



Дипломный проект
Особенности проведения работ
по содержанию земляного
полотна на пойменном участке
железнодорожной дороги

Дипломник: Катков Денис Евгеньевич

Руководитель: Локтев Алексей Алексеевич



АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА, УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПУТИ

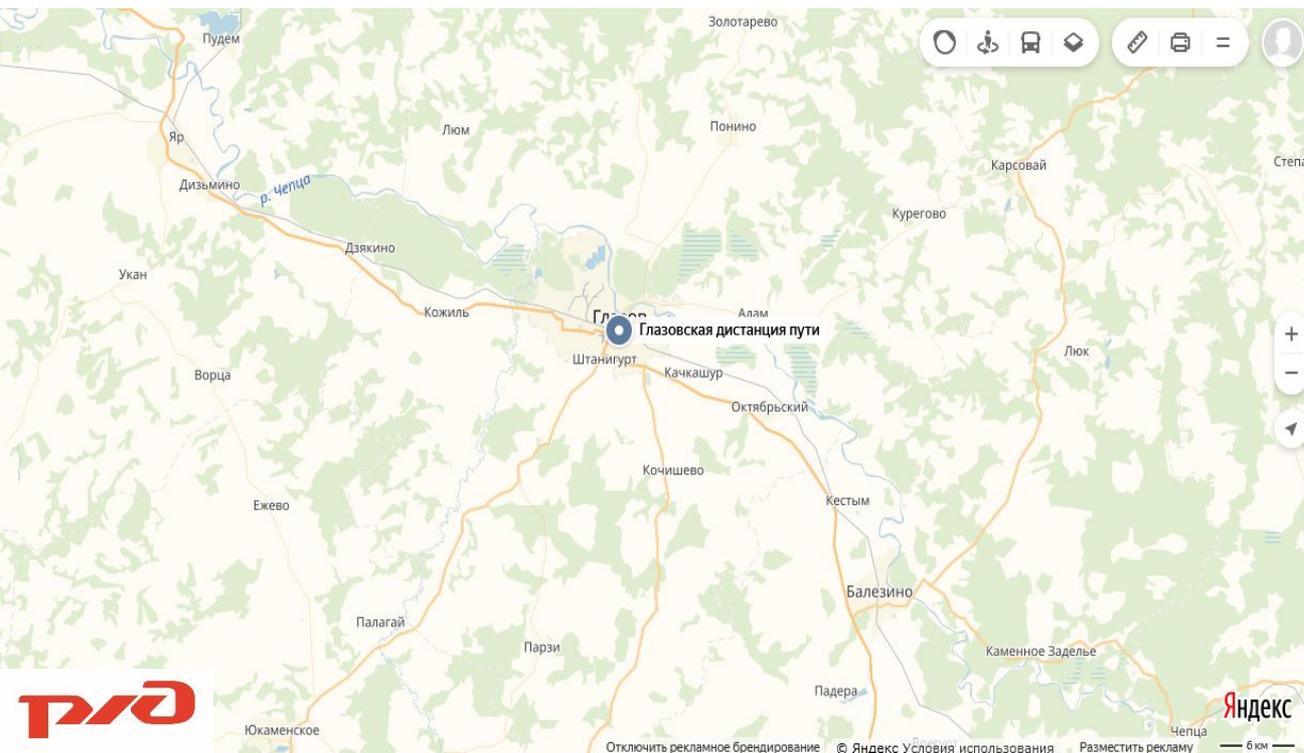
Классификация железнодорожных линий

Группа пути	Годовая приведённая грузонапряжённость, млн т*км брутто/км	Подгруппы пути – установленные скорости движения поездов (числитель – пассажирские, знаменатель – грузовые)							
		C1	C2	1	2	3	4	5	6
		201-250/ 121-140	141-200/ 101-120	121-140/ 91-100	101-120/ 81-90	81-100/ 71-80	61-80/ 61-70	41-60/ 41-60	40 и менее
А	Более 80	1	1	1	1	1	2	2	3
Б	51-80	1	1	1	1	2	2	3	3
В	26-50	1	1	1	2	2	3	3	4
Г	11-25	1	1	1	2	3	3	4	4
Д	6-10	1	1	2	3	4	4	4	5
Е	5 и менее	-	-	-	-	4	4	5	5

1. На железнодорожных линиях федерального (общесетевого) значения пути должны быть не ниже 3 класса.

2. Класс линии определяется по средней за отчётный год технической скорости грузовых или пассажирских поездов в зависимости от специализации линии – преимущественно грузовая или преимущественно пассажирская.

Схема расположения дистанции



3. Для расчёта нормативов на содержание инфраструктуры вводится специализация железнодорожных линий и принимаются следующие дополнительные критерии: размеры движения грузовых поездов, в том числе с массой состава 6300т и более, пар поездов с сутки; размеры движения пассажирских и пригородных поездов, пар поездов в сутки; установленная скорость движения высокоскоростных и скоростных пассажирских поездов, км/ч.

По совокупности геоморфологических, геологических и гидрогеологических факторов в соответствии с СП 11-105-97, часть I, по инженерно-геологическим условиям район изысканий относится ко II (средней) категории сложности, что обусловлено наличием в разрезе специфических грунтов, которые имеют широкое распространение и оказывают влияние на принятие проектных решений [7].

Исследуемая территория относится к региону с ограниченным проявлением современных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений [8-12]. Из наиболее развитых процессов и явлений, согласно СНиП 22-02-2003 [8], следует выделить следующие:

- сезонное затопление территории речных долин и ручьев паводковыми водами;
- морозное пучение, связанное с сезонным промерзанием и оттаиванием грунтов. Пологие поднятия поверхности промерзших пород могут образовываться в местах избыточного увлажнения.

Сезонное промерзание грунтов. Расчет значений нормативных глубин сезонного промерзания грунтов произведен согласно СП 22.13330.2011 и СП 131.13330.2012 [6-9] по формуле:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} \quad (1.2.1)$$

- где d_0 - величина, для суглинков и глин = 0,23 м;
- для песков мелких - 0,28 м;
 - для песков гравелистых, средней крупности и крупных - 0,30 м;
 - для крупнообломочных - 0,34 м.
- M_t - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зимний период.

Рассчитанные значения нормативных глубин сезонного промерзания грунтов, слагающих земляное полотно и балластную призму, приведены в таблице

Нормативная глубина сезонного промерзания по видам грунта

Вид грунта	Модуль суммы отрицательных температур	Коэффициент	Нормативная глубина сезонного промерзания, м
	M_t	d_0	d_{fn}
Щебеночный балласт	51,5	0,34	2,44
Асбестовый балласт*		0,32	2,30
Песок мелкий		0,28	2,01
Глины		0,23	1,65



В геологическом отношении район работ расположен в пределах восточной части Русской платформы. Коренные породы повсеместно перекрыты четвертичными отложениями -аллювиального и элювиально-делювиального происхождения, в составе которых преобладают пески и глины. Мощность отложений составляет 2-10 м.

Техногенные грунты представлены щебеночным и асбестовым балластом, мелким песком с дресвой. Грунты слагают верхнее строение пути и насыпь земляного полотна железной дороги.

В геологическом строении участка в пределах сферы взаимодействия объекта с геологической средой выделены следующие стратиграфо-генетические комплексы (СГК): современных техногенных образований и четвертичных делювиальных отложений.

На основании генезиса, свойств грунтов и в соответствии с ГОСТ 25100-2011 в геологическом разрезе выделены инженерно- геологические элементы: балласты щебеночный и асбестовый, песок мелкий с включениями дресвы, глина полутвёрдая делювиальная.

Строение балластной призмы, земляного полотна и основания железнодорожного пути

Высота насыпей составляет от 1.2-3.4 м на участках со спокойным рельефом и достигает 6.1-9.5 м, в районах пересечения железной дорогой ручьёв, логов и рек искусственными сооружениями (мостами и водопропускными трубами).

Общее строение земляного полотна на участке, по данным горных выработок, представлено в таблице

Щебеночный балласт сложен из щебневого гранита фракции 25-70 мм. Из-за механических нагрузок зерна подверглись частичному разрушению, мелкая фракция разрушенного щебня препятствует полному отводу воды из балластной призмы, это приводит к появлению выплесков и ухудшению амортизационных свойств балласта.

Щебеночный балласт уложен на геотекстиль. Геотекстиль применяется как укрепляющий, фильтрующий и разделяющий слой предотвращает проникновение частиц покрывающих грунтов, за счет чего динамические и статические нагрузки распределяются равномерней.

Общее строение земляного полотна

Элемент земляного полотна	Вид грунта	Вскрытая мощность слоя по оси I пути, м	Строительная категория (ГЭСН-2001-01)	Группа разработки грунтов вручную (ГЭСН-2001-01)
Балластная призма	щебеночный балласт	0,45-0,65	41а	2
	асбестовый балласт	0,30-0,60	29в	2
Тело насыпи	Песок мелкий с дресвой	0,70-1,70	29б	3 1



Предварительное диагностирование состояния земляного полотна

Общий вид участка ПК7-10 линии. Профильная просадка II гл. пути



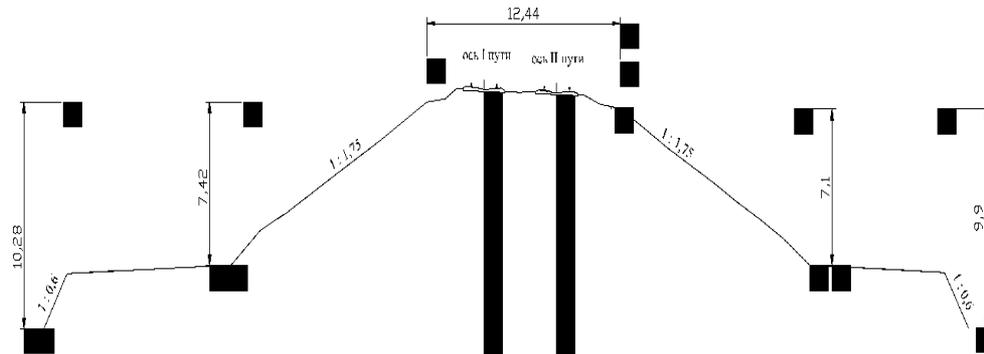
ПК10 линии, наблюдательный створ с левой стороны I гл. пути



Объемы выполненных работ

№ п/п	Виды работ	Вид испытания	Количество
		Ед. измерения	
1	Инженерно-геологическая рекогносцировка	м	400
2	Поперечный профиль	шт.	1
		м	59,1
3	Планово-высотная привязка геологических скважин	точка	5
4	Забивка высотных створов	шт.	11
5	Съемка высотных отметок створов	шт.	26
6	Бурение инженерно-геологических скважин	скважина	5
		п.м.	8,7
7	Георадарная съемка	профиль	3
		п.м.	600
8	Камеральная обработка материалов и составление отчета	отчет	1

