

Железные дороги
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО
Правила проектирования

Чыгункі
ЗЕМЛЯНОЕ ПАЛАТНО
Правілы праектавання

Издание официальное

Ключевые слова: земляное полотно, грунты, насыпи и выемки, защитный слой, дренарующие грунты, водоотводы, укрепление, прогноз осадок насыпей, экологические требования

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Сооружения транспорта» (ТКС 07)

ВНЕСЕН главным управлением научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 7 декабря 2009 г. № 396

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 3.03 «Сооружения транспорта и транспортная инфраструктура»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Общие положения	3
5 Грунты для земляного полотна	4
5.1 Характеристика природных условий и дорожно-климатическое районирование Республики Беларусь	4
5.2 Естественные основания	5
5.3 Грунты	5
5.4 Грунты для насыпей	7
5.5 Нормы уплотнения грунтов земляного полотна	9
5.6 Нормы влажности грунтов	11
6 Основные конструктивные параметры земляного полотна	12
6.1 Общие положения	12
6.2 Защитный слой	13
6.3 Высота насыпей, глубина выемок и крутизна их откосов	14
7 Основные положения проектирования	14
8 Насыпи	16
8.1 Общие положения	16
8.2 Насыпи на сыром и мокром основании	20
8.3 Насыпи из глинистых грунтов повышенной влажности	21
9 Насыпи на болотных грунтах	22
9.1 Общие положения	22
9.2 Особенности изысканий железных дорог на участках залегания слабых грунтов	22
9.3 Оценка возможности использования болотной залежи в качестве основания насыпи	24
9.4 Насыпи на болотах I типа (основаниях I типа по устойчивости)	24
9.5 Насыпи на болотах I, II и III типов (основания II, IIIA и IIIB типов)	27
10 Выемки	29
10.1 Выемки при благоприятных инженерно-геологических условиях	29
10.2 Выемки в глинистых грунтах повышенной влажности и переувлажненных	32
11 Насыпи в условиях подтоплений	32
12 Резервы, кавальеры, банкеты	36
12.1 Резервы	36
12.2 Кавальеры	37
12.3 Банкеты	39
13 Устройства для отвода поверхностных и грунтовых вод	39

13.1 Общие положения	39
13.2 Водоотводные каналы	40
13.3 Нагорные каналы	40
13.4 Кюветы и лотки	41
13.5 Водоотводные устройства в пределах отдельных пунктов	41
13.6 Устройства для отвода грунтовых вод	42
13.7 Поглощающие колодцы и испарительные бассейны	42
14 Защита и укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений	43
14.1 Общие положения	43
14.2 Защитные конструкции и мероприятия	43
14.3 Укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений	43
15 Земляное полотно для железнодорожных узлов и станций	45
16 Земляное полотно внешних (подъездных) путей	47
17 Особенности проектирования земляного полотна, возводимого в зимнее время	49
18 Экологические требования при проектировании земляного полотна	51
Приложение А (обязательное) Дорожно-климатическое районирование территории Республики Беларусь	53
Приложение Б (справочное) Характеристика набухающих, просадочных и пучинистых грунтов	54
Приложение В (справочное) Характеристики болотных отложений	57
Приложение Г (справочное) Определение толщины защитного слоя по условию ограничения величины морозного пучения его основания и обеспечения необходимой прочности подстилающего слоя	62
Приложение Д (справочное) Расчет устойчивости земляного полотна	69
Приложение Е (справочное) Определение осадки насыпей на болотах	76
Приложение Ж (обязательное) Методика испытания насыпей на болотах	81
Приложение К (рекомендуемое) Определение размера камня для защиты откоса от размыва текущим потоком	82
Приложение Л (справочное) Величина уширенной защитной призмы Δl при защите откоса от размыва с использованием несортированной горной массы	83
Приложение М (справочное) Армирующие материалы	84
Приложение Н (справочное) Характеристика полимерных труб и трубофильтров	85
Приложение П (справочное) Глубина промерзания глинистых грунтов	86
Приложение Р (рекомендуемое) Расчет параметров ветровых волн для определения отметки бровки насыпи и мощности крепления откоса	87
Приложение С (справочное) Устойчивость земляного полотна на участках лессовидных грунтов	94
Библиография	95

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**Железные дороги
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО
Правила проектирования****Чыгункі
ЗЕМЛЯНОЕ ПАЛАТНО
Правілы праектавання****Railways
Formation
Design regulations**

Дата введения 2010-05-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) распространяется на земляное полотно железнодорожных линий и устанавливает правила его проектирования.

