

# « ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ »



А.Ф. Колос

ТЕМА:

«Проектирование земляного полотна железных дорог на вечномёрзлых грунтах»  
(часть 1)

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА  
АЛЕКСАНДРА I

Кафедра «Строительство дорог транспортного комплекса»

# Рассматриваемые вопросы:

1. Основные проблемы эксплуатации железных дорог в условиях вечной мерзлоты.
2. Принципы строительства зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах.
3. Методы обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна
4. Требования к грунтам земляного полотна и основные требования проектирования.
5. Основные сведения о конструкциях земляного полотна.

# 1. Основные проблемы эксплуатации железных дорог в условиях вечной мерзлоты.

Проблемы, связанные с эксплуатацией земляного полотна в районах вечной мерзлоты связаны с:

недостаточной изученностью проблемы

отступлениями от проектных решений

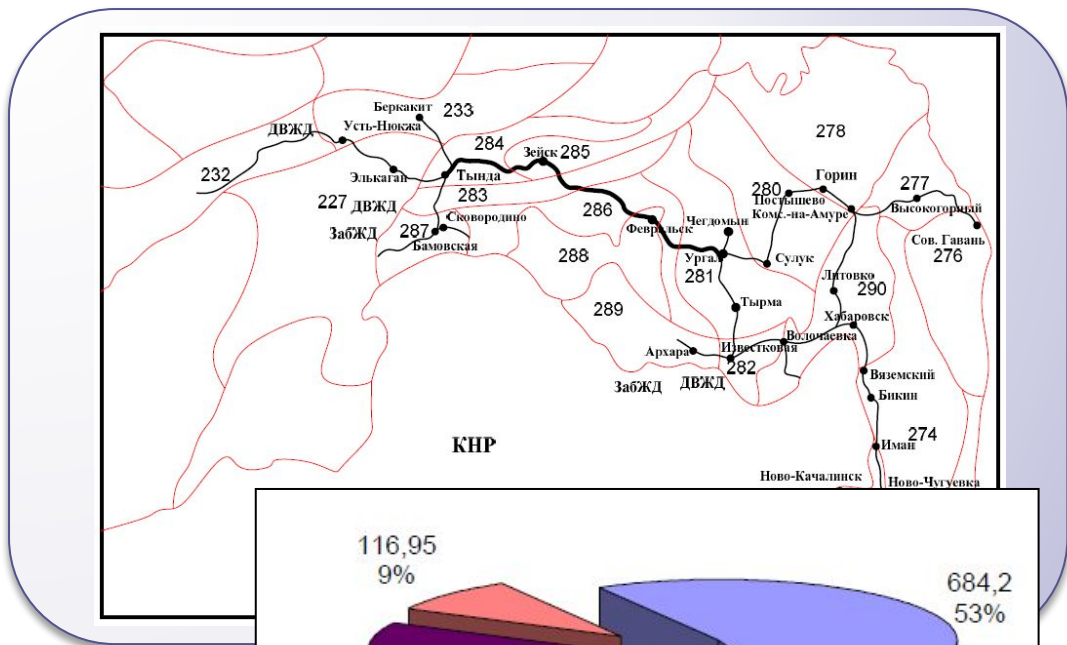
использованием материалов, неудовлетворяющих стандартам

низким качеством усиления земляного полотна

издержками при текущей эксплуатации

**ИЗБЫТОЧНОЕ УВЛАЖЕНИЕ ГРУНТОВ ТЕЛА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ЕГО ОСНОВАНИЯ**

## Северный широтный ход



## 2. Принципы строительства зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах.

### I принцип:

Многолетнемерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения

### II принцип:

Многолетнемерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии:

- с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения;
- с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения.

I принцип:

Применяется, если  
грунты основания  
можно сохранить в

течение всего периода  
эксплуатации  
сооружения.

II принцип:

Предполагается, что грунты  
основания находятся в оттаивающем  
или оттаявшем состоянии.

многолетнемерзлых грунтов,  
- когда по техническим и конструктивным  
особенностям сооружения и инженерно-  
геокриологическим условиям участка при  
сохранении мерзлого состояния грунтов  
основания не обеспечивается требуемый  
уровень надежности строительства

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ:

ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ПО *I ПРИНЦИПУ* СТРОИТЕЛЬСТВА

### 3. Методы обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна

Размещением трассы на участках:

- с прочным и недостаточно прочным основанием;
- выемок в устойчивых грунтах при оттаивании.

