

- СИСТЕМА ПОВЕРХНОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НАСЫПЕЙ
- ЛУБРИКАЦИЯ И НАГРУЖЕННОСТЬ ВНУТРЕННЕГО РЕЛЬСА
- СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ
- КАК ПЕРЕЗАКРЕПЛЯТЬ ПЛЕТИ
- ПЕРСПЕКТИВЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
- ДООСНАЩЕНИЕ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН

путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

1 · 2024



С Новым годом!



Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный
производственно-технический
журнал

Издается с января 1957 г.
(с 1936 г. по 1940 г. выходил
под названием «Путеец»)

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.Г. АКОПЯН, Е.С. АШПИЗ, д.т.н.,
В.П. БЕЛТЮКОВ, д.т.н.,
Л.С. БЛАЖКО, д.т.н.,
Ю.А. БЫКОВ, д.т.н.,
Т.Н. ГОРЬКАНОВА, С.А. КОБЗЕВ,
И.Ю. КОВАЛЁВ — зам. главного
редактора, А.И. ЛИСИЦЫН,
А.А. ЛОКТЕВ, д.ф.-м.н.,
А.А. МАРКОВ, д.т.н.,
В.И. НОВАКОВИЧ, д.т.н.,
О.А. ПАШЕНЦЕВА — ответственный
секретарь,
А.В. САВИН, д.т.н.,
О.Б. СИМАКОВ, к.т.н.,
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,
М.Ю. ХВОСТИК, к.т.н.,
А.М. ХРАМЦОВ,
Т.В. ШЕПИТЬКО, д.т.н.,
А.С. ЯНОВСКИЙ

РЕДАКЦИЯ

А.Г. КЕТКИНА, И.В. МОЧАЛОВА,
Е.Ю. СТЕПАНОВА

Телефоны:

(499)262-00-56; (499)262-67-33

Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь
e-mail: prh@inbox.ru
Сайт: <http://prh-magazine.ru>
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;
<https://public.ru/>; <https://rucont.ru/>; <http://www.ivis.ru/>
Аннотации статей: www.rzd-expo.ru

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-21830 от 07.09.2005

Журнал включен в базу данных Российского
индекса научного цитирования и Перечень ВАК

Рукописи не возвращаются.
Использование материалов возможно только с
письменного согласия редакции.
Мнение редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов.

Подписано в печать 28.12.2023

Формат 60×84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 23147 от 25.12.2023

Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм +»,
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

В НОМЕРЕ

Конструкции и сооружения

- Пассек В.В., Воробьёв С.С., Поз Г.М. и др.** — Система поверхностного охлаждения насыпи в зоне вечной мерзлоты 2
- Краснов О.Г., Акашев М.Г., Никонова Н.М.** — Влияние лубрикации на силовую нагруженность внутреннего рельса 6
- Заграничек К.Л., Рейхарт В.А., Перков И.Е.** — Соппротивление усталости закаленных рельсов производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» 10
- Левинзон М.А., Загитов Э.Д.** — Об учете модуля упругости подрельсового основания при разработке новых конструкций пути 14
- Новакович В.И., Карпачевский В.В., Мироненко Е.В. и др.** — Как перезакреплять концевые участки плетей 17
- Ашпиз Е.С., Салмин А.О.** — Применение водоотводных лотков из композиционных материалов в условиях пучинистых грунтов 20
- Каптелин С.Ю.** — Опыт и перспективы использования полимерных композитных конструкций 23

Контроль и диагностика

- Лебедев С.П., Слобцова Е.М., Савичев С.В.** — Вихретоковый контроль поверхности боковых граней рельсов 26
- Радько А.С.** — Перспективы применения робототехнических комплексов для обследования инфраструктуры железных дорог 29

Путевая техника

- Абрамов А.Д., Кочергин В.И., Семёнов М.А.** — Дооснащение снегоуборочных машин устройствами автоматизированного мониторинга 32

На обложке

**Первая страница — На магистралях России
Фото Ковалёва И.Ю.**

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТВОДНЫХ ЛОТКОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТОВ



АШПИЗ Е.С., Российский университет транспорта (МИИТ),
докт. техн. наук,
САЛМИН А.О., РУТ (МИИТ), инженер

Аннотация. В статье описано влияние морозного пучения грунта на водоотводы из композиционных материалов, приведены теплотехнические расчеты с выводами о влиянии таких водоотводов на температурный режим сезонно промерзающих грунтов, а также определены величины горизонтального и вертикального морозного пучения грунта и дана рекомендация по мероприятиям для ее снижения.