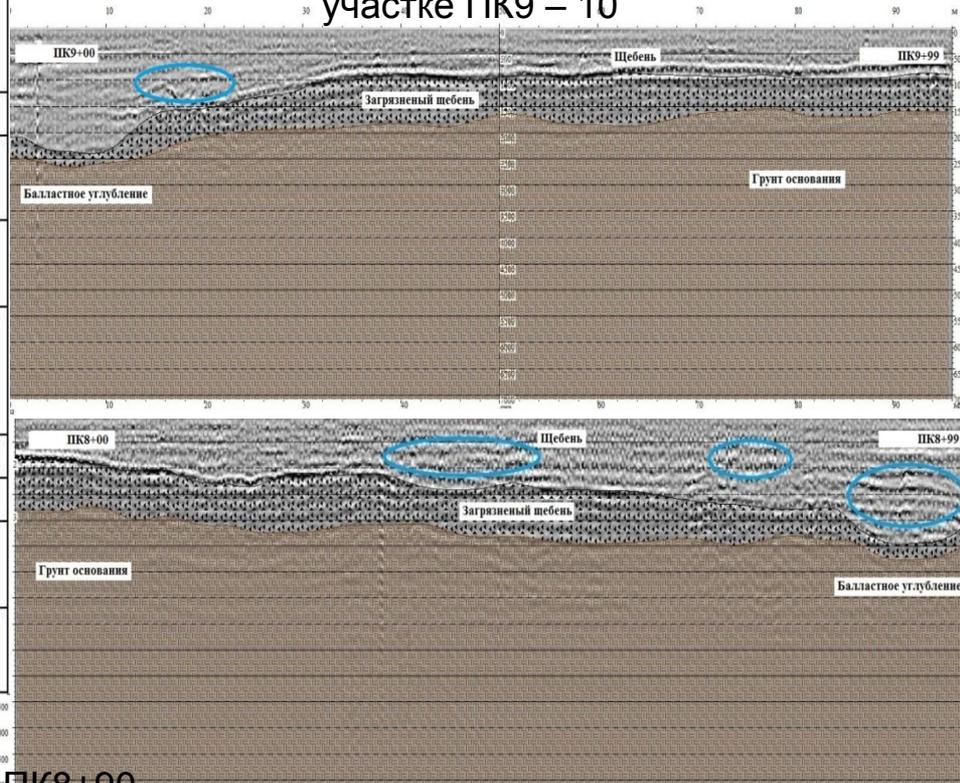
Поперечный профиль земляного полотна на ПК8+90



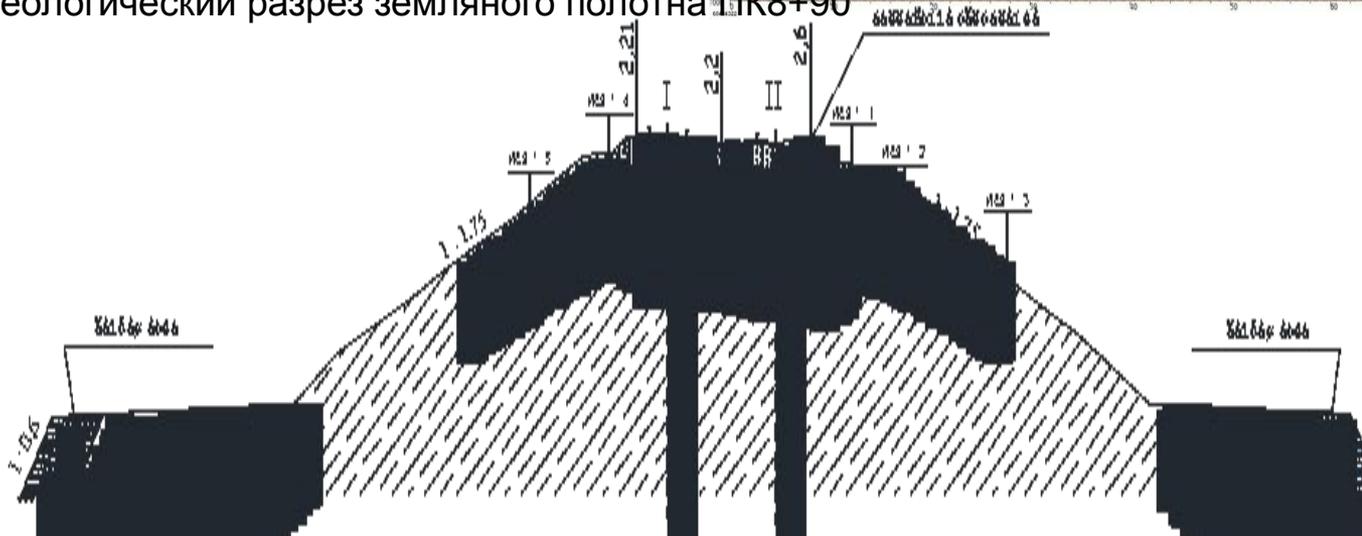
Показатели свойств грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунта	Плотность грунта, г/см ³	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, кПа
1	Щебень	1,91	40	0
2	Загрязненный щебень	1,9	37	1
3	Суглинок <u>мягкопластичный</u>	1,9	16	18
4	Суглинок <u>тугопластичный</u> с включением дресвы	2,16	20	37
5	Песок	1,78	32	2
6	Супесь <u>пластичная</u>	1,9	17	10
7	Супесь <u>слабозаторфованная</u>	2,05	11	6
8	Супесь с прослоями глины	1,94	17	8

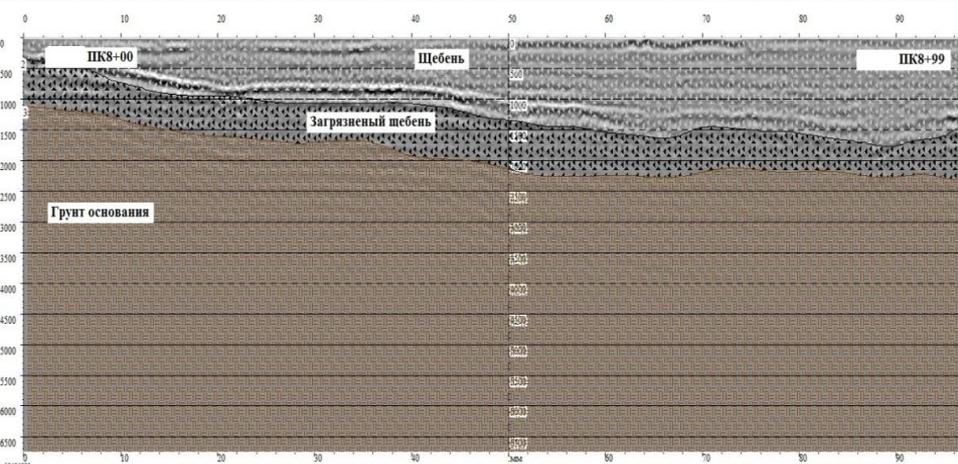
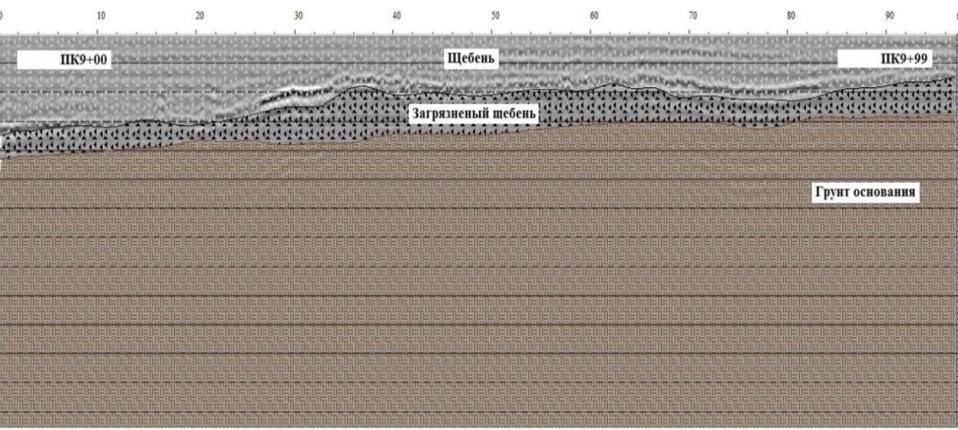
Георадиолокационный профиль по правому плечу балластной призмы II гл. пути (полевая сторона) на участке ПК9 – 10



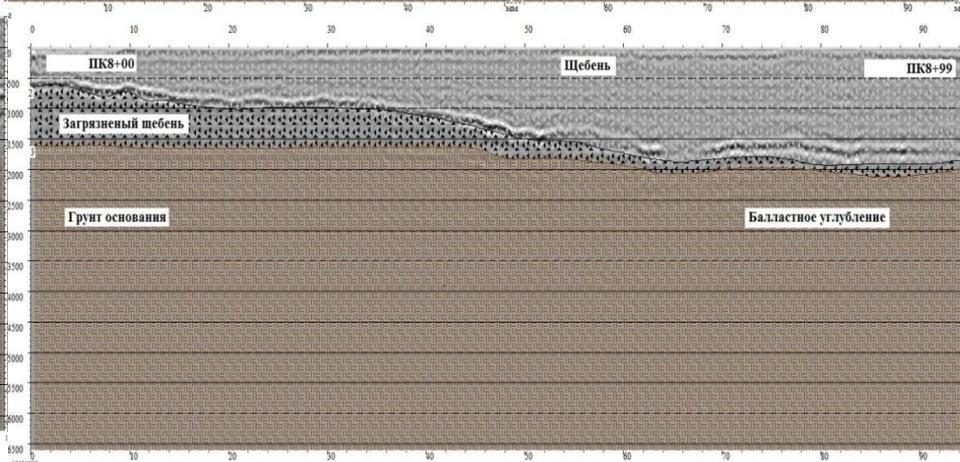
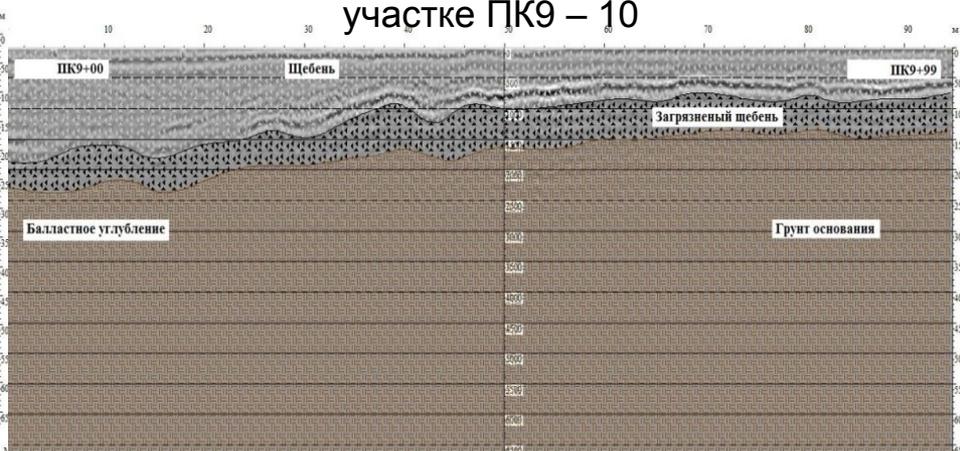
Инженерно-геологический разрез земляного полотна ПК8+90



Георадиолокационный профиль по междупутью I и II гл. пути ПК9-10



Георадиолокационный профиль по левому плечу балластной призмы I гл. пути (полевая сторона) на участке ПК9 – 10



- На профиле выделяется 3 слоя:
- щебень (до глубины 0,4 – 1,5 м);
 - загрязненный щебень (до глубины 1,2 – 2,2 м);
 - суглинок (от глубины 2,2 м).

