

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

II издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 16-18 сентября 2008 г., г. Алматы, Республика Казахстан

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 3-6 ноября 2008 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 6 ноября 2008 г.

Примечание. Теряет силу I издание Памятки от 23.10.1980г.

**Р
766**

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕТОДАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, УКРЕПЛЕНИЯ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ОСНОВАНИЯХ
(БОЛОТО, БОЛОТИСТАЯ МЕСТНОСТЬ)**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения
2. Требования к железнодорожным насыпям
 - Геометрические требования
 - Технические требования
 - 2.2.1. Устойчивость
 - 2.2.2. Осадка и допускаемая просадка пути
 - 2.2.3. Упругие деформации
 - 2.2.4. Характер колебаний
3. Инженерно – геологические изыскания
 - 3.1. Основные требования
 - 3.2. Применение методов разведки
 - 3.3. Полевые испытания
 - 3.4. Лабораторные испытания
 - 3.5. Расчет осадки при наличии органических слоев
 - 3.5.1. Полная осадка
 - 3.5.2. Величина осадки
 - 3.5.3. Осадка по времени
 - 3.6. Расчет устойчивости
4. Методы сооружения основания
 - 4.1. Общие положения
 - 4.2. Выторфовывание
 - 4.3. Посадка насыпи на грунт с помощью взрыва
 - 4.4. Сооружение насыпи методом вытеснения слабых грунтов
 - 4.5. Одоткосные призмы и дренажные траншеи
 - 4.6. Вертикальные песчаные дрены
 - 4.7. Временные пригрузки
 - 4.8. Ростверковые основания
5. Мероприятия по надзору
 - 5.1. Основные положения
 - 5.2. Требования к укладке грунта в зоне капиллярного подъема воды
 - 5.3. Указания по технологии и визуальному контролю
 - 5.4. Наблюдение с помощью измерительных инструментов
 - 5.4.1. Измерение осадки
 - 5.4.2. Контроль порового давления воды
 6. Укрепление и оздоровление насыпей на слабых основаниях
 - 6.1. Общие положения
 - 6.2. Выбор метода строительства

1. Область применения.

Рекомендация распространяется на строительство новых и реконструкцию эксплуатируемых насыпей магистральных железнодорожных путей на участках пересечения болот. Одновременно следует учитывать действующие правила по выполнению земляных работ, сооружению фундаментов и строительству железных дорог, включая постановления по охране труда.

2. Требования к железнодорожным насыпям.

Требования к железнодорожным насыпям устанавливаются из условий обеспечения их проектного очертания и положения, а также соблюдения норм расходов на содержание пути при эксплуатации.

2.1. Геометрические требования.

При установлении геометрических размеров железнодорожной насыпи (ширины, высоты, крутизны откосов, толщины балластного слоя) следует учитывать их изменения после ввода в эксплуатацию вследствие осадки.

Необходимую ширину основной площадки насыпи после завершения осадки следует обеспечивать при строительстве новых и оздоровлении эксплуатируемых насыпей.

2.2. Технические требования.

2.2.1. Устойчивость.

Расчетная устойчивость насыпи должна в любой момент гарантировать ее нормальную эксплуатацию. Требуемая устойчивость, в зависимости от метода расчета и достоверности исходных данных, должна составлять

$$\eta = 1.3 \dots\dots 2.0$$

При выполнении работ допускается

$$\eta = 1.1 \dots\dots 1.5.$$

2.2.2. Осадка и допускаемая просадка пути.

После приема в эксплуатацию осадка пути допускается такой, чтобы в сроки между плановыми ремонтами пути не возникали недопускаемые уклоны возвышения одного рельса над другим.

На прямых участках пути допустимые возвышения рельса с уклоном 1:м следует рассчитывать по следующей формуле:

$$1:m = 1: (1.7 V + 200).$$

для прямого отвода возвышения рельса в кривой пути принимается

$$V_{\max} = \frac{m}{8} \quad \text{при } m \geq 400.$$

Если предусматривается полугодовой цикл содержания (работы по подбивке и рихтовке пути), то допускаются, например, следующие просадки на 10 м длины пути.