С использованием для возведения насыпей грунтов, имеющих лучшие строительные свойства и в меньшей мере подверженных изменению состояния под воздействием природных факторов

Использование конструктивных и организационно-технологических мер, направленных на ограничение величины, интенсивности и неравномерности осадок и морозного пучения грунтов земляного полотна и его основания

Текущее содержание пути

создание запасов по ширине и высоте насыпей в соответствии с расчетной величиной деформации грунтов основания

подготовка искусственного основания и применение противодеформационных конструкций

минимальное нарушение естественного растительно-мохового покрова в пределах участков земляного полотна со слабым и просадочным основанием

минимальное нарушения режима поверхностной и грунтовой воды в пределах участков земляного полотна со слабым и просадочным основанием

производство земляных работ по возведению насыпей в зимнее время

#### 4. Требования к грунтам земляного полотна и основные требования проектирования

##### Основные требования проектирования:



- Минимальное использование выемок;
- По условию снегозаносимости;
- Обеспечение естественного водоотвода и сохранение мохорастительного покрова;
- Не допущение сооружения насыпей из резервов;
- Максимальное использование разведанных запасов талых и сыпучемерзлых песчаных грунтов;
- Прогнозирование положения мерзлоты в теле и в основании насыпей под основной площадкой;
- Применение способов управления температурным режимом грунтовых массивов;
- Применение армирующих и дренирующих прослоек на участках использования переувлажненных и пылеватых грунтов;

## Требования к грунтам земляного полотна

Грунты, используемые для сооружения земляного полотна должны обладать физико-механическими свойствами, обеспечивающими достаточную прочность (несущую способность) основной площадки при самом неблагоприятном режиме увлажнения

### По степени пригодности вечномерзлые грунты

↓  
Сыпучемерзлые

↓  
Сухомерзлые

↓  
Твердомерзлые

↓  
Льдонасыщенные

↓  
Льдогрунтовая  
масса

↓  
Используемые  
без  
ограничений

↓  
Пригодны при  
условии  
обеспечения  
расчетной  
осадки  
доуплотнения  
при оттаивании

↓  
При содержании в  
массе талого  
грунта не более 30  
% по объему в слое  
сезонного  
оттаивания и 50 %  
в пределах  
прогнозируемого  
вечномерзлого  
ядра насыпи

↓  
НЕ  
ДОПУСКАЕТСЯ

↓  
НЕ  
ДОПУСКАЕТСЯ



## 5. Основные сведения о конструкциях земляного полотна.

### Конструкции земляного полотна на вечномёрзлых грунтах

#### Типовые решения

- на участках трассы с наличием прочных и недостаточно прочных оснований;
- с наличием устойчивых в откосах грунтов.

#### Индивидуальные проекты

- в случаях предусмотренных СТНЦ-01-95 (СП 119.13330.2012);
- на участках марей;
- на участках с активным развитием или возможным возникновением термокарстового процесса;
- на участках с наличием сезонных и многолетних бугров пучения;
- на косогорах, сложенных сильнольдистыми нескальными грунтами, имеющими при оттаивании относительную осадку более 0,10;
- на участках наледей;
- при использовании твердомерзлых песчаных грунтов.

## 5. Основные сведения о конструкциях земляного полотна.

### Основные конструктивные требования:

1. *Ширина земляного полотна*, крутизна откосов и очертание верха земляного полотна типовой конструкции назначается по нормам СП 119.13330.2012 (СТН Ц -01-95) в зависимости от вида, состояния и строительных свойств используемого грунта с учетом возможного изменения его прочностных и деформативных характеристик при воздействии поездных нагрузок и процесса промерзания-протаивания.
2. *Минимальную высоту насыпей* на всех видах оснований назначают:
  - по условиям проектирования продольного профиля;
  - с учетом предохранения пути от снежных заносов;
  - с учетом перелива и подпора воды водотоков и водоемов;
  - на участках со слабыми и просадочными основаниями по результатам теплотехнических расчетов, выполняемых по условию сохранения поверхности вечномерзлого грунта на заданном уровне;
  - по условию предохранения пути от неравномерного пучения грунтов;
  - по условию упругих деформаций недопустимой величины.

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ

На участках в пределах которых возникают осадки земляного полотна за счет деформирования грунтов деятельного слоя и оттаивающих вечномерзлых грунтов, необходимо предусматривать противодеформационные мероприятия с учетом местных мерзлотно-грунтовых, гидрометеорологических, геоморфологических и других условий:

рациональное использование скальных, галечно-гравийных, щебенистых и глинистых грунтов

рациональное использование специальных конструкций земляного полотна с использованием теплоизоляционных материалов и геотекстиля, устройства дренажей и т. д.