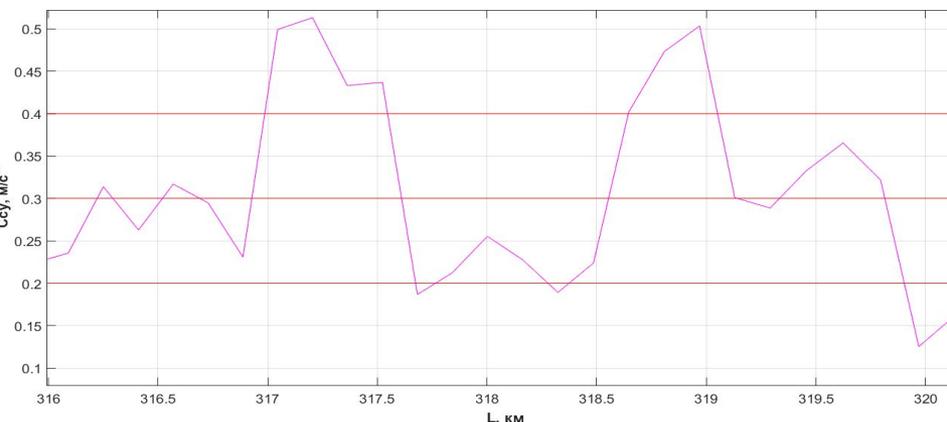
- На профиле выделяется 3 слоя:
- щебень (до глубины 0,5 – 1,8 м);
 - загрязненный щебень (до глубины 1,5 – 2,2 м);
 - суглинок (от глубины 2,2 м).

Влияние длинных неровностей в профиле на динамические показатели подвижного состава

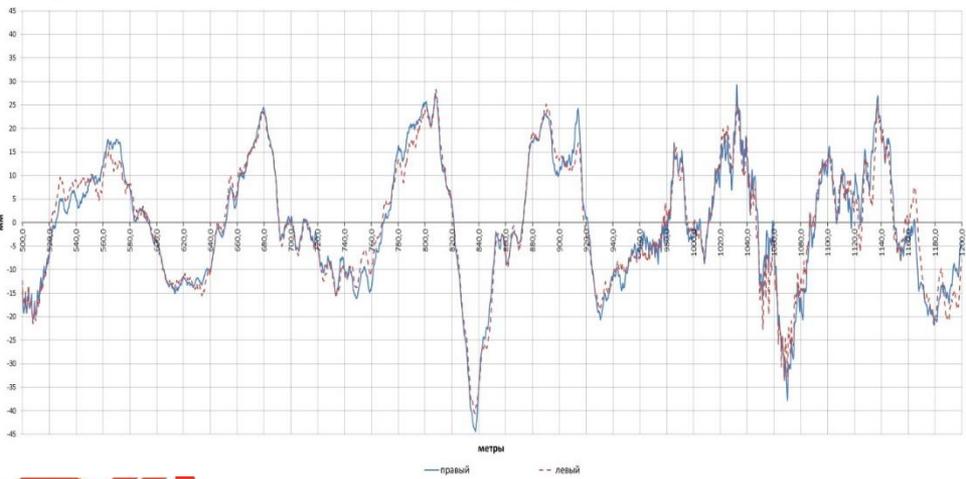
Горизонтальные поперечные ускорения тележки вагона 05-ВАТР5 электропоезда ЭВС1-06, зафиксированные в опытной поездке на участке Москва – Санкт-Петербург во время срабатывания датчика КУХ на вагоне 03-ТРТ3 электропоезда ЭВС1-06



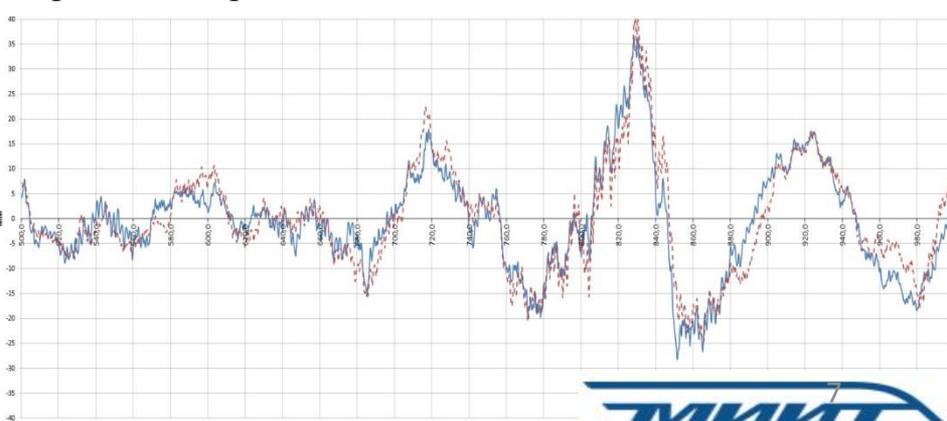
Показания полученные по параметрам «Непрерывный комфорт» по оси Y на участке 316-320 км пути 1 Москва – Смоленск. Видно, что параметр комфортабельности C_{cy} значительно превышает показатель $0,4 \text{ м/с}^2$.



Неровности в профиле на участке срабатывания системы. Представлены данные по вертикальным неровностям на участке превышения параметра C_{cy} . Из данных хорошо видно, что на рассматриваемом участке имеются неровности в продольном профиле



Неровности в профиле на участке срабатывания «системы» Смоленск – Москва. Представлены данные по вертикальным неровностям на участке превышения параметра C_{cy} . Видно, что на рассматриваемом участке имеются неровности с резкими перепадами пиковых значений амплитуды, достигает 40 мм, а длина неровности превышает 30 м



МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПУТИ

Паспорт неустойчивого земляного полотна

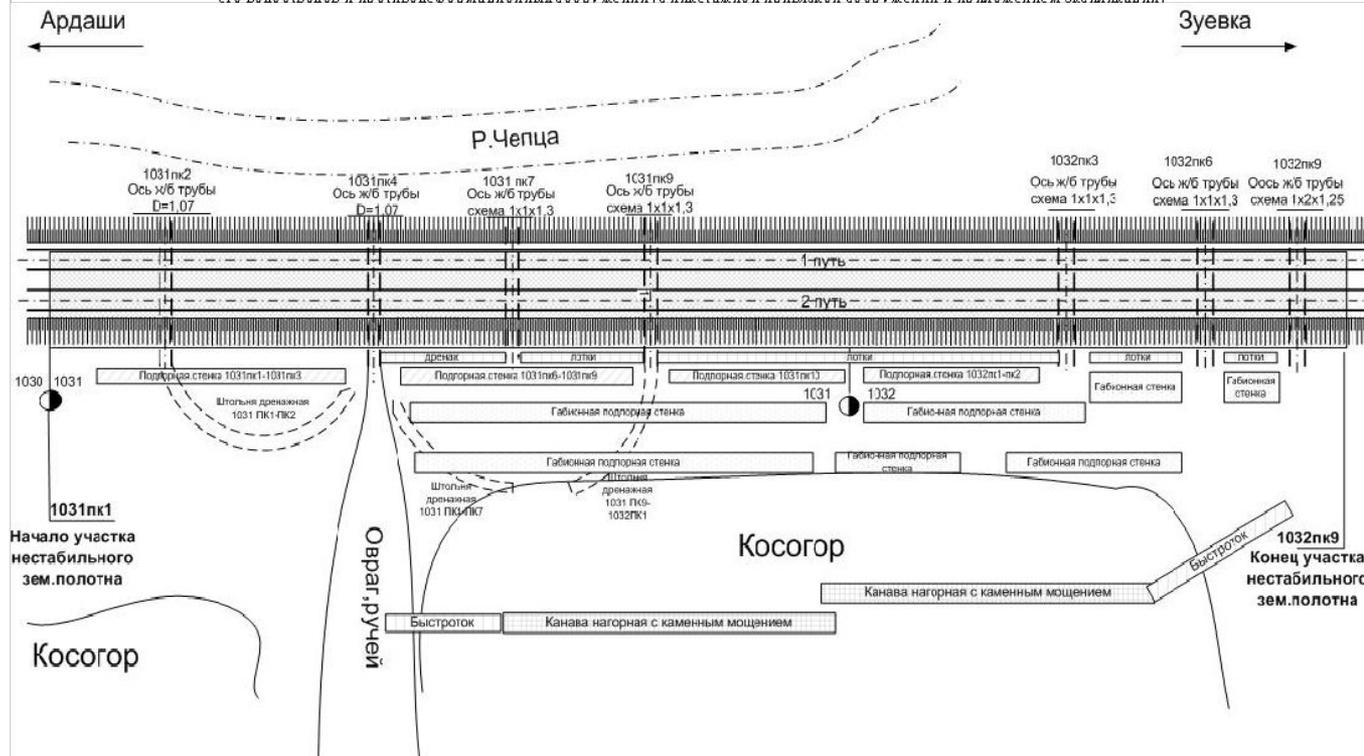
МПС		ПАСПОРТ										Форма ПУ-9 0359807	
Горьковская (железная дорога)		неустойчивого или деформирующегося земляного полотна											
Глазовская (дистанция пути)													
Киров-Екатеринбург													
(участок, линия)													

1. Данные о расположении места

От	До			Протяжение, м	Год постройки полотна	Продольный профиль		Прямая или радиус кривой	Поперечный профиль		На косогоре или вне косогора		
	км	пк	м			площадка, подъем или спуск по ходу км	промилле		насыпь или выемка	наибольшая высота или глубина			
1031	1	0	1032	9	0	1800	1917	площадка	0	1200 м	насыпь	5	на косогоре (1:8)

2. Схематический план неустойчивого или деформирующегося места земляного полотна,

его водоотводов и противодеформационных сооружений (с пикетажной привязкой сооружений и по положению экспликаций)



Кроме того, осуществляется статистический анализ состояния земляного полотна по результатам проходов вагонов-путеизмерителей для:

- выявления нестабильных участков на потенциально-опасных объектах (высоких насыпях, участках пути на оползневых косогорах, насыпях на болотах, многолетнемерзлых основаниях, на закарстованных территориях);
- выявления деформаций основной площадки земляного полотна в виде балластных углублений, пучин и весенних пучинных просадок;
- выявления нестабильных участков с разделением критериев оценки в зависимости от грузонапряженности.