Допускаемый уклон на прямой пути или допускаемая подуклонка прямого возвышения рельса в кривой и допускаемая осадка на 10м длины пути

Таблица 1

Допускаемая скорость	Прямой путь		Путь в кривой	
	Уклон 1 : м	Допускаемые разности осадки за полгода	Уклон 1 : м	Допускаемые разности осадки за полгода
V (км/ч)	м	ΔS_{10} (м)	м	ΔS_{10} (м)
120	400	0.025	960	0.010
100	370	0.027	800	0.012
80	335	0.030	640	0.015
60	300	0.033	480	0.020
50	285	0.035	400	0.025

Чтобы после ввода в эксплуатацию исключить превышение максимально допустимых осадок, следует при строительстве назначать соответствующие мероприятия, к числу которых относятся:

- временная пригрузка верха насыпи и откосов;
- определение фактических осадок, их сопоставление с расчетными значениями и корректировка, при необходимости, проектных решений;
- учет возможного понижения уровня грунтовых вод, подпора вод, взрывных или строительных работ в зоне влияния;
- соблюдение технических требований при возведении насыпи.

2.2.3. Упругие деформации.

Допускаемые упругие деформации пути от подвижного состава следует обеспечить следующими мероприятиями:

- при строительстве нового пути:
 - толщиной минимального слоя насыпного грунта под слабым основанием над мягкими слоями ≥ 5 м;
 - сооружением берм.
- при реконструкции и оздоровлении эксплуатируемых линий:
 - подъемкой пути;
 - улучшением гидрологических условий;
 - сооружением берм.

2.2.4. Характер колебаний.

Поперечный профиль насыпи следует проектировать так, чтобы при прохождении подвижного состава не возникал недопускаемый резонанс с колебаниями насыпи.

3. Инженерно-геологические изыскания.

3.1. Основные требования.

Инженерно-геологические изыскания следует проводить так, чтобы получить все необходимые данные по геологии, гидрологии и механике грунтов.

Наряду с общими принципами изысканий следует учитывать следующие особенности:

- местные изменения рельефа минерального основания болот (ямы, впадины, седловины с подъемами);
- поперечный и продольный уклон минерального дна болот с крутизной до 1: 2;
- генетический тип болот и неоднородность их слоев;
- несущую способность;
- уровни грунтовых вод;
- направление стока, его скорость и агрессивность грунтовых вод;
- водоносные и напорные горизонты;
- растения и деревья, указывающие на близость воды;
- получение проб грунта, отражающих с достаточной точностью его естественное состояние (структуру, влажность, коэффициент пористости, гранулометрию, напряженное состояние);
- по возможности точное разграничение чередования слоев;
- интенсивное применение методов полевых испытаний, в особенности для установления границ зон с пониженной несущей способностью;
- спецификацию грунтов по геологическим и физико-механическим показателям.

3.2. Применение методов разведки.

Как правило, следует выполнять разведку участка посредством бурения. Выбор способа бурения определяется в значительной степени видом предусмотренных лабораторных испытаний. Для обеспечения необходимого качества отбираемых проб грунта следует применять соответствующую технику для взятия образцов:

Выбор метода бурения

Таблица 2

Консистенция органических грунтов	Пробоотборники
мягкие	пробоотборники с тонкостенными патрубками и клапанами в головке
от кашеобразных до жидких	пробоотборники с тонкостенными патрубками

Глубина бурения определяется по формуле:

$$a = t + 3 \text{ м,}$$

где t - мощность органического слоя.

В зависимости от геоморфологии участка и проектных решений скважины следует располагать на расстоянии от 100 м до 10 м. Бурение может быть дополнено зондированием.

Если мощность органических слоев превышает 6 м, то следует предусматривать комбинацию с методами поверхностной разведки, например, геофизическими, сейсмическими, радиологическими методами изысканий и аэрофотосъемкой.

3.3. Полевые испытания.

Для определения соответствующих показателей, установления границ зон с пониженной несущей способностью грунтов, исследования участков с повреждениями, повышения правильности принимаемого технического решения, а также по экономическим соображениям методы бурения, указанные в пункте 3.2., рекомендуется применять в комбинации с интенсивными полевыми испытаниями (с использованием вращательного зонда, крыльчатого зонда, пенетрометра, прессиометра и др.).

3.4. Лабораторные испытания.

Для обеспечения достаточной точности прогнозирования поведения органических грунтов под нагрузкой необходимо, чтобы исходное состояние пробы грунта для определения механических коэффициентов грунта соответствовало естественному состоянию соответствующего слоя.