Ключевые слова: водоотводные лотки, композитные материалы, морозное пучение грунта, теплотехническое моделирование.

На железных дорогах России с 90-х годов XX в. в качестве водоотводных сооружений начали применять лотки из композитных стеклопластиков (далее композитные лотки). Их достоинствами является малый вес, позволяющий производить монтаж вручную, срок службы до 50 лет, лучшие в сравнении с бетоном гидравлические характеристики за счет оптимальной формы сечения и низкого коэффициента шероховатости [1].

Однако у этих лотков, как показали натурные осмотры после 20-летней эксплуатации [2], в ряде случаев возникают деформации стенок, приводящие к сужению их поперечного сечения до значений выше допустимых из-за воздействия на них сил морозного пучения. В ходе наблюдений [2] было установлено, что на некоторых участках с деформациями лотков в нарушение требований [3] отсутствовала обратная засыпка, и непосредственно к стенкам лотка с внешней стороны примыкали пучинистые глинистые и торфяные грунты.

В августе 2015 г. специалисты ООО НПП «АпАТЭК» и МИИТа осмотрели композитные лотки, уложенные на участках Маленга — Унежма — Сулозеро Северной дороги. Грунты в зоне обследования — торф и сугли-

нок. В результате выявлено, что в этих условиях в целом водоотводы из композиционных материалов хорошо себя зарекомендовали. Однако ввиду наличия пучинистых грунтов с большой интенсивностью пучения на 137 км ПК9+90—138 км ПК2+70 водоотвод, находящийся на расстоянии 23 м от оси пути, состоящий из 220 секций лотков высотой 0,75 м, имеет девять мест с механическими повреждениями, вызванными морозным пучением.

Учитывая опыт применения композитных лотков в пучинистых грунтах, было принято решение оценить воздействие на лоток морозного пучения и разработать рекомендации по его снижению при промерзании грунта вокруг. Особенность протекания процесса морозного пучения в зоне лотка состоит в том, что из-за внутреннего пространства лотка деформации, вызываемые силами пучения, происходят не только по направлению к поверхности грунта (вверх), но и внутрь лотка (к его оси). И если первое вызывает выталкивание лотка из грунта, то второе приводит к деформациям его стенок, сужению поперечного сечения, что и наблюдалось на практике.

Поэтому для решения поставленной задачи в научно-исследовательской Путьиспытательной лабора-