Карта РШБК



РАЗДЕЛЬНЫЕ ПУНКТЫ				
КИЛОМЕТРЫ		1031	1032	1033
СЕРИЯ ВЕД. ЛОК. ПАСС.ГР.		ЧС4ВЛ80с		
УСТАН. СКОРОСТЬ ПАСС.ГР.		100/80		
ГРУЗОНАПРЯЖ.КЛАСС		55,6/2/Б/3		
ПРОПУЩЕННЫЙ ТОННАЖ		352,3		
КОЛ. ДЕФ-Х РЕЛЬСОВ ШТ		0	0	0
ИЗЪЯТО РЕЛЬСОВ КМ	ШТ НА	0	0	0
	С НАЧ. УЖЛ.	0	6	0
ПРИВЕДЕННЫЙ ИЗНОС				
Э-Д ИЗГ., ГОД УЖЛ.		Т 10		
ТИП РЕЛЬСОВ				
КОЛ-ВО НЕГОДНЫХ ШПАЛ	750			
	500	0	0	0
	250			
ЭПЮРА И ВИД ШПАЛ				
ЗАГРЯЗНЕНИЕ БАЛЛАСТА				
РОД БАЛЛАСТА				
ГОД ПОСЛ. КАП. РЕМ.				
ГОД ПОСЛ. ПРОМ. РЕМ.				
ВИД ПОСЛ. ПРОМ. РЕМ.				
ВИД РЕМ. В ОТЧ. ГОДУ				
ОБСЛУЖИВАЮЩАЯ ПЧ				

На рисунке показано, что 1031 - 1032 км находятся на косогорном участке перегона Ардаши-Зуевка, путь 2 главный, являющийся участком нестабильного земляного полотна, состоящий на учёте в ПУ-9, грузонапряженность на этом участке 55,6 млн.т. брутто в год, класс пути 2, группа Б, категория 3.

Пропущенный тоннаж на 1.01.20 года составлял 352,3 млн.т. брутто/км В 2010 году на данном участке был произведен капитальный ремонт. Участок пути бесстыковой на железобетонных шпалах, скрепления APC, рельсы, лежащие в пути 2010 года выпуска, изготовитель Тагильский завод. Установленная скорость для пассажирских и грузовых поездов 100/80 км/час, данные взяты с РШБК и указаны на рисунке

Условия эксплуатации	Раздельные пункты	
	Мосты и тоннели, переходы	
Рельсы	Продольный профиль	
	План линии	
Балласт	Устан. скорости пасс.гр., км/ч	100/80
	Грузонапряженность (млн. т. брутто/1 км в год), класс/группа/категория	55,6/2/Б/3
	НТ км (длина нест. км)	
	Пропущенный тоннаж, млн.т. брутто/км	352,3
	Тип рельсов, тип пути, группа рельсов, термупрофилирование, завод изготовитель, год укладки	характеристики завод, год укл. на 01.01.17 г. T 10
	Приведенный и боковой износ рельсов, мм	характеристики завод, год укл. на 01.01.18 г. T 10
	Число замененных в одиночном порядке дефектных и обфактных рельсов, шт. за год/по неж. укладам	на 01.01.17 г. 0/0
	Число дефектных рельсов, шт. за неж.	на 01.01.18 г. 0/0
	Тип промежуточного скрепления / процент негодных на километре	Тип на 01.01.17 г. 2 APC
	Эпюра, род шпал, количество шпал, перекрестки и мостовых брусьев, шт	Эпюра, род на 01.01.17 г. 1876/0 1905/0 1914/0 1888/1
Ремонт	Род и толщина балласта	род, толщина на 01.01.17 г. проглажена
	Загрязненность балласта более 30%, кол-во шпал с вылохсами	род, толщина на 01.01.18 г. проглажена
	Горючесть и разделительный слой	загрязненность на 01.01.17 г. проглажена
	Год последнего кап. ремонта, реконструкции, строительства	на 01.01.18 г. проглажена
Обслуживающее предприятие	Год и год последнего промежуточного ремонта	10
	Вид ремонта в отчетном году	
	Потребность в ремонте	на 2010 г.
	План ремонта	на 2010 г.

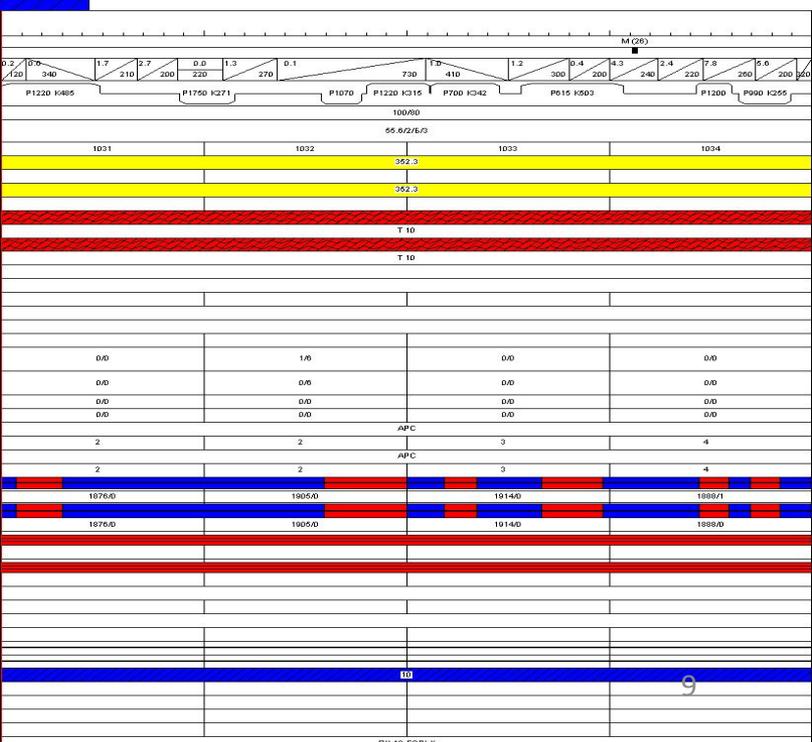


Диаграмма роста отступлений по перекосу на участке, 2 путь

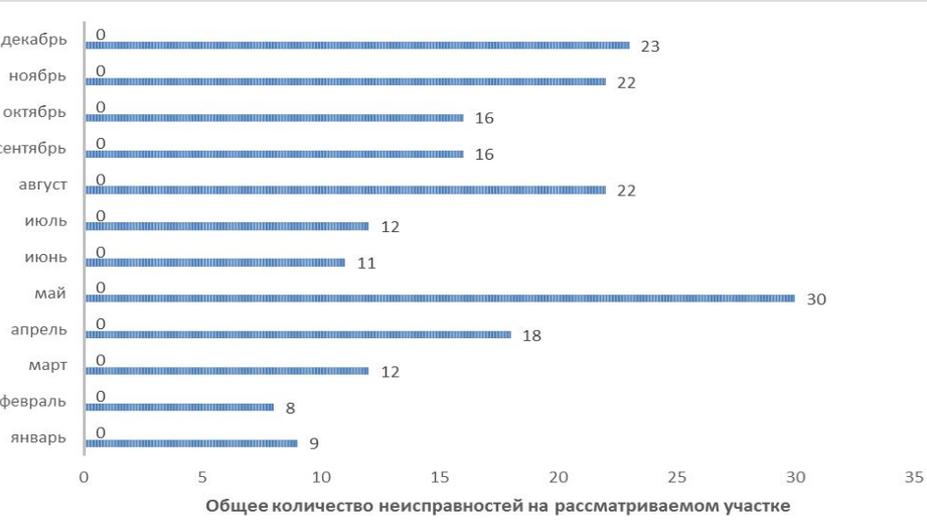


Диаграмма роста отступлений по рихтовке на участке, 2 путь

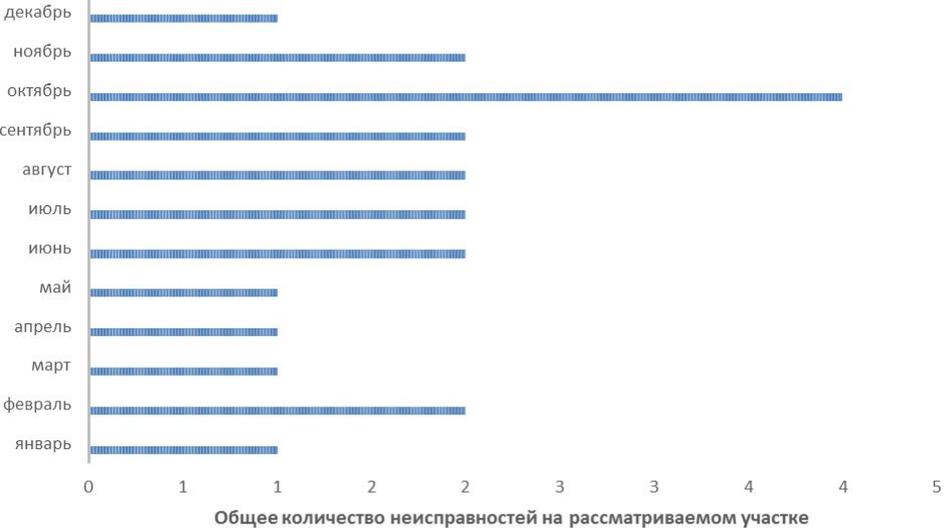


Диаграмма роста отступлений по сезонам года на участке, 2 путь

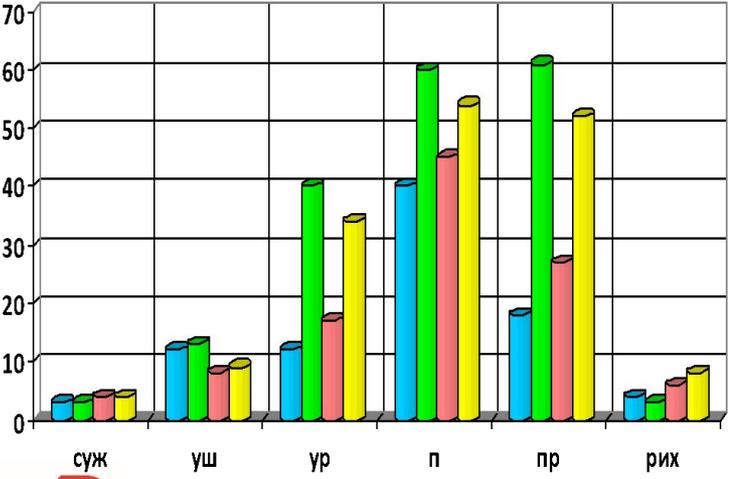
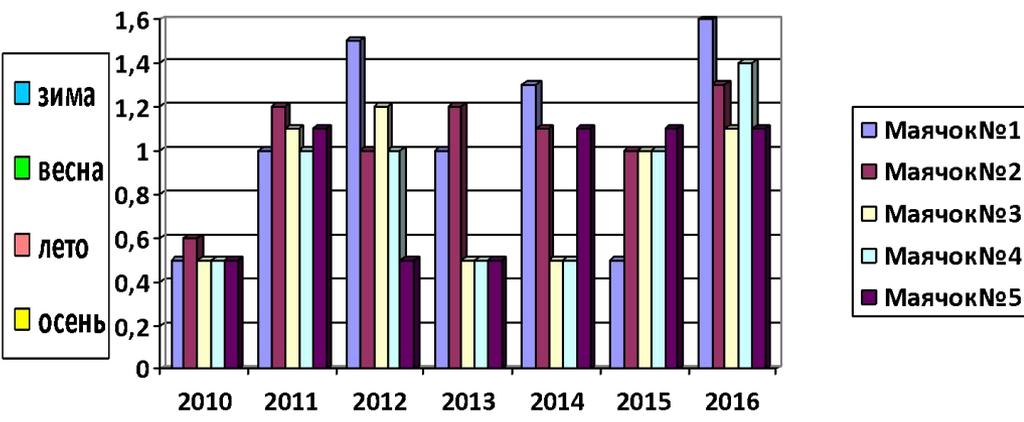