Предпосылками для этого являются:

- одинаковая структура;
- соответствие влажности и коэффициента пористости;
- сравнимый вещественный состав и гранулометрический состав;
- одинаковое напряженное состояние.

Три первых параметра с достаточной точностью обеспечиваются путем использования соответствующей пробоотборной техники и тщательного выполнения работ, напряженное состояние в лабораторных условиях должно быть аналогично естественному состоянию.

Лабораторные исследования служат для определения:

- показателей с целью установления вида грунта по действующей классификации;
- физико-механических показателей для расчета стабильности основания.

В зависимости от степени требуемой точности и метода строительства следует установить:

- влажность W_n ;
- объемную (кажущуюся) плотность ρ_f ;
- индекс органических примесей I_{om} ;
- содержание известняка;
- плотность скелета грунта ρ_s ;
- пределы консистенции W_L , W_p , I_p , I_c ;
- сжимаемость (модуль одометрической деформации) с учетом порового давления воды;
- прочность на сдвиг (трение и сцепление) с учетом порового давления воды;

- водопроницаемость в горизонтальном и вертикальном направлении при фактических условиях давления.
Ориентировочные значения указаны в таблице 3.

Признаки органических грунтов или
грунтов с органическими включениями

Таблица 3

Геологическое обозначение	Торфянистые грунты	Торф		Илистые грунты	Ил	
Строительный символ	OS–OU–OZ	OW–OZ		OU–OT–OM	OM–OC	
Содержание воды Физический показатель грунта W_n	< 3.0	3.0-8.0	>8.0	0.4-1.5	1.3-3.0	>3.0
Объемная плотность (т/м ³) ρ_r	1.05-1.3	0.9-1.2	0.8-1.0	1.2-1.6	1.1-1.3	1.2
Индекс органических примесей I_{om}	0.10-0.30	0.30-0.95	0.30-0.95	0.04-0.15	0.05-0.30	0.05
Потеря при прокаливании % $\%$	< 50	50 - 95	> 80	10 - 20	15 - 25	20 - 30
Естественный коэфф. пористости e_n	3 - 6	6 - 15	10	5 - 12	3 - 8	2 - 9
Плотность скелета (т/м ³) ρ_s	2.3 – 2.8	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0	2.4 – 2.7	2.0 – 2.5	2.0 – 2.5
Модуль деформации M_o/E_o , нагрузка < 0.2 Н/мм ²	0.3 – 1.5	0.2 – 1.0	0.1 – 0.3	0.5 – 6.0	0.3 – 1.0	0.2 – 0.8

Для определения наименования органических грунтов следует применять дополнительные визуально отличительные признаки, такие как:

- цвет (например, темный цвет – высокое содержание органически связанного углерода ...);
- запах (например, запах гнили – прогрессирующее расположение органических компонентов грунта);
- макропористость;
- степень разложения (длина волокон и степень их сохранности);
- однородность (включения, слоистость, структура).

Кроме того, наряду с наименованием с точки зрения механики грунтов, рекомендуется дополнительно применять геологическое обозначение (напр., торф, сапропель, илистый нанос, ил, мел ...) и учитывать генезис органических грунтов.

При определении физико-механических показателей грунтов для расчета следует учитывать:

- различие напряженного состояния грунтов на промежуточных этапах строительства (отсыпка слоями, продолжительность выдержки для консолидации и снижения порового давления в органических слоях и др. . . .);
- вторичная осадка.

3.5. Расчет осадки при наличии органических слоев.

3.5.1. Полная осадка.

Осадку железнодорожной насыпи при наличии органических слоев в основании складывается из 3 этапов:

- осадка при консолидации органических слоев под нагрузкой (инициальная и первичная осадка);
- вторичная осадка.

3.5.2. Величина осадки.

- Осадкой насыпного материала можно пренебречь, если над уровнем воды в соответствии с действующими стандартами выполнено послойное уплотнение или осуществлена соответствующая временная пригрузка.
- Консолидационные осадки слоя рассчитываются, как правило, в соответствии с государственными стандартами:
 - с использованием напряжений σ_{zi} в слое z_i :

$$S_i = \frac{h_i}{B \cdot E_{oi}} (\sigma_{zi}^o + 4 \sigma_{zi}^m + \sigma_{zi}^u) \cdot \alpha,$$

- где
- h_i - толщина слоя,
 - B - ширина поверхности нагрузки,
 - E_{oi} - модуль суммарной деформации слоя,
 - α - фактор, учитывающий пространственное распределение деформации,
 - с помощью коэффициентов влияния на осадку

$$S_i = \frac{q \cdot B}{E_{oi}} \cdot (f_{zi}^u - f_{zi}^o) \cdot k_i,$$

- где
- q - поверхностная нагрузка,
 - f_{zi} - коэффициент влияния на осадку,
 - k_i - фактор, учитывающий пространственное распределение деформации, вид слоистости и др.

