

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Уральский государственный университет путей сообщения  
(УрГУПС)  
Кафедра «Строительство железных дорог. Путь и путевое хозяйство»

Тема: **Облегченная железная дорога**

Научный руководитель:  
**Аккерман Геннадий Львович**  
доктор технических наук, профессор

Исполнитель:  
Чернушевич Т. К.  
Скутина М. А.  
группа СЖД-410

Екатеринбург 2014

# *Введение*

Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации предусматривает существенное увеличение объемов железнодорожного строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

Необходимым условием выполнения этой задачи является разработка и выбор обоснованных конструктивно-технологических и организационных решений по земляному полотну железных дорог на многолетнемерзлых основаниях с целью повышения его надежности, снижения общего срока строительства, обеспечения возможности круглогодичного производства земляных работ в зоне транспортного освоения.

В связи с необходимостью транспортного освоения существующих и вновь открытых месторождений алмазов в Якутии. Предложено использовать для этих целей «облегченные» железные дороги, железные дороги со специальным подвижным составом и нагрузкой на ось  $q = 10 - 12 \text{ т}$ .

**Целью исследования является научное обоснование и выбор взаимосвязанных конструктивно-технологических и организационных решений по земляному полотну (насыпям) железных дорог на многолетнемёрзлых основаниях.**

# *Район проектирования*

## Климат

Вся территория Республики Саха (Якутия) относится к районам Крайнего Севера.

Климат резко континентальный, отличается продолжительным зимним и коротким летним периодами.

Апрель и октябрь в Якутии — зимние месяцы.

Максимальная амплитуда средних температур самого холодного месяца — января и самого тёплого — июля составляет 70—75 °С.

По абсолютной величине минимальной температуры (в восточных горных системах — котловинах, впадинах и других понижениях до  $-70$  °С) и по суммарной продолжительности периода с отрицательной температурой (от 6,5 до 9 месяцев в год) республика не имеет аналогов в Северном полушарии.

В таблице 1 приведены климатические данные Якутии, предоставленные НАСА: температура воздуха, влажность воздуха, сумма солнечной радиации, скорость ветра.

*Таблица 1*

<i>Период</i>	<i>Янв,</i> °C	<i>Фев,</i> °C	<i>Мар,</i> °C	<i>Апр,</i> °C	<i>Май,</i> °C	<i>Июн,</i> °C	<i>Июл,</i> °C	<i>Авг,</i> °C	<i>Сен,</i> °C	<i>Окт,</i> °C	<i>Ноя,</i> °C	<i>Дек,</i> °C	<i>Год,</i> °C	<i>Год,</i> %	<i>Год,</i> кВтч/ м <sup>2</sup>	<i>Год,</i> м/с
Якутск	-40,9	-35,9	-21,6	-6,1	6,7	15,4	18,7	14,9	5,7	-8,5	-29,2	-38,8	-9,8	68,9	1081,1	2

### Геоморфологические области

- Платформенные равнины, плоскогорья и плато с останцовыми горами
- Горы, нагорья, плато на древнем кристаллическом фундаменте
- Горы, нагорья и плоскогорья на палеозойско-мезозойском складчатом основании
- Горы, плато и равнины на разновозрастном складчатом основании
- Лапеево-Чукотская область шельфа и островов



Рисунок 1. Карта района проектирования новой «облегченной» железной дороги

**Объектом нашего исследования является:**  
однопутная железная дорога, с облегченной  
нагрузкой на ось, пониженными скоростями  
движения и сроком эксплуатации не более 15 лет.

Изучив район проектирования, Республика Саха  
(Якутия), параметры новой линии, предлагаем  
облегченный вариант земляного полотна, в  
частности, конструкцию облегченной насыпи.



# *Параметры облегченной железной дороги*

- Линия однопутная;
- Рельсы Р50;
- Шпалы железобетонные;
- Скорость движения подвижного состава 40 км/ч;
- $Q_{\text{брутто}} = 48$  тонн;
- Нагрузка на ось  $q = 10-12$  тонн;
- Количество вагонов в поезде  $n \leq 6$ ;
- Грузонапряженность,  $\Gamma = 0,5-5$  млн. тонн в год;
- Балластный слой щебеночный высотой 0,40 м.