Диаграмма изменения состояния земляного полотна на участке, 2 путь



Восстановление плотности распределения исходных данных полученных в процессе

диагностирования состояния железнодорожного пути для формализации адаптивных моделей

прогнозирования его состояния

Анализ функций распределения случайных величин

оценки состояния железнодорожного пути

Физико-вероятностное обоснование применения

распределения случайных величин для оценки

надежности железнодорожного пути

Название распределения	Плотность распределения	Значение f(0)	Параметры распределения	Математическое ожидание	Дисперсия
Вейбулла-Гнеденко (W)	$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$	0, если b>1. $\frac{1}{a}$, если b=1. $\frac{10}{a}$ если b<1.	D1 = a. D2 = b.	$M = a \cdot \Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right)$	$D = a^2 \cdot \left[\Gamma\left(\frac{2}{b} + 1\right) - \left(\Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right)\right)^2\right]$
Диффузное монотонное (DM)	$f(t) = \frac{\mu + t}{2\mu t \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t - \mu}{\gamma \mu \sqrt{t}}\right)^2\right]$	0	D1 = μ . D2 = γ .	$M = \mu(1 + 0,5\mu\gamma^2)$	$D = \mu^3 \gamma^2 \cdot (1 + 1,25\mu\gamma^2)$
Гамма-распределение (G)	$f(t) = \frac{a^b}{\Gamma(b)} \cdot t^{b-1} \exp(-at)$	0, если b>1. a, если b=1. 10a, если b<1.	D1 = a. D2 = b.	$M = \frac{b}{a}$	$D = \frac{b}{a^2}$
Логарифмическое нормальное (LN)	$f(t) = \frac{\lg e}{\sigma \cdot t \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\lg t - a}{\sigma}\right)^2\right]$	0	D1 = σ . D2 = a.	$M = 10^{\frac{a + \sigma^2}{2}}$ $A = \lg e$	$D = M^2 \left(10^{\frac{\sigma^2}{A}} - 1\right)$

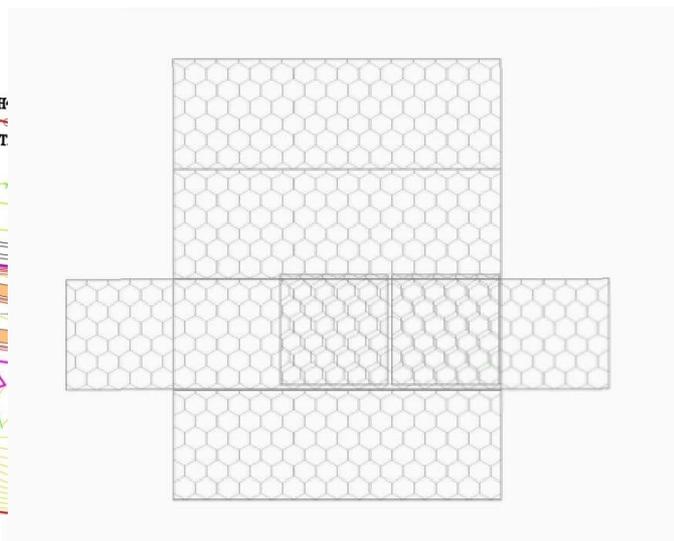
Распределение Гумбеля для максимальных значений (Gmax)	$f(t) = \frac{1}{\sigma} \cdot \exp\left[-\frac{t - \mu}{\sigma} - \exp\left(-\frac{t - \mu}{\sigma}\right)\right]$	вычислить	D1 = σ . D2 = μ .	$M = \mu + 0,577\sigma$	$D = (1,283\sigma)^2$.
Распределение Гумбеля для минимальных значений (Gmin)	$f(t) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[\frac{t - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)\right]$	вычислить	D1 = σ . D2 = μ .	$M = \mu + 0,577\sigma$	$D = (1,283\sigma)^2$.
Нормальное распределение (N)	$f(t) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[\frac{t - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)\right]$	вычислить	D1 = σ . D2 = μ .	$M = a$.	$D = \sigma^2$
Диффузное монотонное (DN)	$f(t) = \frac{1}{t \sqrt{2\pi t}} \cdot \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\mu^2 t}\right]$	0	D1 = μ . D2 = γ .	$M = \mu$.	$D = \gamma \mu^3$
Бета-распределение (B)	$f(t) = \frac{1}{b-a} \cdot \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m) \cdot \Gamma(n)} \cdot \left(\frac{t-a}{b-a}\right)^{m-1} \cdot \left(1 - \frac{t-a}{b-a}\right)^{n-1}$ $a \leq t \leq b$	$f(a) = 0$ $f(b) = 0$	D1 = a. D2 = b. D3 = m. D4 = n.	$M = \frac{b-a}{m+n} \cdot m + a$	$D = \left(\frac{b-a}{m+n}\right)^2 \cdot \frac{mn}{m+n+1}$

Распределение	Рекомендуемое распределение Физико-вероятностная модель	Рекомендуемое применение Применение для ж.д. пути
Вейбулла, W	Наработка до пересечения допустимого уровня случайным нестационарным флуктуационным процессом, с возрастающим трендом общего вида случайным компактным процессом с независимыми реализациями с линейным законом изменения математического ожидания	Анализ усталостной долговечности рельсов статистического разрушения при возрастании действующей нагрузки до достижения заданной деформации или появления усталостной трещины с постоянной скоростью накопления
Гамма распределение, G	Наработка до пересечения допустимого уровня компактным случайным процессом с сильным пре- увеличением, с монотонными реализациями и с линейным законом изменения математического ожидания.	Распределение времени, необходимого для появления (b) событий, с постоянной интенсивностью λ . Пример, наработка до предельно допустимого износа в кривых, величина зазоров в стыках...
Логарифмически нормальное, LN	Наработка до пересечения допустимого уровня компактным случайным процессом с независимыми нестационарными процессами с не монотонными реализациями и с логарифмически меняющимся математическим ожиданием	Усталостная долговечность, прочность, пластическая деформация, с убывающей скоростью накопления факт "задецивания". Наклеп, ослабление и затяжка клем болтовых соединений рельсов.
Гумбеля G	Распределение значения независимых случайных величин при $n \rightarrow \infty$, имеющей вид экспоненты	
Для максимальных значений, Gmax	Максимально, неограниченность справа	Время безотказной работы железнодорожного пути, с допущением, что его элементы и в смысле надежности параллельны
для минимальных значений, Gmin	Минимально, неограниченно слева	И дополнительно к п.3.1. допущением: независимые случайные величины длительности безотказной работы отдельных элементов распределены по нормальному закону.
Бета распределение B	Случайная величина, зависящая от большого числа случайных малозначительных факторов при наличии нескольких существенных факторов, распределена примерно по бета закону	Оценка доли выявленных дефектных элементов верхнего строения пути (рельсов, шпал, скреплений и т.д.) в единицу времени. Время технического обслуживания СПС на ремонтном предприятии

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРНОМ УЧАСТКЕ

Участок производства работ

Коробчатое ГСИ- вид раскрытый

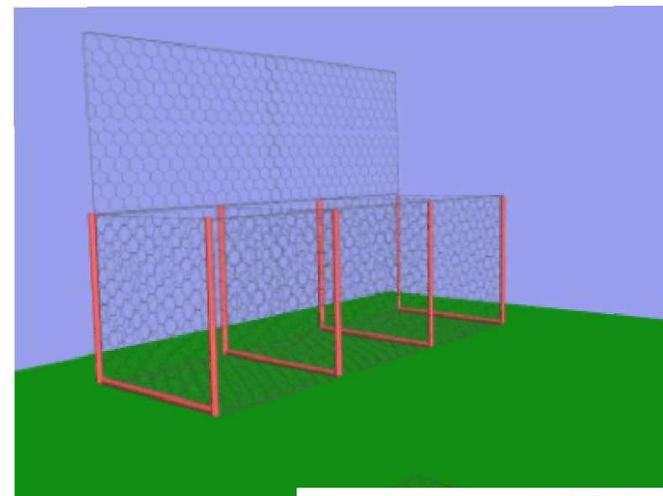


До начала изготовления и монтажа габионных конструкций из коробчатых ГСИ нужно выполнить предварительные работы:

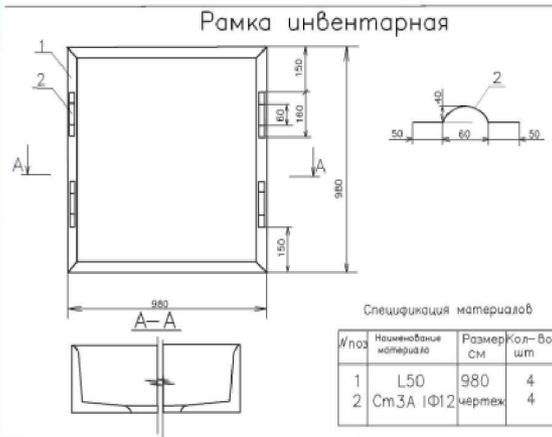
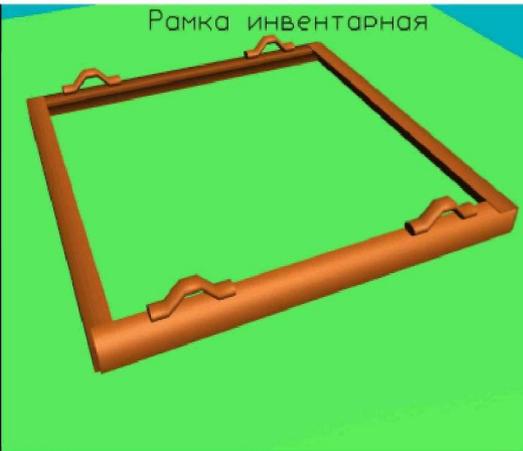
- подготовить основание котлована и произвести его приемку-сдачу с оформлением акта освидетельствования скрытых работ;
- сделать подушку основания из щебня толщиной 0,2 м и произвести ее приемку-сдачу с оформлением акта освидетельствования скрытых работ;
- организовать отвод поверхностных и грунтовых вод;
- подготовить приспособления и оборудование;
- завезти в рабочую зону ГСИ, камень, проволоку обвязки, геотекстиль, металлический профиль и обрезную доску.

При организации рабочей зоны подвоз материала и движение механизмов в зоне производства работ должны быть не ближе 1,5 м к краю габионных конструкций, ширина прохода между местами складирования материалов должна быть не меньше 1,5 м.

