации;
- соответствовать заданным показателям по водопоглощению;
- соответствовать заданным показателям по декларируемой теплопроводности;
- быть биостойкими (определяют на основе химического анализа);
- быть нетоксичными (заключение СЭС или иной документ);
- обладать технологичностью в работе (размеры плит должны быть такими, чтобы плиту легко укладывало звено из двух человек);
- для исключения сквозных вертикальных зазоров в стыках плит, их края должныстыковаться между собой посредством L- или S-образной кромки;
- в течение длительного срока (не менее 50 лет) не терять своих теплоизоляционных свойств и выдерживать строительные и эксплуатационные нагрузки.

4.3 Габионные конструкции, используемые в дорожных насыпях совместно с плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, необходимо проектировать в соответствии с ОДМ 218.2.049 [8].

4.4 Для устройства габионных конструкций должны применяться изделия из сетки, выпускаемые по ГОСТ Р 52132, или изделия из панелей, выпускаемые по ГОСТ Р 59287.

4.5 Изделия из сетки для габионных конструкций должны быть выполнены из проволочной кручёной металлической сетки с шестиугольными ячейками, соответствующей ГОСТ Р 51285, изготовленной из низкоуглеродистой термически обработанной стали.

4.6 Для заполнения габионных конструкций необходимо использовать природный или искусственный каменный материал, обладающий необходимой прочностью, морозостойкостью и водостойкостью, получаемый дроблением изверженных, осадочных и метаморфических горных пород. Требования к плотности, морозостойкости, устойчивости против распада и размеры камня для габионных конструкций должны быть назначены согласно ОДМ 218.2.049 [8] в зависимости от условий работы конструкции.

4.7 Многосекционные ячеистые геоболочки (далее—МГО), применяемые в термоармирующих конструкциях совместно с плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, должны соответствовать требованиям ОДМ 218.2.006 [9], их параметры (прочность, размер ячейки, материал) следует назначать в соответствии с указанным документом.

4.8 Сырьевой состав ткани для изготовления МГО (полиэфир, полиамид, полипропилен, полиспиртовые волокна) следует назначать в зависимости от расположения МГО в конструкции и условий их работы, учитывая свойства используемого сырья.

5. Конструирование насыпей на многолетнемерзлых грунтах

5.1 Общие положения

5.1.1 Проектирование и строительство в зоне ММГ необходимо осуществлять по выбранному принципу проектирования—первому или второму в соответствии с СП 25.13330, СП 313.1325800, СП 447.1325800 [10], с учетом СП 32-104 [11], СП 119.13330, СП 34.13330.

Первый принцип заключается в использовании грунтов основания в мерзлом состоянии, сохраняющем при строительстве и в течение всего периода эксплуатации сооружения.

Второй принцип заключается в использовании грунтов основания в оттаянном или оттаивающем состоянии. При этом должно выполняться условие ограничения осадок допустимыми пределами, устанавливаемыми нормативными документами.

5.1.2 Первый принцип проектирования используют, как правило, при строительстве на слабых и просадочных при оттаивании грунтах и также при залегании погребенных льдов.

Второй принцип используют на участках с малопросадочными грунтами, деформация которых при оттаивании не превышает предельно допустимых значений для проектируемого сооружения.

5.1.3 При применении первого принципа предварительно назначают дорожную конструкцию с учетом подраздела 5.2, на основе теплофизического расчета определяют положение нулевой изотермы и, при необходимости, уточняют параметры конструкции, назначают дополнительно мероприятия по регулированию теплового режима.

5.1.4 При применении второго принципа проектирование выполняют в следующем порядке:

- предварительно назначают дорожную конструкцию;
- выполняют теплофизический расчет с целью оценки размеров талой зоны в основании насыпи;
- зная мощность талой зоны, рассчитывают осадку и сравнивают ее с допустимой.

Если осадка превышает допустимую, корректируют дорожную конструкцию по одному из следующих направлений:

- уменьшают мощность талой зоны, увеличивая толщину теплоизоляции и / или назначают другие мероприятия по регулированию теплового режима;
- назначают армирующие материалы и конструкции;
- назначают термоармирующие конструкции, уменьшающие глубину оттаивания и снижающие величину осадки и ее неравномерность.

На основе теплофизических расчетов и прогноза осадки оттаявшего основания методом подбора корректируют дорожную конструкцию, до получения допустимой осадки, при требуемых параметрах дорожной конструкции.

5.2 Основные принципы применения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима насыпи и ее основания

5.2.1 Для оценки влияния укладки плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ на тепловой режим насыпи и ее основания требуется проведение прогнозного теплофизического расчета, в котором учитывают сочетание природно-климатических и грунтово-геологических факторов.

5.2.2 Прогнозный теплофизический расчет проводят в выделенной (расчетной) области по всем установленным характерным участкам с учетом взаимного теплового влияния элементов системы (основная площадка—откосы—подошва насыпи—область, смежная с подошвой откоса—ненарушенная территория). Расчетную область рассматривают как самостоятельный элемент со своими граничными условиями.

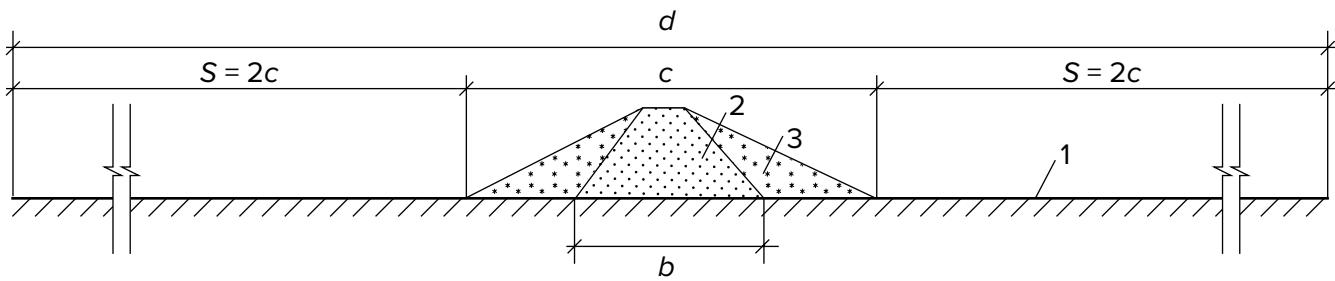
5.2.3 Ширина расчетной области должна полностью охватывать зону теплового влияния сооружения. Если это условие соблюдено, изотермы по краям области параллельны естественной поверхности.

Как правило, условие соблюдается, если ширина расчетной области равна пятикратной ширине насыпи со снежными отложениями понизу (рисунок 5.1).

Глубину расчетной области необходимо назначать таким образом, чтобы на её нижней границе не наблюдалось изменение температурного поля.

Как правило, условие соблюдается, если глубина расчетной области равна пятикратной высоте насыпи.

Для приближенных (оценочных) расчетов размеры расчетной области могут быть уменьшены.



1 – естественная поверхность грунта; **2** – тело насыпи; **3** – зона максимальных снежных отложений или других нарушений естественных условий.

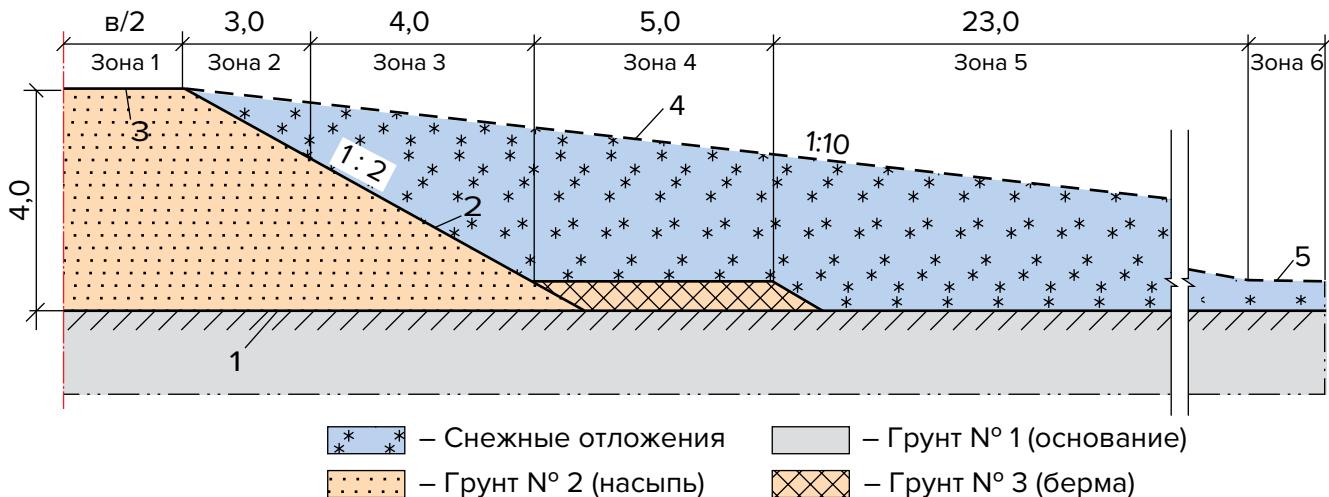
b – ширина насыпи понизу; **c** – ширина зоны нарушения естественных условий;
S – ширина зоны теплового взаимодействия с зоной «**с**»; **d** – общая ширина расчётной области.

Рисунок 5.1—Схема расчётной области при прогнозировании температурного режима грунтов основания и насыпи

5.2.4 Расчётную область, выделенную в соответствии с п. 5.2.3, необходимо разбить на отдельные зоны с различным тепловым режимом (рисунок 5.2). Разбивку производят в соответствии с граничными условиями: температурой наружного воздуха (или воды) и коэффициентом теплопередачи.

Коэффициент теплопередачи определяют через суммарное термическое сопротивление, включающее сопротивление между поверхностью и средой, сопротивление естественных (растительный покров, снежные отложения) и искусственных теплоизоляторов.

Как правило, в качестве зон выделяют горизонтальную поверхность насыпи, верхнюю и нижнюю части откоса, берму, если она имеется, зону нарушенных естественных условий, зону ненарушенных естественных условий.



1 – естественная поверхность грунта; **2** – откос насыпи; **3** – основная площадка насыпи;
4 – откос снежных отложений; **5** – поверхность снежных отложений в ненарушенной зоне.

Рисунок 5.2—Пример разбивки расчётной области на зоны

5.2.5 Необходимо различать северную и южную зону распространения многолетнемерзлых грунтов.

К северной части зоны распространения ММГ относятся территории тундры с грунтами, имеющими температуру на границе нулевых годовых амплитуд от -12°C до -3°C , с мощностью деятельного слоя преимущественно менее 1 м.

К южной части зоны относятся таежные, степные и лесостепные территории с грунтами, имеющими температуру на границе нулевых годовых амплитуд от минус 3°C до 0°C , с мощностью деятельного слоя более 3 м.

5.2.6 При сооружении насыпи высотой более 2,5–3 м в северной части зоны ММГ нулевая изотерма обычно поднимается выше подошвы насыпи (схема «а» на рисунке 5.3), первый принцип обеспечивается без применения теплоизоляции.

Однако, если насыпь отсыпают частично из мерзло-комковатого либо пылеватого пучинноопасного грунта, требуется сохранение тела насыпи в мерзлом состоянии. Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ исключительно под проезжей частью (схема «б» на рисунке 5.3, здесь и далее теплоизоляция показана пунктирной красной линией) вызывает подъем нулевой изотермы только в центральной части насыпи, в результате чего насыпь становится не равнoprочной, что может привести к деформированию под действием транспортной нагрузки и разрушению.

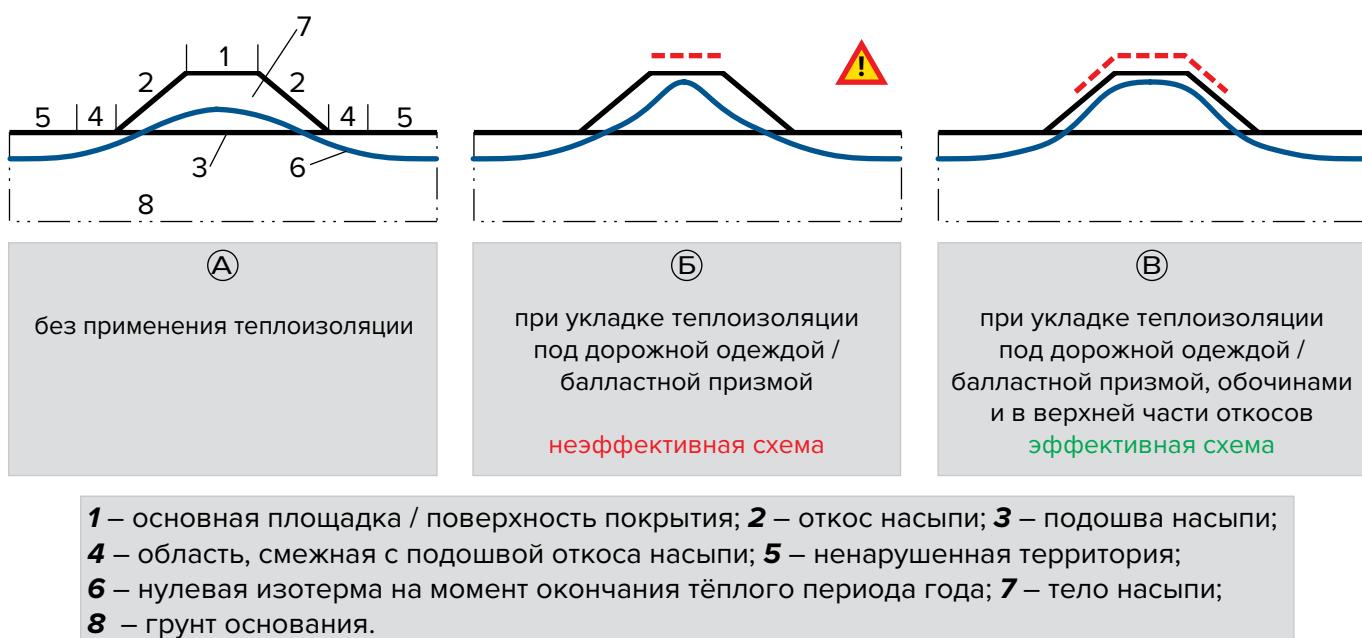


Рисунок 5.3—Влияние схемы укладки плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ на положение нулевой изотермы в северной части зоны распространения ММГ

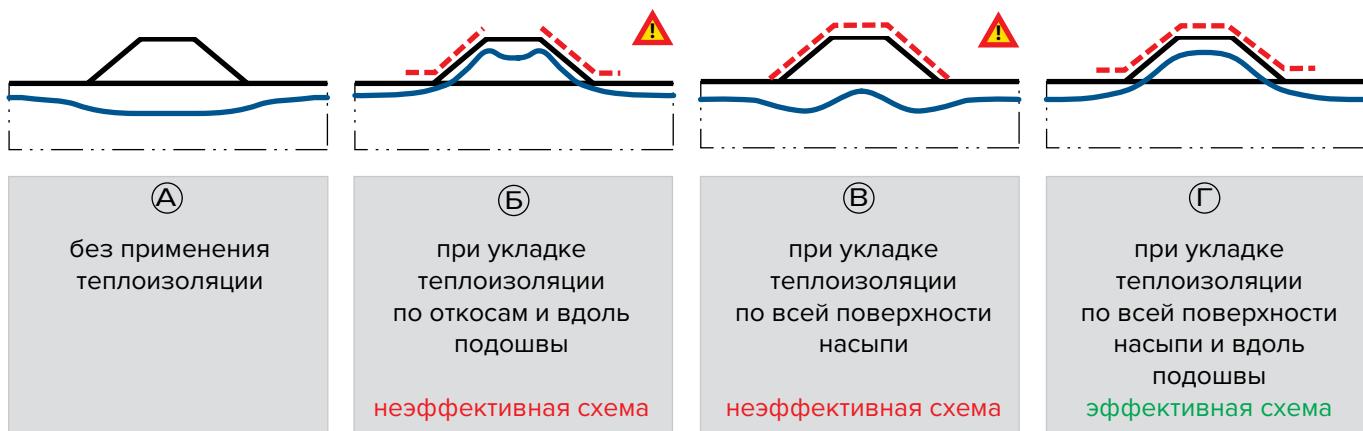
Для уширения мерзлой зоны в теле насыпи с образованием поверхности ВГММ близкой к горизонтальной (схема «в» на рисунке 5.3), теплоизоляцию укладывают по всей горизонтальной поверхности насыпи и, в некоторых случаях, на верхней части откосов.

5.2.7 При сооружении насыпей в южной части зоны распространения ММГ без применения теплоизоляции, в основании насыпи происходит растяжение мерзлоты (схема «а» на рисунке 5.4).

Для поднятия ВГММ в теле насыпи требуется применение теплоизоляции на откосах и прилегающей к насыпи зоне (схема «б» на рисунке 5.4), однако защиты только этих зон недостаточно: на поверхности ММГ формируется «яма», в которой будут скапливаться дождевые воды, что приведёт к снижению прочности рабочего слоя земляного полотна, усилиению деградации ММГ и рискам морозного пучения земляного полотна.

Применение теплоизоляции на откосах и по горизонтальной поверхности насыпи позволяет уменьшить мощность талой зоны в основании насыпи (схема «в» на рисунке 5.4), но при отсутствии защиты территории, прилегающей к насыпи, ВГММ не поднимается к подошве.

Для обеспечения поднятия ВГММ в тело насыпи требуется защита всей поверхности насыпи и территории вдоль ее подошвы (схема «г» на рисунке 5.4, обозначения элементов схемы см. на рис. 5.3).



Элементы схемы см. на рисунке 5.3

Рисунок 5.4—Влияние схемы укладки плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ на положение нулевой изотермы в южной части зоны распространения ММГ

5.3 Особенности совместного применения мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов

5.3.1 Целесообразно предусматривать сочетание различных мероприятий по стабилизации температурного режима основания и тела насыпи, с учетом их взаимодействия, что определяется следующими причинами:

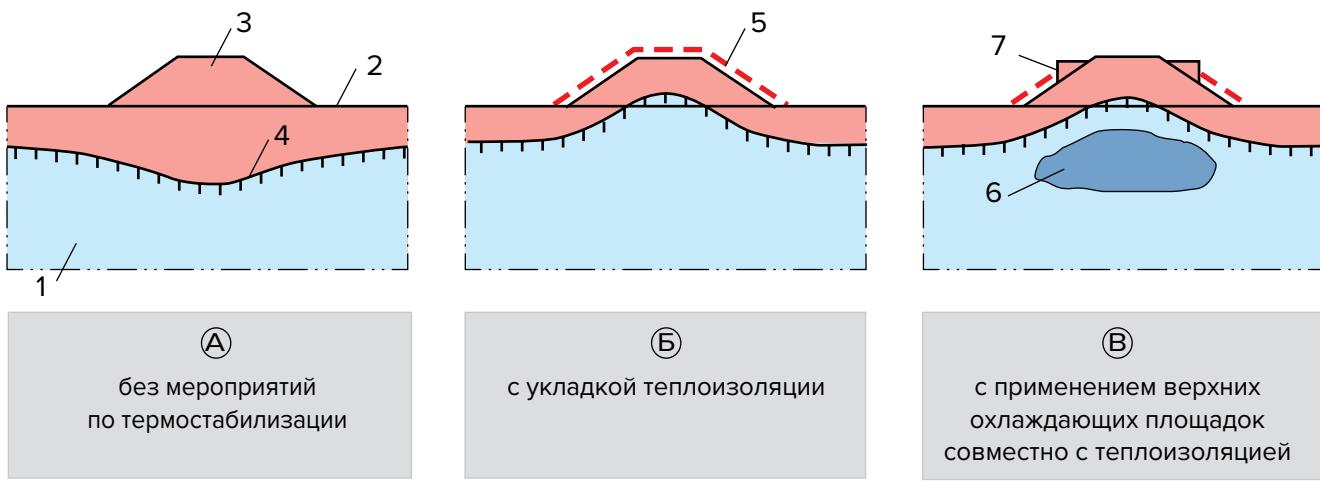
– каждое мероприятие по-своему влияет на температурный режим. Оголённая от снега поверхность позволяет обеспечить низкие температуры в глубинных слоях, а теплоизоляция позволяет сохранить в летний период низкие температуры в поверхностных слоях;

– при сочетании отдельных мероприятий суммарный эффект, как правило, выше суммы эффектов, если рассматривать их по отдельности.

5.3.2 Теплоизоляцию насыпи плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ необходимо производить в конце зимы, когда наступает период максимального накопления холода в теле и в основании насыпи.

При необходимости возведения насыпи на сливающейся мерзлоте в период теплого сезона следует учитывать, что укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ в летнее время способствует образованию талика под телом насыпи (схема «а» на рисунке 5.5).

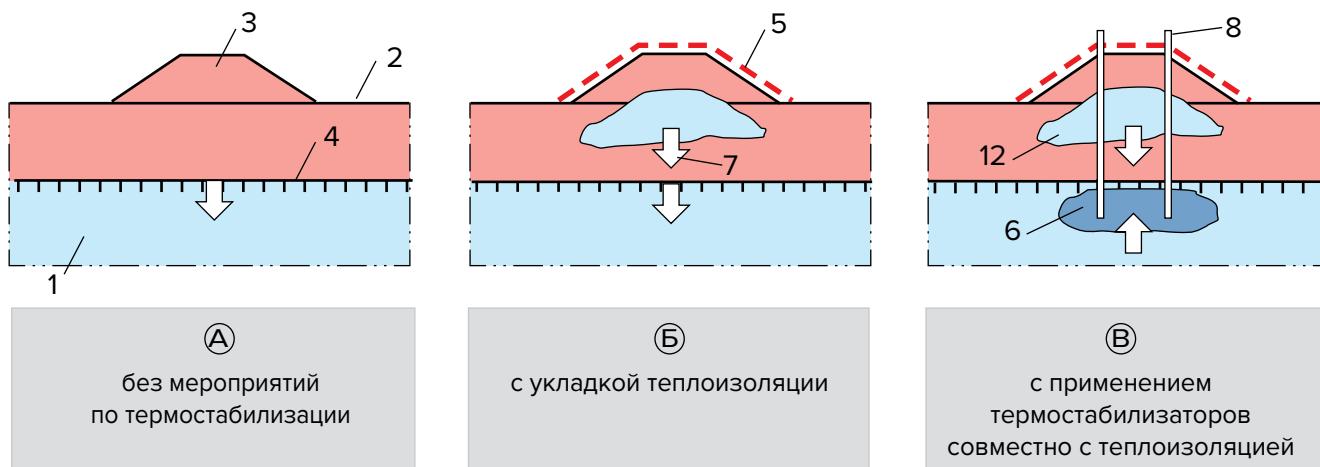
Для ликвидации талика требуется применение теплоизоляции, уложенной по всей поверхности насыпи (схема «б» на рисунке 5.5). Однако отрицательная температура грунта может быть близкой к нулю, образуется «вязлая мерзлота», обладающая недостаточной несущей способностью. Для того, чтобы сформировать дополнительно мёрзлую зону с пониженной температурой (схема «в» на рисунке 5.5), применяют верхнюю боковую охлаждающую площадку (конструкция приведена в [приложении Б п. Б.1](#)).



1 – мерзлый грунт; 2 – естественная поверхность грунта; 3 – тело насыпи; 4 – верхняя граница многолетней мерзлоты (ВГММ); 5 – теплоизоляция; 6 – зона с пониженной отрицательной температурой; 7 – верхняя боковая охлаждающая площадка.

Рисунок 5.5—Схемы теплоизоляции при строительстве на несливающейся мерзлоте при летней отсыпке насыпи

5.3.3 При отсыпке насыпи на мерзлоте несливающегося типа замораживания талого слоя в основании насыпи не происходит без мероприятий по стабилизации температурного режима, а нижележащая мерзлота постепенно деградирует, талая зона под насыпью увеличивается (схема «а» на рисунке 5.6).



1 – мерзлый грунт; 2 – естественная поверхность грунта; 3 – тело насыпи; 4 – верхняя граница многолетней мерзлоты (ВГММ); 5 – теплоизоляция; 6 – зона с пониженной отрицательной температурой; 7 – направление перемещения границы мерзлоты; 8 – термостабилизаторы; 9 – область новообразования мерзлоты.