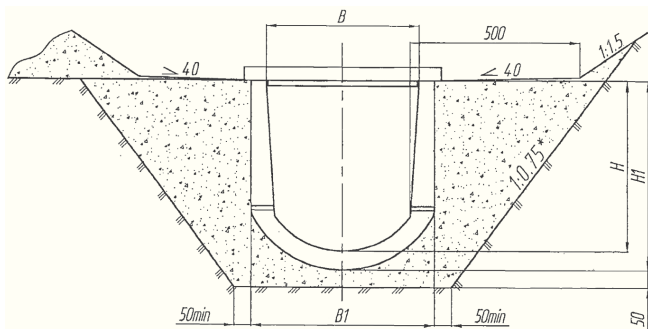


Рис. 1. Поперечный профиль лотка с базовой обратной засыпкой

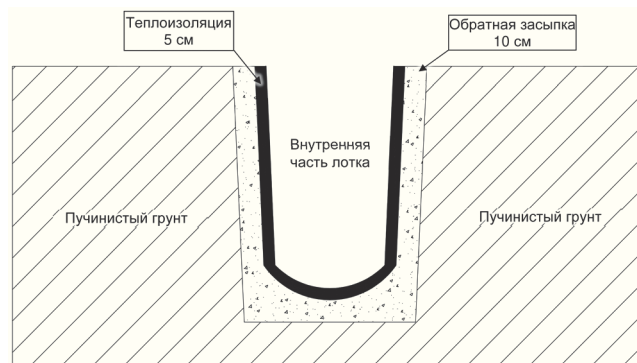


Рис. 2. Альтернативный вариант обратной засыпки лотка с теплоизоляцией

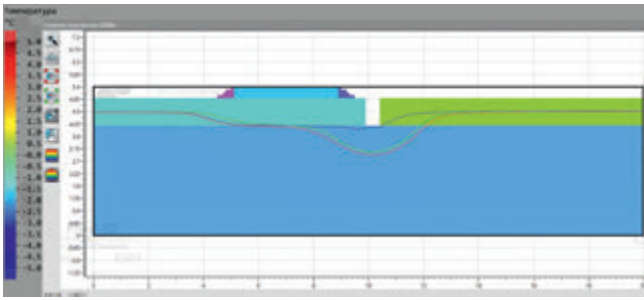


Рис. 3. Изотермы $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ для лотка высотой 1,0 м с крышкой на начало апреля:

зеленая — без обратной засыпки; красная — с обратной засыпкой по [2]; синяя — с теплоизоляцией 5 см и обратной засыпкой 10 см

тории РУТ (МИИТ) выполнено математическое моделирование процесса промерзания грунта вокруг лотка, определены величины вертикального и горизонтального пучения при разных конструкциях обратных засыпок и параметров интенсивности окружающего грунта. Для моделирования промерзания использовался сертифицированный программный продукт «Frost 3D», разработанный фирмой ООО «НТЦ «Симмэйкерс» [4].

Моделирование промерзания

Для моделирования рассмотрены расчетные варианты без обратной засыпки и с обратной засыпкой разной конструкции. Базовой принята конструкция обратной засыпки из песчано-гравийной смеси, рекомендованная [2] (рис. 1).

Альтернативным вариантом обратной засыпки для уменьшения пучения предложена конструкция с теплоизоляцией стенок и дна лотка экструдированным пенополистиролом толщиной 5 см (рис. 2).

Моделирование выполнялось для условий участка Унежма–Маленга Северной дороги. Климатические параметры для моделирования приняты согласно [5]. В качестве грунта за пределами обратной засыпки принят суглинок мягкопластичный, теплофизические характеристики которого назначались согласно рекомендациям [6], а температура замерзания принималась $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Всего проведено моделирование 18 различных вариантов с различной высотой лотка, разных кон-

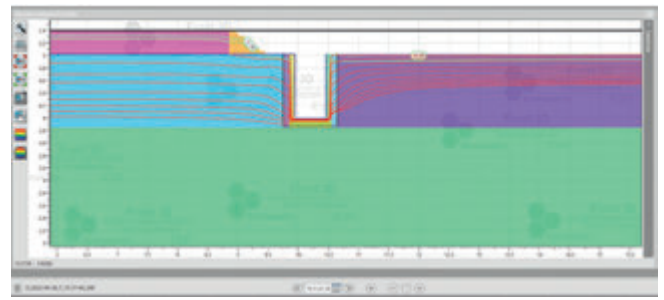


Рис. 4. Изотермы $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ с 15.11.2019 по 01.04.2020 с шагом в две недели для варианта с обратной засыпкой 10 см и теплоизоляцией снизу и по стенкам лотка

струкций обратной засыпки и наличием крышки. На рис. 3 приведен пример результатов моделирования для композитного лотка высотой 1 м с крышкой, а на рис. 4 без крышки с вариантом альтернативной обратной засыпки с теплоизоляцией с шагом в две недели от начала промерзания.