В этих расчетах не выделяются доли начальной и вторичной осадки (например, последующие изменения залегания слоев вследствие изменения направления стока, соотношения напряжение на сдвиг / прочность на сдвиг).

Для практических задач достаточным оказался ориентировочный расчет полной осадки по формуле:

$$S = \frac{q \cdot h}{E_o}.$$

3.5.3. Осадка по времени.

Для органических грунтов ход осадки по времени можно рассчитать приближенно, потому что путем исследования грунта по частичным пробам нельзя достаточно полно учесть многообразные факторы влияния. Часто применяются следующие математические выражения:

- S_t – осадка к моменту времени,
- ξ_t – коэффициент упрочнения,
- S – полная или окончательная осадка,
- τ – фактор по времени.

При этом

$$\xi_t = f(\tau_1 \cdot \tau_T)$$

$$\tau_T = \frac{E_o \cdot k}{\rho_w} \cdot \frac{t}{(h/2)^2} \approx c_v \cdot \frac{t}{(h/2)^2}$$

$$\tau_T = \frac{E_o \cdot k}{\rho_w} \cdot \frac{T}{(h/2)^2} \approx c_v \cdot \frac{T}{(h/2)^2},$$

где:

- τ_T – фактор продолжительности строительства,
- T – время строительства с постоянным увеличением нагрузки,
- t – время для осадки,
- h – толщина слоя – при одностороннем осушении вместо $h/2$ применять полную толщину слоя h ,
- k – коэффициент фильтрации,
- ρ_w – плотность воды,
- c_v – фактор консолидации.

Для практических работ рекомендуется следующий способ действия:

- расчетные осадки по времени принимаются во внимание лишь как ориентировочные данные для планирования продолжительности строительства. Лучше планировать время строительства на основании данных о сооружении аналогичных объектов;
- с начала строительства производится измерение осадок для аналитического прогнозирования их дальнейшего хода и назначения дополнительных мероприятий (например, увеличение слоя пригрузки или др.).

3.6. Расчет устойчивости.

При установлении надежности насыпей на слабых основаниях в первую очередь определяется их устойчивость против обрушения.

Обрушение грунта наступает, если:

- слабый грунт подвергается такой сильной нагрузке, что в нем образуются зоны скольжения, в которых теряется сопротивление сдвигу;
- при неизменной геометрии и нагрузке земляного сооружения вследствие внешних влияний, таких как, например, взрывных работ или колебаний уровня вод с возникновением избыточного давления поровой воды, вязкопластичных эффектов и др., в недопускаемой степени уменьшается сопротивление на сдвиг органического грунта;

- устранены боковые нагрузки, обеспечивающие стабильность основания.

Принимают

$$\tau = c' + \sigma' \tan\varphi$$

$$\sigma' = \sigma - u ,$$

где: σ' – действующее нормальное напряжение,
 σ – общее нормальное напряжение,
 u – напряжение давления поровой воды,
 τ – прочность на сдвиг,
 $\tan\varphi$ – угол внутреннего трения.

Основанием для исследования обрушения грунта являются следующие параметры грунта:

- естественная объемная плотность;
- связность грунта;
- прочность на сдвиг.

Устойчивость слабых оснований под насыпями с достаточной точностью определяется графоаналитическим методом по Феллиниусу. Необходимые коэффициенты безопасности приведены в пункте 2.2.1.

Показатели прочности на сдвиг следует принимать по таблице 5.

Ориентировочные параметры прочности на сдвиг

Таблица 5

Грунт	Связность c' Н/мм ²	Угол трения φ' °
Торф, слабо разложившийся	0-0.02	12° – 20°
Торф, сильно разложившийся	0-0.01	8° – 15°
Ил	0-0.008	5° – 12°

При выборе расчетных данных следует учитывать:

- степень разложения, например, для слоистых торфов;
- физико-механические свойства по таблице 3;
- возможность установления критической поверхности скольжения;
- несущую способность.