# *Параметры грунтов насыпи и основания*

Насыпь отсыпана из мелких пылеватых песков, хвостов алмазных месторождений.

В основании насыпи уложен теплоизоляционный слой из торфа высотой в плотном теле 0,25 м.

Балластный слой щебеночный высотой 0,40 м, считая до верха шпал.

Грунты в основании насыпи – моренные суглинки с примесью щебня и гальки до 30 %.

Влажность грунтов основания 45 %, число пластичности  $W_n = 9$ .

Мохорастительный покров толщиной 0,10 м сохраняется в процессе строительства под насыпью и в полосе отвода.

## *Расчет оптимальной высоты облеглаченной насыпи*

Оптимальная высота насыпи, высота при которой не будет происходить оттаивания основания облеглаченного сооружения.

Высота насыпи должна рассчитываться и проверяться по двум условиям:

- Устойчивость и прочность;
- Морозоустойчивость.

Учитывая, что железная дорога облеглаченная, ведем расчеты только на морозоустойчивость.

Глубину сезонного оттаивания грунтов основания насыпи рассчитываем как двухслойную толщину.

Для верхнего слоя (мохорастительный покров) находим  $H'_T = 0,65$  м, для нижнего слоя (моренный суглинок)  $H''_T = 0,85 \times 2,5 = 2,13$  м.

$$H_T = 2,13 - 2,13/0,65 \times 0,10 + 0,10 = 1,99 \text{ м}$$

Дорожная конструкция состоит из трех слоев.

Толщина верхнего слоя (балластная призма) и нижнего (торфяная подушка) известна.

Толщина среднего слоя (тело насыпи) неизвестна.

Чтобы можно было воспользоваться методом эквивалентных слоев, надо условно поменять порядок слоев (на результатах расчета это не отразится) и считать вторым слоем торфяную подушку, а третьим – грунт самой насыпи.

Нормативная влажность для первого слоя (щебеночный балласт) – 3 %; для второго слоя (торфяная подушка) влажность не принимается в расчет, для третьего слоя (песок мелкий пылеватый) – 9 %.

Определяем глубину оттаивания каждого слоя в отдельности:

$$H'_{\text{сл}} = 1,25 \times 1,05 \times 3,2 = 4,19 \text{ м}$$

$$H''_{\text{сл}} = 0,65 \text{ м}$$

$$H'''_{\text{сл}} = 0,93 \times 3,1 = 2,88 \text{ м}$$

По формуле находим  $H_{\text{н}}$ :

$$H_{\text{н}} = 2,88 - 2,88/4,19 \times 0,40 - 2,88/0,65 \times 0,25 + 0,40 + 0,25 = 2,15 \text{ м}$$

Влажность грунтов основания  $W = 45 \%$ , число пластичности  $W_{\text{п}} = 9$  относительное сжатие грунтов  $\delta = 0,27$ . Так как в грунте имеются крупные фракции, вносим поправку и принимаем  $\delta = 0,8 \times 0,27 = 0,22$ . Расчетная осадка насыпи  $S = 0,08$  м.

Полученные величины подставляем в формулу:

$$H_{\text{оп}} = 2,15 - 2,15 \times 0,08/1,99 \times (1/0,22 - 1) - 0,08 = 1,76 \text{ м}$$

Посмотрим, какая должна быть высота насыпи, если исключит теплоизоляционную торфяную подушку в ее основании.

Глубина оттаивания насыпи как двухслойной конструкции будет (принимая во внимание, что  $H'_{сл} = 4,19\text{ м}$ , а  $H''_{сл} = 2,88\text{ м}$ )

$$H_H = 2,88 - 2,88/4,19 \times 0,40 + 0,40 = 3,01\text{ м}$$



Оптимальная высота насыпи:

$$H_{\text{оп}} = 3,01 - 3,01 \times 0,08 / 1,99 \times (1/0,22 - 1) - 0,08 = 2,5 \text{ м}$$

Высота насыпи за вычетом толщины балластного слоя в первом случае будет 1,36 м, во втором – 2,10 м.

В таблице 2 представлены параметры «облегченной» насыпи.