Рисунок 5.6—Схемы теплоизоляции при строительстве на несливающейся мерзлоте при зимней отсыпке насыпи

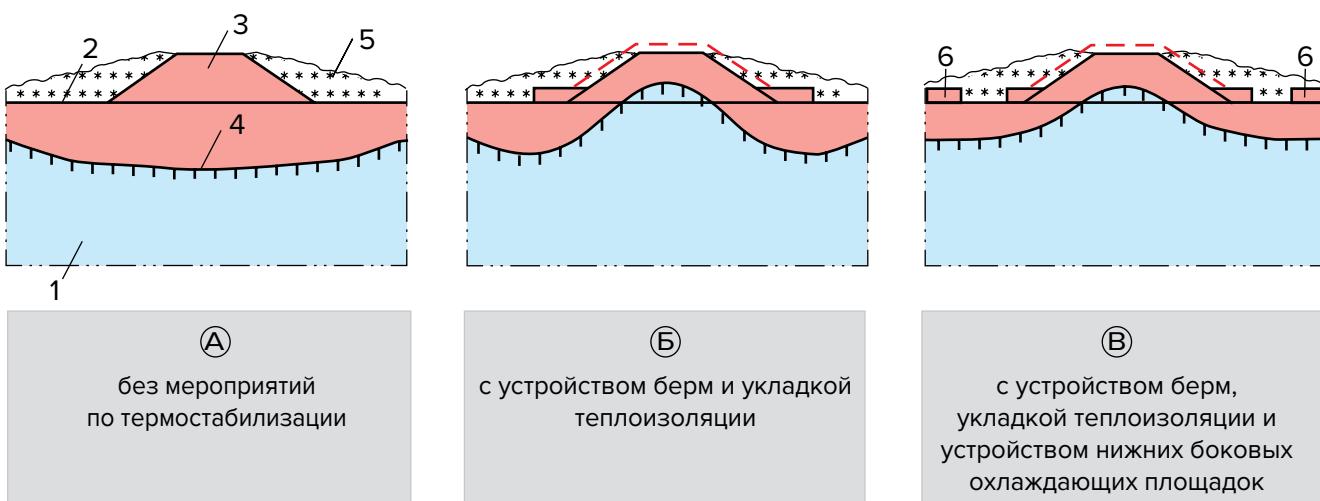
Теплоизоляция, уложенная по поверхности насыпи, обеспечивает формирование области новообразования мерзлоты (схема «б» на рисунке 5.6), которая постепенно увеличивается до смерзания с ВГММ.

Для увеличения скорости формирования области с низкотемпературной мерзлотой в основании насыпи и, соответственно, увеличения скорости образования сплошной мерзлой зоны (схема «в» на рисунке 5.6), требуется применение глубинных охлаждающих систем, например, сезонных охлаждающих устройств, термоопор или термосифонов (конструкция термосифона приведена в [приложении Б п. Б.3](#)).

5.3.4 При сооружении насыпи в регионе с большим снегопереносом в отдельных случаях формируется талая зона не только в основании насыпи, но и вдоль ее подошвы (схема «а» на рисунке 5.7).

Для того, чтобы ВГММ поднялась в тело насыпи, традиционно устраивают бермы (схема «б» на рисунке 5.7).

Для уменьшения талой зоны под откосами при поднятии ВГММ требуется применение теплоизоляции в сочетании с устройством нижней боковой охлаждающей площадки (конструкция приведена в [приложении Б](#) рисунок Б.2), отсыпанной без уплотнения, в зоне малых снегоотложений (схема «в» на рисунке 5.7).



1 – мерзлый грунт; 2 – естественная поверхность грунта; 3 – тело насыпи; 4 – верхняя граница многолетней мерзлоты (ВГММ); 5 – поверхность снежных отложений;
6 – нижняя боковая охлаждающая площадка.

Рисунок 5.7—Схемы теплоизоляции при строительстве в регионе с большим снегопереносом

5.4 Расположение плит XPS в теле насыпи по высоте

5.4.1 Эффективность влияния плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ на тепловой режим грунтов снижается при их удалении от поверхности насыпи. При этом размещение плит в самом верху на открытой поверхности недопустимо, плиты должны быть защищены от воздействия солнечных лучей и других внешних воздействий.

5.4.2 В процессе строительства автомобильных дорог, над плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ должен быть предусмотрен защитный слой из инертного материала, предохраняющий их от воздействия построекной техники, обычно толщиной 20–25 см. Необходимая толщина защитного слоя, при которой деформация плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ не превышает допустимую, зависит от нагрузки и прочности материала. Толщина защитного слоя должна быть обоснована расчетом, выполненным в соответствии с СТО 72746455-4.6.1 [12].

5.4.3 В насыпях железных дорог плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ в зоне основной площадки земляного полотна необходимо укладывать на глубине не менее 40 см от нижней постели шпал в сечении под внутренней рельсовой нитью с уклоном 40% согласно Техническим указаниям [13].

6. Конструктивные схемы насыпей и мероприятия по стабилизации температурного режима грунтов

6.1 Общие положения

6.1.1 Назначение конструктивных схем и мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов тела насыпи и основания должно сопровождаться теплофизическим расчетом с мерзлотным прогнозом на весь срок службы сооружения, выполненным с применением специализированного программного обеспечения.

Допускается применять приведенные в настоящем разделе конструктивные схемы без выполнения теплофизических расчетов при одновременном соблюдении следующих условий:

- объект расположен в пределах указанных регионов;
- параметры наружного воздуха и уклоны снежных отложений соответствуют установленным диапазонам;
- в расчетной области (см. п. 5.2.3) отсутствует тепловое влияние водоемов, заболоченные участки и торфяные залежи.

Проведение теплофизических расчетов на основе данных инженерных изысканий в отдельных случаях может обосновать уменьшение толщины теплоизоляции и / или отказ от части других мероприятий по стабилизации температурного режима.

При размещении объекта вблизи акваторий крупных водоемов либо при наличии факторов, вызывающих повышенную мощность деятельного слоя (застаивание поверхностных вод, постоянные водотоки и др.), назначение конструктивных схем и мероприятий по стабилизации температурного режима выполняют только на основании теплофизического расчета с мерзлотным прогнозом на весь срок службы сооружения.

6.1.2 Отдельные мероприятия по стабилизации температурного режима грунтов в некоторых грунтово-гидрологических и природно-климатических условиях могут быть бесполезны либо ухудшить сложившийся режим, вызвать растепление мерзлоты.

6.1.3 Для обеспечения первого принципа проектирования конструкция насыпи, при использовании плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, должна назначаться с учетом мероприятий и в соответствии с конструктивными схемами, приведенными в разделе 6.4.

6.1.4 Конструкция насыпи при использовании плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ должна назначаться также с учетом требований, изложенных в разделах 7–9 данного стандарта.

6.1.5 Расчеты температурных полей, приведенные в подразделе 6.4, выполнены для наиболее неблагоприятного сочетания природно-климатических и грунтово-гидрологических факторов, влияющих на температурный режим.

6.1.6 Теплофизический расчет, выполненный с учетом местных условий, в отдельных случаях может позволить уменьшить толщину теплоизолятора либо отказаться от других мероприятий.

6.1.7 Наибольшее влияние на процесс теплопередачи в зимнее время года оказывает снегоперенос. Приведенные мероприятия и конструктивные схемы построены на районировании территории России по величине снегопереноса (см. раздел 6.2).

6.1.8 Приведенные мероприятия и конструктивные схемы не распространяются на горные районы, в которых мерзлотно-грунтовые и природно-климатические условия существенно зависят от высотного положения участка.

6.1.9 При назначении конструктивных параметров схем принято, что на момент строительства в основании насыпи залегает мерзлота сливающегося типа, насыпь отсыпают из грунта, имеющего отрицательную температуру, в зимний период.

6.2 Выделение регионов по применению мероприятий стабилизации температурного режима грунтов

6.2.1 Для назначения мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов и назначения конструктивных схем, в данном стандарте выделено 5 регионов.

6.2.2 Регион определяют по данным изысканий о снегопереносе и уклоне поверхности максимальных за зиму снежных отложений. В таблице 6.1 приведены значения снегопереноса для выделенных регионов и уклоны поверхности снежных отложений у откосов насыпей вне зависимости от розы ветров.

Таблица 6.1—Параметры регионов по применению мероприятий стабилизации температурного режима грунтов

Регион	Снегоперенос, м ³ /м	Уклон поверхностей снежных отложений
I	более 1001	1:10
II	501–1000	1:7
III	351–500	1:5
IV	101–350	1:3
V	менее 100	0

6.2.3 При отсутствии необходимых данных изысканий регион строительства возможно определить по карте (рисунок 6.1).

6.3 Особенности выбора конструктивных схем насыпей и мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов

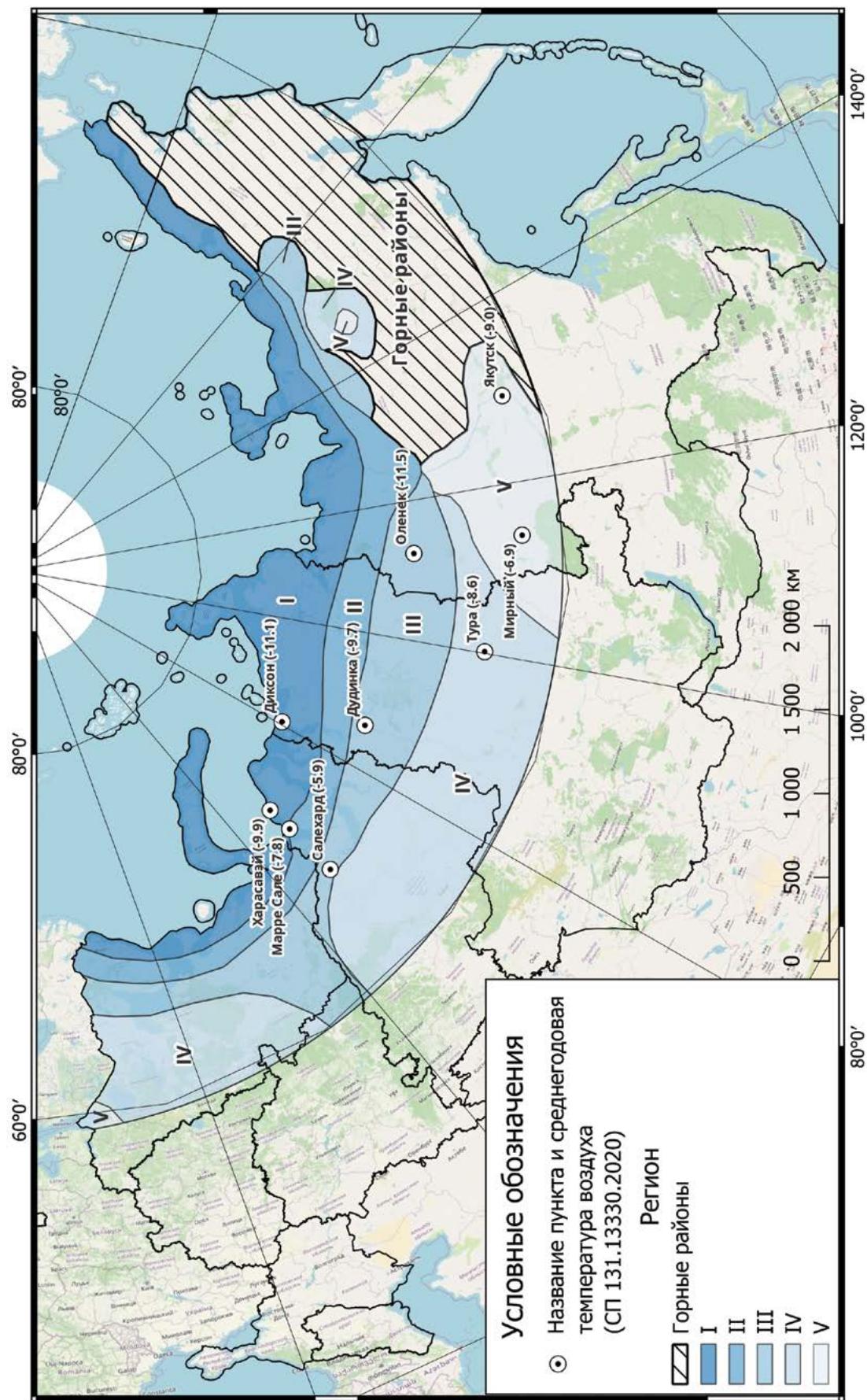
6.3.1 Температурные поля приведенных поперечных сечений насыпей (рисунки 6.2–6.18), соответствующие поднятию ВГММ в тело насыпи, обеспечиваются применением рекомендуемых мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов.

6.3.2 Температурные поля насыпей, высоты которых имеют промежуточные значения, определяют интерполяцией.

6.3.3 Толщину требуемого слоя теплоизоляции при среднегодовой расчетной температуре, значения которой находятся между значениями, приведенными в таблицах 6.2–6.18, определяют интерполяцией.

6.3.4 Значение основных параметров мероприятий, указанных в таблицах (6.2–6.18), приведены для насыпей с шириной основной площадки/ширина насыпи автомобильной дороги поверху 5,0 м. При ширине 10,0 м данные таблиц следует использовать, понизив расчётную температуру на 1,0 °C, за исключением расчётных температур 0 и плюс 1,0 °C, для которых корректировку не выполняют.

Так, если расчетная среднегодовая температура наружного воздуха с учётом солнечной радиации и глобального потепления через 50 лет составляет минус 1,0 °C, для насыпи с основной площадкой/ширина насыпи поверху 10 м мероприятия следуют подбирать по столбцу с температурой минус 2,0 °C.



I, II, III, IV, V—выделенные регионы.
Кружками обозначены опорные пункты в регионах с различным снегопереносом.

Рисунок 6.1—Карта выделенных регионов

6.3.5 Значения требуемой толщины теплоизоляции для приведенных конструктивных схем, в выделенных на поперечных профилях зонах (1–4), приведены в таблицах 6.2–6.18. При этом совместно с теплоизоляцией учтены другие мероприятия, приведенные в [приложении Б](#): верхняя и нижняя боковые охлаждающие площадки с наличием или отсутствием тепловых диодов; термоопоры и термостабилизаторы; ступенчатые поверхности.

6.3.6 В таблицах 6.2–6.18 приведены следующие обозначениями группы мероприятий:

- теплоизоляция (группа 1) отмечается толщиной плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ;
- охлаждающие площадки (группа 2) отмечаются буквами «В» (верхняя), «Н» (нижняя) и «Д» (тепловой диод, под которым подразумеваются габионы или каменные наброски);
- термоопоры или термостабилизаторы (группа 3) обозначаются глубиной погружения «L» и расстоянием между ними вдоль оси насыпи «B» (м) и устанавливаются, как правило, в зоне бровки основной площадки / бровки дорожной насыпи (т.е. 2 шт. в поперечном сечении);
- ступенчатая поверхность (группа 4) отмечается высотой ступени (м) и толщиной теплоизоляции (см) на горизонтальной части ступени.

6.3.7 Если устройство мероприятия принципиально недопустимо, соответствующие графы таблиц 6.2–6.18 отмечаются красным символом ~~Х~~.

6.3.8 Теплоизоляция, предназначенная для снижения глубины сезонного протаивания и не влияющая на температуру грунтов оснований, обозначается красным числом в круге **5** в соответствующих графах таблиц 6.2–6.18.

6.3.9 Приведенное обозначение варианта конструктивной схемы формируют три группы символов:

- римскими цифрами I–V обозначен номер региона по снегопереносу;
- арабскими цифрами 2, 4, 6 обозначена высота насыпи, м;
- буквами русского алфавита (а, б) обозначен номер варианта поперечного сечения насыпи с мероприятиями по стабилизации температурного режима грунтов.

6.3.10 Значения основных параметров мероприятий обеспечивают расчётную температуру грунта минус 1,0 °C. Если для сохранения стабильности насыпи требуется более низкая температура, на величину Δt , то при полученной расчётной температуре воздуха t мероприятия определяют для температуры $t + \Delta t$.

Например, если для заданного региона температура наружного воздуха с учётом солнечной радиации и глобального потепления через 50 лет прогнозируется минус 2,0 °C, то по колонке с температурой минус 2,0 °C мы получим наличие мероприятий, которые обеспечивают температуру грунтов минус 1,0 °C. Однако, если по условиям обеспечения несущей способности этой температуры недостаточно и требуется температура грунта минус 3,0 °C, то мероприятия необходимо определять по расчётной среднегодовой температуре воздуха $t_p = 0,0$ °C таблиц 6.2–6.18.

6.4 Варианты конструктивных схем насыпей и мероприятий по стабилизации температурного режима грунтов

Вариант I-2-а

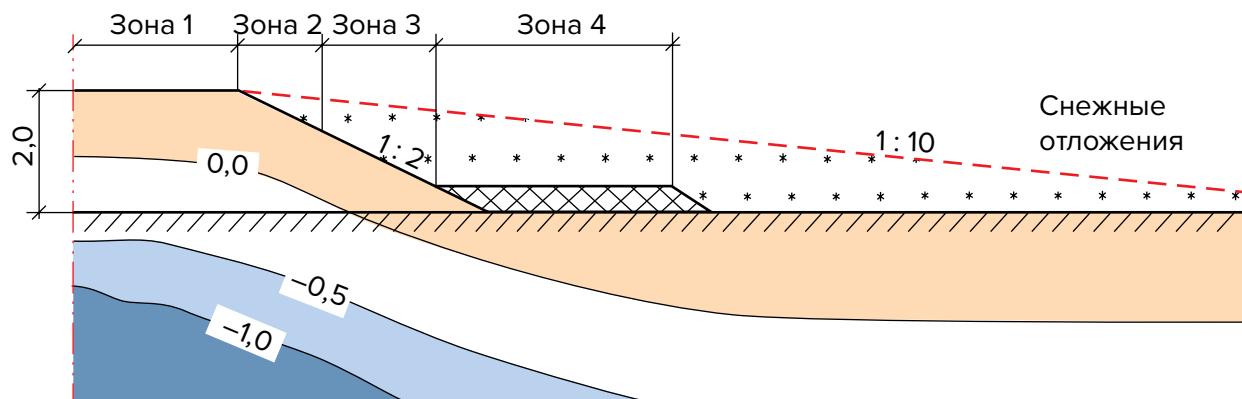


Рисунок 6.2—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта I-2-а

Таблица 6.2—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта I-2-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	5	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	5	5	5
	3	—	3	5	8	10	10
	4	—	3	5	8	10	10
Устройство верхней охлаждающей площадки (В)	2	—	—	—	В	—	—
Установка термостабилизаторов, $L / В$, м	4	—	—	—	—	15 / 15	15 / 10

Вариант I-4-а

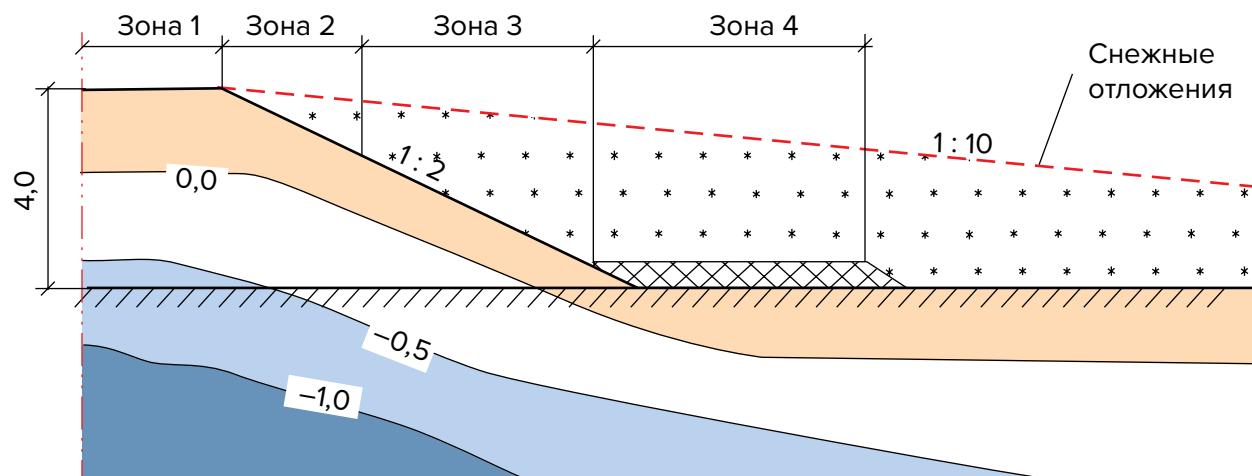


Рисунок 6.3—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта I-4-а

Таблица 6.3—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта I-4-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
		Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия					
	1	—	—	(5)	(5)	(5)	(5)
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	—	(5)	5	5	5	5
	3	5	5	5	5	8	10
	4	5	5	5	5	8	10
Устройство верхней охлаждающей площадки (В), теплового диода (Д)	2	—	—	В + Д	—	—	—
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X
Установка термостабилизаторов, $L / В$, м	1	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X

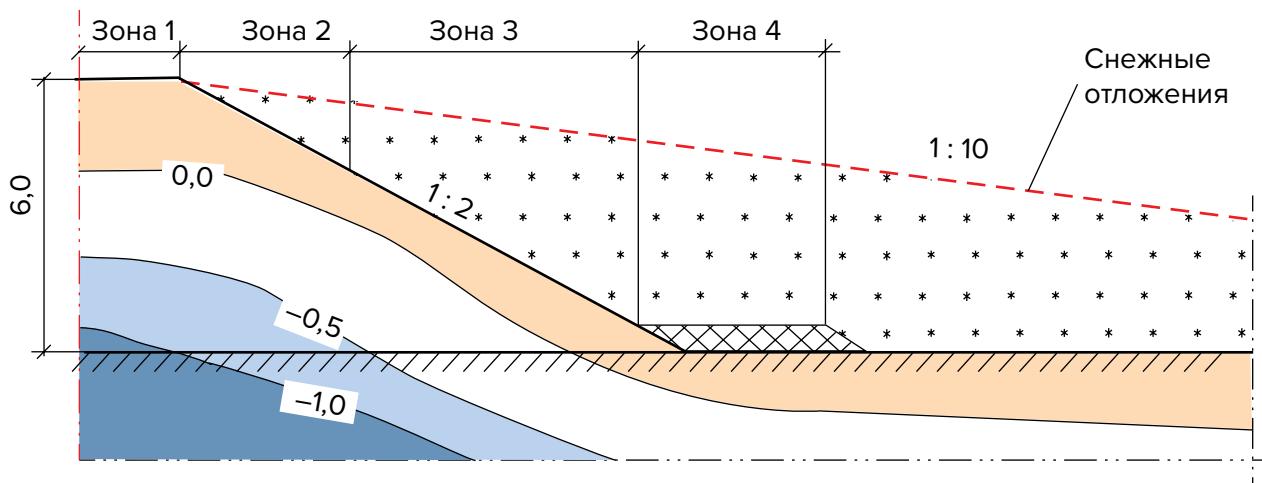
Вариант I-6-а

Рисунок 6.4—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта I-6-а

Таблица 6.4—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта I-6-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	—	—	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	—	5	5	5	5	5
	3	5	5	5	5	10	15
	4	5	5	5	5	10	15
Устройство верхней охлаждающей площадки (B)	2	—	—	B	—	—	—
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X
Установка термостабилизаторов, L / B , м	1	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X