Технический кодекс предназначен для применения при проектировании и строительстве земляного полотна новых железнодорожных линий колеи 1520 мм, главных и станционных путей, узлов и станций, а также внешних (подъездных) железнодорожных путей предприятий и организаций.

Требования разделов 4–18 являются обязательными.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):¹⁾

ТКП 200-2009 (02191) Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования

СТБ 943-2007 Грунты. Классификация

СТБ 1104-98 Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства. Технические условия

ГОСТ 17.4.3.02-85 Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ

ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель

ГОСТ 17.5.3.06-85 Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ

ГОСТ 7394-85 Балласт гравийный и гравийно-песчаный для железнодорожного пути. Технические условия

ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 22733-2002 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

ГОСТ 23161-78 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности

ГОСТ 24143-80 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки

СНБ 1.02.01-96 Инженерные изыскания для строительства

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология

СНБ 3.03.01-98 Железные дороги колеи 1520 мм

¹⁾ СНБ, СНИП, Пособия к СНИП имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

СНБ 5.01.01-99 Основания и фундаменты зданий и сооружений

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия

СНиП 2.01.15-90 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования

СНиП 2.05.07-91 Промышленный транспорт

СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)

П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик.

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 банкет: Сооружение правильной формы (трапециoidalного или треугольного сечения) из грунта, отсыпаемого вдоль верхней бровки выемки для ограждения и защиты ее откосов от размыва поверхностными водами.

3.2 берма: Площадка, устраиваемая на поверхности откоса насыпи или выемки с целью повышения общей устойчивости откоса и прохода машин при производстве ремонтных работ на откосе.

3.3 бровка: Линия пересечения плоскости откоса и поверхности земляного полотна в месте их сопряжения, по которой определяют рабочие отметки земляного полотна железной дороги.

3.4 выемка: Земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю; при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

3.5 выемка глубокая: Выемка глубиной более 12 м в глинистых, песчаных или крупнообломочных грунтах, более 16 м — в скальных грунтах.

3.6 высота насыпи: Расстояние, измеренное по оси дороги от поверхности земли до линии бровки земляного полотна.

3.7 забанкетная канава: Канава, предназначенная для отвода поверхностной воды с площади между нагорным откосом выемки и подошвой банкета или кавальера и для защиты откосов выемок от размыва.

3.8 заложение откоса: Горизонтальная проекция откоса.

3.9 земляное полотно: Грунтовое сооружение в виде насыпи или выемки, включающее систему водоотвода, сооружений инженерной защиты от природных геофизических процессов и специальных мероприятий по повышению устойчивости грунтового основания.

3.10 кавальер: Геотехническое сооружение в виде насыпи правильной формы, устроенной из грунта выемки, не используемое по тем или иным причинам для отсыпки насыпей.

3.11 канава нагорная: Канава, устраиваемая с нагорной стороны дороги для перехвата стекающей по склону воды и отвода ее от дороги.

3.12 контрбанкет: Инженерное сооружение из камня или грунта, устраиваемое в виде присыпки к насыпи взамен подпорных стен.

Примечание — Сооружают на особо крутых косогах у подошвы насыпей или полунасыпей-полувыемков в целях их укрепления или борьбы с выпором оснований. В последнем случае их обычно называют боковыми пригрузочными бермами.

3.13 крутизна откоса: Отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции — заложению.

3.14 коэффициент относительного уплотнения: Отношение требуемой плотности сухого грунта в насыпи к его плотности в резерве или карьере.

3.15 коэффициент уплотнения: Отношение плотности сухого грунта в насыпи к плотности сухого грунта при стандартном уплотнении.

3.16 коэффициент фильтрации грунта: Показатель водопроницаемости грунта, равный скорости фильтрации воды сквозь грунт при напорном градиенте, равном единице.

3.17 кюветы: Боковые водоотводные продольные канавы, располагающиеся непосредственно вдоль подошвы земляного полотна.