Для торфа с малой степенью разложения речь идет скорее о пределе прочности волокон на разрыв. Ввиду значительной неоднородности составляющих рекомендуется пренебречь этим значением.

При использовании другого метода расчета следует соответствующим образом изменить допускаемые коэффициенты безопасности.

В таблице 6 приведено сопоставление коэффициентов безопасности, полученных различными способами, при одинаковых условиях.

Коэффициенты безопасности в зависимости от методов расчета

Таблица 6

Метод	Коэффициент безопасности				
	1.1	1.1	1.3	1.5	2.0
Феллиниус	1.1	1.1	1.3	1.5	2.0
Сиор	0.7	0.75	1.0	1.15	1.65
Бишоп	1.4	1.45	1.7	1.85	2.3
Крей	1.15	1.3	1.75	2.1	3.1
Феллиниус / Брет	1.65	1.75	2.2	2.5	3.45

4. Методы сооружения основания.

4.1. Общие положения.

При сооружении основания следует различать два метода, применение которых определяется:

- сохранение органических грунтов или части их в основании;
- полное удаление слоев с малой несущей способностью.

Выбор метода обусловлен:

- возможностью его применения;
- геологическими и гидрологическими условиями;
- геометрическими размерами земляного полотна;
- возможным влиянием на эксплуатационные показатели.

Часто оптимальные решения возможны при комбинации различных методов.

4.2. Выторфовывание (см. рис.1).

Выторфовывание – это полное или частичное удаление органических грунтов с заменой их дренирующим грунтом.

Возможная глубина удаления грунта определяется:

- местоположением экскаватора (на насыпе, на рабочем слое, на болоте, с достаточной несущей способностью);
- типом экскаватора (длина стрелы, емкость ковша);
- качеством отсыпаемого материала (крутизна откоса над и под водой).

Основание, соответствующее требованиям по качеству, можно, в общем, выполнить с помощью средних экскаваторов до глубины 4 6 м, а более крупными экскаваторами до глубины 8 10 м.

Особое внимание следует обратить на формирование подошвы откоса.

4.3. Посадка насыпи на твердый грунт с помощью взрыва (см. рис.2).

При посадке насыпи на твердый грунт с помощью взрыва производится вытеснение грунта при взрыве заряда под действием собственного веса насыпного грунта.

Этот метод применяется:

- при толщине органического слоя ≤ 15 м;
- при естественной влажности > 400 %;
- если при этом не повреждаются близлежащие строения (включая насыпь на фашинах).

4.4. Сооружение насыпи методом вытеснения слабых грунтов (см. рис.3).

Сооружение насыпи методом вытеснения – это выдавливание органических слоев с помощью отсыпки больших масс сыпучего материала, которые вызывают искусственный сдвиг грунта.

Для применения этого метода необходимы следующие условия :

- консистенция органических масс: от пульпообразной (кашевидной) до жидкой;
- органические слои до этого не консолидировались;

- уклон минерального дна направлен в сторону желательного вытеснения.

4.5. Откосные призмы и дренажные траншеи (см. рис.4).

Откосные призмы и дренажные траншеи – это расположенные под подошвами насыпи или под насыпью траншеи глубиной до минерального дна; после удаления органических масс эти траншеи вновь заполняются грунтами с высоким коэффициентом трения.

Этот метод применяется лишь при:

- толщине органического слоя $t \leq 6\text{ м}$;
- естественной влажности органического грунта $W_n < 500\ %$;
- высоте насыпи $> 2\text{ м}$, в основном в комбинации с методом временной пригрузки.

Расстояние между траншеями должно составлять $a = 1t \dots 2t$,
а ширина траншеи - $b = 2\text{ м} \dots t$.

4.6. Вертикальные песчаные дрены (см. рис.6).

Вертикальные песчаные дрены – это ненесущие песчаные сваи, выполняемые бурением, размывом или вдавливанием в слабых основаниях и предназначенные для отвода поровой воды. Этот метод применяется при:

- толщине органических слоев $t \geq 4\text{ м}$;
- наличии соответствующих технических устройств с длиной дрены $> 20\text{ м}$;
- в комбинации с временной пригрузкой.

4.7. Временная пригрузка (см. рис.5).

Временная пригрузка – это насыпь грунта, размеры которой превышают проектные размеры земляного полотна и которая предназначена для ускорения осадки и предотвращения нарушения устойчивости в эксплуатационный период.