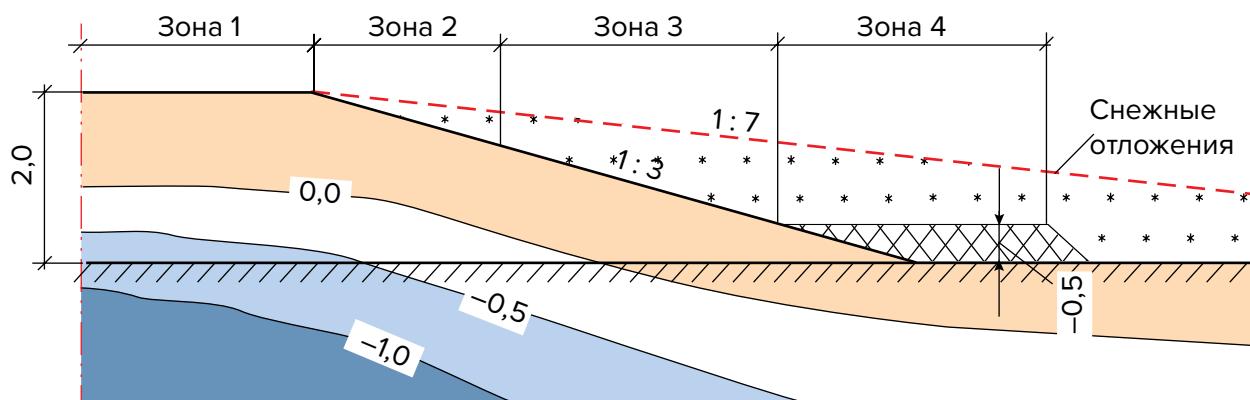
Вариант II-2-а

Рисунок 6.5—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта II-2-а

Таблица 6.5—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта II-2-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C						
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0	Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия
	1	5	5	5	5	5	5	
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	5	5	5	
	3	—	3	5	8	10	10	
	4	—	3	5	8	10	10	
Устройство верхней охлаждающей площадки (B)	2	—	—	—	B	—	—	
Установка термостабилизаторов, L / B , м	4	—	—	—	—	15 / 15	15 / 10	

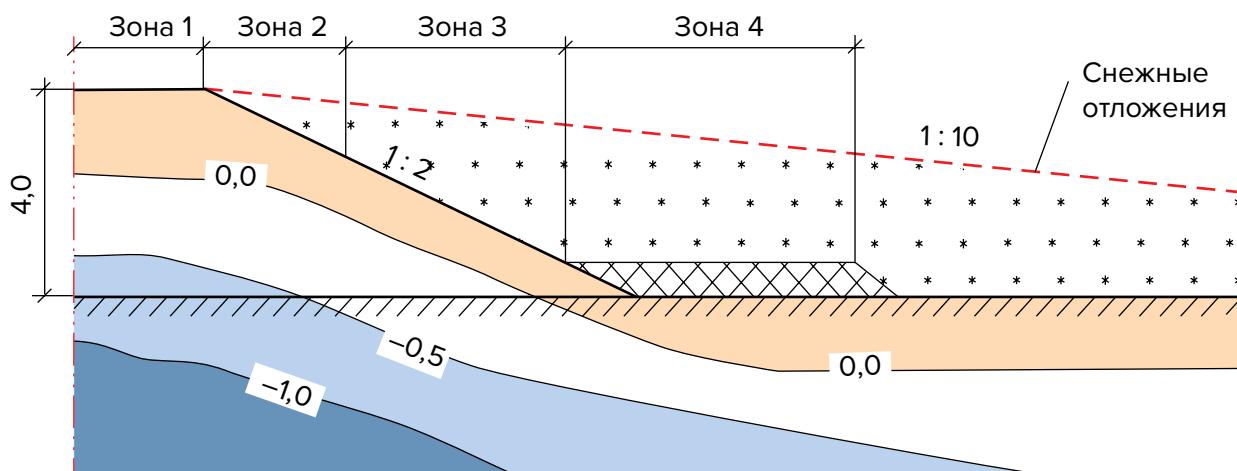
Вариант II-4-а

Рисунок 6.6—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта II-4-а

Таблица 6.6—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта II-4-а при различной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
		Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия					
	1	—	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	—	5	5	5	5	5
	3	5	5	8	10	10	15
	4	5	5	8	10	10	15
Устройство верхней охлаждающей площадки (В), теплового диода (Д)	2	—	—	—	В + Д	—	—
Установка термостабилизаторов, L / B , м	1	—	—	—	—	20 / 15	20 / 10

Вариант II-6-а

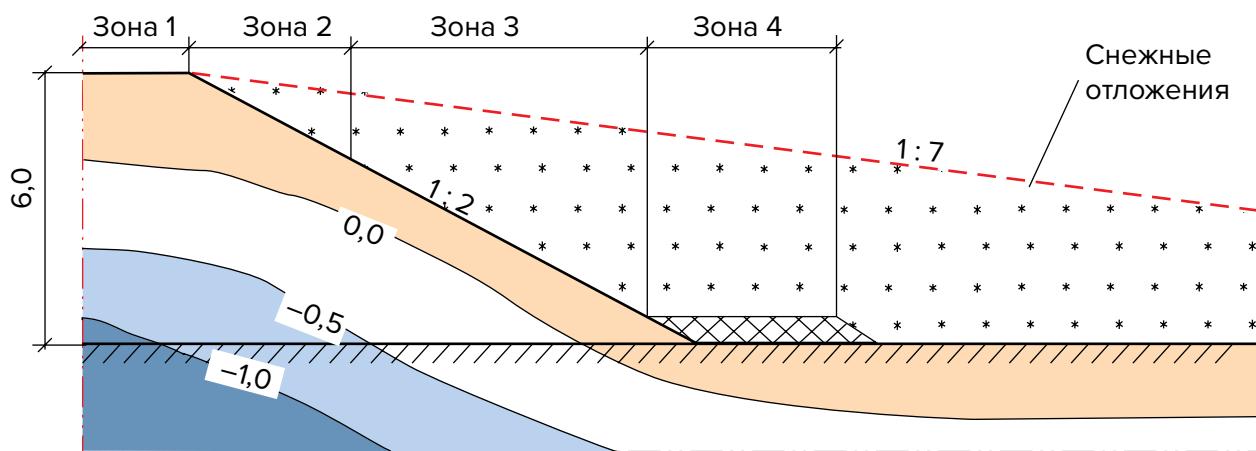


Рисунок 6.7—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта II-6-а

Таблица 6.7—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта II-6-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	—	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	—	5	5	5	5	5
	3	5	8	10	10	15	20
	4	5	8	10	10	15	20
Устройство верхней хлаждающей площадки (B)	2	—	—	B	—	—	—
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X
Установка термостабилизаторов, L / B , м	1	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X

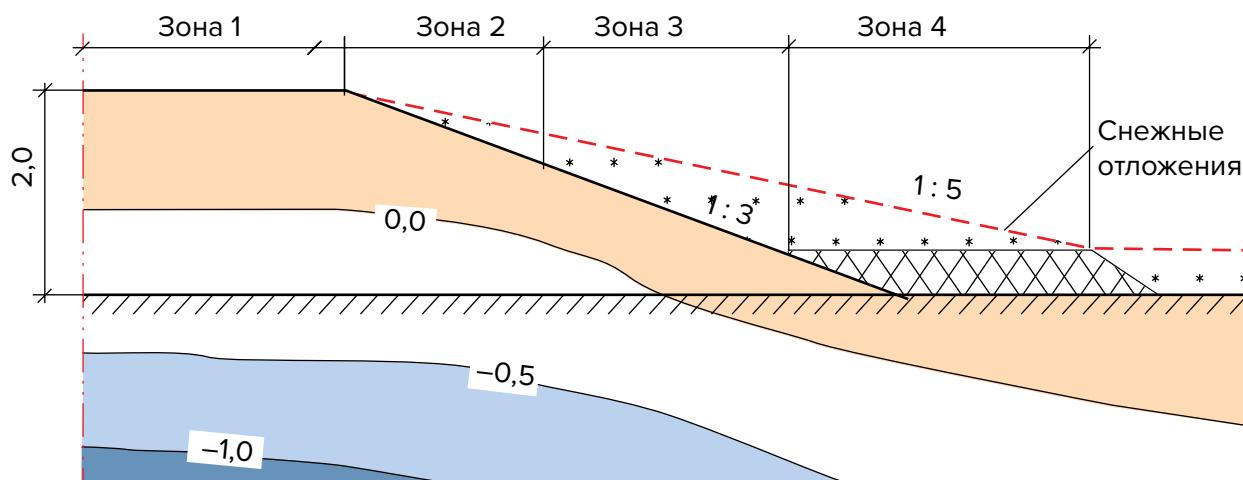
Вариант III-2-а

Рисунок 6.8—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта III-2-а

Таблица 6.8—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта III-2-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчёчная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	5	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	5	5	5
	3	—	3	5	8	10	10
	4	—	3	5	8	10	10
Устройство верхней охлаждающей площадки (В)	2	—	—	—	В	—	—
Установка термостабилизаторов, $L / В$, м	4	—	—	—	—	15 / 15	15 / 10

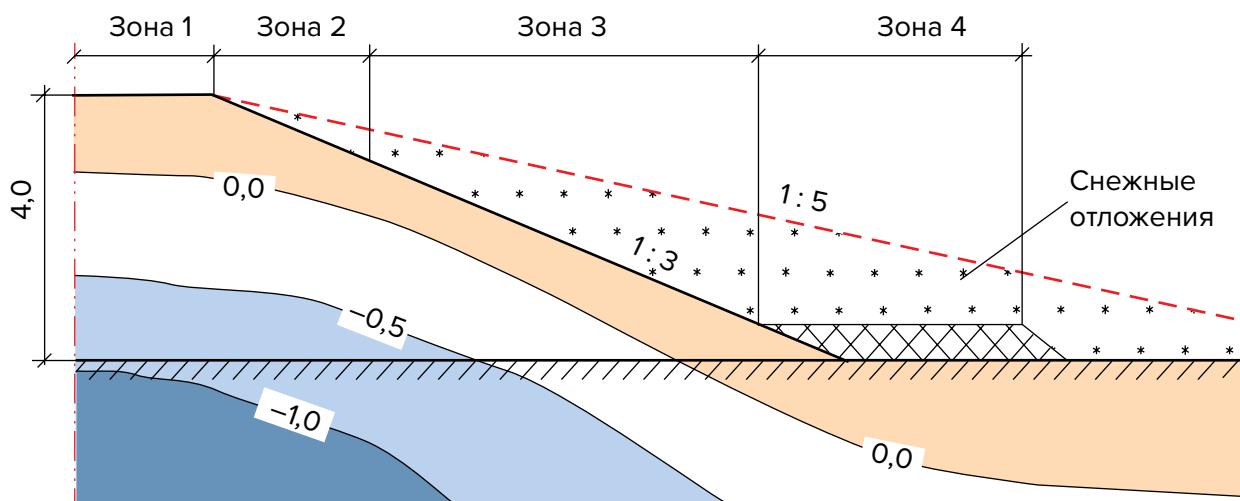
Вариант III-4-а

Рисунок 6.9—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта III-4-а

Таблица 6.9—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта III-4-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	(5)	(5)	(5)	5	5	5
	3	5	8	10	15	15	18
	4	5	8	10	15	15	18
Установка термостабилизаторов, L / B , м	1	—	—	—	—	20 / 15	20 / 10

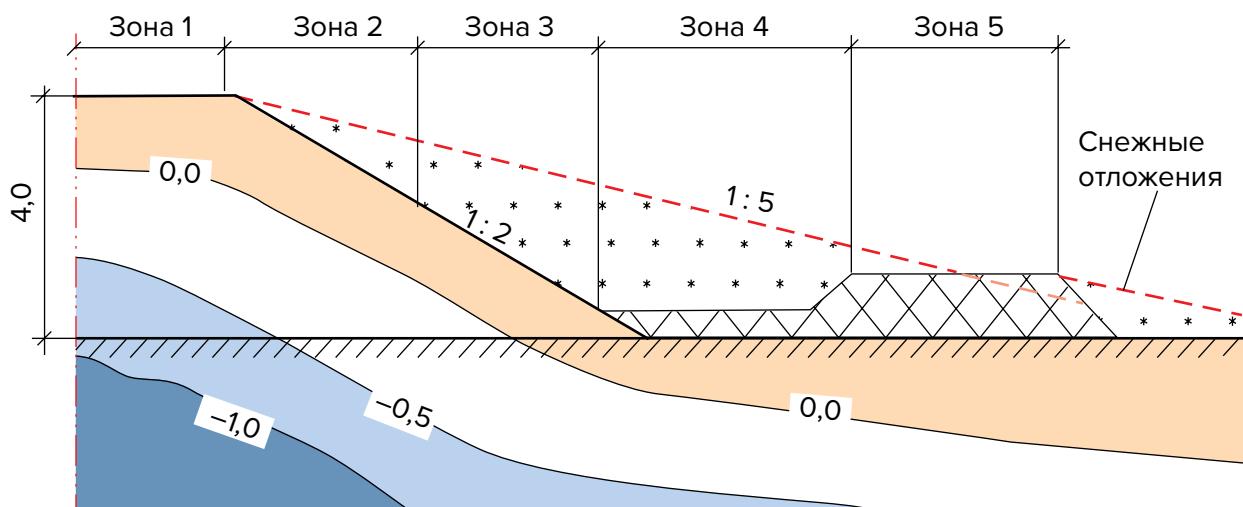
Вариант III-4-б

Рисунок 6.10—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта III-4-б

Таблица 6.10—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта III-4-б при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчёчная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	2	(5)	(5)	(5)	5	5	5
	3	5	10	10	15	15	5
	4	5	10	10	15	15	5
	5	—	—	—	—	—	5
Устройство нижней охлаждающей площадки (Н), теплового диода (Д)	4	X	X	X	X	X	X
	5	—	—	H	H	H + D	H
Установка термостабилизаторов, L / B , м	1	—	—	—	—	—	15 / 10
	4	X	X	X	X	X	X

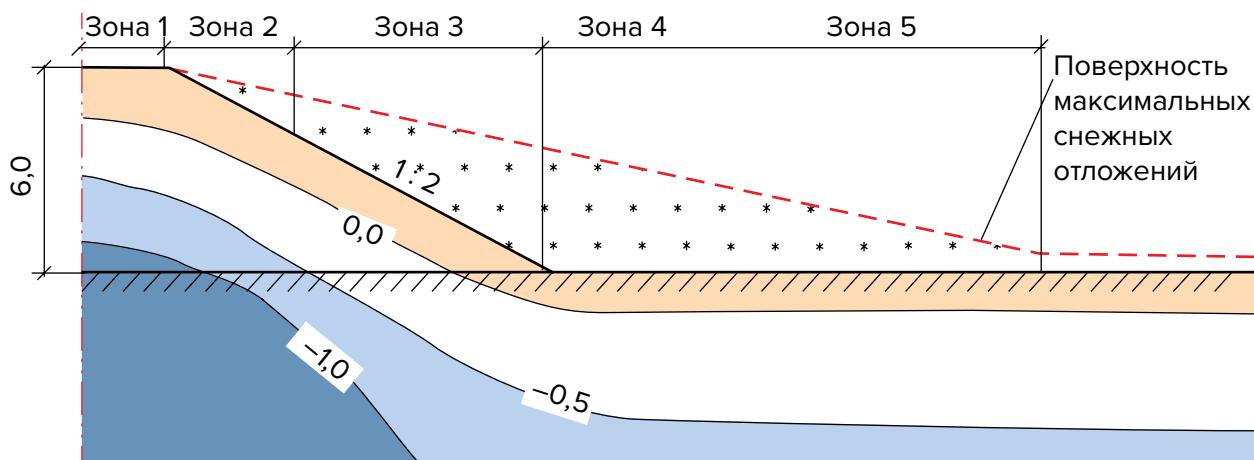
Вариант III-6-а

Рисунок 6.11—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта III-6-а

Таблица 6.11—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта III-6-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчёчная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	5
	3	10	15	20	20	20	20
	4	10	15	20	20	20	20
Устройство верхней охлаждающей площадки (В), нижней охлаждающей площадки (Н), теплового диода (Д)	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X
Установка термостабилизаторов, $L / В$, м	1	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X

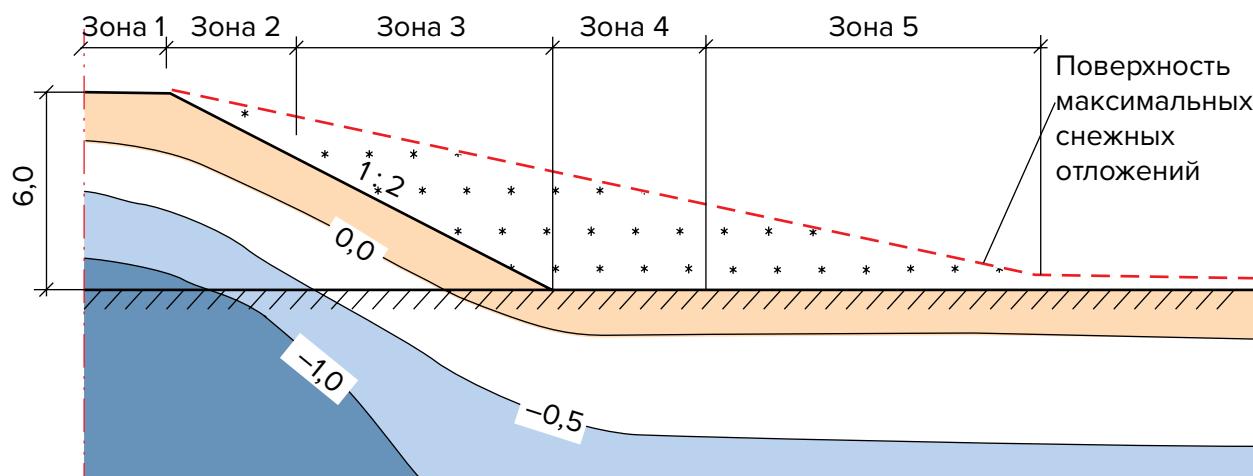
Вариант III-6-б

Рисунок 6.12—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта III-6-б

Таблица 6.12—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта III-6-б при различной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	(5)	(5)	—	—	—	5
	3	10	15	10	10	10	20
	4	10	15	10	10	10	20
Устройство верхней охлаждающей площадки (В), нижней охлаждающей площадки (Н), теплового диода (Д)	2	—	—	В	В + Д	В + Д	—
	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X
	5	—	—	—	Н	Н + Д	—
	1	—	—	—	—	—	20 / 10
Установка термостабилизаторов, L / B , м	3	X	X	X	X	X	X
	4	X	X	X	X	X	X

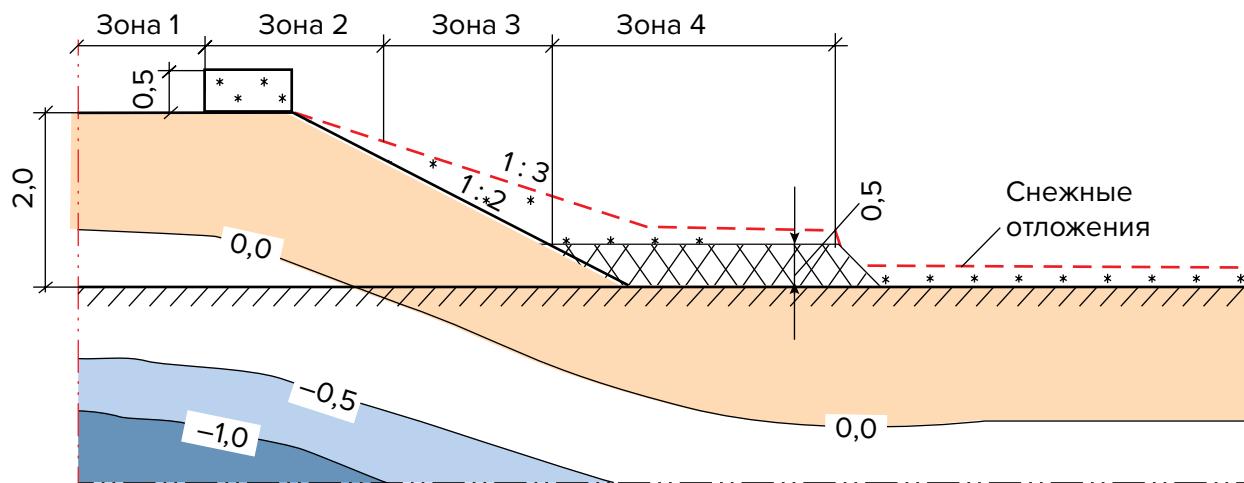
Вариант IV-2-а

Рисунок 6.13—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта IV-2-а

Таблица 6.13—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта IV-2-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
		Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия					
	1	1	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	5	5	5
	3	5	5	10	5	5	5
	4	5	5	10	5	5	5
Установка термостабилизаторов, L / B , м	2	—	—	—	15 / 20	15 / 15	15 / 10

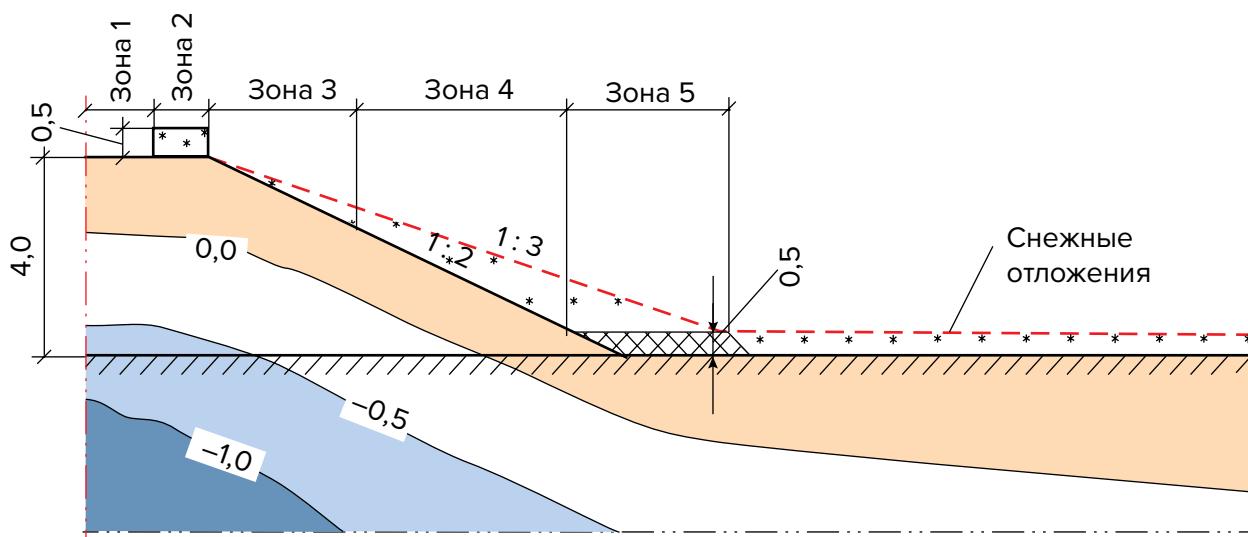
Вариант IV-4-а

Рисунок 6.14—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта IV-4-а

Таблица 6.14—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта IV-4-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
		Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия					
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	2	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	3	5	5	5	5	5	5
	4	5	10	20	5	5	5
	5	5	10	20	5	5	5
Установка термостабилизаторов, L / B , м	2	—	—	—	17 / 20	17 / 15	17 / 10

Вариант IV-6-а

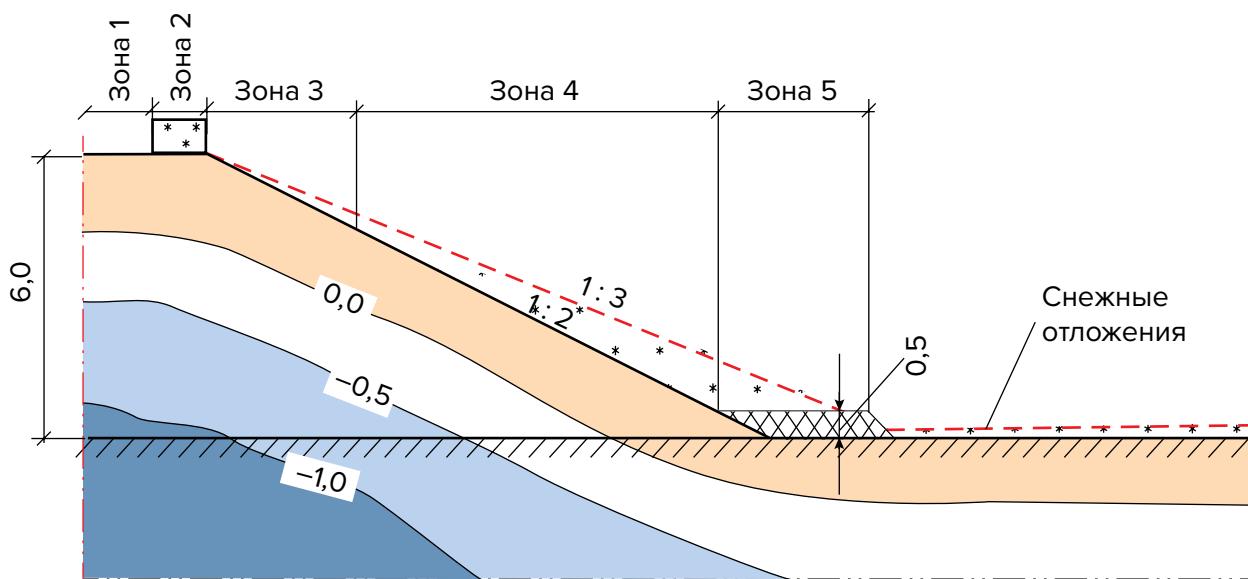


Рисунок 6.15—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта IV-6-а

Таблица 6.15—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта IV-6-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
		Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия					
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	2	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	3	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	4	5	10	20	5	5	5
	5	5	10	20	5	5	5
Установка термостабилизаторов, L / B , м	2	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10