Результаты моделирования промерзания пучинистого грунта за стенками лотка на конец зимнего периода для разных вариантов приведены в таблице, где указана суммарная горизонтальная составляющая промерзания суглинка из лотка в сторону боковых стенок (рис. 5) и глубина промерзания суглинка под дном лотка.

Результаты моделирования показали следующее: промерзание для всех лотков при наличии крышки больше, чем без нее из-за теплоизолирующей способности снега, который попадает в лоток, если крышка отсутствует;

с устройством обратной засыпки промерзание суглинка уменьшается;

со стороны пути горизонтальная проекция промерзания суглинка меньше, чем с полевой стороны за счет более вертикального направления градиента температуры.

Расчет воздействия морозного пучения

Для количественной оценки влияния морозного пучения грунта на композитные лотки проведены расчеты величины пучения грунта горизонтального за стенками лотка и вертикального по дну. Принята

Величина горизонтальной проекции промерзания суглинка за стенками лотка и глубина промерзания под дном, м

Вариант обратной засыпки	С крышкой						Без крышки					
	Высота лотка, м											
	0,5		0,75		1		0,5		0,75		1	
	Стенки	Дно	Стенки	Дно	Стенки	Дно	Стенки	Дно	Стенки	Дно	Стенки	Дно
Без обратной засыпки	$\frac{0,5}{0,67}$	1,09	$\frac{0,61}{0,89}$	1,07	$\frac{0,9}{1,07}$	1,04	$\frac{0,3}{0,59}$	1	$\frac{0,52}{0,83}$	0,96	$\frac{0,86}{0,91}$	0,94
С обратной засыпкой по [2]	$\frac{0,35}{0,5}$	0,99	$\frac{0,55}{0,84}$	0,96	$\frac{0,75}{0,9}$	0,94	$\frac{0,31}{0,5}$	0,94	$\frac{0,51}{0,77}$	0,88	$\frac{0,89}{0,84}$	0,86
С теплоизоляцией в обратной засыпке	$\frac{0}{0}$	0,23	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{0}{0}$	0,21	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{0}{0}$	0

Примечание: в числителе — со стороны пути, в знаменателе — с полевой стороны.

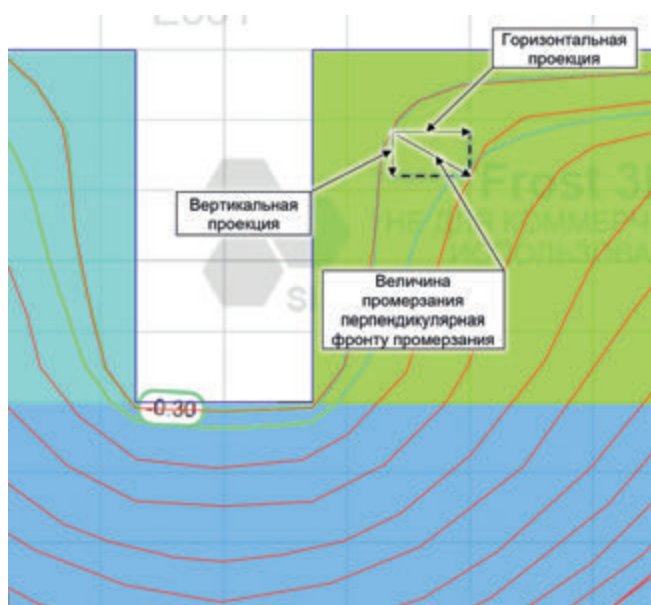


Рис. 5. Схема определения горизонтальной составляющей вектора промерзания

гипотеза о пучении, перпендикулярном фронту промерзания вблизи лотка, которое затем разложено на составляющие (рис. 5).

Величину пучения суглинка h определяли по формуле $h = fm$, где m — величина промерзания суглинка, f — интенсивность его пучения. Расчеты выполняли для разной интенсивности пучения грунта, причем находили такое максимальное ее значение, при котором критических деформаций лотка не происходило.