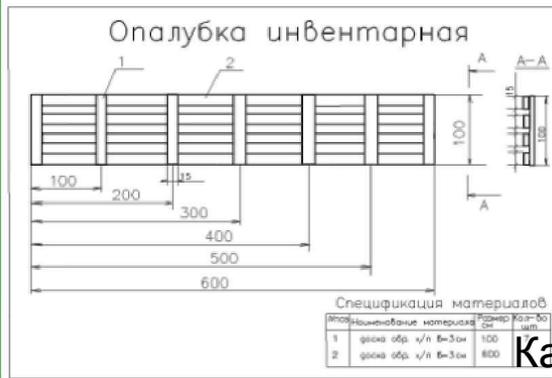
Собранное коробчатое ГСИ



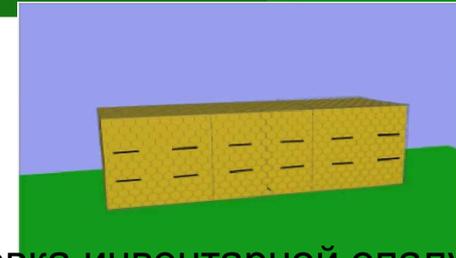
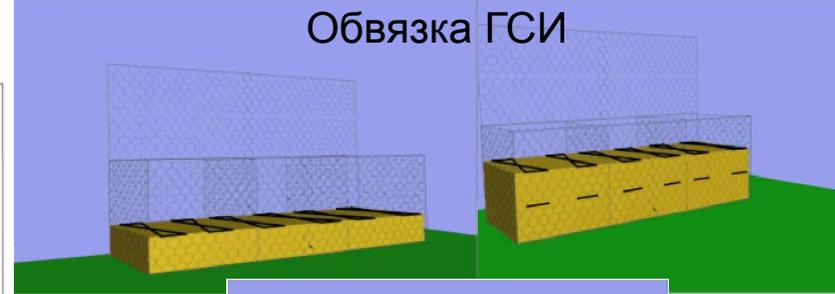
Рамка инвентарная



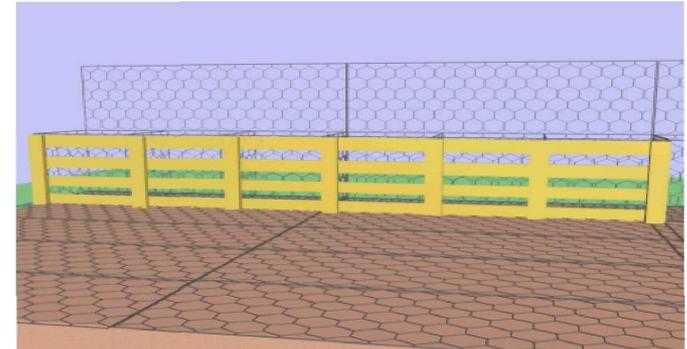
Опалубка инвентарная



Обвязка ГСИ



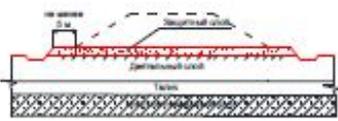
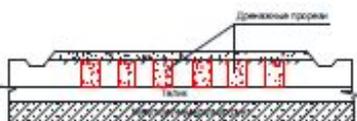
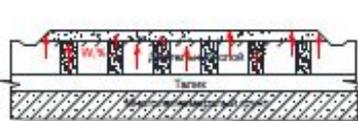
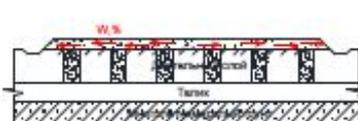
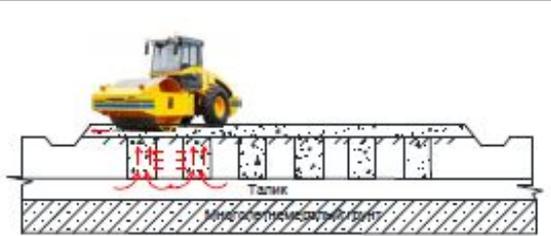
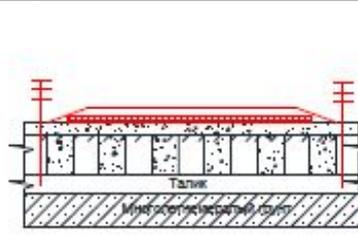
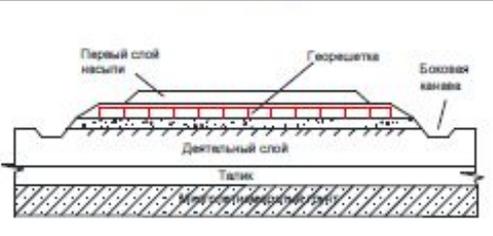
Установка инвентарной опалубки



Календарный график производства работ

№ п/п	2	3	4 5 6 7				8
			июнь	июль	август	сентябрь	
	Наименование работ	Срок строительства					Прим.
1	Расчистка площадей от кустарника и мелколесья	0,5 мес	■				
2	Устройство технологических проездов №1 №2	0,5 мес	■				
3	Ремонт существующей лотковой водоотводящей сети	1 мес		■			
4	Устройство дренажа, смотровых колодцев для лотков из бетонных блоков и смотровых колодцев для дренажа	1 мес		■			
5	Устройство нагорной канавы НК-1 (L=606м)	2 мес			■		
6	Устройство нагорной канавы НК-2 (L=700м)	2 мес			■		
7	Устройство габионных стен	1 мес				■	
8	Укрепление кювета проезда №1 (L=505м)	1 мес				■	
9	Заключительные работы	1 мес				■	

Технологическая структура комплексной технологии

Временной диапазон стадии	До начала промерзания основания	В период промерзания основания	В период промерзания	В период оттаивания основания
Стадии комплексной технологии				
Технологические процессы	Сооружение боковых водоотводных канав и защитного слоя	Сооружение дренажных прорезей (I принцип) и ленточных дрен (II принцип)	Миграция влаги к холодному фронту (II принцип)	Отвод воды в боковые водоотводные канавы (II принцип)
I стадия - Устройство дренажной системы и регулирование влажности				
Временной диапазон стадии	После устройства рабочей платформы	До начала промерзания основания	В период сооружения земляного полотна	
Стадии комплексной технологии				
Технологические процессы	Интенсивная технология	Устройство термосифонов и теплоизоляции на участках проектирования земляного полотна по I принципу	Армирование основания и устройство ТАД на участках проектирования земляного полотна по II принципу	
II стадия - Интенсивная технология упрочнения основания		III стадия – дополнительное упрочнение основания		

Величина осадки пойменного грунта определяется по формуле:

$$S_{\text{ос}} = \lambda H_T + a_0 \frac{\gamma_1 H_T^2}{2}, \quad (3.5.1)$$

λ - коэффициент оттаивания грунтов, д.е.; a_0 - коэффициент уплотнения грунтов основания, м²/т; γ_1 - плотность грунта, т/м³; H_T - глубина протаивания, м.

Отдельно может рассматриваться:

Выделение участков с интенсивным накоплением снежного покрова (при наличии снегосъемки) и участков влагонакопления.

Анализ прочностных, деформационных и теплофизических свойств грунтов основания по колонкам грунтовых выработок и инженерно-геологические разрезы и по результатам полевых и лабораторных испытаний грунтов на выбранных участках.

Определение пойменных зон в основании земляного полотна - теплотехнический расчет определения глубины промерзания - оттаивания.

Определение несущей способности основания и устойчивости под эксплуатационной нагрузкой на выделенных пойменных участках - расчет коэффициента стабильности основания и коэффициента устойчивости.

По результатам выделения потенциально опасных участков делаются выводы относительно несущей способности, деформированности и необходимости применения комплексной технологии ограничения пойменных зон и стабилизации основания земляного полотна.

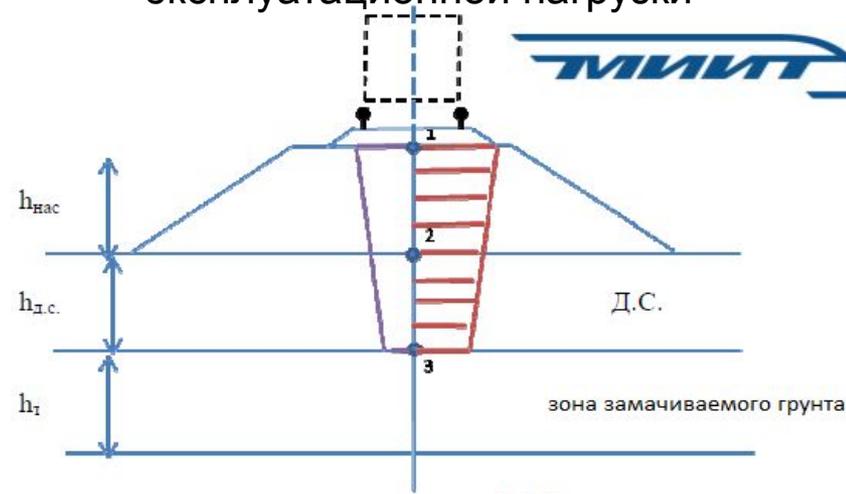
Поэтому приведенная классификация в [33] должна быть уточнена для конкретных участков на основе полевых испытаний грунтов.

Диагностика участков строительства состоит в анализе физико-механических и теплофизических характеристик грунтов с целью определения несущей способности и устойчивости откосов насыпей в зоне фактических и потенциальных пойменных участков.

Характеристики фактических пойменных участков определяются по результатам инженерных изысканий, в т.ч. размеры (протяженность, мощность, глубина залегания), влажность (W); сцепление (C); угол внутреннего трения (φ); $\lambda_{\text{от}}, \lambda_{\text{т}}$ соответственно теплопроводности талых и мерзлых пород промерзающих слоев; термическое сопротивление напочвенного покрова ($R_{\text{напч}}$). В ходе работ для диагностики изменения грунтовых характеристик технологические процессы должна сопровождать грунтовая лаборатория (ГОСТ 19912 - 2012).

Традиционный подход [26] к расчету режимов формирования потенциальных пойменных участков $\zeta_3 = \zeta_2 + \zeta_1^{\text{от}}$ (3.5.1) основан на соизмерении глубины сезонного оттаивания $\zeta_{\text{от}}$ а так же промерзания пород сверху $\zeta_{\text{т}}$ и

Эюра распределения напряжений от эксплуатационной нагрузки



Осадка основания. В период оттаивания под воздействием транспортной нагрузки в основании происходят деформации. Это связано в первую очередь с отепляющим воздействием снежного покрова у подножья насыпи. Осадка основания определяется по уравнению [39]:

$$S = 1,15 \cdot A \cdot h \quad (3.5.28)$$

где A - коэффициент оттаивания; h - величина оттаивания, м.

Коэффициент оттаивания зависит от грунтов:

Песок:
$$A = 0,416 - 0,23 \rho_d \quad (3.5.29)$$

Супесь:
$$A = 0,32 - 0,187 \rho_d + 0,32 \cdot \frac{W - W_p}{S_r} \quad (3.5.30)$$

Суглинок:
$$A = 0,23 - 0,145 \rho_d + 0,393 \cdot \frac{W - W_p}{S_r} \quad (3.5.31)$$

W - влажность грунта, д.е.; W_p - влажность на границе раскатывания, д.е.; ρ_d - плотность скелета грунта, г/см³; S_r - коэф. водонасыщения, д.е. [33]:

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (3.5.32)$$

W - природная влажность грунта, д.е.; ρ_s - плотность частиц грунта, г/см³; ρ_w - плотность воды, = 1 г/см³; e - коэффициент пористости, д.е. [33]:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} \quad (3.5.33)$$

ρ_s - плотность частиц грунта, г/см³; ρ_d - плотность сухого грунта, г/см³, [35]:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} \quad (3.5.34)$$

где ρ - плотность грунта, г/см³; W - природная влажность грунта, д.е. 15

Как видно из формул, основным регулирующим параметром осадки грунта при оттаивании основания является влажность грунта.