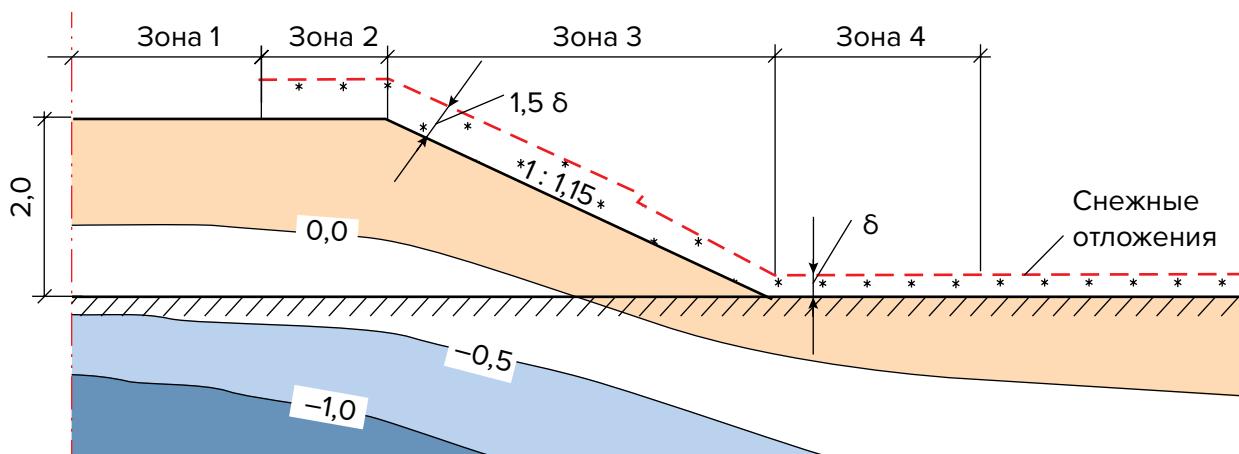
Вариант V-2-а

Рисунок 6.16—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта V-2-а

Таблица 6.16—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта V-2-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	5	5	5	—	—	—
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	—	—	—
	3	—	5	—	—	—	—
	4	—	5	—	—	—	—
Вертикальная стенка с теплоизоляцией, Т / h , м / см	3	—	—	2 / 5	—	—	—
Установка термостабилизаторов, L / В, м	2	—	—	—	15 / 20	15 / 15	15 / 10

Вариант V-4-а

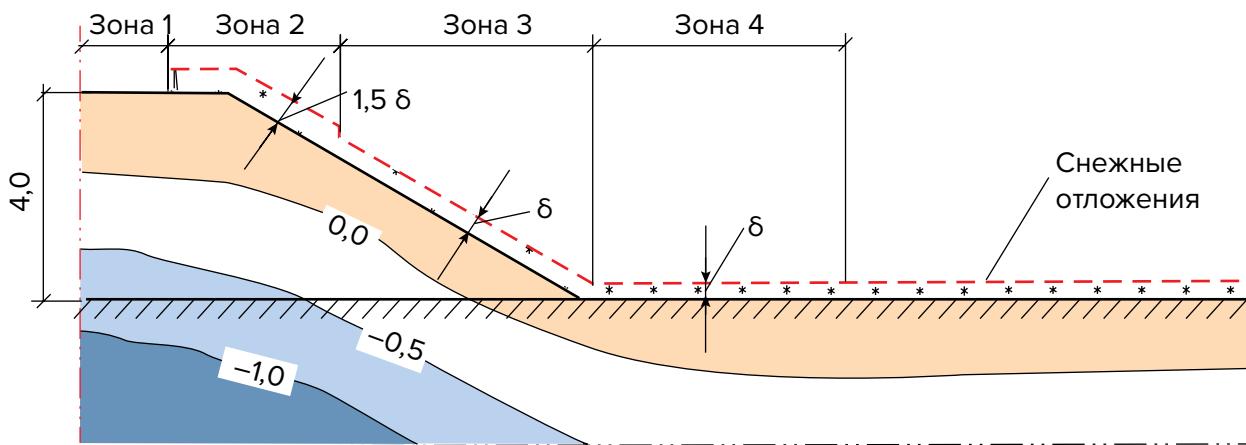


Рисунок 6.17—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта V-4-а

Таблица 6.17—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта V-4-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	3	—	5	—	5	5	5
	4	—	5	—	—	—	—
Вертикальная стенка с теплоизоляцией, T / h , м / см	3	—	2 / 5	—	—	—	—
Установка термостабилизаторов, L / B , м	2	—	—	—	17 / 20	17 / 15	17 / 10

Вариант V-6-а

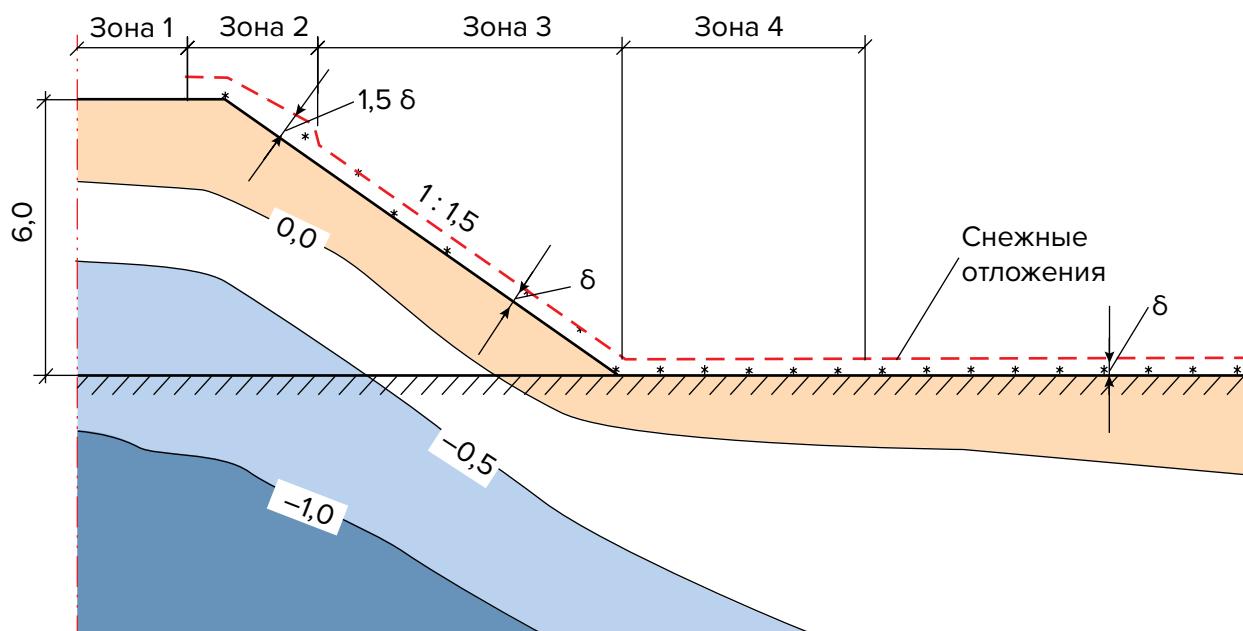


Рисунок 6.18—Поперечное сечение насыпи и расчетное температурное поле на 1 октября для варианта V-6-а

Таблица 6.18—Мероприятия для обеспечения расчётного температурного поля варианта V-6-а при различной расчетной среднегодовой температуре воздуха

Мероприятие	№ зон	Расчётная среднегодовая температура воздуха t_p , °C					
		-9,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0	+1,0
Необходимость, параметр или противопоказанность мероприятия							
	1	5	5	5	5	5	5
Укладка плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ h , см	2	5	5	5	5	5	5
	3	—	5	—	5	5	5
	4	—	5	—	—	—	—
Вертикальная стенка с теплоизоляцией, T / h , м / см	3	—	3 / 5	—	—	—	—
Установка термостабилизаторов, L / B , м	2	—	—	—	20 / 20	20 / 15	20 / 10

7. Защита откосов насыпи

7.1 Требования к конструкциям защиты откоса

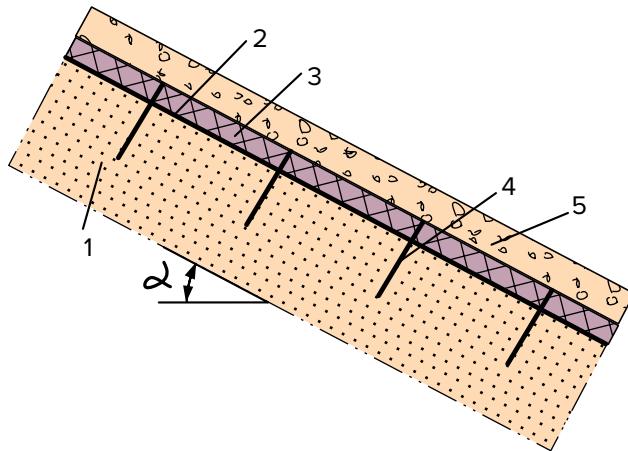
7.1.1 Устойчивость откоса (общая устойчивость) должна быть обеспечена. Проверку устойчивости следует выполнять в соответствии с ОДМ 218.2.006 [9].

7.1.2 Конструкция защиты откоса должна предотвращать физическое и химическое выветривание в результате воздействия осадков, поверхностных вод должна быть износостойчивой. Оценка условий предельного равновесия поверхности зоны откоса (местная устойчивость) с размещенной на ней конструкцией защиты приведена в подразделе 9.2. Проектирование конструкции защиты откоса следует выполнять с учетом требований ГОСТ 27751, ОДМ 218.2.078 [14].

7.2 Конструкции защиты откоса

7.2.1 Для защиты пологих откосов применяют конструкцию (рисунок 7.1), которая включает плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, уложенные по поверхности откоса, закрепленные анкерами и защищенные слоем грунта. Защитный слой удерживается над плитами за счет сил трения. Непосредственно под плитами может быть уложен подстилающий слой из нетканого геотекстиля.

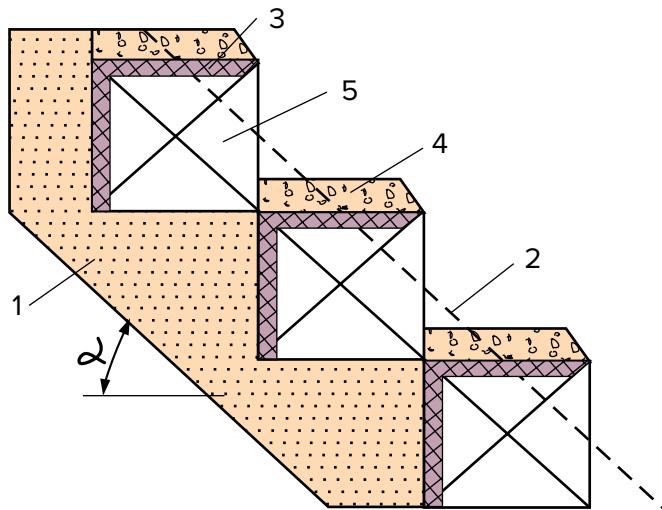
В качестве защитного слоя может быть использован песок, растительный грунт, щебень. Уклон откоса, при котором сдвиг защитного слоя по плитам не происходит, определяют расчетом (подраздел 9.1) с учетом сдвиговых характеристик материалов защитного слоя.



1 – откос; 2 – нетканый геотекстиль; 3 – плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ;
4 – анкеры; 5 – защитный слой над плитами XPS.

Рисунок 7.1—Конструкция защиты откоса с укладкой плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ по образующей откоса

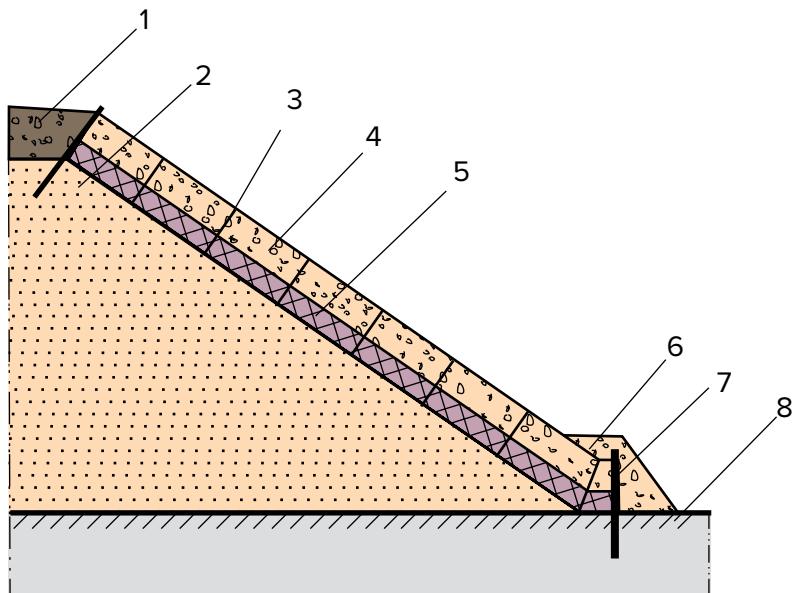
7.2.2 На крутых откосах (в регионах с малым снегопереносом) применяют конструкцию, включающую габионы (рисунок 7.2). Откос устраивают ступенчатым, габионы выполняют функции теплоизолирующего и несущего элемента. Для дополнительной теплоизоляции на горизонтальной и внутренней вертикальной поверхности габионов размещают плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ с защитным слоем из местного минерального грунта на поверхности (см. [приложение Б, п. Б.3](#)).



1 – откос; **2** – проектный уклон откоса; **3** – плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ;
4 – защитный слой над плитами XPS; **5** – габионы.

Рисунок 7.2—Конструкция защиты откоса с применением габионов, теплоизолированных плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ

7.2.3 В условиях, когда земляное полотно либо его основание нестабильны (проектирование осуществляют по второму принципу, насыпь отсыпают из мерзло-комковатого грунта), применяют термоармирующую конструкцию (геоболочки) (рисунок 7.3).



1 – укрепленная обочина; **2** – грунт откоса; **3** – термоармирующая ячеистая геоболочка высотой 100 ÷ 200 мм; **4** – защитный слой над плитами XPS; **5** – плиты XPS; **6** – защитный слой грунта над геоболочкой; **7** – анкер; **8** – поверхность грунта.

Рисунок 7.3—Конструкция защиты откоса в виде термоармирующей геоболочки с плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ

Геооболочку растягивают на технологическом многоразовом каркасе. В ячейки геооболочки укладывают плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ и засыпают защитным слоем местного грунта.

Удаляют каркас. Смежные секции геооболочки связывают вшивными лентами.

7.2.4 Если откос пологий и трение превышает сдвигающую силу (заложение 1:4–1:3), конструкцию закрепляют на поверхности откоса монтажными (не несущими) анкерами. Для анкерного крепления секции геооболочки снабжают вшивными петлями. При использовании на пологом откосе геооболочки может быть выполнена из нетканого геотекстиля, в этом случае она служит только для фиксирования плит и защитного слоя над ними.

7.2.5 Если сдвигающая сила превышает трение, каждую секцию геооболочки закрепляют несущими анкерами, геооболочку выполняют из тканого геотекстиля. Требуемое количество анкеров назначают на основе расчета (подраздел 9.1).

7.2.6 Конструкция и высота стенки термоармирующей геооболочки должна обеспечивать сохранение минимальной толщины заполнителя над плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ (рисунок 7.4).

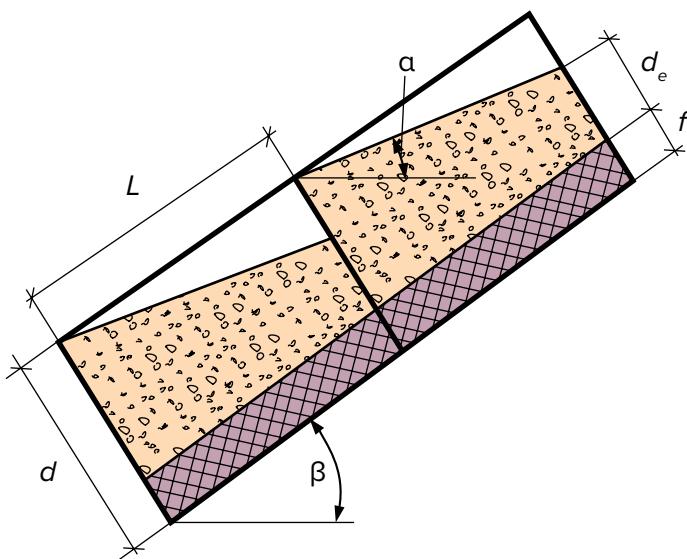


Рисунок 7.4—Схема ячейки геооболочки с плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ и заполнителем

В случае, если угол укрепляемого геооболочкой откоса больше угла естественного откоса материала заполнителя (угла внутреннего трения), требуемую глубину ячейки (высоту стенки геооболочки) (d) определяют по формуле:

$$d = L \tan(\beta - \alpha) + d_e + f, \quad (7.1)$$

где L — длина ячейки;
 β — угол откоса, град;
 α — угол внутреннего трения материала заполнителя, град;
 f — толщина плиты XPS;
 d_e — минимальная допустимая толщина материала заполнителя над плитами XPS (не менее 15 см).

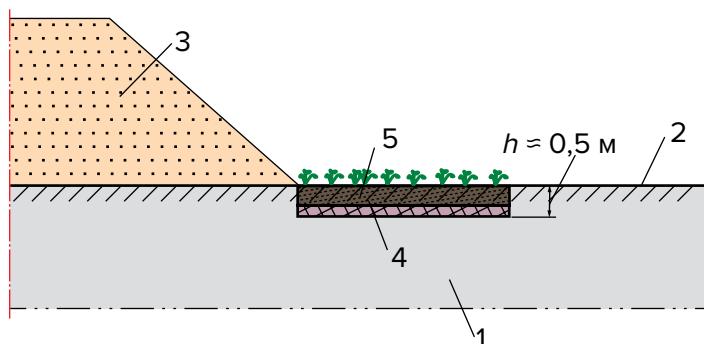
8. Защита территории, прилегающей к подошве откоса насыпи

8.1 В большинстве случаев необходима теплоизоляция территории, прилегающей к подошве откоса насыпи.

Теплоизолирующую конструкцию предусматривают на полосе шириной 3–5 м, заглубляют в грунт либо устраивают в виде бермы.

Конструкция в виде бермы, помимо тепловой защиты, может работать как упор, повышающий местную и общую устойчивость откоса насыпи.

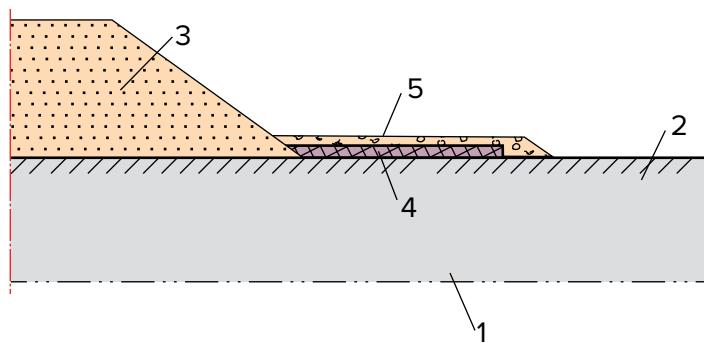
8.2 При заглублении теплоизолирующего слоя в грунт (рисунок 8.1) над плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ устраивают защитный слой торфа, толщиной не менее 50 см. Торф, уложенный ниже поверхности грунта, работает как дополнительный теплоизолятор. Водонасыщенное состояние торфа обеспечивает его пожарную безопасность.



1 – грунт основания, **2** – естественная поверхность грунта,
3 – тело насыпи, **4** – плита XPS, **5** – торф.

Рисунок 8.1—Заглубленная теплоизолирующая конструкция для защиты территории, прилегающей к подошве насыпи

8.3 При устройстве теплоизолирующего слоя в берме (рисунок 8.2) предусматривают защитный слой, который может быть устроен из щебня, гравия либо растительного грунта с посевом трав.

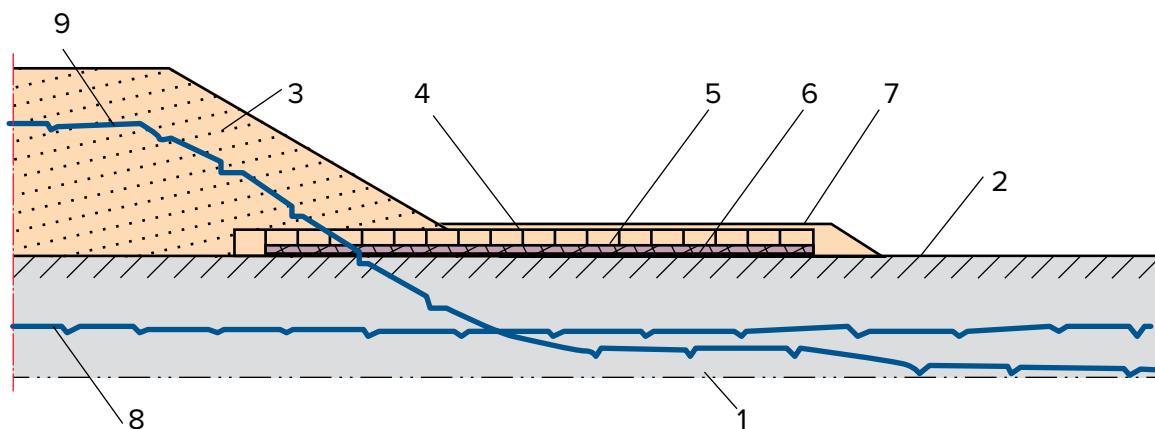


1 – грунт основания, **2** – естественная поверхность грунта,
3 – тело насыпи, **4** – плита XPS, **5** – защитный слой над плитами XPS.

Рисунок 8.2—Теплоизолирующая конструкция в виде бермы для защиты территории, прилегающей к подошве насыпи

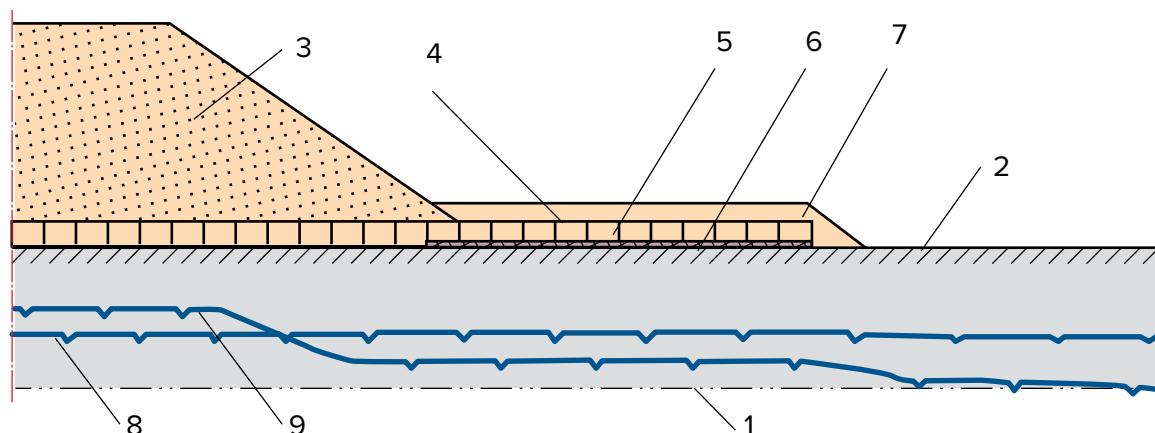
8.4 Если при проектировании по первому принципу прогнозируется значительная глубина оттаивания грунта вдоль насыпи или при применении второго принципа осадка основания насыпи превышает допустимую, уменьшить глубину оттаивания и одновременно снизить неравномерность осадки можно при применении термоармирующей геооболочки.