Этот метод применяется:

- при длительных сроках строительства;
- на линиях низких категорий с относительно большой допускаемой вторичной осадкой.

Временная пригрузка при соответствующей продолжительности ее нахождения на участке применяется, главным образом, в комбинации с методами сооружения, при которых:

- предусмотрено
- необходимо свести до минимума вторичные осадки.

Высота избыточной засыпки определяется с учетом:

- ожидаемой осадки;
- динамических воздействий;
- нагрузки от конструкции железнодорожного полотна;
- запаса прочности.

4.8. Ростверковые основания (см. рис.7).

Ростверковые основания – это свайные конструкции на большой площади, служащие в качестве основания насыпей из грунта.

Они применяются:

- на очень мягких органических слоях;

- если мощность органических слоев допускает применение свай имеющейся длины и сваебойного оборудования;
- при отсутствии местных материалов для возведения насыпи.

4.9 Улучшение грунтов с помощью вяжущих материалов (стабильность грунтов), механическая стабильность

Для повышения несущей способности основания без необходимости замены мало подходящих или неподходящих грунтов можно применить метод улучшения (стабильности) грунтов с помощью подходящих вяжущих материалов, а если понадобится, механическую стабилизацию грунтов. О возможности применения этого метода решат результаты геотехнического исследования и лабораторных испытаний отобранных образцов первоначального грунта.

4.10. Загрузка полотна железнодорожной насыпи с помощью консолидационных слоев (рис. 8)

К основным способам загрузки насыпи на слабом основании принадлежит неглубокая загрузка насыпи с помощью консолидационного слоя. Консолидационный слой обеспечивает равномерную передачу нагрузки на основание и, одновременно, обеспечивает горизонтальный отвод воды, вытесненной из грунтов основания при консолидации земляного полотна. Его минимальная толщина - 0,30 м. Параметры консолидационного слоя определяются по результатам геотехнического исследования и расчета консолидации основания.

Консолидационный слой всегда должен быть совершенно обезвоженный, от грунта основания и слоя кровли обыкновенно укладывается фильтровальный геотекстиль. Для повышения жесткости консолидационного слоя уместно применение крепежных элементов в одном или двух слоях.

4.11 Снижение нагрузки с помощью конструкций облегченных насыпей (рис. 9)

Для снижения воздействия статической нагрузки слабого основания от конструкции насыпей можно применять специальные материалы для строительства насыпи. Это материалы с собственным низким весом (полистирол, пустотелые синтетические элементы и т.п.), которые позволяют строительство стабильной насыпи.

В случае применения этих материалов необходимо исключить возможное агрессивное влияние среды (химическое, температурное), и эти элементы защищать эффективной изоляцией (бентонитовая фольга и т.п.).



Рис.8 Загрузка полотна на консолидационном слое

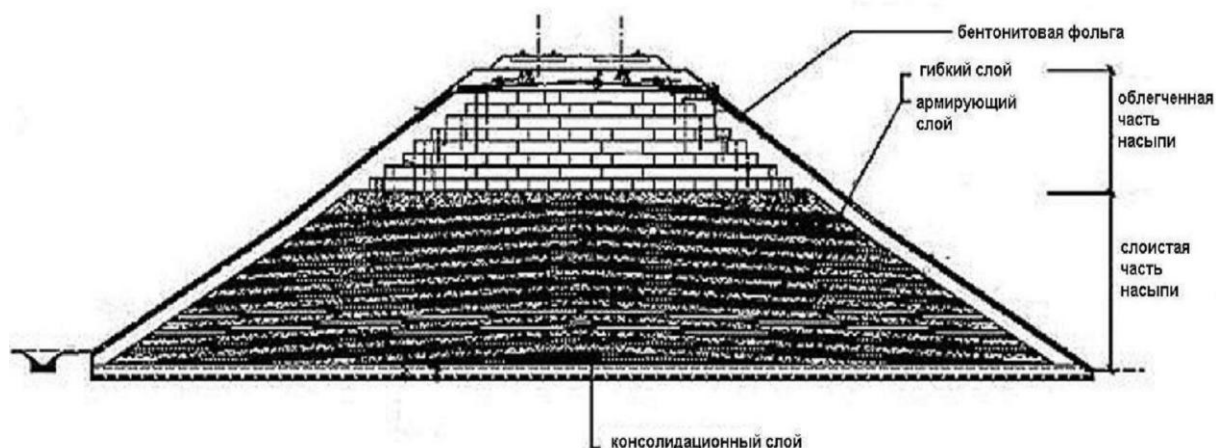


Рис. 9 Вариант конструкция облегченной насыпи

5. Мероприятия по надзору.