3.18 лотки: Водоотводные канавы треугольного поперечного сечения.

3.19 насыпь: Инженерное земляное сооружение, устраиваемое из природных и (или) техногенных грунтов, в пределах которых вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли.

3.20 обочина пути: Часть земляного полотна, обеспечивающая удаленность поездной нагрузки от края основной площадки, предохраняющая балласт от осыпания на откосы земляного полотна, создающая удобства для производства путевых работ.

3.21 основание естественное: Массив грунта в условиях естественного залегания, используемый в качестве несущего основания насыпи.

3.22 основная площадка земляного полотна: Часть земляного полотна, расположенная ниже сливной площадки.

3.23 откос земляного полотна: Поверхность, сопрягающая обочину с поверхностью придорожной полосы или водоотводных сооружений.

3.24 подошва насыпи: Нижняя поверхность тела насыпи, опирающаяся на естественный грунт.

3.25 подпорная стенка: Геотехническая конструкция, предназначенная для обеспечения устойчивости вертикальных или очень крутых откосов.

3.26 поперечный профиль земляного полотна: Изображение сечения дороги плоскостью, перпендикулярной к ее оси.

Примечание — Поперечный профиль земляного полотна может быть двускатным — с уклонами, симметрично нисходящими от оси дороги к бровкам земляного полотна, односкатным — с уклоном, нисходящим от одной бровки земляного полотна к другой. Элементы поперечного профиля — сливная призма, основная площадка, обочины, водоотводные канавы, откосы и др.

3.27 прослойка геотекстильная: Прослойка из геотекстильного полотна между балластом и земляным полотном, в конструкциях укрепления откосов, на слабых основаниях.

3.28 сливная призма: Часть земляного полотна шириной по верху 2,3 м, ограниченная основной площадкой и плоскостью, проходящей через ее бровки.

3.29 угол естественного откоса: Максимальный острый угол, который может быть образован свободным откосом грунта с горизонтом в состоянии равновесия.

4 Общие положения

4.1 Земляное полотно следует проектировать на основе материалов инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, гидрогеологических и гидрологических изысканий. При необходимости, в сложных условиях, следует выполнять натурные определения деформативных и прочностных свойств грунтов основания.

При проектировании необходимо обеспечивать заданный уровень надежности по прочности, стабильности и устойчивости земляного полотна при минимальных затратах, а также максимальном сохранении ценных земель, минимальном ущербе природной среде.

Необходимые сооружения и устройства инженерной защиты (снегозащитные, противообвальные, охранные лесополосы и др.) могут располагаться как в полосе отвода железной дороги, так и за ее пределами в специально выделенных охранных зонах по согласованию с местными органами исполнительной власти и владельцами земель.

4.2 При проектировании земляного полотна должны быть приняты комплексные решения по выбору и назначению:

- конструкции земляного полотна в зависимости от категории железнодорожной линии, инженерно-геологических и природных условий с учетом деления территории Республики Беларусь на дорожно-климатические районы согласно приложению А, а также способов производства работ;

- грунта для насыпей с учетом вида и состояния грунтов основания, высоты проектируемой насыпи, а также разведанных запасов грунтов, дальности их возки, наличия поблизости отходов промышленного производства, пригодных для сооружения земляного полотна;

- вида и конструкции водоотводных устройств соответственно расчетным расходам поверхностного стока и гидрогеологическим условиям;

- типа укрепления откосов земляного полотна и водоотводов с учетом местных условий;

- комплекса устройств и мероприятий по защите пути от вредного воздействия природных факторов.

4.3 При проектировании земляного полотна следует принимать нагрузку от подвижного состава и верхнего строения пути с учетом перспективных условий эксплуатации дороги. В необходимых случаях следует проверять устойчивость откосов, прочность основной площадки и основания насыпей, их деформативность в части не превышения допустимых значений деформаций равномерного морозного пучения и обратимых (упругих) и остаточных осадков оснований насыпей.