8.5 При проектировании по первому принципу для защиты территории вдоль насыпи термоармирующую геооболочку укладывают таким образом, чтобы ее часть от 1/4 до 1/3 ширины была расположена под откосом (рисунок 8.3). Поверх геооболочки с заполнителем устраивают защитный слой из местного грунта.



1 – грунтовое основание; **2** – естественная поверхность грунта; **3** – насыпь; **4** – многосекционная геооболочка; **5** – минеральный заполнитель ячеек; **6** – плиты XPS; **7** – защитный слой грунта; **8** – положение ВГММ до начала сооружения насыпи; **9** – то же, в период эксплуатации.

Рисунок 8.3—Конструкция защиты и укрепления территории, прилегающей к подошве насыпи при I принципе проектирования



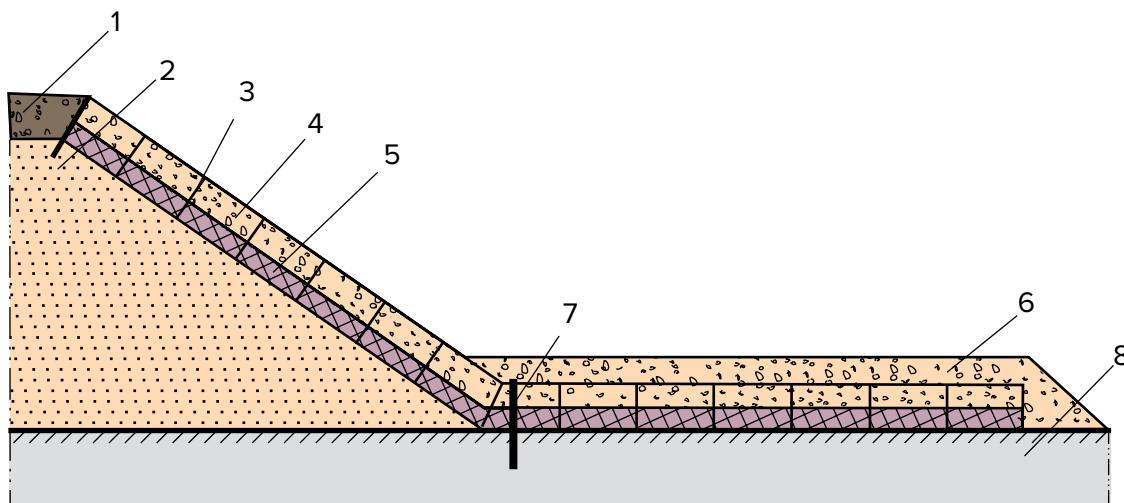
1 – грунтовое основание; **2** – естественная поверхность грунта; **3** – насыпь; **4** – многосекционная геооболочка; **5** – минеральный заполнитель ячеек; **6** – плиты XPS; **7** – защитный слой грунта; **8** – положение ВГММ до начала сооружения насыпи; **9** – то же, в период эксплуатации.

Рисунок 8.4—Конструкция защиты и укрепления основания насыпи и территории, прилегающей к подошве насыпи, при II принципе проектирования

8.6 При проектировании по второму принципу основание армируют, укладывая геоболочку под всем телом насыпи и за ее пределами на расстояние 3–5 м от подошвы (рисунок 8.4). Плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ используют только под нижней частью откоса и вне тела насыпи. Параметры геоболочки (прочность ткани, размер ячейки) назначают в зависимости от действующих нагрузок на основании расчета согласно ОДМ 2184.1.006 [15].

8.7 При уклоне местности вдоль насыпи выше критического, при котором скорость течения воды превышает не размывающую (СП 100.13330), должно быть предусмотрено укрепление территории вдоль подошвы, например, в виде берм либо армирующих и термоармирующих конструкций.

8.8 Для укрепления территории от размыва оттаивающего грунта вдоль сооружения, при использовании геоболочек на откосах насыпи (см. раздел 7), применение единой конструкции защиты откоса и бермы (рисунок 8.5) упрощает технологию.



1 – укрепленная обочина; 2 – грунт откоса; 3 – термоармирующая ячеистая геоболочка высотой 100 ÷ 200 мм; 4 – защитный слой над плитами XPS; 5 – плиты XPS; 6 – защитный слой грунта над геоболочкой; 7 – анкер; 8 – поверхность грунта.

Рисунок 8.5—Единая конструкция защиты откоса и прилегающей территории в виде термоармирующей геоболочки с плитами XPS ТЕХНОНИКОЛЬ

9. Теплофизические и прочностные расчеты конструкций насыпей

9.1 Прогнозное моделирование теплового режима насыпи в программном комплексе FROST 3D

9.1 Прогнозное моделирование теплового режима насыпи в программном комплексе FROST 3D. Для уточнения приведенных в стандарте конструктивных схем, более полного учета местных факторов и оптимизации проектных решений необходимо выполнять теплофизический расчет с мерзлотным прогнозом на весь срок службы сооружения с использованием современных программных комплексов (далее—ПО). Один из таких программных комплексов, Frost.Термо—программное обеспечение для моделирования процесса тепло-массопереноса в ММГ с учетом влияния внешних тепловых воздействий. Дальнейшие сведения в данном подразделе приведены относительно данного ПО.

9.1.2 Расчет нестационарной задачи распространения тепла в трехмерном пространстве основан на широко апробированном уравнении теплопроводности (9.1), в котором учтены фазовые превращения и перенос тепла за счет конвекции:

$$\frac{\partial E(T)}{\partial t} + \nabla(-\lambda(T)\nabla T) + C_w u \nabla T = 0, \quad (9.1)$$

где T — температура, $^{\circ}\text{C}$;

$E(T)$ — энталпия, $E(T) = \int_0^T C(\theta) d\theta + \rho L W_w(T)$;

$C(T)$ — зависимость объемной теплоемкости грунта от температуры, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$W_w(T)$ — зависимость содержания незамерзшей воды в грунте от температуры, д.е.;

ρ — плотность грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

L — удельная теплота фазового перехода, $\text{Дж}/\text{кг}$;

t — время, с;

$\lambda(T)$ — зависимость теплопроводности грунта от температуры, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

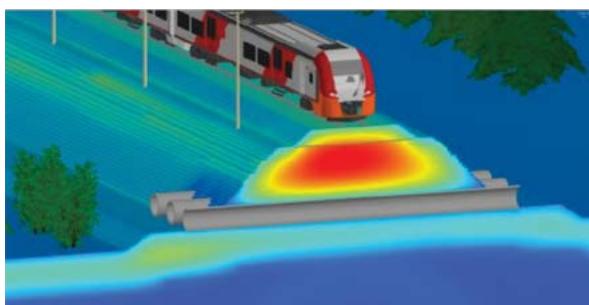
C_w — объемная теплоемкость воды, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

u — вектор скорости фильтрации грунтовых вод, $\text{м}/\text{с}$.

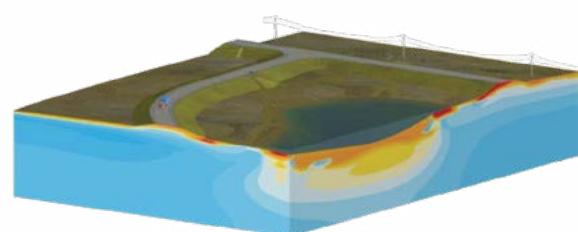
9.1.3 Моделирование производят для оценки теплового влияния на ММГ различных внешних источников: дорог, трубопроводов, зданий, скважин и других технических сооружений (рисунок 9.1). При моделировании рассматривают конкретный массив грунта, в котором решается численно уравнение теплопроводности.

9.1.4 Влияние объектов и внешних факторов на ММГ моделируют через граничные условия, т.е. нет необходимости, например, моделировать здание или скважину со всеми ее слоями, достаточно лишь задать их тепловое влияние на границе грунт—объект.

Задачу решают в одном направлении, т.е. определяют, как различные источники тепла влияют на тепловое состояние ММГ, но не как ММГ влияет на тепловое состояние строительных объектов, сооружений.



а) Пример моделирования температурного режима грунтового основания железной дороги



б) Пример моделирования температурного режима грунтового основания автомобильной дороги

Рисунок 9.1—Визуализация моделируемых объектов

9.1.5 Для выполнения прогнозных расчетов необходимо подготовить набор данных по следующим параметрам:

а) метеорологическая информация для учета влияния атмосферы (воздуха) на грунт и сооружения:

- температура воздуха;
- скорость ветра;
- высота снежного покрова;

- плотность (или теплопроводность) снегового покрова.

Эти данные необходимо предоставить в динамике на весь моделируемый промежуток времени по месяцам/декадам месяца/неделям года/суткам и произвольным интервалам;

б) данные геологических скважин и/или разрезов:

- состав инженерно-геологических элементов (ИГЭ) скважины;
- мощности ИГЭ скважины;

Теплофизические свойства грунтов и материалов:

- объемная теплоемкость в талом и мерзлом состояниях C_{th} , C_p ;
- теплопроводность в талом и мерзлом состояниях λ_{th} , λ_p ;
- плотность сухого грунта ρ_{dry} ;
- температура начала замерзания T_{bf} ;
- зависимость $W_w(T)$ содержания незамерзшей воды от температуры для диапазона температур от минус 15 °C до плюс 1 °C.

Данные добавляют самостоятельно по набору параметров, перечисленных ниже, или из стандартного справочника с базой материалов. Теплоизоляция XPS ТЕХНОНИКОЛЬ включена в данный справочник и не требует ручного добавления.

Температуру начала замерзания T_{bf} возможно определять согласно СП 25.13330.2020, для чего необходимы следующие данные:

- тип грунта;
- число пластичности I_p ;
- суммарная влажность W_{tot} ;
- влажность грунта на границе пластичности (раскатывания) W_p ;
- тип засоления грунта (незасоленный, морского/континентального типа);
- степень засоленности D_{sal} .

Зависимость содержания незамерзшей воды от температуры $W_w(T)$ возможно определять согласно СП 25.13330.2020, для чего необходимы следующие данные:

- тип грунта;
- число пластичности I_p ;
- суммарная влажность W_{tot} ;
- температура начала замерзания T_{bf} ;

в) начальное распределение температуры в грунте:

- схема расположения термометрических скважин;
- распределение температуры для каждой термометрической скважины в зависимости от глубины;
- даты производства замеров по термоскважинам;

г) конструктивные параметры моделируемого объекта:

- чертежи и схемы инженерных объектов (поперечные и продольные профили насыпей);
- конструктивные параметры объектов;
- тепловые режим эксплуатации объектов.

9.1.6 Основные этапы работы по моделированию включают:

а) подготовительный этап (постановка задачи):

- выбор объекта (моделируемой конструкции);
- определение основных материалов в составе объекта (грунты насыпи, слои дорожной одежды и т.п.);
- распределение граничных условий по поверхностям;
- сбор материалов для проведения моделирования (см. п. 9.1.7).

б) создание проекта:

- заполнение базы данных с материалами (рисунок 9.2);
- ввод граничных условий с начальным температурным распределением;

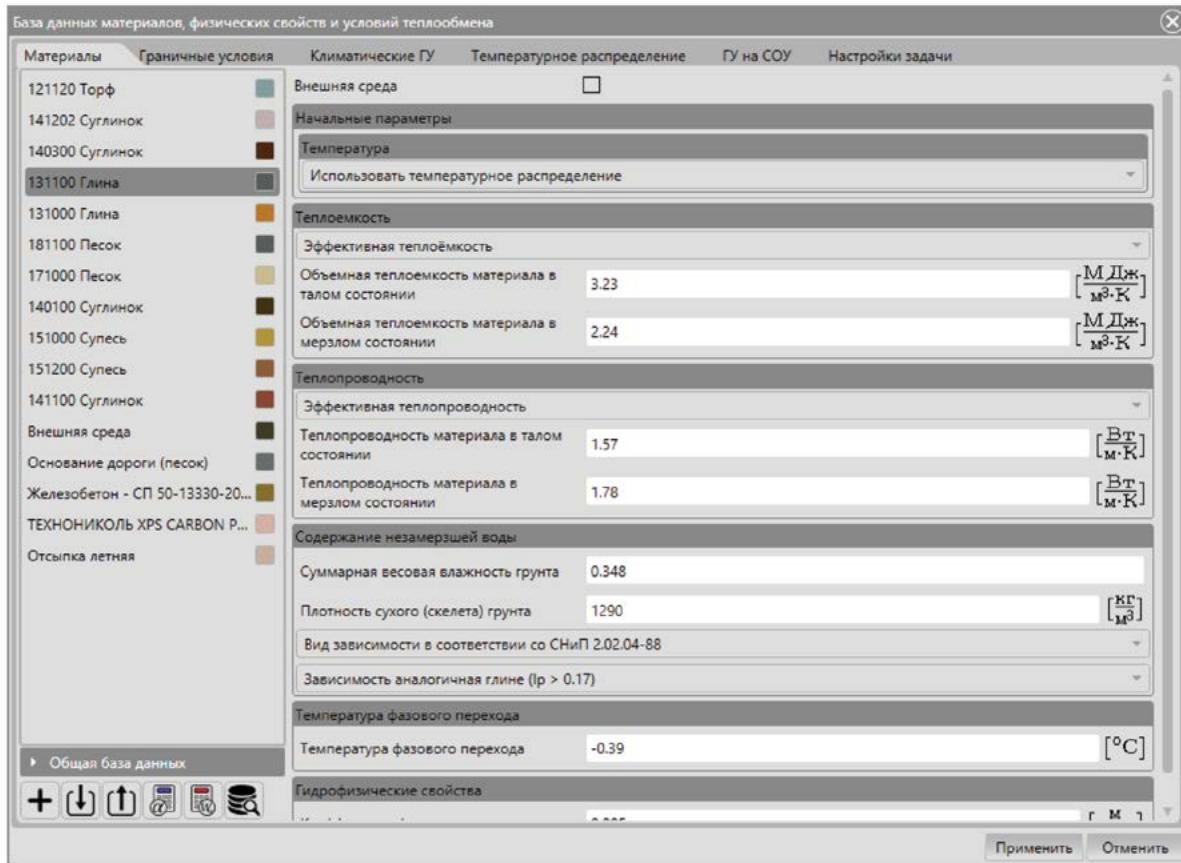


Рисунок 9.2—Ввод данных в модель

- в) создание геологической модели (рисунок 9.3);

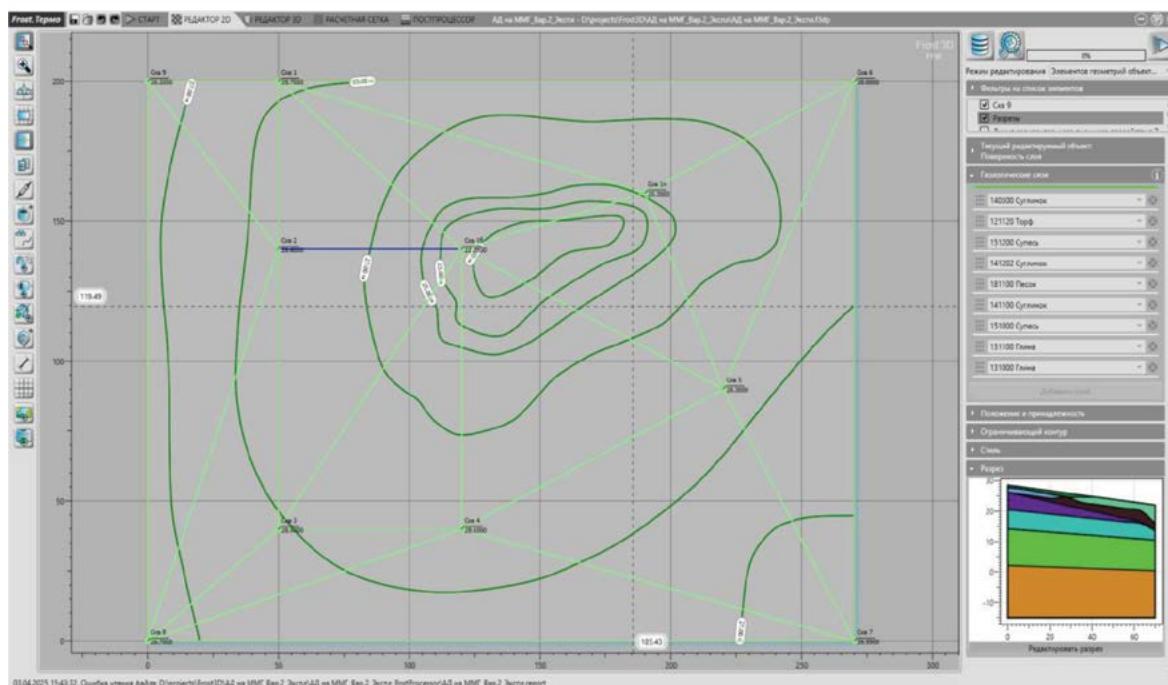


Рисунок 9.3—Создание геологической модели

- г) проведение калибровки модели в естественных условиях (без возводимого сооружения);
д) прорисовка инженерных объектов с присвоением их материала. Добавление маркеров сгущения/разбиения при необходимости. (рисунок 9.4);

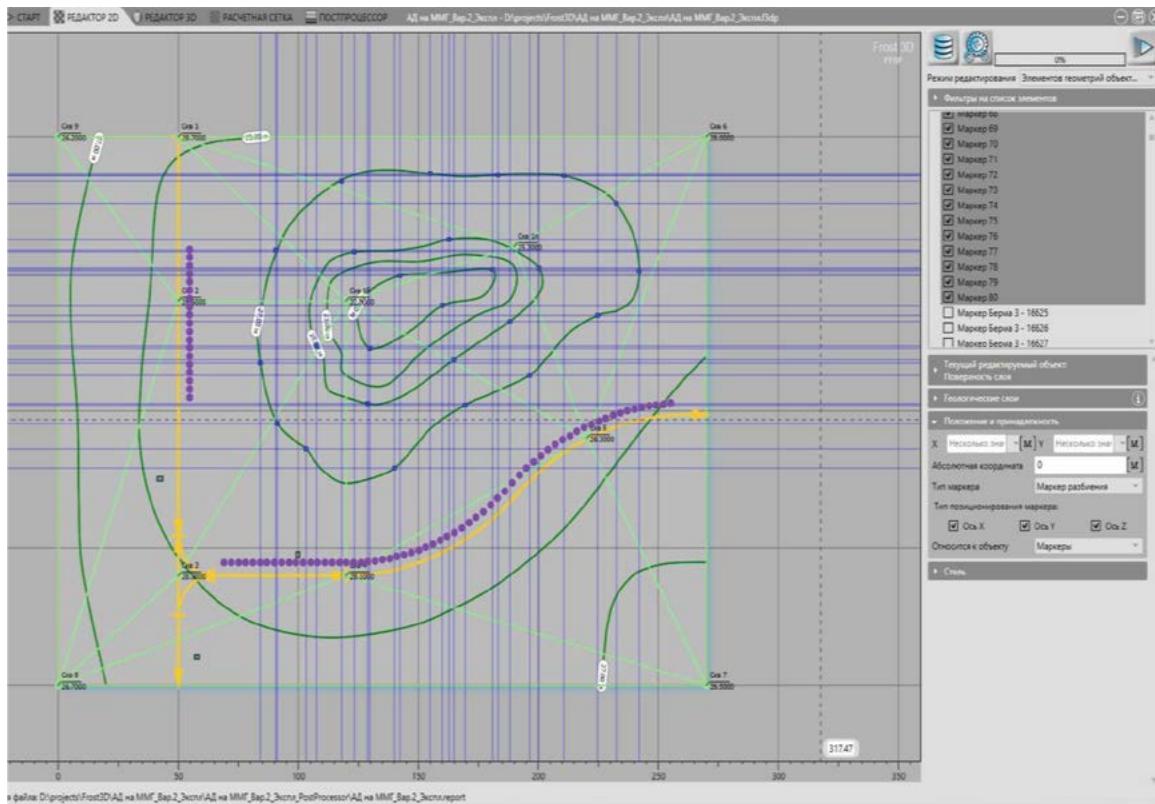


Рисунок 9.4—Создание моделируемого объекта

- е) прорисовка областей влияния различных факторов (внешние воздействия, зоны различных степеней снегонакопления и т.п.) (ручонок 9.5);



Рисунок 9.5—Указание различающихся областей влияния

ж) восстановление 3D геометрии (переход на следующий этап) (рисунок 9.6):

- визуальная проверка расположения объектов;
- визуальная проверка построения трехмерной геологической модели;
- проверка материалов;
- присвоение граничных условий;

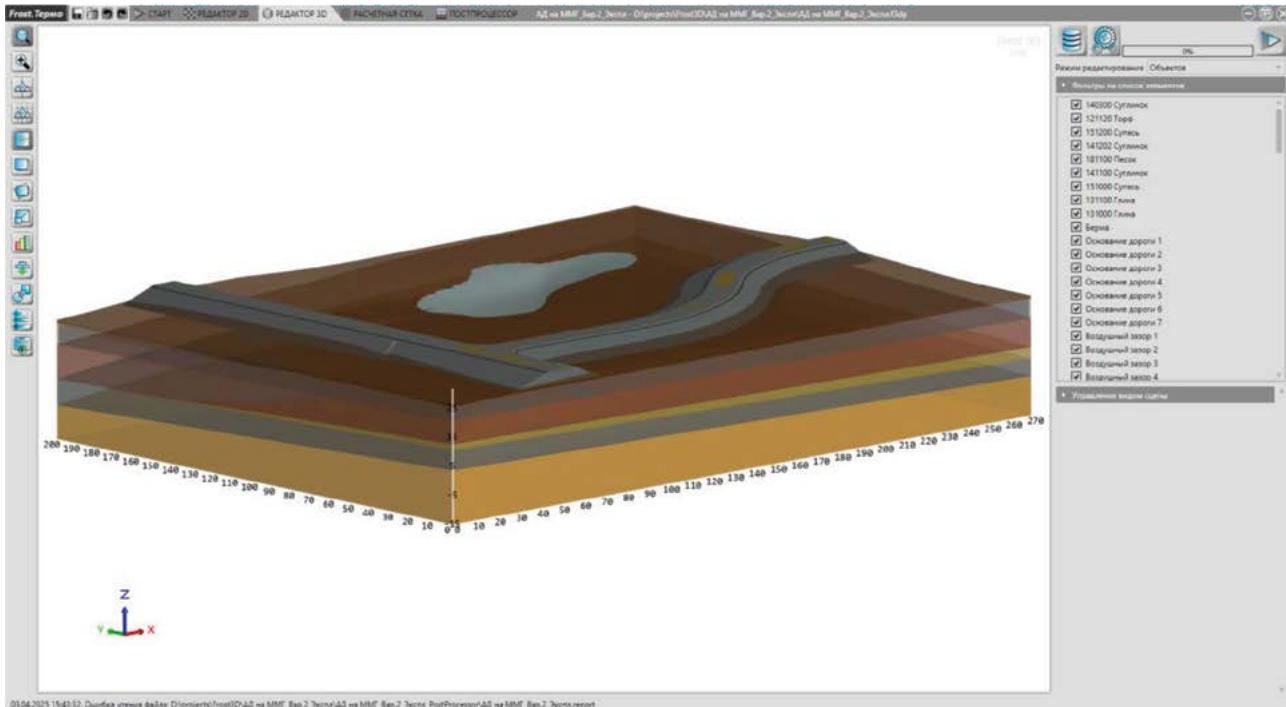


Рисунок 9.6—Восстановление 3D геометрии

и) построение расчетной сетки, проверка переноса материалов и граничных условий (рисунок 9.7);

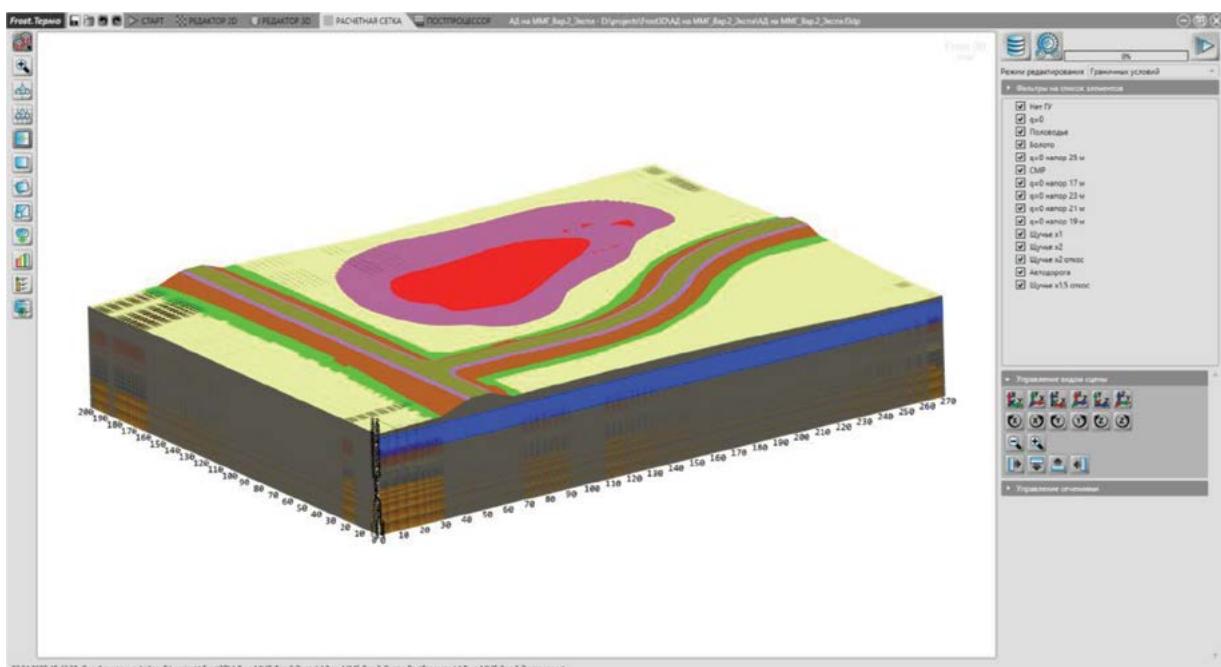


Рисунок 9.7—Построение расчетной сетки

- к) настройка расчета на заданный период;
 л) получение температурного распределения, анализ результатов (рисунок 9.8).