Допускаемое сужение стенок лотка принято согласно [7], поэтому максимальную величину суммарного морозного пучения со стороны двух боковых стенок можно ограничить этой величиной. Исходя из этого допущения, по результатам расчетов для рассматриваемого участка критическая интенсивность пучения для вариантов лотка без обратной засыпки составила 6 %, а для лотка с базовой конструкцией обратной засыпки — 7 %. Вариант альтернативной конструкции обратной засыпки с теплоизоляцией работает без деформаций пучения при любой его интенсивности, поскольку в нем отсутствует промерзание суглинка со стороны лотка (см. таблицу).

В настоящее время нормативное значение, регламентирующее величину пучения грунта под дном лотка, не установлено. В связи с этим предлагается принять нормативное значение в соответствии с [8] равным 35 мм,

как для пути на линии 4-й категории. Тогда критическая интенсивность пучения для лотков всех высот с обратной засыпкой и без нее составит 4 %.

Анализируя результаты расчетов пучения, можно сделать следующие выводы:

величина пучения при наличии крышки больше для лотков всех высот за счет отсутствия влияния теплоизолирующей способности снежного покрова, который не попадает в лоток;

величина пучения при наличии стандартной обратной засыпки несколько меньше, чем при ее отсутствии, но даже с ней при интенсивности пучения более 7 % для условий рассматриваемого участка пучение приводит к недопустимому сужению сечения лотка, а при интенсивности пучения 4 % возникает вертикальное выпучивание на 35 мм, что может способствовать возникновению обратных уклонов в секциях лотка;

в предложенном альтернативном варианте конструкции обратной засыпки лотка с теплоизоляцией для условий рассматриваемого участка отсутствует воздействие морозного пучения на лоток как с боков, так и со дна, что позволяет рекомендовать применение этой конструкции в пучинистых грунтах.

Список источников

1. Салмин А.О. Применение водоотводов из композитных лотков // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 3. С. 29–30.
2. Дыдышко П.И. Проектирование земляного полотна железнодорожного пути: справочное пособие. М.: Интекст, 2011. 152 с.
3. Водоотводные устройства из композитных материалов на железных дорогах: альбом стандартных решений РД.ЦПВС.201-2000 / МПС РФ. Введ. с 02.12.2000. М., 2000. 52 с.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611312 Российская Федерация. «Frost 3D»: № 2018664055: заявлено 06.12.2018; опубликовано 24.01.2019, Бюл. № 2 / Гордийчук В.В.; правообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр «Симмэйкерс» (ООО «НТЦ «Симмэйкерс») (RU). Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.
5. СП 131.13330.2020. Строительная климатология СНИП 23-01-99* (с Изменением № 1, 2). Введ. 25.06.2021. Изм. 30.06.2023. М.: Стандартинформ, 2021.
6. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Введ. 01.07.2021. Изм. 31.05.2022. М.: Стандартинформ, 2021.
7. Лотки водоотводные из полимерных материалов. Технические требования: утв. 08.10.2007 Департаментом пути и сооружений ОАО «РЖД». 11 с.
8. СП 238.132600.2015 Железнодорожный путь: утв. Приказом Минтранса РФ 06.07.2015 № 209. М., 2015. 71 с.

APPLICATION OF DRAINAGE TRAYS MADE OF COMPOSITE MATERIALS IN CONDITIONS OF HEAVING SOILS

Ashpiz Evgeny — D. Sci., Head of the Department, Russian University of Transport (MIIT). Moscow, Russia.

Salmin Andrey — engineer, Russian University of Transport (MIIT). Moscow, Russia. andr.salmin2012@yandex.ru

Abstract. The article describes the effect of frost heaving of soil on drainage systems made of composite materials, provides thermal calculations with conclusions about the effect of such drainage systems on the temperature regime of seasonally freezing soils, and also determines the values of horizontal and vertical frost heaving of soil and gives a recommendation on measures to reduce it.

Keywords: drainage trays, composite materials, frost heaving of soil, thermal engineering modeling.