4.4 Для обеспечения надежности конструкций земляного полотна и расширения сферы применения местных грунтов следует предусматривать:

- уплотнение до нормируемой плотности грунта в насыпях, в необходимых случаях — под основной площадкой в выемках и на нулевых местах;
- устройство защитного слоя из дренирующих грунтов под балластной призмой;
- применение геотекстильных материалов (на основной площадке под защитным слоем, в конструкциях укрепления откосов, а также на слабых основаниях);
- использование теплоизоляционных материалов для предотвращения морозных деформаций (пенопласты, шлаки и т. п.);
- надежное обеспечение отвода поверхностных и подземных вод от земляного полотна (в том числе с применением дренажей мелкого заложения, водоотводных лотков);
- применение инженерных способов защиты откосов насыпей (пляжные откосы, посев трав, железобетонные укрепления, химическое закрепление поверхностного слоя грунта);
- обыпку откосов насыпей и выемок крупнообломочным и скальным грунтом.

4.5 В связи с современными требованиями по увеличению скоростей движения поездов и увеличению нагрузок на оси подвижного состава необходимо не только учитывать деформационные показатели конструкций земляного полотна, но и производить проверки прочности основания под балластным слоем на виброустойчивость при принимаемых скоростях движения поездов.

5 Грунты для земляного полотна

5.1 Характеристика природных условий и дорожно-климатическое районирование Республики Беларусь

Природные условия района строительства дороги характеризуются комплексом погодно-климатических факторов с учетом деления территории Республики Беларусь на три дорожно-климатических района в соответствии с таблицей 5.1 и приложением А.

Таблица 5.1 — Дорожно-климатические районы

Дорожно-климатические районы	Примерные географические границы	Краткая характеристика дорожно-климатического района
1 район — северный, влажный	Севернее линии Поставы — Борисов — Кричев	Распространяется в пределах Поозерского оледенения, характеризуется холмисто-моренным рельефом; климат относительно прохладный, с суммой градусо-дней мороза 614–808, средней годовой температурой воздуха от 4,4 °С до 5,3 °С, годовым количеством осадков от 750 до 860 мм и возможностями испарения, не превышающими 600 мм в год
2 район — центральный, умеренно-влажный	Южнее границы 1-го района до линии Щучин — Старобин — Гомель	Распространяется в пределах Сожского оледенения, занимает Белорусскую гряду и прилегающие к ней возвышенное плато, равнины и гряды; климат мягкий, с суммой градусо-дней мороза 387–740, средней годовой температурой воздуха от 5,3 °С до 6,5 °С, годовым количеством осадков от 650 до 750 мм и возможностями испарения около 635 мм в год
3 район — южный, неустойчиво влажный	Южнее границы 2-го района	Распространяется в пределах Днепровского оледенения, занимает Полесскую низменность. Характеризуется равнинным, сильно пониженным, заболоченным рельефом; климат теплый, с суммой градусо-дней мороза 319–646, средней годовой температурой воздуха от 6,5 °С до 7,4 °С, годовым количеством осадков от 600 до 650 мм и возможностями испарения от 650 до 700 мм в год

5.2 Естественные основания

5.2.1 Оценку естественных оснований по условиям их увлажнения при выборе грунтов для насыпей и проектировании земляного полотна следует производить с учетом таблицы 5.2.

Таблица 5.2

Тип основания	Характерные признаки
Сухое	Условия для поверхностного стока хорошие; глинистые грунты на глубине до 1 м имеют влажность не более $(W_p + 0,25I_p)$, грунтовые воды отсутствуют или залегают на глубине более 2 м от поверхности земли
Сырое	Условия для поверхностного стока плохие; грунты водонасыщенные песчаные, глинистые; глинистые грунты в предморозный период имеют влажность на глубине до 1 м включ. от $(W_p + 0,25I_p)$ до $(W_p + 0,75I_p)$, а уровень грунтовых вод — на глубине более 1 м от поверхности земли; признаки поверхностного заболачивания
Мокрое	Поверхностный сток отсутствует; грунты глинистые, торфы, илы, сапропели; глинистые грунты в предморозный период имеют влажность на глубине до 1 м, равную $(W_p + 0,75I_p)$ и более, а уровень грунтовых вод — на глубине до 1 м от поверхности земли; имеются выходы грунтовых вод на поверхность земли или длительно стоящие (более 20 сут) поверхностные воды

5.2.2 В зависимости от прочности грунтов, их влажности, степени однородности, а также значений расчетных нагрузок естественные основания насыпей следует подразделять на прочные, недостаточно прочные и слабые. При этом должны учитываться возможные изменения свойств грунтов в условиях эксплуатации.