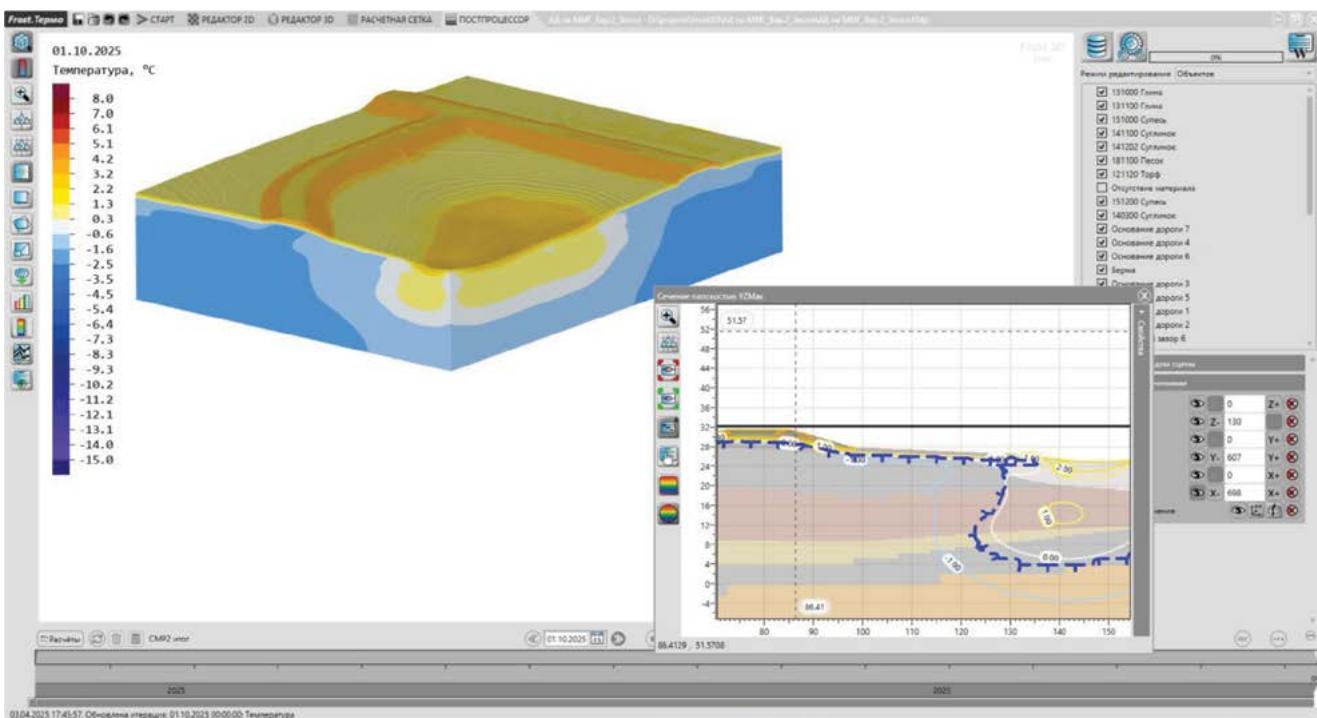


Рисунок 9.8—Получение результатов моделирования

9.1.7 При создании проекта рекомендуется:

- провести калибровку и верификацию модели в естественных условиях;
- оценить уровень снегонакопления в разных частях моделируемого полигона, при необходимости создать дополнительные граничные условия с другой высотой снежного покрова и прорисовать контур на расчетной сетке или использовать внешнее воздействие;
- оценить необходимое количество граничных условий (ГУ). Для боковых и нижней граней задается ГУ второго рода с нулевым теплопотоком, ГУ третьего рода—для границы «воздух-грунт» и инженерных объектов. При наличии поверхности, где ГУ отсутствует, обязательно нужно создать ГУ с отсутствием теплофизического воздействия, так как с настройкой «Нет ГУ» по умолчанию программа будет выдавать ошибку;
- при отсутствии некоторых теплофизических параметров материалов и коэффициента теплообмена выполнить необходимые расчеты в калькуляторах «Калькулятор теплофизических свойств» и «Калькулятор теплообмена»;
- для атмосферы создать материал с пометкой «Внешняя среда» и заполнять им отсутствие материала при необходимости. Данный материал не участвует в теплообмене, но рекомендуется для него задать годовой ход температуры воздуха;
- первую итерацию (дату начала расчета) выполнять для даты замера по температурной скважине;
- при анализе результатов создавать разрезы через объекты и/или смотреть температуру по скважинам по заданным координатам сетки, которые можно экспортить в таблицу Excel.

9.1.8 В ряде случаев после теплотехнических расчетов требуется проведение расчета осадки грунта. В пакете Frost 3D для подобных расчетов применяется модуль Frost.Осадка—программный продукт, предназначенный для вычисления осадки при оттаивании, несущей способности опор и деформации плит оснований фундамента.

9.1.9 Вычисление осадки выполняется с учетом подраздела 9.2 согласно методике СП 25.13330. Задаваемая модель грунта является одномерной и не учитывает осадку вследствие горизонтальных деформаций несмотря на то, что в программе осадка грунта представляется в трехмерном виде.

Принимается, что слои грунта, выделяемые в его геолого-литологической структуре, однородны (т.е. слой грунта образован одним материалом) и во всех точках слоя температура и льдистость равны.

9.1.10 Для расчетов осадки в модуле Frost.Осадка необходимо:

а) импортировать проект Frost.Термо, где указывается начальная итерация (начальное распределение температуры) и необходимая итерация для сравнения;

б) ввести физико-механические свойства грунтов;

в) выбрать расчет для опоры свай / фундамента, добавить необходимые элементы;

г) провести расчет и проанализировать результаты.

9.2 Оценка условий предельного равновесия конструкции защиты откоса на поверхности откоса

9.2.1 Конструкция защиты откоса должна быть устойчивой. Оценку равновесия конструкции защиты откоса, расположенной на его поверхности, выполняют, исходя из коэффициента запаса устойчивости $K_{зап}$, определяемого по формуле:

$$K_{зап} = \frac{\sum T_{уд}}{T_{сдв}} \geq 1,3, \quad (9.2)$$

где $\sum T_{уд}$ — сумма сил, кН, удерживающих конструкцию укрепления на поверхности откоса в расчете на площадь, равную 1 пог. м вдоль насыпи при длине образующей откоса L , определяемая по формуле (9.3);

$T_{сдв}$ — сдвигающее усилие от веса конструкции укрепления, кН.

9.2.2 Сумму сил, удерживающих конструкцию укрепления на поверхности откоса, определяют по формуле:

$$\sum T_{уд} = T_{тр} + T_{отп} + T_{анк}, \quad (9.3)$$

где $T_{тр}$ — удерживающее усилие, создаваемое трением и сцеплением по поверхности скольжения, кН;

$T_{отп}$ — величина пассивного отпора при упоре конструкции укрепления в грунт в основании откоса, кН;

$T_{анк}$ — удерживающее усилие, создаваемое анкерами, кН.

9.2.3 Удерживающую силу $T_{тр}$ на 1 пог.м поверхности откоса определяют по формуле:

$$T_{тр} = L \cdot 1 \cdot (p \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi + c), \quad (9.4)$$

где p — напряжение от веса конструкции, кН/м²;

c — сцепление грунта откоса, кН/м²;

ϕ — угол внутреннего трения, град.

При отсутствии данных о прочностных характеристиках песчаного и глинистого грунтов их назначают по таблицам 9.1 и 9.2 соответственно.

Таблица 9.1—Прочностные характеристики песка

Песок с содержанием пылевато-глинистой фракции, %	Угол внутреннего трения ϕ , град	Сцепление c , МПа
Крупный		
0	35	0,004
5	34	0,005
Средней крупности		
0	32	0,004
5	33	0,005
Мелкий		
0	31	0,003
5	31	0,005
8	31	0,006

Таблица 9.2—Прочностные характеристики глинистых грунтов и расчетной относительной влажности

Расчетная относительная влажность	Суглинки и глины		Супеси и пески пылеватые	
	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
≤0,60	0,030	24	0,014	36
0,65	0,024	21	0,013	36
0,70	0,019	18	0,012	35
0,75	0,015	15	0,011	35
0,80	0,011	13	0,010	34
0,90	0,008	11,5	0,009	34

9.2.4 Величину минимального значения пассивного давления естественного основания (отпора) у подошвы откоса определяют по формуле:

$$T_{\text{отп}} = \frac{\gamma_{\text{р}} h^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right), \quad (9.5)$$

где h — средняя толщина конструкции упора;

$\gamma_{\text{р}}$ — объемный вес материала упора.

9.2.5 Сдвигающее усилие от веса конструкции укрепления определяют по формуле:

$$T_{\text{сдв}} = L \cdot 1 \cdot (\rho \cdot \sin \alpha). \quad (9.6)$$

9.2.6 Если в плоскости скольжения грунт контактирует с геосинтетическим материалом, значения прочностных характеристик для поверхности скольжения принимают с понижающим коэффициентом:

$$\tan' \phi = 0,6 \tan \phi. \quad (9.7)$$

$$c' = 0,1c. \quad (9.8)$$

В оттаивающих грунтах сцепление практически отсутствует, поэтому расчет следует выполнять при условии $c = 0$.

9.2.7 Расчет начинают, принимая, что в условии (9.3) отсутствуют усилие отпора и анкера:

$$\sum T_{\text{уд}} = T_{\text{тр}}, \quad (9.9)$$

либо, если имеется упор в основании конструкции укрепления, принимают

$$\sum T_{уд} = T_{тр} + T_{отп}. \quad (9.10)$$

Если условие не выполняется, следует применить несущее анкерное крепление. Требуемое удерживающее усилие $T_{анк}$ за счет крепления конструкции с помощью несущих анкеров на бровке откоса определяют по формуле 9.11.

9.2.8 Удерживающее усилие анкеров определяют по формуле:

$$T_{анк} = \sum t_{анк} = 1,3 \sum T_{сдв} - T_{уд}, \quad (9.11)$$

где $t_{анк}$ — прочность одного анкера.

9.2.9 Прочность монтажной петли (ленты), скрепляющей анкеры должна удовлетворять условию:

$$t_л \cdot \frac{T_{анк}}{n}, \quad (9.12)$$

где n — число анкеров на пог.м.

9.3 Прогноз осадки основания насыпи

9.3.1 При проектировании по второму принципу требуется оценить конечную величину осадки и ее течение во времени в период эксплуатации сооружения. Расчет осадки выполняют исходя из мерзлотного прогноза, на основе которого оценивается ход оттаивания основания.

9.3.2 Максимальную осадку основания необходимо определять исходя из мощности талой зоны на последний год эксплуатации объекта. Максимальная расчетная осадка не должна превышать допустимой величины.

Максимальная допустимая осадка для автомобильных и железных дорог приведена в таблицах 9.3 и 9.4 соответственно.

Таблица 9.3—Допустимая суммарная осадка автомобильных дорог в период эксплуатации (таблица 7.5 СП 34.13330.2021)

Тип дорожной одежды и условия ее сооружения	Допустимая суммарная осадка основания и нестабильных слоев насыпи в период эксплуатации, см, при толщине нестабильных слоев, м			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Капитальные дорожные одежды со сборными железобетонными покрытиями, устраиваемые в одну стадию без технологического перерыва	2	4	6	10
Капитальные дорожные одежды с асфальтобетонными покрытиями, устраиваемые в один год с земляным полотном	4	8	12	20
Облегченные дорожные одежды	6	12	18	30
Переходные дорожные одежды	8	16	24	40

Примечание — При применении в конструкции насыпи армирующих прослоек допустимые осадки могут быть увеличены на 20% при толщине стабильных слоев до 1,5 м и на 25% при их толщине до 2,0 м.

Таблица 9.4—Допустимые деформации земляного полотна с конструкцией ВСП на балласте (табл. 6.1 СП 119.13330.2024)

Категория железнодорожной линии	Расчетная допустимая величина деформации, не более равномерного пучения или набухания, мм	осадка основания насыпи		
		упругая, мм	остаточная, м	полная до реконструкции или капитального ремонта
			максимальная за год	
Скоростная, пассажирская	10	2	0,15	0,10
Особогрузонапряженная	15	2	0,20	0,10
I и II	20	2	0,40	0,15
III	25	2	0,60	0,20
IV	35	3	1,00	0,25

Примечания

- 1) Упругая осадка рассчитывается для насыпей на торфяных основаниях под действием расчетной нагрузки от железнодорожного подвижного состава.
- 2) Остаточная осадка определяется для насыпей на слабых основаниях и оттаивающих основаниях из ММГ под действием постоянных нагрузок на земляное полотно.
- 3) Остаточная осадка определяется в условиях эксплуатации после момента окончания строительства.
- 4) Допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании превышать величину остаточной осадки, предусмотрев соответствующее уширение земляного полотна.
- 5) Внутристанционные соединительные, приемо-отправочные и иные станционные пути должны удовлетворять нормам железнодорожных линий категории IV.

9.3.3 В случае, если осадка превышает допустимую, требуется назначение мероприятий по уменьшению глубины оттаивания основания, либо применение армирующих или термоармирующих материалов и конструкций.

9.3.4 Расчет осадки выполняют, руководствуясь следующими предпосылками:

- насыпь отсыпана полностью в зимнее время из мерзлого грунта;
- вследствие высокой вязкости воды при низких температурах грунтов сезонноталого слоя фильтрационная консолидация оттаявшего грунта отсутствует, осадка завершается в момент оттаивания;
- приращение общей осадки основания происходит за счет осадки оттаявших грунтов в последующие годы до завершения стабилизации температурного режима;
- в процессе строительства происходит уплотнение мохорастительного покрова, его осадка в летнее время не учитывается.

9.3.5 При строительстве автомобильных дорог с ограниченным сроком службы—V категории и временных, со сборным покрытием и покрытием переходного типа, оценивают интенсивность осадки основания, которая должна завершиться до устройства покрытия (исключение допускается при применении сборных покрытий в условиях двухстадийного строительства).

За завершение интенсивной части осадки допускается принимать момент достижения интенсивности осадки не более 2,0 см/год при дорожных одеждах капитального типа, и не более 5,0 см/год при дорожных одеждах облегченного типа.

9.3.6 Осадку основания вычисляют по формулам (9.13) и (9.14) в зависимости от типа местности по ГОСТ 33063:

для первого типа

$$S_o^1 = a_0 h_{r.o.} \left(p_0 + q + \frac{\gamma h_{r.o.}}{2} \right); \quad (9.13)$$

для второго и третьего типа

$$S_o^{2,3} = A_0 h_{\text{г.о.}} + a_0 h_{\text{г.о.}} \left(p_0 + q + \frac{\gamma_{\text{г.о.}} h_{\text{г.о.}}}{2} \right), \quad (9.14)$$

где A_0 — коэффициент оттаивания грунтов основания (таблица 9.5);
 a_0 — коэффициент уплотнения грунтов основания (таблица 9.5);
 $h_{\text{г.о.}}$ — расчетная глубина оттаивания грунтов основания, см;
 p_0 — удельное давление на поверхность грунта основания от веса насыпи, определяемое по формуле (9.15);
 q — эквивалентная распределенная нагрузка на поверхность грунта основания от транспорта, определяемая по формуле (9.16);
 $\gamma_{\text{г.о.}}$ — плотность грунта основания, кг/см³;

Таблица 9.5—Характеристики сжимаемости грунтов (СП 313.1325800)

Грунт	Коэффициент оттаивания A_0	Коэффициент уплотнения a_0 , см ² /кгс
Глина, суглинок тяжелый пылеватый	0,05–0,08	0,07–0,012
Суглинок легкий, легкий пылеватый	0,03–0,05	0,06–0,09
Суглинок с включением гравия	0,01–0,03	0,03–0,05
Супесь пылеватая легкая	0,02–0,04	0,04–0,06
Песок пылеватый	0,01–0,02	0,02–0,03

9.3.7 Удельное давление на поверхность грунта определяют по формуле:

$$p_0 = \gamma_h h_h, \quad (9.15)$$

где γ_h — объемный вес грунта насыпи;
 h_h — высота насыпи.

9.3.8 Эквивалентную распределенную нагрузку на поверхность грунта основания от транспорта определяют по формуле:

$$q = \frac{7,4n}{B_{\text{з.п.}}} K, \quad (9.16)$$

где n — число полос движения;
 $B_{\text{з.п.}}$ — ширина земляного полотна поверху, м;
 K — класс нагрузки АК по ГОСТ 32960.

9.3.9 Осадку следует определять по оси дороги (максимальная нагрузка) и на подошве откоса (где наблюдается максимальная глубина оттаивания).

10. Контроль качества строительства

10.1 Земляные работы, предшествовавшие укладке плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ подлежат операционному контролю, который выполняют в соответствии с СП 78.13330 на автомобильных дорогах и СП 238.1326000 [16] на железных дорогах в обычном порядке. После завершения работ земляное полотно должно быть принято по акту на скрытые работы.

10.2 Контроль работ по укладке плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ состоит из входного контроля материала, операционного контроля работ и оценки соответствия выполненных работ.

10.3 При входном контроле необходимо проверить:

- наличие сопроводительных документов, подтверждающих качество материалов (паспорта, сертификаты качества, технические условия, стандарты и т.п.);

- пригодность применения по указанным в сопроводительных документах срокам хранения и соблюдение требований к транспортированию и хранению;
- отсутствие повреждений упаковок и самих материалов и изделий.

Входной контроль включает визуальный осмотр. Плиты не должны иметь сколов, вмятин, трещин.

10.4 При операционном контроле работ необходимо проверить соответствие:

- последовательности состава выполняемых операций и технологических режимов по устройству слоя требованиям технологической документации;
- показателей качества выполнения операций и их результатов требованиям проектной документации.

Операционный контроль укладки плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ включает контроль ровности укладки каждого слоя плит при помощи нивелира и проверку наличие закрепления плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ согласно установленной схемы.

10.5 Не допускается длительное пребывание плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ под прямым солнечным светом. Работы по укладке теплоизоляционного слоя следует производить одновременно с устройством защитных слоёв.

10.6 Контроль качества устройства последующих слоев, расположенных выше плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ, выполняют в соответствии с СП 78.13330 и СП 238.1326000.2015 [16] в обычном порядке.

10.7 Контроль качества строительства габионов выполняют в соответствии с ОДМ 218.2.049 [8], монтажа ячеистой геооболочки—ОДМ 218.4.1.006 [15].

11. Требования безопасности

11.1 Работы по устройству теплоизолирующих слоев с применением плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ должны производиться в соответствии с требованиями проекта производства работ, в котором отражают все мероприятия по охране труда, включающие технику безопасности, гигиену труда и противопожарную безопасность по каждому виду работ. При разработке мероприятий по технике безопасности необходимо руководствоваться требованиями Приказа Минтруда России от 11.12.2020 N882н [17].

11.2 Плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ относятся к группе сгораемых материалов. В местах хранения и при работе с материалом ТЕХНОНИКОЛЬ XPS должны соблюдаться требования постановления Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479 [18].

11.3 В местах хранения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ запрещено любое воздействие огня, искр, сварки, высоких температур. Запрещено курение при проведении работ с материалом.

11.4 Хранение плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ следует осуществлять на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

11.5 Все места хранения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ должны быть обеспечены средствами пожаротушения.

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

11.7 При монтаже габионных конструкций необходимо руководствоваться ГОСТ Р 59287.

11.8 При монтаже ячеистой геооболочки необходимо соблюдать требования безопасности в соответствии со СНиП 12–03 [19]; СНиП 12–04 [20]. При проведении погрузочно-разгрузочных работ руководствоваться ГОСТ 12.3.009, ГОСТ 12.3.002.

Приложение А (обязательное)

Характеристики используемых материалов

Таблица А.1—Характеристики плит [XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID500 Тип А](#)

Наименование показателя	Единица измерения	Критерий	Значение	Метод испытания
Прочность на сжатие при 10%-ной относительной деформации	кПа	не менее	500	ГОСТ EN826, ГОСТ 32310 (EN13164)
Декларируемая теплопроводность (λ_D)	Вт/(м*К)	не более	0,034	ГОСТ 7076, ГОСТ 32310 (EN13164)
Водопоглощение при длительном полном погружении образцов на 28 суток	%	не более WL(T)0,6	0,08	ГОСТ EN12087
Группа горючести	–	–	Г4	ГОСТ 30244
Группа воспламеняемости	–	–	B2	ГОСТ 30402
Группа дымообразующей способности	–	–	дз	ГОСТ 12.1.044
Группа токсичности	–	–	T 2	ГОСТ 12.1.044
Температура эксплуатации	°C	в пределах от –70 до +70		СТО 72746455–3.3.1 [5]

Таблица А.2—Геометрические параметры плит [XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID500 Тип А](#)

Наименование показателя	Единица измерения	Критерий	Значение	Метод испытания
Толщина	мм	номинальный размер	40, 50, 60, 100	ГОСТ EN822
Длина	мм	номинальный размер	2400	ГОСТ EN822
Ширина	мм	номинальный размер	600	ГОСТ EN822
Вид обработки торца	–	форма	L-образная	СТО 72746455–3.3.1 [5]

Таблица А.3—Характеристики плит ТЕХНОНИКОЛЬ XPS45–500

Наименование показателя	Единица измерения	Критерий	Значение	Метод испытания
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации	КПа	не менее	500	ГОСТ 17177
Прочность на сжатие при 5%-ной линейной деформации	КПа	не менее	450	ГОСТ 17177
Прочность при изгибе	КПа	не менее	700 ¹⁾	ГОСТ 17177
Декларируемая теплопроводность (λ_D)	Вт(м*К)	не более	0,033	ГОСТ 7076, ГОСТ 32310 (EN13164)
Деформативность под многократно приложенной динамической нагрузкой	%	не более	2	Требования ОАО«РЖД» [21]
Водопоглощение по объему	%	Не более	0,4	ГОСТ 17177
Группа горючести	—	—	Г4	ГОСТ 30244
Группа воспламеняемости	—	—	В3	ГОСТ 30402
Группа дымообразующей способности	—	—	Д3	ГОСТ 12.1.044
Группа токсичности	—	—	Т 3	ГОСТ 12.1.044
Температура эксплуатации	°C	в пределах от –70 до + 70	ТУ 2244–047–17425162 [6]	

¹⁾ 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.