5.1. Основные положения.

Мероприятия по надзору необходимы для обеспечения безопасности людей, выполняющих работы по сооружению насыпей на слабых основаниях, для защиты машин и инструментов, предотвращения обрушения грунта и обеспечения высоких эксплуатационных показателей при использовании земляного полотна.

Они должны включать:

- указания по обеспечению требуемого качества земляных работ;
- требования по качеству материала;
- мероприятия по технологии и надзору во время строительства (визуальный контроль);
- контроль с помощью измерительных приборов за обеспечением устойчивости на промежуточных этапах строительства и наблюдение за ходом осадки;
- контрольное бурение и проверка изменившихся показателей грунта.

5.2. Требования к укладке грунта в зоне капиллярного подъема воды.

Дренирующие материалы должны в течение длительного срока обеспечивать фильтрацию воды от прилегающих органических грунтов (требования см. таблицу 4, стр.22).

Грунты, которые укладываются в зону капиллярного подъема воды или попадают в нее вследствие осадки, должны служить капилляропрерывателем, если для насыпи над капиллярной каймой применены глинистые грунты.

Для методов сооружения по 4.2. – 4.4. допускаются включения органических грунтов под насыпью в соответствии с рис. 8.

Если на отдельных участках требуется повышенное сопротивление насыпи смещению, после ее сооружения проводится контрольное бурение. При необходимости назначаются дополнительные мероприятия для обеспечения устойчивости (например, устройство берм – см. пункт б).

5.3. Указания по технологии и визуальному контролю.

Для укладки материала на органические слои с малой несущей способностью (методы по пунктам 4.5. – 4.7., условно 4.3.) требуется применять послойную отсыпку грунта для обеспечения равномерной нагрузки и исключения разрушения основания.

Для этого следует назначить:

- мероприятия по защите лиц, выполняющих работы, и машин;
- высоту слоя засыпки и время на осадку до засыпки следующего слоя;
- вид и способ укладки насыпных слоев;
- действия при обрушении грунта и восстановительных работах после обрушения грунта.

Эти указания следует постоянно контролировать во время строительных работ с учетом требований п. 5.4.

Если вытеснение органических слоев предполагается осуществлять путем искусственного обрушения грунта (см. способ по пунктам 4.3. и 4.4.), то, при одновременном обеспечении безопасности людей и машин, необходимо интенсивное загрузжение на коротком фронте работ.

В дополнение к техническим мероприятиям следует применять методы визуального контроля (наблюдение за образованием трещин, за явлениями обрушения грунта, соблюдение технологии и др. . . .).

5.4. Наблюдение с помощью измерительных инструментов.

5.4.1. Измерение осадки.

Для установления хода осадки по времени и общей осадки по методам 4.2. – 4.7. следует зафиксировать репера до начала строительных работ и проводить за ними регулярные наблюдения по предусмотренному циклу.

Наряду с осадкой для соответствующего репера следует одновременно определить фактическую нагрузку от насыпи.

Результаты наблюдений используются для:

- сопоставления фактических осадок с расчетными;
- обнаружения признаков возможного обрушения грунта при увеличении осадок;
- эффективности временной пригрузки и момента окончания периода выдержки;
- ориентировочного определения объема насыпных материалов.

5.4.2. Контроль порового давления воды.

Измерение порового давления воды рекомендуется производить для методов 4.6. и 4.7. Данные наблюдений используются для выбора оптимального режима сооружения (продолжительности строительства), временной пригрузки и уменьшения опасности обрушения грунта.

6. Укрепление и оздоровление насыпей на слабых основаниях.

6.1. Общие положения.