Стадии и этапы комплексной технологии (при I принципе проектирования)

Стадия	Этап	Наименование этапа	Время Производства работ	Контрольные и регулируемые параметры
I	Подготовительный	Определение замачиваемых участков развивающихся и действующих	В конце холодного и в конце теплого периода [38]	$h_{\text{в.г.}}, W; v_{\text{в.г.}}; C; \Pi; \rho; \lambda; f; th; G; \xi; th; R; \rho_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; R_{\text{в.г.}}; E$
	1 этап	Сооружение боковых водоотводных канав и ТАД подъездов к замачиваемым участкам	Осень (перед началом промерзания основания) [38]	$h_{\text{в.г.}}, K; C; \Pi$
	2 этап	Сооружение рабочей платформы для проезда строительной техники.	Осень (перед началом промерзания основания) [3]	$h_{\text{в.г.}}, P; B; R; P; \rho$
	3 этап	Сооружение дренажных прорезей + укладка геотекстиля	Осень (перед началом промерзания основания) [3,4]	$l; d; H$
II	4 этап	Устройство защитного слоя	Осень (перед началом промерзания основания) [3]	$h_{\text{в.г.}}, P; B; R; P; \rho; R_{\text{в.г.}}$
	5 этап	Интенсивная технология упрочнения основания	Осень (перед началом промерзания основания) [5]	$W; C; \Pi; P_{\text{в.г.}}, R; P; \rho; R_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; K; B; E; \lambda; f; th; \xi; \xi$
	6 этап	Дополнительное упрочнение основания;	Период отрицательных температур [1,6,7]	$K_{\text{уст.}}, K_{\text{без.}}$
III	7 этап	Гидроизоляция зоны между водоотводными канавами и откосом насыпи	При сооружении насыпи [8]	$T_0, t_{\text{гр}}$

Стадии и этапы комплексной технологии (при II принципе проектирования)

Стадия	Этап	Наименование этапа	Время производства работ	Контрольные и регулируемые параметры
I	Диагностики	Определение замачиваемых участков на участке строительства	В два этапа: в конце холодного и в конце теплого периода [1]	$h_{\text{в.г.}}, T_0; W; v_{\text{в.г.}}; C; \Pi; \rho; \lambda; f; th; G; \xi; th; R; \rho_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}; E$
	1 этап	Сооружение боковых водоотводных канав + ТАД (подъезд к участкам)	Осень (перед началом промерзания основания) [1,2,6,8,]	$h_{\text{в.г.}}, K; C; \Pi$
	2 этап	Устройство защитного слоя	Осень (перед началом промерзания основания) [3]	$h_{\text{в.г.}}, C; P; B; R; P; \rho; R_{\text{в.г.}}$
	3 этап	Устройство дрен	Осень (после устройства защитного слоя) [4]	$d; J'$
	4 этап	Миграция влаги в защитный слой	Период промерзания [10]	$W; C; \Pi; P_{\text{в.г.}}, E; \lambda; f; th; \xi;$
	5 этап	Осушение защитного слоя	Период оттаивания [9]	$W; C; \Pi; P_{\text{в.г.}}, E; \lambda; f; th; \xi; \xi_{\text{в.г.}}$
	6 этап	Интенсивная технология упрочнения основания	После оттаивания основания [5]	$W; C; \Pi; P_{\text{в.г.}}, E; \lambda; f; th; \xi_{\text{в.г.}}; \xi_{\text{в.г.}}$
II	7 этап	Дополнительное упрочнение основания; сооружение насыпи	интенсивная технология упрочнения основания [1,6,7]	$K_{\text{уст.}}, K_{\text{без.}}$
	8 этап	Гидроизоляция основания насыпи	При сооружении насыпи [8]	$T_0, t_{\text{гр}}$

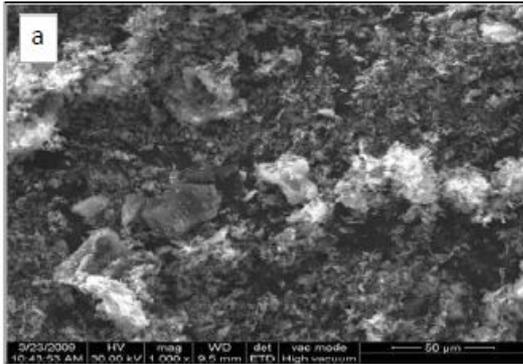
Нормативные значения удельного сцепления c (кПа) и угла внутреннего трения ϕ (град) оттаивающего глинистого грунта [35].

Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при значении показателя текучести I_L , доли единицы					
	0,25	0,35	0,5	0,625	0,75	1,00
$c, \text{кПа}$	21	19	17	15	13	9
$\phi, \text{град}$	32	28	23	19	14	5



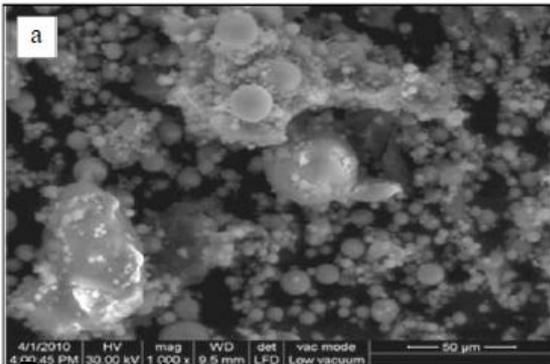
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СООРУЖЕНИИ НАСЫПЕЙ

Топливный шлак: а – частицы шлака под микроскопом, б – топливный шлак

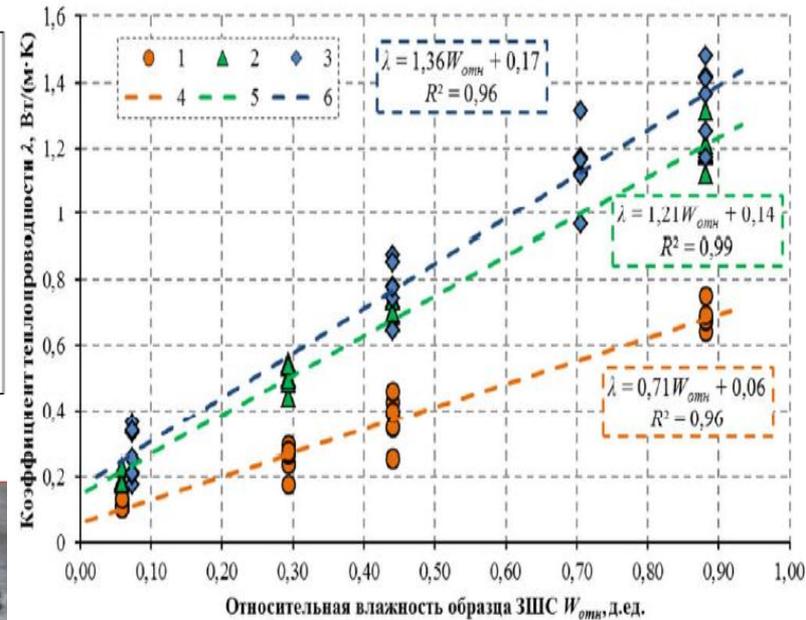
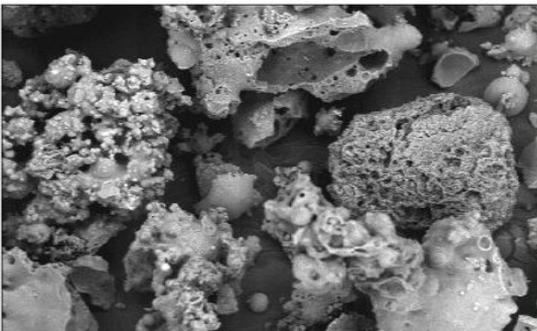


Зависимость коэффициента теплопроводности от относительной влажности ЗШС из отвала ТЭЦ-5: 1 – при насыпной плотности ЗШС в талом состоянии; 2 – при $K_{упл}=1$ ЗШС в талом состоянии; 3 – при $K_{упл}=1$ ЗШС в мёрзлом состоянии; 4-6 – эмпирические зависимости при соответствующей плотности и состоянии ЗШС

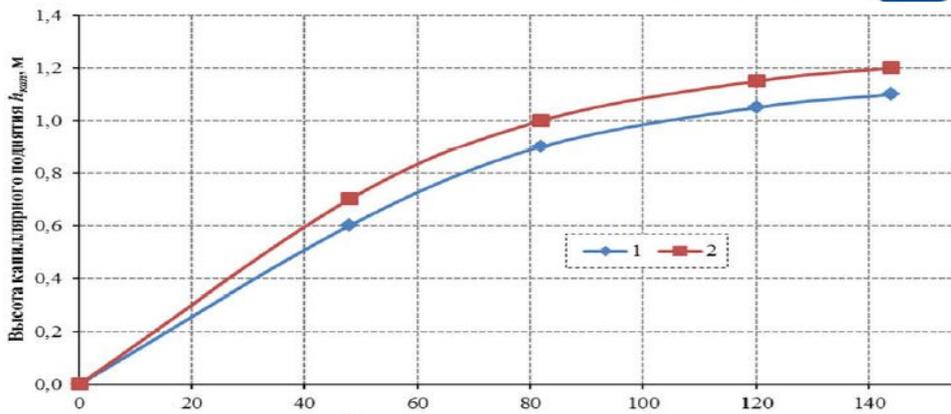
Внешний вид золы-уноса под микроскопом: а – зала-уноса; б – зольные микросферы



Внешний вид топливного шлака: а – пористые частицы сплавленных агрегатов; б – пористый шлак; в – плотный шлак



Кинетика процесса капиллярного поднятия воды в ЗШС: 1 – ЗШС из отвала Барабинской ГРЭС; 2 – ЗШС из отвала ТЭЦ-5 г. Омска