Таблица А.4—Геометрические параметры плит ТЕХНОНИКОЛЬ XPS45–500

Наименование показателя	Единица измерения	Критерий	Значение	Метод испытания
Толщина	мм	номинальный размер	40,50,60, 70	ГОСТ 17177
Длина	мм	номинальный размер	4000,4200, 4500,5000, 5500	ГОСТ 17177
Ширина	мм	номинальный размер	580, 600	ГОСТ 17177
Вид обработки торца	—	форма	L-образная, S-образная	ТУ 2244–047–17425162 [6]

Приложение Б (рекомендуемое)

Мероприятия по охлаждению грунтов

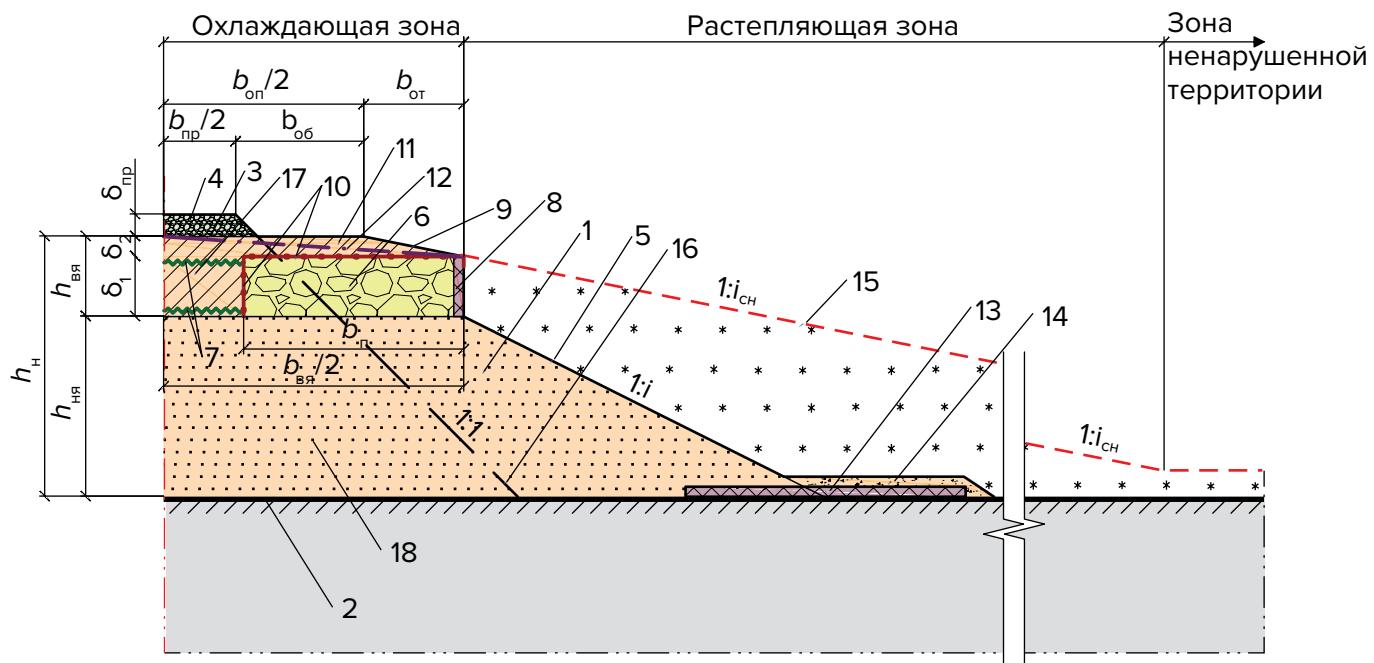
Б.1 Верхняя боковая охлаждающая площадка (Патенты на изобретение № 2744541 № 2278213).

Цель технического решения состоит в снижении объемов земляных работ по сравнению с конструкцией с пологим откосом, на котором в зимний период снег не скапливается, что способствует поступлению холода в тело насыпи.

Верхняя боковая охлаждающая площадка предназначается для увеличения зоны интенсивного охлаждения, образующейся в результате оголённой от снега поверхности. Охлаждение за счет верхней боковой площадки компенсирует отсутствие поступления холода через откосную часть насыпи. Крутизна откоса насыпи ограничивается его устойчивостью.

Техническое решение осуществлено в двух вариантах.

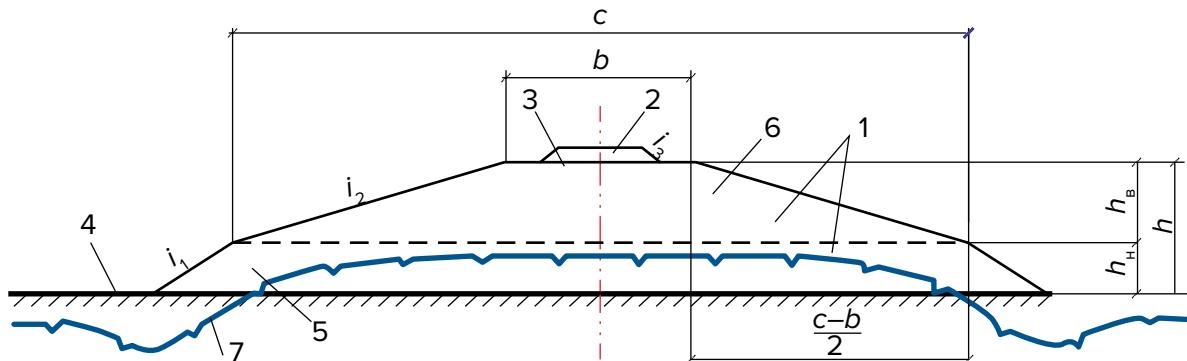
Первый вариант дорожной конструкции (патент на изобретение № 2744541, рисунок Б.1) помимо охлаждающей площадки содержит габион. В холодный период года холодный воздух по порам между камнями перемещается вниз, усиливая теплообмен. В тёплый период года конвекция прекращается, тёплый воздух не поступает вниз. В результате за год происходит охлаждение нижележащих грунтов. Охлаждающую площадку образует пологая верхняя часть насыпи.



1 – тело насыпи; 2 – естественная поверхность; 3 – основная площадка; 4 – балластная призма;
5 – откос насыпи; 6 – каменная призма; 7 – стяжки; 8 – теплоизоляция; 9 – граница тела насыпи над призмой; 10 – геотекстиль; 11 – защитный слой грунта; 12 – гидроизоляция; 13 – теплоизоляция;
14 – берма; 15 – границы снежных отложений; 16 – граница области основных напряжений от подвижной нагрузки; 17, 18 – верхний и нижний ярусы тела насыпи.

Рисунок Б.1—Конструкция дорожной насыпи в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов с верхней охлаждающей площадкой с габионом (8, 13—теплоизоляция)

Второй вариант (патент на изобретение № 2278213, рисунок Б.2) представляет собой насыпь, выполненную в два яруса, при этом уклон боковых откосов верхнего яруса меньше уклона боковых откосов нижнего яруса. За счет того, что с пологих откосов верхнего яруса снег сдувается, происходит охлаждение всего сооружения.



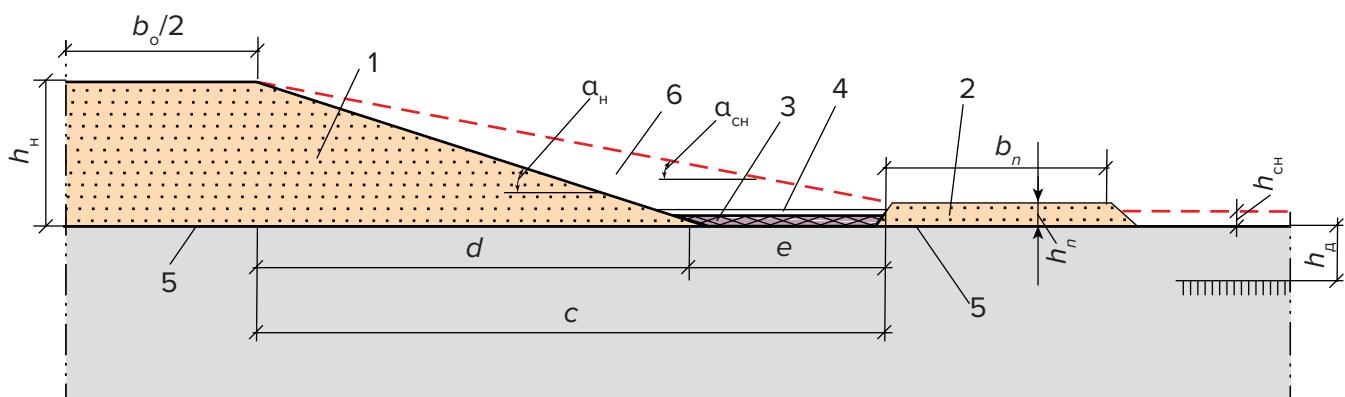
1 – тело насыпи; 2 – балластная призма; 3 – основная площадка; 4 – естественная поверхность грунта; 5 – нижний ярус насыпи; 6 – верхний ярус насыпи; 7 – положение верхней границы вечной мерзлоты.

Рисунок Б.2—Конструкция дорожной насыпи в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов с верхней охлаждающей площадкой в виде двускатного профиля откосов

Б.2 Нижняя боковая охлаждающая площадка (Патент на изобретение № 2705656)

Цель технического решения состоит в отказе от пологих откосов и уменьшении в связи с этим земляных работ.

Техническое решение (патент на изобретение № 2705656, рисунок Б.3) предназначено для регионов с большим снегопереносом и заключается в том, что на территории, прилегающей к насыпи, отсыпана площадка из местных неуплотнённых грунтов в пределах малых снежных отложений. В зоне больших снежных отложений, между площадкой и подошвой насыпи уложена теплоизоляция с защитным слоем.



1 – тело насыпи; 2 – грунтовая призма; 3 – слой теплоизоляции; 4 – защитный слой грунта; 5 – естественная поверхность грунтов оснований; 6 – снежная призма.

Рисунок Б.3—Конструкция дорожной насыпи в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов с нижней охлаждающей площадкой

В зимний период на откосных частях насыпи и смежных с ними участках формируется снежная призма. Верхняя поверхность боковой охлаждающей площадки не заносится снегом, поскольку она расположена в зоне малых снежных отложений, и является охлаждающей зоной, расположенной в зоне теплового влияния насыпи.

Преимущества нижней боковой охлаждающей площадки перед верхней боковой охлаждающей площадкой заключаются в простой технологии и низкой стоимости, поскольку площадка может быть отсыпана из местных неуплотнённых грунтов.

Недостаток заключается в том, что при пологих откосах снежных отложений регионов I и II площадка при определённых высотах насыпи может оказаться за пределами рационального расстояния от подошвы откоса насыпи, при котором тепловое влияние площадки становится незначительным.

Б.3 Насыпь со ступенчатыми откосами в регионах с отсутствием снегопереноса (патент на ПМ № 69883).

Техническое решение (патент на изобретение № 69883, рисунок Б.4) заключается в выполнении участков откосов с крутым уклоном, при котором отложения снега уменьшаются. Оптимальный, с теплофизической точки зрения, является уклон откоса 1:0 (вертикальная поверхность). Отложение снега существенно снижается и при более пологих откосах: при уклоне 1:0,75 отложение снега составляет 60% от величины отложений для горизонтальной поверхности.

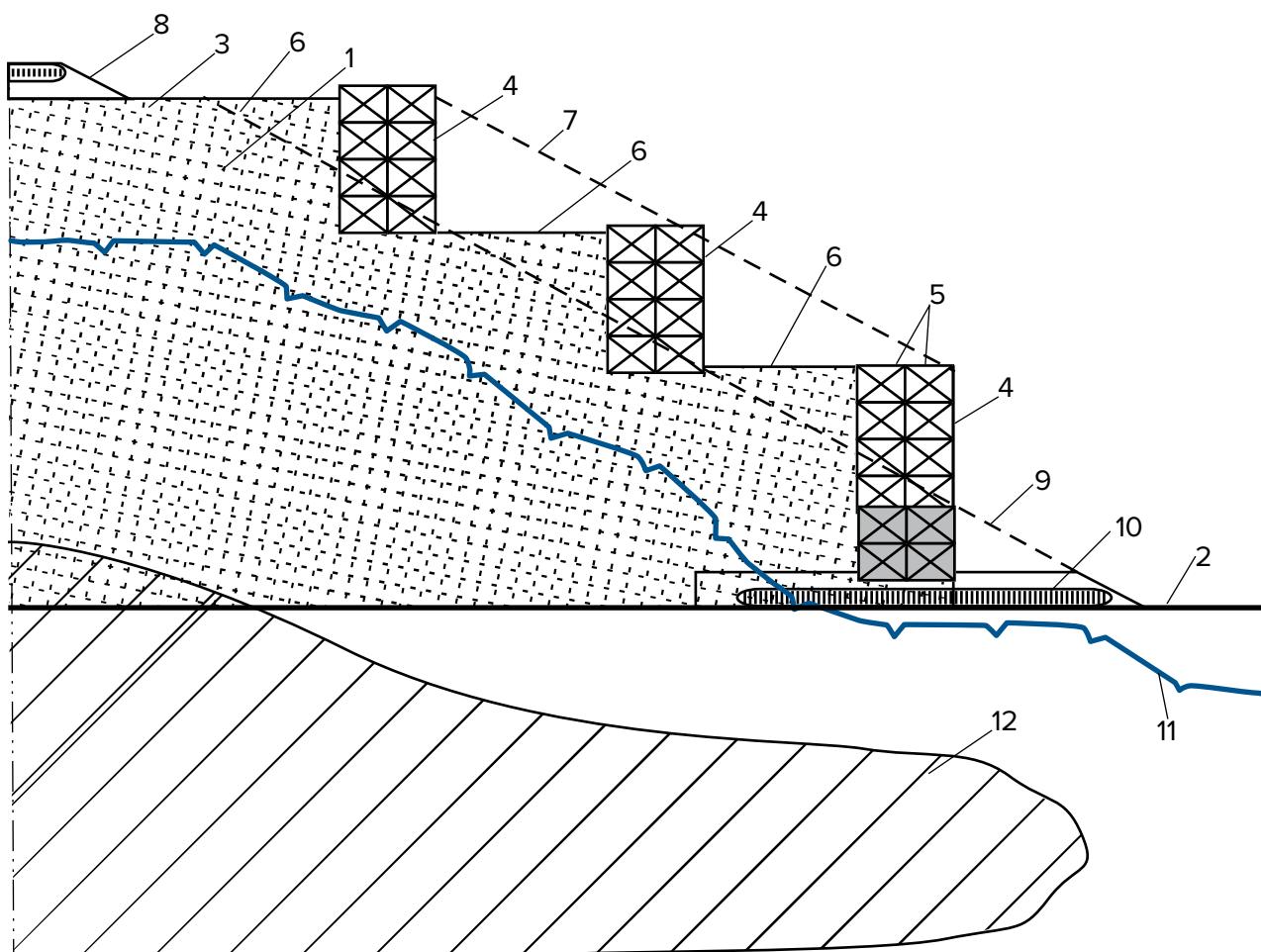


Рисунок Б.4—Конструкция дорожной насыпи в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов со ступенчатыми откосами, для регионов с отсутствием снегопереноса

Уклон откоса определяется конструктивными возможностями и экономическими соображениями. Поверхность, близкая к вертикальной, может быть обеспечена укладкой габионов, устройством подпорной стенки, или укладкой крупнообломочного грунта. Формирование охлаждающих участков с крутым уклоном приводит к необходимости устройства участков с малым уклоном, при этом наличие участков, близким к горизонтальным, не исключает эффективности вертикальных охлаждающих участков. Эффективность охлаждения основания сооружения существенно увеличивается при устройстве теплоизолирующего слоя на горизонтальной поверхности уступов.

Техническое решение реализуется следующим образом. Через вертикальные поверхности проходят тепловые потоки в течение года. Поскольку среднегодовая температура воздуха отрицательная, суммарный тепловой баланс отрицателен. Конструкция позволяет обеспечить положение нулевой изотермы в теле насыпи на момент окончания тёплого периода года. В результате формируется ядро твёрдомерзлого грунта с низкой температурой. Если высокольдистые грунты расположены близко к естественной поверхности, под нижней вертикальной стенкой в основании откоса следует уложить слой теплоизоляции, что позволит уменьшить глубину сезонного протаивания.

Приложение В (рекомендуемое)

Примеры расчета равновесия конструкции укрепления откоса

Пример 1

Исходные данные:

- по поверхности откоса насыпи уложены и закреплены анкерами плиты XPS, которые защищены слоем грунта (рисунок 7.1);
- грунт над плитами удерживается за счет трения;
- высота насыпи 4 м;
- длина откоса $L = 10$ м;
- грунт насыпи—песок мелкий с содержанием пылеватой фракции 8%;
- объемный вес грунта насыпи и защитного слоя $\gamma = 18$ кН/м³;
- толщина защитного слоя грунта над плитами $h = 20$ см;
- уклон откоса насыпи 1:2,5, угол откоса $\alpha = 21,8^\circ$.

Задача:

Требуется оценить устойчивость на сдвиг грунта защитного слоя.

Решение:

- 1) Определяем прочностные характеристики песка по таблице 9.1:

$$\phi = 31^\circ; \tan\phi = 0,60; \sin\alpha = 0,37; \cos\alpha = 0,93.$$

Учитывая, что рассматривается сдвиг по поверхности пенополистирола, принимаем значение внутреннего трения с учетом понижающего коэффициента $k = 0,6$. Сцеплением пренебрегаем, принимаем $c = 0$.

- 2) Определяем удерживающую силу трения, действующую на 1 пог.м насыпи, по формуле (9.4) с учетом требований п. 9.2.6:

$$\begin{aligned} T_{tp} &= L \cdot 1 \cdot (p \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi + c) = L(\gamma \cdot h \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi \cdot k + c) = \\ &= 10(18 \cdot 0,2 \cdot 0,93 \cdot 0,6 \cdot 0,6 + 0) = 12,05 \text{ кН.} \end{aligned}$$

- 3) Определяем сдвигающую силу, действующую на 1 пог.м насыпи, по формуле (9.6) с учетом требований п. 9.2.6:

$$T_{sdv} = L \cdot 1 \cdot (p \cdot \sin\alpha) = L \cdot \gamma \cdot h \cdot \sin\alpha = 10 \cdot 18 \cdot 0,2 \cdot 0,37 = 13,32 \text{ кН.}$$

- 4) Проверяем условие равновесия по формуле (9.2):

$$K_{zap} = \frac{\sum T_{yd}}{T_{sdv}} = \frac{T_{tp}}{T_{sdv}} = \frac{12,05}{13,32} = 0,90 \not\geq 1,3.$$

Вывод:

Условие равновесия не выполнено. Сдвигающая сила превышает удерживающую.

Решим обратную задачу, определим максимальный угол откоса, при котором устойчивость конструкции обеспечена исходя из условия:

$$\frac{T_{\text{тр}}}{T_{\text{сдв}}} \geq 1,3.$$

Подставляя значения $T_{\text{уд}}$ и $T_{\text{сдв}}$, получаем:

$$L(\gamma \cdot h \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi \cdot k) \geq 1,3 \cdot L \cdot \gamma \cdot h \cdot \sin\alpha;$$

$$\cos\alpha \cdot \tan\phi \cdot k \geq 1,3 \cdot \sin\alpha;$$

$$\sin\alpha \leq \frac{\cos\alpha \cdot \tan\phi \cdot k}{1,3} = \frac{0,93 \cdot 0,60 \cdot 0,60}{1,3} = 0,26;$$

$$\alpha \leq \arcsin 0,26 = 15,07^\circ \sim 1:4.$$

Вывод: при отсыпке насыпи из песка, содержащего 8% пылеватых частиц, устойчивость защитного слоя над плитами XPS обеспечена при заложении откоса 1:4. Расчет выполнен без учета воздействия ливневых и талых вод.

Пример 2

Исходные данные:

- на поверхности откоса уложена термоармированная ячеистая геоболочка высотой 150 мм;
- толщина плиты XPS, уложенной в ячейки, 50 мм;
- поверх плиты слой песка $h = 100$ мм (рисунок 7.4);
- данные по откосу и грунту см. в примере 1.

Задача:

Требуется оценить устойчивость геоболочки на откосе.

Решение:

- 1) Определяем прочностные характеристики песка по таблице 9.1:

$$\phi = 31^\circ; \tan\phi = 0,60; \sin\alpha = 0,37; \cos\alpha = 0,93.$$

Учитывая, что рассматривается сдвиг по контакту грунт—геосинтетика, вводим понижающий коэффициент $k = 0,6$. Весом пенополистирола пренебрегаем. Сцеплением пренебрегаем, принимаем $c = 0$.

- 2) Определяем удерживающую силу трения, действующую на 1 пог.м насыпи, по формуле (9.4) с учетом требований п. 9.2.6:

$$\begin{aligned} T_{\text{тр}} &= L \cdot 1 \cdot (p \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi + c) = L(\gamma \cdot h \cdot \cos\alpha \cdot \tan\phi \cdot k + c) = \\ &= 10(18 \cdot 0,1 \cdot 0,93 \cdot 0,6 \cdot 0,6 + 0) = 6,03 \text{ кН.} \end{aligned}$$

- 3) Определяем сдвигающую силу, действующую на 1 пог.м насыпи, по формуле (9.6) с учетом требований п. 9.2.6:

$$T_{\text{сдв}} = L \cdot 1 \cdot (p \cdot \sin\alpha) = L \cdot \gamma \cdot h \cdot \sin\alpha = 10 \cdot 18 \cdot 0,1 \cdot 0,37 = 6,66 \text{ кН.}$$

- 4) Проверяем условие равновесия по формуле (9.2):

$$K_{\text{зап}} = \frac{\sum T_{\text{уд}}}{T_{\text{сдв}}} = \frac{T_{\text{тр}}}{T_{\text{сдв}}} = \frac{6,03}{6,66} = 0,91 \not\geq 1,3.$$

Вывод: условие равновесия не выполнено. Сдвигающая сила превышает удерживающую, требуется анкерное крепление геоболочки.

Выполним расчет требуемого количества анкеров.

5) Определяем требуемое удерживающее усилие, необходимое на 1 пог.м насыпи, обеспечиваемое за счет крепления конструкции геооболочки с помощью несущих анкеров по формуле (9.11):

$$T_{\text{анк}} = \sum t_{\text{анк}} = 1,3 \sum T_{\text{сдв}} - T_{\text{уд}} = 1,3 \sum T_{\text{сдв}} - T_{\text{тр}} = 1,3 \cdot 6,66 - 6,03 = 2,63.$$

6) Подбираем размеры секций геооболочек.

По образующей откоса длиной 10 м располагаем три секции геооболочки длиной и шириной 3 м ($3,0 \times 3,0 \times 0,2 / 10 \times 10$) (Д × Ш × В / количество ячеек) и одну длиной 1 м при ширине 3 м ($1,0 \times 3,0 \times 0,2 / 3 \times 10$), которую расположим параллельно оси дороги.

7) Определяем количество анкеров на пог.м. геооболочки.