Для подготовки мероприятий по укреплению и оздоровлению существующих насыпей на слабых основаниях необходимо установить причины повреждения или состояния насыпи до повреждения. При планировании строительных и эксплуатационных мероприятий необходимо наряду с положениями, действующими для строительства новых насыпей (пункта 1 5), выяснить следующие вопросы:

- величину осадок или сдвигов, а также их причины (результат разведки по пункту 3 и наблюдение с помощью измерительных приборов согласно пункту 4);
- объем мероприятий по содержанию пути;
- эксплуатационные возможности для осуществления строительных мер; полное закрытие одного или нескольких путей; частичное закрытие одного или нескольких путей при полной или уменьшенной скорости движения поездов; без закрытия движения поездов, однако, при уменьшении скорости;
- влияние дополнительных факторов действующих на насыпь (нагрузка от подвижного состава, скорости, строительные мероприятия на расположенных поблизости строительных объектах, изменение гидрологии и др.).

В отличие от мероприятий, осуществляемых при строительстве новых насыпей, при выборе строительной технологии для укрепления и оздоровления насыпей, ввиду опасности аварии и прекращения движения поездов, большое внимание следует уделять:

- согласованию технологических процессов с местными условиями на основании заранее заданных стандартных решений или способов поведения;
- непрерывному контролю и корректировке хода строительства на основании мероприятий по надзору согласно пункту 5 при возникновении отклонений;
- увязка строительных мероприятий с движением поездов, включая и необходимые средства предупреждения при признаках аварии

6.2. Выбор метода строительства.

Мероприятия по укреплению насыпи, служащие для поддержания ее в определенном состоянии, отличаются от мероприятий по оздоровлению, главным образом, только объемом работ, а не методом строительства.

При многообразии возможных влияний или изменений, обуславливающих необходимость укрепления или оздоровления насыпи, важное значение имеет выбор соответствующего метода усиления, в основном это будет комбинация из нескольких методов (см. таблицу 7).

В примерах 1 . . . 11 приведены некоторые практические случаи, по которым следует с учетом условий местности выбирать соответствующий метод усиления или их комбинацию.

С помощью комбинации методов, например, с песчаными дренами или аналогичными способами можно в значительной степени повысить эффективность мероприятий по усилению и уменьшить опасность обрушения понижением избыточного давления поровой воды.

Зависимость метода усиления от допускаемой скорости движения поездов определяется величиной допускаемой осадки (пункт 2.2.) или устойчивостью насыпи во время проведения строительного мероприятия (пункт 2.1.).

Выбор несимметрических технических решений необходим при наклонном несущем основании или при смещении существующей насыпи в одну сторону.

Во всех случаях рекомендуется проводить мероприятия по надзору согласно пункту 5. Объем этих мероприятий следует устанавливать в соответствии со значимостью железнодорожной линии и скоростью выполнения строительных работ. При применении методов по уменьшению осадок следует учитывать, что при проведении строительных работ может быть нарушена устойчивость насыпи, и наоборот, при восстановлении устойчивости можно ожидать увеличения осадки.

По таким же критериям следует производить оценку мероприятий, которые наряду с укреплением и оздоровлением одновременно преследуют цель уширения насыпи (примеры 5,6,8,9).

Таблица 7

Изменения в насыпи (вид повреждения)	Избранный метод строительства
<ul style="list-style-type: none"> • Равномерная осадка вследствие прогрессирующей консолидации. 	<ul style="list-style-type: none"> - Пригрузка верха насыпи и откосов при полном прекращении движения (аналогично пункту 4.7.) или при частичном прекращении движения по примеру 5. - Устройство берм и частичная засыпка берм и откосов, уменьшение скорости движения поездов по пункту 2.2.2. и примерам 1,2, и 3.
<ul style="list-style-type: none"> • Горизонтальные смещения вследствие <ul style="list-style-type: none"> - обрушения - вытеснения органических грунтов - горизонтальной консолидации. 	<ul style="list-style-type: none"> - Устройство контрберм, ширина и высота которых устанавливается по критериям устойчивости в соответствии с примерами 1,2 и 3. - Устройство подоткосных призм по примеру 7. - Осушение местности в соответствии с примером 4.
<ul style="list-style-type: none"> • Превышение допускаемых упругих деформаций пути при прохождении поезда. • Недопускаемые колебания насыпи (резонанс) при прохождении поезда. 	<ul style="list-style-type: none"> - Изменение соотношений масс <ul style="list-style-type: none"> - увеличением высоты насыпи аналогично примеру 5 - отсыпкой берм согласно примерам 1,2 и 3. - Улучшение границы подошв трения по примеру 7.
<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение ширины или высоты насыпи. 	<ul style="list-style-type: none"> При полном прекращении движения аналогично пунктам 4.6. и 4.7. или закрытии отдельных путей по примеру 5 или 6.