Таблица 2. Параметры «облегченной» насыпи

<b>Минимальная ширина основной площадки</b>	<b>6,10 м</b>
Оптимальная высота насыпи	1,76 м 2,5 м, с учетом толщины балластной призмы
Крутизна откосов	1:1,5
Ширина обочин	0,45 м
Уклон от конца шпалы до бровки основной площадке для отвода атмосферных осадков	1:24

# *Использование пенополистирола при сооружении насыпи на вечномерзлых основаниях*

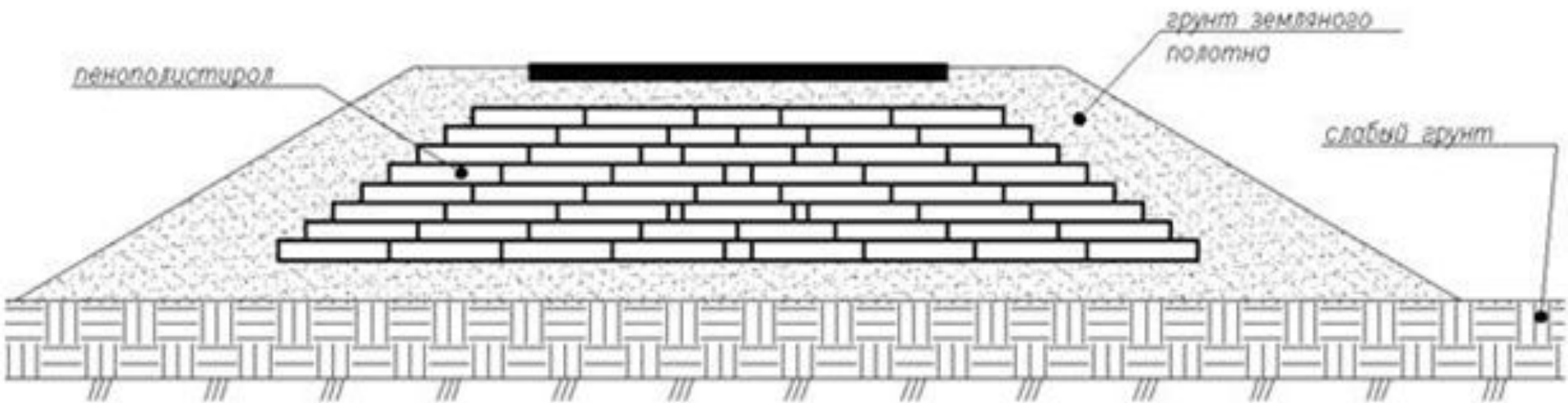


Рисунок 2. Конструкция «облегченной» насыпи с использованием пенополистирола

Одной из последних передовых технологических новинок явилось устройство «облегченных» насыпей. Впервые используется экструзионный пенополистирол, как элемент, облегчающий насыпь.

Применение экструзионного пенополистирола позволило кардинально сократить величину пассивного давления на основание насыпи, что позволяет строить железную дорогу на слабом основании без свай.

# *Вывод*

При использовании на слабых грунтах «облегченных» насыпей можно получить следующие технико-экономические эффекты:

- Обеспечение устойчивости насыпи и слабого основания;
- Уменьшение величины осадки насыпи;
- Значительное снижение времени консолидации (укрепления) слабого основания;
- Сокращение времени строительства;
- Строительство без специализированной техники и рабочих высокой квалификации;
- Существенное сокращение затрат на строительство;
- Сокращение полосы отвода.

# *Литература*

1. НТЦ «Геотехнологии СПб». URL: <http://www.ntcgeotech.ru/index.htm> (дата обращения: 19.03.2014).
2. Велли Ю. Я., Докучаева В. В., Федорова Н. Ф. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах. – Ленинград: Стройиздат. Ленинградское отделение , 1977. - 103 с.
3. Дальневосточный университет путей сообщения. URL: [http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/GDPUT/GD\\_PUT/METOD/METOD\\_POS/WEBUMK/frame/10.htm](http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/GDPUT/GD_PUT/METOD/METOD_POS/WEBUMK/frame/10.htm) (дата обращения 19.03.2014)