Формулы для определения коэффициента устойчивости

Название метода оценки	Формула для расчёта коэффициента устойчивости
1	2
<i>Метод предельного равновесия</i>	
Коэффициент устойчивости из условия равновесия сил	$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i l_i + (N_i - u_i l_i) \operatorname{tg} \varphi_i] \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^n N_i \sin \alpha_i + \mu_h \sum_{i=1}^n W_i + \sum_{i=1}^n D_i \sin \beta_i}$ <p>где: i – номер рассматриваемого отсека; n – общее число отсеков; α – угол наклона основания к отсеку к горизонту, град; l – длина основания отсека; c – удельное сцепление в грунте основания отсека, кПа; φ – угол внутреннего трения в грунте основания отсека, град; W – вес грунта в отсеке, кН; N – нормальная реакция в основании отсека, кПа; D – результирующая сила внешней нагрузки, кН; u – величина порового давления, кПа; μ – коэффициент сейсмичности; β – угол наклона результирующей внешней нагрузки D, град.</p>
Коэффициент устойчивости из условия равновесия моментов сил	$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i l_i + (N_i - u_i l_i) \operatorname{tg} \varphi_i] R_i}{\sum_{i=1}^n N_i f_i + \sum_{i=1}^n W_i x_i + \mu_h \sum_{i=1}^n W_i e_i + \sum_{i=1}^n D_i d_i}$ <p>где: f – плечо силы нормальной нагрузки N, м; R – плечо силы сопротивления грунта сдвигу, м; x – плечо силы тяжести отсека W, м; e – плечо горизонтальной составляющей сейсмической нагрузки, м; d – плечо результирующей внешней нагрузки D, м.</p>
<i>Метод конечных элементов (МКЭ)</i>	
Коэффициент устойчивости	$K_f = \frac{\sigma_n \operatorname{tg} \varphi' + c'}{\sigma_n \operatorname{tg} \varphi_r + c_r}$ <p>' и φ' – исходные параметры; σ_n – фактическое нормальное напряжение; c' – параметры прочности, сниженные в ходе расчёта до минимальных значений, достаточных для поддержания равновесия.</p>

1	2
Коэффициент устойчивости	$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n [(\sigma_n - u) \operatorname{tg} \varphi + c] l_i}{\sum_{i=1}^n \left(r_{xy} \cos 2\Theta - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\Theta \right) l_i}$ <p>где σ_n – нормальное напряжение, возникающее в середине основания отсека и генерируемое с использованием метода конечных элементов; r_{xy} – касательное напряжение в плоскости XOY в центре основания отсека, кПа; Θ – угол между положительным направлением оси X и направлением приложения нормального напряжения; σ_x – полное напряжение в направлении оси X в середине основания отсека, кПа; σ_y – полное напряжение в направлении оси Y в середине основания отсека, кПа.</p> <p style="text-align: center;"><i>Метод пространственных колонок</i></p> $K_f = \frac{\sum_{i=1}^n [A c_i - (N_i - u_i) \operatorname{tg} \varphi_i] \cdot (\cos \alpha_x d_y + \sin \alpha_x d_x)}{\sum_{i=1}^n (N_i \cos \Theta_x d_x - N_i \cos \Theta_y d_y + W_i d_x + \mu W_i d_x)}$ $N = \frac{W_i - (X_L + X_R) - (V_L - V_R)}{\cos \Theta_y + \frac{\operatorname{tg} \varphi_i \sin \alpha_x}{K}} - \frac{A c_i \sin \alpha_x + \frac{\operatorname{tg} \varphi_i \sin \alpha_x}{K}}{\cos \Theta_y + \frac{\operatorname{tg} \varphi_i \sin \alpha_x}{K}}$ <p>где: d_x – плечо проекций сил на ось x; d_y – плечо проекций сил на ось y; Θ_x – угол между горизонталью в направлении перемещения и нормальной силой в основании колонки; Θ_y – угол между горизонталью в направлении, перпендикулярном перемещению, и нормальной силой в основании колонки; A – площадь основания колонки; X_L – межколонковые касательные усилия на левой (со стороны низа откоса) грани колонки; X_R – межколонковые касательные усилия на правой (со стороны верха откоса) грани колонки; V_L – межколонковые касательные усилия на левой боковой грани; V_R – межколонковые касательные усилия на правой боковой грани; α_x – угол между горизонтом и касательной силой в основании отсека, в направлении перемещения.</p>
Коэффициент устойчивости из условия равновесия моментов относительно оси вращения	<p>Уравнения для определения напряжений по решению Фрелиха</p>

Название компонента тензора	Формула для определения соответствующего компонента тензора
Радиальное напряжение, кПа	$\sigma_r = \frac{n \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \cos^{n-2} \nu$
Вертикальное нормальное напряжение, кПа	$\sigma_z = \frac{n \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \left(\frac{z}{R} \right)^n$
Горизонтальные нормальные напряжения, кПа	$\sigma_h = \frac{n \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \cos^{n-2} \nu \cdot \sin^2 \nu$
Касательное напряжение, кПа	$\tau = \frac{n \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot \cos^{n-1} \nu \cdot \sin \nu$
Примечание:	n – коэффициент распределения напряжений, введённый Фрелихом; ν – угол между осью симметрии полупространства и нормалью площадки, град; P – нормальная сила, приложенная к поверхности полупространства, кН; R – расстояние от точки приложения силы до точки в которой определяется напряжение, м.



Экономическая оценка расходов на производство работ по обустройству автопроезда

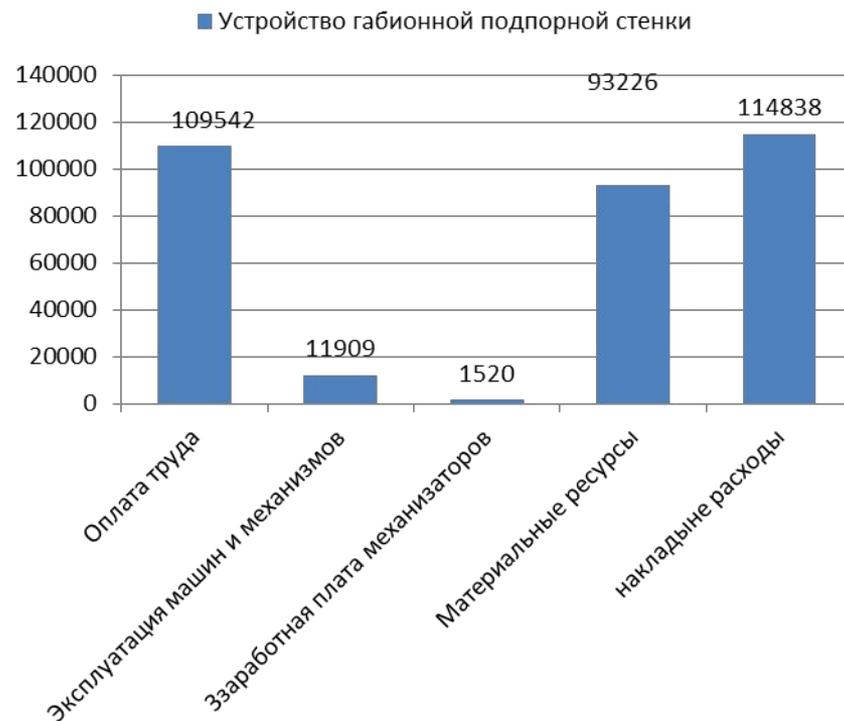
Затраты труда на обустройства автопроезда №1



Затраты труда на обустройства автопроезда №2



Устройство габрионной подпорной стенки

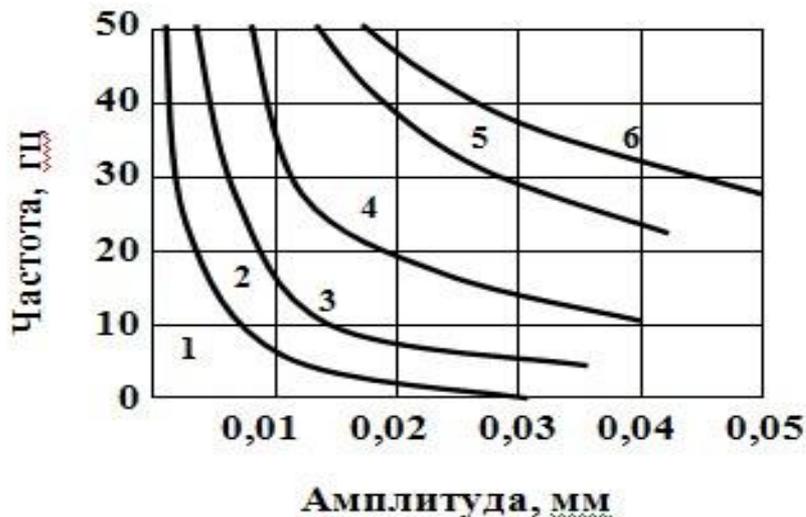


ОХРАНА ТРУДА. РАСЧЕТ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ ОПЕРАТОРА ПУТЕВОЙ МАШИНЫ «ДУОМАТИК»



Чувствительность человека к вибрации:

- 1 — вибрация не ощущается; 2 — ощущается слабо; 3 — ощущается отчетливо; 4 — неприятна; 5 — сильно беспокоит; 6 — причиняет боль



Расчет виброизоляции должен проводиться в соответствии с инструкциями: И-204-55/МСПМХП (Инструкция по проектированию и расчету виброизоляции машин с динамическими нагрузками и оборудования, чувствительного к вибрациям); И-200-54/МСПМХП (Инструкция по проектированию и расчету несущих конструкций зданий под машины с динамическими нагрузками); СН-18-58 (Технические условия проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками) и СН-190-61 (Инструкция по устранению вредных воздействий вибраций рабочих мест на предприятиях железобетонных изделий).

Приближенный расчет амортизаторов из упругих материалов ведется обычно только для вертикальных колебаний. Задача состоит в том, чтобы частота собственных колебаний амортизированного объекта была ниже частоты возмущающей силы f .

Частота собственных колебаний системы может быть рассчитана по приближенной формуле

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{X_{ст}}} \quad (6.1)$$

где $X_{ст}$ — статическая осадка амортизаторов под действием веса установки в см; $X_{ст}$ определяется формулой

$$X_{ст} = \frac{h \cdot \sigma}{E_D} \quad (6.2)$$

где h — толщина прокладки в см;

σ — допустимое напряжение в прокладке в кг/см²;

E_D — динамический модуль упругости материала в кг/см².

Толщина упругого материала может быть определена из формулы (9.2). Площадь S поверхности амортизаторов под установку весом P нахо-

$$S = \frac{P}{\sigma} \quad (6.3)$$

дится из соотношения:

Размеры отдельных прокладок определяются исходя из условия равномерного распределения веса на все прокладки. Следует иметь в виду, что резина является материалом несжимаемым и ее упругие свойства проявляются только тогда, когда имеется возможность расширения ее в стороны. Поэтому резиновые прокладки следует изготавливать в виде полос или отдельных пластин, ширина которых не должна превышать толщину в 2–3 раза. Иногда резиновые амортизаторы изготавливаются из рифленых и дырчатых пластин.

При выборе фундамента его вес принимается в 3–5 раз больше веса агрегата. Эффект, достигаемый применением прокладок в качестве виброизоляторов, определяется коэффициентом виброизоляции $K_{ви}$, показывающим, какая часть динамических сил в процентах передается фундаменту. Коэффициент виброизоляции определяется по формуле

$$K = \frac{9 \cdot 10^6}{X_{ст} \cdot n^2} \quad (6.4)$$

где n — количество колебаний в минуту.

Выбор резины для амортизаторов

Наименование материала	σ , кг/см ²	E_D , кг/см ²	E_D/σ	$X_{ст}$, см	Масса рабочего места, кг	Масса фундамента, кг
Резина средней жесткости	3-4	200-250	64	(0,015-0,016)h	150	800