назначение высоты насыпей по условиям сохранения поверхности вечномерзлых грунтов основания на расчетном уровне

увеличение ширины основной площадки земляного полотна с учетом расчетных величин осадки грунтов основания

создание запаса по высоте насыпей

устройство основания из дренирующих грунтов

устройство тепловой изоляции или берм

организационно-технологические мероприятия, определяющие способы и время производства работ и меры по минимальному нарушению естественного растительно-мохового покрова

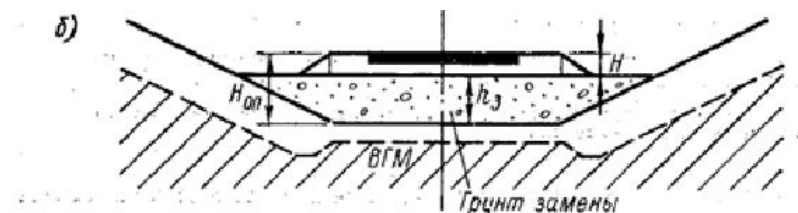
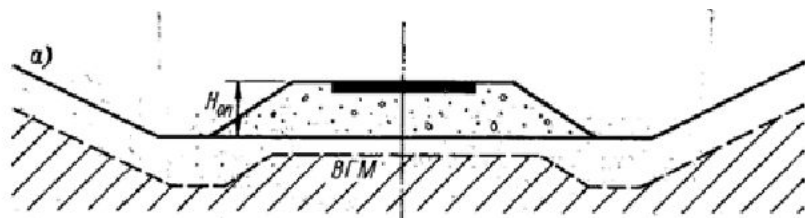
рациональное размещение водопропускных сооружений и устройств, обеспечивающее минимальное нарушение естественного режима поверхностной и грунтовой воды

## Назначение высоты насыпей по условиям сохранения поверхности вечномерзлых грунтов основания на расчетном уровне

Устойчивость насыпи обеспечивается определенной высотой, при которой верхняя граница вечномерзлой толщи грунтов сохраняется на определенном уровне и осадка земляного полотна не будет превосходить допустимой величины.

*Оптимальной* называется высота насыпи, при которой ее осадка от оттаивания грунтов основания не будет превосходить расчетной величины.

### ВЫЕМКИ:



## Определение оптимальной высоты насыпи:

$$H_{\text{оп}} = H_{\text{н}} - \frac{H_{\text{н}} \cdot S}{H_{\text{т}}} \left( \frac{1}{\delta} - 1 \right) - S$$

$H_{\text{н}}$  - глубина сезонного оттаивания конструкции насыпи, м;

$H_{\text{т}}$  - глубина сезонного оттаивания грунтов основания насыпи до ее сооружения;

$\delta$  - относительное сжатие грунтов основания при оттаивании под нагрузкой;

$S$  – расчетная осадка насыпи

В горных районах:  
учитывается экспозиция склона

$$H_{\text{оп}} = k_{\text{э}} H_{\text{н}} - \frac{H_{\text{н}} \cdot S}{H_{\text{т}}} \left( \frac{1}{\delta} - 1 \right) - S$$

Расчет оттаивания насыпей и их оснований, состоящих из нескольких разнородных слоев ведется по методу эквивалентных слоев

Определение осадки насыпи и основной площадки выемки:

Осадка  
насыпи,  $S$

В результате  
деформирования грунтов  
деятельного слоя,

В результате оттаивания  
вечномерзлых грунтов  
основания,

$$S = S_o + S_D$$

## Определение осадки насыпи и основной площадки выемки:

Осадку деятельного слоя:

$$S_d = \sum_{i=1}^n e_i \cdot h_{d-i}$$

где:

$e_i$  - модуль осадки отдельной разновидности деятельного слоя;  
 $h_{d-i}$  - мощность отдельной разновидности деятельного слоя.

Осадку за счет оттаивания вечномерзлых грунтов:

$$S_o = \delta \cdot h_o = (A + a \cdot p_n) \cdot h_o$$

где

$\delta$  - относительная осадка оттаивающих вечномерзлых грунтов основания, определяемая согласно требованиям **СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»** по данным инженерно-геологических изысканий;  
 $h_o$  - расчетная величина понижения поверхности вечномерзлых грунтов основания относительно ее положения в естественных условиях, см;  
 $a$  - коэффициент сжимаемости оттаивающего грунта, см<sup>2</sup>/кгс;  
 $A$  - коэффициент, учитывающий величину осадки за счет оттаивания вечномерзлого грунта;  
 $p_n$  - удельное давление насыпи (по ее оси) на оттаивающий грунт основания, кПа (кгс/см<sup>2</sup>).

Увеличение ширины основной площадки земляного полотна с учетом расчетных величин осадки грунтов основания

$$S_c = S_э = \frac{1}{2} S$$

$S_c$  – осадка в период строительства,  $S_э$  – осадка в период эксплуатации