Геооболочки предназначенные для закрепления на наклонных поверхностях, имеют вшитые петли по одной из сторон, по одной петле на каждую крайнюю ячейку. В данном случае длина ячейки 0,3 м, на 1 пог.м приходится n анкеров.

$$n = \frac{1}{0,3} = 3,3 \text{ шт.}$$

8) При длине образующей откоса 10 м непогашенное трением усилие на один метр длины образующей откоса, на полосе шириной 1 пог.м, то есть на 1 м^2 геооболочки составляет:

$$T_0 = \frac{T_{\text{анк}}}{L} = \frac{2,63}{10} = 0,26 \text{ кН.}$$

9) Определяем нагрузку на 1 анкер, учитывая количество анкеров в геооболочке и длину геооболочки (l), равную 3 м:

$$t_{\text{анк}} = \frac{T_0 \cdot 3}{n} = \frac{0,26 \cdot 3}{3,3} = 0,24 \text{ кН} \approx 25 \text{ кг.}$$

Такую нагрузку выдерживает стальной анкер длиной 0,8 м и диаметром 16 мм при его погружении в грунт на 0,65 м. (при расчете анкера, как свай, работающей на горизонтальную нагрузку, по СП 24.13330).

Вывод: для защиты откоса с заложением 1:2,5, при длине образующей откоса 10 м, требуется 3 секции геооболочки ($3,0 \times 3,0 \times 0,2 / 10 \times 10$) и одна ($1,0 \times 3,0 \times 0,2 / 3 \times 10$), которые должны быть закреплены стальными анкерами длиной 0,8 м с диаметром 16 мм.

Приложение Г (рекомендуемое)

Примеры расчета осадки основания насыпи

Пример 1

Исходные данные: На местности третьего типа по условиям увлажнения проектируют автомобильную дорогу III-й технической категории, по второму принципу использования ММГ, с асфальтобетонным покрытием. Насыпь высотой $H = 2$ м возводят в зимний период на полную высоту из сыпучемерзлого песчаного грунта. Основание насыпи — глина пылеватая. Срок службы сооружения 24 года. Согласно прогнозу, глубина оттаивания основания через 24 года после окончания строительства $h_{\text{г.о.}}$ составляет 2,1 м (рисунок Г.1). Объемный вес грунта основания $\gamma_{\text{г.о.}} = 19,1 \text{ кН/м}^3$. Объемный вес грунта насыпи $\gamma_{\text{н}} = 18 \text{ кН/м}^3$. Дорога имеет 2 полосы движения, ширина земляного полотна поверху (ВОПЗП) 12 м. Нормативная нагрузка АК для автомобильных дорог с капитальными дорожными одеждами имеет класс нагрузки (К) 11,5 кН/м.

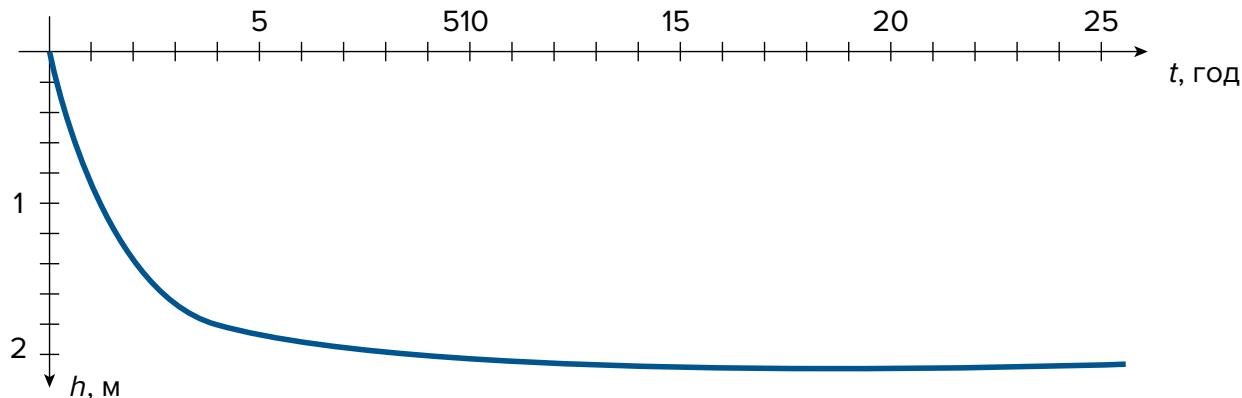


Рисунок Г.1—Прогноз оттаивания основания насыпи

Задача:

Требуется определить осадку основания насыпи.

Решение:

1) Определяем нагрузку от веса насыпи на минеральный грунт основания:

$$\rho_0 = \gamma_{\text{н}} h_{\text{н}} = 18 \cdot 2 = 36 \text{ кН/м}^2.$$

2) Определяем нагрузку от построечного транспорта при сооружении дорожной одежды согласно ГОСТ 32960, принимая ее равной эквивалентной распределенной нагрузке на поверхность грунта основания от транспорта в период эксплуатации дороги:

$$q = \frac{7,4n}{B_{\text{опзп}}} K = \frac{7,4 \cdot 2}{12} 11,5 = 14,18 \text{ кПа.}$$

3) Определяем характеристики сжимаемости грунтов по таблице 9.5:

$$A_0 = 0,06; \alpha = 0,1 \text{ см}^2/\text{кгс} = 0,001 \text{ м}^2/\text{kН.}$$

4) Вычисляем осадку по формуле (9.14):

$$\begin{aligned} S_{\text{г.о.}} = S_o^{2,3} &= A_0 h_{\text{г.о.}} + a_0 h_{\text{г.о.}} \left(p_0 + q + \frac{\gamma_{\text{г.о.}} h_{\text{г.о.}}}{2} \right) = \\ &= 0,06 \cdot 2,1 + 0,001 \cdot 2,1 \left(36 + 14,18 + \frac{19,1 \cdot 2,1}{2} \right) = 0,27 \text{ м.} \end{aligned}$$

5) Сравнивая расчетную и допустимую осадку:

$$S'_{\text{г.о.}} < S'_{\text{доп.}}$$

Допустимая осадка для асфальтобетонного покрытия, в соответствии с таблицей 9.3, составляет 20 см.

$$27 \not< 20.$$

Вывод: Осадка основания насыпи превышает допустимую. Требуется назначение мероприятий для снижения осадки, например, применение теплоизолирующих, либо армирующих или термоармирующих материалов.

Пример 2

Исходные данные: Дорога V-й технической категории, срок службы 10 лет. Дорожная одежда—сборное покрытие. Остальные исходные данные см. пример 1.

Задача:

Требуется определить допустимый срок устройства покрытия.

Решение:

1) Определяем глубину оттаивания основания в конце первого теплого сезона, по графику на рисунке Г.1:

$$h_{\text{г.о.}} = 1 \text{ м.}$$

2) Определяем нагрузку от веса насыпи на минеральный грунт основания:

$$p_0 = \gamma_{\text{н}} h_{\text{н}} = 18 \cdot 2 = 36 \text{ кН/м}^2.$$

3) Определяем характеристики сжимаемости грунтов по таблице 9.5:

$$A_0 = 0,06; a = 0,1 \text{ см}^2/\text{кгс} = 0,001 \text{ м}^2/\text{кН.}$$

4) Вычисляем осадку за первый год по формуле (9.14):

$$\begin{aligned} S'_{\text{г.о.}} = S_o^{2,3} &= A_0 h_{\text{г.о.}} + a_0 h_{\text{г.о.}} \left(p_0 + q + \frac{\gamma_{\text{г.о.}} h_{\text{г.о.}}}{2} \right) = \\ &= 0,06 \cdot 1 + 0,001 \cdot 1 \left(36 + 14,18 + \frac{19,1 \cdot 1}{2} \right) = 0,12 \text{ м.} \end{aligned}$$

5) Сравниваем расчетную осадку за первый год и допустимую интенсивность осадки:

$$S'_{\text{г.о.}} < S'_{\text{доп.}}$$

Допустимая интенсивность осадки, в соответствии с п. 9.3.5, составляет 2 см/год.

$$12 \not< 2.$$

Вывод: интенсивность осадки за первый год превышает допустимую для данного типа покрытия. Необходимо оценить прохождение осадки в следующий период.

6) Определяем общую осадку на второй год после сооружения насыпи.

Глубина оттаивания по графику на рисунке Г.1 составляет 1,2 м. Вычисляем осадку на этот период:

$$\begin{aligned} S_{\text{г.о.}}'' &= S_o^{2,3} = A_0 h_{\text{г.о.}} + a_0 h_{\text{г.о.}} \left(p_0 + q + \frac{\gamma_{\text{г.о.}} h_{\text{г.о.}}}{2} \right) = \\ &= 0,06 \cdot 1,2 + 0,001 \cdot 1,2 \left(36 + 14,18 + \frac{19,1 \cdot 1,2}{2} \right) = 0,15 \text{ м.} \end{aligned}$$

7) Приращение осадки за второй год определяем, как разность осадок на первый и второй годы:

$$S_{\text{г.о.}}^{I-II} = S_{\text{г.о.}}'' - S_{\text{г.о.}}' = 0,15 - 0,12 = 0,03 \text{ м.}$$

8) Сравниваем расчетную осадку за второй год и допустимую интенсивность осадки:

$$S_{\text{г.о.}}^{I-II} < S_{\text{доп.}}^i.$$

$3 < 2.$

Вывод: интенсивность осадки за второй год превышает допустимую для данного, капитального, типа покрытия, но соответствует допустимой для переходного покрытия. Необходимо оценить прохождение осадки в следующий период.

9) Определяем общую осадку на третий год после сооружения насыпи.

Глубина оттаивания по графику на рисунке Г.1 составляет 1,3 м. Вычисляем осадку на этот период:

$$\begin{aligned} S_{\text{г.о.}}''' &= S_o^{2,3} = A_0 h_{\text{г.о.}} + a_0 h_{\text{г.о.}} \left(p_0 + q + \frac{\gamma_{\text{г.о.}} h_{\text{г.о.}}}{2} \right) = \\ &= 0,06 \cdot 1,3 + 0,001 \cdot 1,3 \left(36 + 14,18 + \frac{19,1 \cdot 1,3}{2} \right) = 0,16 \text{ м.} \end{aligned}$$

10) Приращение осадки за третий год определяем, как разность осадок на второй и третий годы:

$$S_{\text{г.о.}}^{II-III} = S_{\text{г.о.}}''' - S_{\text{г.о.}}'' = 0,16 - 0,15 = 0,01 \text{ м.}$$

11) Сравниваем расчетную осадку за третий год и допустимую интенсивность осадки:

$$S_{\text{г.о.}}^{II-III} < S_{\text{доп.}}^i.$$

$1 < 2.$

Вывод: на третий год после сооружения насыпи интенсивность осадки составляет 1 см/год, что соответствует допустимой для капитального покрытия. При необходимости ускорить начало эксплуатации дороги следует назначить мероприятий для снижения осадки, например, применение теплоизолирующих, либо армирующих или термоармирующих материалов. Также возможно устроить покрытие переходного типа, либо сборное при двухстадийном строительстве.

Рецензия

на стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 «Насыпи дорожные в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов. Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей»

Стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 представляет собой комплексный технический документ, разработанный ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы» и направленный на регламентацию проектирования и устройства дорожных насыпей в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) с применением теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола (XPS) собственного производства. Настоящий стандарт ориентирован на реализацию требований действующего законодательства и нормативной базы Российской Федерации в области проектирования, строительства, энергоэффективности и безопасности зданий и сооружений в условиях криолитозоны.

Стандарт демонстрирует высокий уровень технической проработки, системный подход к решению задач термостабилизации температурного режима ММГ и отражает современные научно-технические достижения в области проектирования и строительства транспортных сооружений в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов.

Основное содержание стандарта

Стандарт состоит из введения, 11 разделов, 4 приложений, библиографии и листа регистрации измерений.

Анализ достоинств

Комплексность подхода. Документ охватывает все этапы жизненного цикла конструкции: от выбора принципа проектирования (первый или второй по СП 25.13330) до контроля качества строительства и требований безопасности. Это обеспечивает целостность и технологическую непрерывность проектных и строительных решений.

Научная и методологическая обоснованность. Стандарт опирается на фундаментальные положения инженерного мерзлотоведения и теплофизики мерзлых грунтов. Особое внимание уделено прогнозному моделированию температурного режима с использованием специализированного программного комплекса (FROST 3D), что позволяет перейти от упрощённых эмпирических методик к точному инженерному расчету.

Практическая применимость. Стандарт содержит конкретные, детализированные конструктивные схемы (18 вариантов) с таблицами, в которых четко указаны необходимые параметры плит теплоизоляции, типы дополнительных мероприятий (охлаждающие площадки, термостабилизаторы и др.) в зависимости от расчетной температуры воздуха. Это делает документ удобным инструментом для проектировщиков.

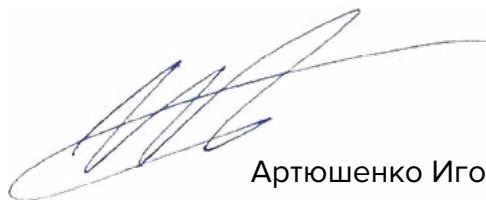
Учет взаимодействия различных мероприятий. Документ корректно подчеркивает, что теплоизоляция XPS является лишь одним из элементов комплексной системы термостабилизации ММГ. Рассмотрены и рекомендованы сочетания с различными другими конструктивно-технологическими решениями такими как: габионы, многосекционные геооболочки и термоопоры, что повышает общую эффективность решения.

Наличие расчетных методик и примеров. В приложениях приведены методики и конкретные примеры расчета устойчивости конструкций защиты откосов и прогноза осадок, что способствует правильному применению стандарта на практике.

Заключение

Стандарт СТО 72746455-4.6.6-2025 является современным, научно и практически обоснованным документом, который вносит значительный вклад в повышение надежности и долговечности дорожных насыпей в криолитозоне. Он систематизирует передовые инженерные решения и предоставляет проектировщикам и строителям четкие, проверенные методики.

Документ может служить не только внутренним регламентом для ООО «ТехноНИКОЛЬ», но и ценным методическим пособием для всей отрасли. Рекомендуется к использованию при проектировании и строительстве автомобильных и железных дорог в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов.



Артюшенко Игорь Александрович
кандидат технических наук,

05.23.02 (2.1.2) основания и фундаменты, подземные сооружения,
доцент, член Российского общества механики грунтов и геотехники (РОМГГиФ),
член Международного общества механики грунтов и геотехники (ISSMGE),

Член-корреспондент Международной Академии Холода (МАХ),
Член ТК №187 «Проведение исследований в полярных регионах»

13.10.25

Рецензия

на стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 НАСЫПИ ДОРОЖНЫЕ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температуруного режима грунтов основания и тела насыпей

Стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 «Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей» (далее – «Стандарт») подготовлен ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы».

Стандарт предназначен для проектирования насыпей автомобильных и железных дорог в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). В стандарте приведены конструктивные решения насыпей автомобильных и железных дорог с использованием экструзионных пенополистирольных плит ТЕХНОНИКОЛЬ по СТО 72746455-3.3.1 или ТУ 2244-047-17425162 для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела дорожных насыпей применительно к регионам, выделенным в зоне распространения ММГ. Рассмотрено сочетание применения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ с различными мероприятиями по охлаждению грунтов, включая габионы, многосекционные геооболочки, а также термоопоры. Приведены конструкции защиты откосов и территории, прилегающей к подошве насыпи, в которых используются плиты XPS ТЕХНОНИКОЛЬ.

В рецензируемом стандарте приведена необходимая информация для использования при проектировании нового строительства, реконструкции и капитального ремонта линейных сооружений дорожной инфраструктуры. Стандарт описывает порядок подбора конструкций, назначения расположения и толщины теплоизоляции, учета климатических, инженерно-геологических и гидрологических условий, а также проверки эффективности принятых решений методами моделирования теплового режима.

Стандарт состоит из 11 разделов, 4 приложений и библиографического списка, изложенных на 81 странице машинописного текста. Текст стандарта содержит необходимые схемы и таблицы, а также поясняющие примеры расчетов для подбора теплоизоляционных материалов в составе дорожных конструкций. Стандарт выполнен в соответствии с нормами, действующими на территории РФ.

Считаю, что стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 «Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей» может быть издан и использован специалистами инженерно-изыскательских и проектных организаций, а также научными сотрудниками и студентами ВУЗов, связанных с подготовкой инженерных кадров по направлению 08.04.01 «Строительство».

Рецензент, к.т.н., доцент,
Доцент кафедры «Строительство дорог
транспортного комплекса», ФГБОУ ВО ПГУПС

Е.В. Городнова

05.11.2025



**Общество с ограниченной ответственностью
«ГЕО-ПРОЕКТ»
ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**

Юридический адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Большая Монетная ул., д. 19 Б, лит. А, пом. 1-Н, тел/факс: +7 (812) 300-55-00, e-mail: gp@geoproject-group.com
Почтовый адрес: 198035, г. Санкт-Петербург, Двинская,, д. 3 лит. А, тел/факс: +7 (812) 300-55-00, e-mail: gp@geoproject-group.com

Отзыв

на стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 НАСЫПИ ДОРОЖНЫЕ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Применение теплоизоляции XPS ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей

Стандарт организации СТО 72746455-4.6.6-2025 разработан кандидатом технических наук Пшеничниковой Е.С. по заказу Общества с ограниченной ответственностью «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы» и является внутренним нормативным документом данной организации. По своему построению, содержанию и оформлению он соответствует ГОСТ Р 1.4 – 2019 «Стандарты организаций. Основные положения. Требования к построению, содержанию, оформлению, обозначению и обновлению». Документ состоит из девяти глав с приложениями на 83-х страницах текста.

Разработанный стандарт основан на требованиях действующих нормативных документов и рекомендаций по применению теплоизоляционных слоев для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела дорожных и железнодорожных насыпей в зоне многолетнемерзлых грунтов (ММГ) с использованием экструзионных пенополистирольных плит ТЕХНОНИКОЛЬ по СТО 72746455-3.3.1 или ТУ 2244-047-17425162 (далее – XPS ТЕХНОНИКОЛЬ).

В представленном документе на конкретных примерах и опыте применения теплоизоляционных материалов на различных объектах раскрываются основные вопросы проектирования насыпей автомобильных и железных дорог в зоне распространения ММГ. Приведены конкретные конструктивные решения насыпей автомобильных и железных дорог с использованием экструзионных пенополистирольных плит ТЕХНОНИКОЛЬ для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела насыпей применительно к регионам с многолетнемерзлыми грунтами. Рассмотрено сочетание применения плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ с различными мероприятиями по охлаждению грунтов, включая габионы, многосекционные геоболочки, а также термоопоры. Показаны различные варианты стабилизации температурного режима грунтов насыпи и его основания, защиты откосов и территории, прилегающей к подошве насыпи с применением плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ. При этом конструкции насыпей даны с учетом влияние толщины снежного покрова и среднегодовой температуры воздуха в данном регионе, где проектируется дорога, что является примером индивидуального подхода к проектированию каждого участка.

Немало внимания уделено к защите откосов насыпей и их укреплению, даны конкретные примеры укрепления откосов с применением различных геоматериалов с формулами расчета. Далее рассмотрены теплофизические и прочностные расчеты конструкций насыпей, прогнозное моделирование в прикладной программе FROST 3D. Это позволяет полнее учитывать местные факторы и оптимизировать проектные решения, а также выполнить теплофизический расчет с мерзлотным прогнозом на весь срок службы сооружения.

Для расчета конструкции, приведенные в СТО даны примеры ручного счета для оценки устойчивости откосов и возможных осадок насыпей после их устройства с применением плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ.

В целом, документ очень интересный и имеет научно-практическую ценность, т.к. охватывает практический опыт строительства дорог на многолетнемерзлых грунтах с научным обоснованием. Текст изложен профессиональным и понятным языком, что только повышает ценность разработанного документа. Он может быть рекомендован проектным и научным организациям для использования при проектировании земляного полотна автомобильных и железных дорог, эксплуатирующим и строительным организациям, высшим учебным заведениям как учебную-практическую литературу при разработке диссертационных и дипломных работ.

Рецензент:

Старший научный сотрудник,
кандидат технических наук, доцент



Устян Н.А.

Библиография

1. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
3. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации.
4. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ О техническом регулировании.
5. СТО 72746455-3.3.1-2012 Плиты пенополистирольные экструзионные ТЕХНОНИКОЛЬ XPS. Технические условия.
6. ТУ 2244-047-17425162-2006 Плиты пенополистирольные экструзионные ТЕХНОНИКОЛЬ XPS. Технические условия.
7. Рекомендации по применению теплоизоляции для стабилизации температурного режима грунтов основания и тела дорожных насыпей в зоне вечной мерзлоты, ООО «Лаборатория инженерной теплофизики» (ООО «ЦЛИТ»), 2024, в составе авторов: д.т.н. Пассек Вад. В.(руководитель), к.т.н. Поз Г.М., к.т.н. Пассек Вяч. В., к.т.н. Пшеничникова Е.С., к.т.н. Селезнёв А.В., инж. Воробьёв С.С
8. ОДМ 218.2.049-2015 Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах.
9. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползневых склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог
10. СП 447.1325800.2024 Железные дороги в районах вечной мерзлоты. Основные положения проектирования
11. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм
12. СТО 72746455-4.6.1-2013 Насыпи дорожные. Рекомендации по проектированию и устройству с применением заполнителя из экструзионного пенополистирола «ТехноНИКОЛЬ XPS»
13. Технические указания на применение пенополистирола и геотекстиля при усилении основной площадки земляного полотна без снятия рельсошпальной решетки. МПС РФ. Департамент пути и сооружений. Москва, 1999
14. ОДМ 218.2.078-2016 Методические рекомендации по выбору конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования
15. ОДМ 218.4.1.006-2021 Рекомендации по применению многосекционных геоболочек при сооружении земляного полотна
16. СП 238.1326000.2015 Железнодорожный путь
17. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 N882н Об утверждении Правил по охране труда при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ.
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479 Об утверждении правил противопожарного режима в Российской Федерации.
19. СНиП 12-03-2001_Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования
20. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
21. Руководство по применению полимерных материалов (пенопластов, геотекстилей, георешеток, полимерных дренажных труб) для усиления земляного полотна при ремонтах пути ОАО «РЖД», 2002

УДК 625

ОКС 93.100

Ключевые слова: насыпи на многолетнемерзлых грунтах, мероприятия по регулированию теплового режима, пенополистирольные плиты, экструзионный пенополистирол

ООО «ТехноНИКОЛЬ - Строительные Системы»

Руководитель
разработки

Руководитель технической службы
направления Полимерная изоляция
должность


личная подпись

K. O. Парамонов
инициалы, фамилия

Разработчик

Внештатный эксперт, к.т.н.
должность


личная подпись

E. С. Пшеничникова
инициалы, фамилия

Технический специалист
направления Полимерная изоляция
должность


личная подпись

Я. С. Хомяков
инициалы, фамилия

Нормоконтроль

Руководитель ЦНС ТД
должность


личная подпись

С. Н. Колдашев
инициалы, фамилия

Технический директор
должность

Е. П. Войлов
инициалы, фамилия

(по доверенности от 01.01.2025
№01012025/61864)

Идентификатор документа 2544d389-ff07-4827-81fc-0004298ae7d4

Документ подписан и передан через оператора ЭДО АО «ПФ «СКБ Контур»



Подписи отправителя:	Организация, сотрудник	Доверенность: рег. номер, период действия и статус	Сертификат: серийный номер, период действия	Дата и время подписания
	 Общество с ограниченной ответственностью "ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы" Войлов Евгений Петрович Доверитель: ООО "ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы"	0cbe7432-ee15-47db-bbbd-2bc00791cd5 3 с 19.04.2024 00:00 по 18.04.2026 23:59 GMT+03:00 Доверенность прошла проверку	02A8359F00C9B265AE4D1E365 A5FDFA6C8 с 24.04.2025 12:29 по 24.07.2026 12:29 GMT+03:00	03.10.2025 09:23 GMT+03:00 Подпись соответствует файлу документа



[СКАЧАТЬ ДОКУМЕНТ](#)



8 800 600 05 65

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОНСУЛЬТАЦИИ

WWW.NAVTN.RU