К прочным относятся естественные основания, представленные скальными и крупнообломочными грунтами (независимо от условий увлажнения), а также маловлажными и влажными песками и глинистыми грунтами твердой и полутвердой консистенции, преимущественно сухие согласно таблице 5.2, при которых не наблюдается деформаций основания под нагрузкой, требующих осуществления специальных мероприятий.

К недостаточно прочным относятся основания преимущественно сырые согласно таблице 5.2, сложенные неоднородными, переслаивающимися по протяжению грунтами, низкие насыпи на которых могут иметь неравномерное пучение и небольшие осадки, что необходимо учитывать при проектировании.

К слабым относятся мокрые согласно таблице 5.2 естественные основания, сложенные переувлажненными грунтами, насыпи на которых могут иметь осадки значительные по величине и неравномерные во времени, а также терять устойчивость. Для предотвращения деформаций необходимо предусматривать специальные конструктивные решения.

5.3 Грунты

5.3.1 Грунты, используемые в строительстве железных дорог, должны подразделяться в соответствии с СТБ 943.

Грунты для сооружения насыпей подразделяются по степени увлажнения в соответствии с таблицей 5.3. При этом к грунтам с допустимой влажностью относят грунты, влажность которых соответствует требованиям таблицы 5.10.

Таблица 5.3 — Разновидности грунтов по степени увлажнения

Разновидности грунтов по степени увлажнения	Влажность
Недоувлажненные	Менее $0,9W_0$
Нормальной влажности	От $0,9W_0$ до $W_{\text{доп}}$ включ.
Повышенной влажности	Св. $W_{\text{доп}}$ “ W_{max} “
Переувлажненные	“ W_{max}

Окончание таблицы 5.3

Примечание — Условные обозначения, примененные в таблице:

W_o — оптимальная влажность грунта;

$W_{\text{доп}}$ — допустимая влажность грунта;

W_{max} — максимально возможная влажность грунта при коэффициенте уплотнения 0,9.

Грунты для верхней части земляного полотна следует дополнительно подразделять по составу (глинистые грунты и осадочные несцементированные грунты по таблицам 5.4 и 5.5), набухаемости, относительной просадочности и склонности к морозному пучению в соответствии с приложением Б.

Таблица 5.4 — Классификация глинистых грунтов для проектирования и сооружения земляного полотна железных дорог

Тип грунтов	Вид грунтов	Показатели	
		Содержание песчаных частиц, % по массе	Число пластичности I_p , %
Супесь	Легкая крупная	Св. 50	1–7
	Легкая	“ 50	1–7
	Пылеватая	От 50 до 20 включ.	1–7
	Тяжелая пылеватая	Менее 20	1–7
Суглинок	Легкий	Св. 40	7–12
	Легкий пылеватый	40 и менее	7–12
	Тяжелый	Св. 40	12–17
	Тяжелый пылеватый	40 и менее	12–17
Глина	Песчанистая	Св. 40	17–27
	Пылеватая	40 и менее	17–27
	Жирная	Не нормируется	Св. 27
<i>Примечания</i> 1 Для супесей легких крупных учитывается содержание песчаных частиц размером от 2 до 0,25 мм, для остальных грунтов — от 2 до 0,05 мм. 2 При содержании в грунте от 15 % до 25 % по массе частиц крупнее 2 мм к наименованию видов глинистых грунтов добавляется слово «с галькой» (щебнем) либо «с гравием» (дресвой). 3 При содержании в грунте от 25 % до 50 % по массе частиц крупнее 2 мм к наименованию видов глинистых грунтов добавляется слово «гравелистый» (при окатанных частицах) или «щебенистый» (при неокатанных частицах). 4 При содержании в грунте органического вещества от 5 % до 10 % по массе к наименованию видов глинистых грунтов добавляется слово «с примесью органического вещества».			

5.3.2 К подгруппе глинистых грунтов относятся также лессовидные грунты, которые по числу пластичности делят на супеси, суглинки и глины (грунты с числом пластичности более 1, однородные, преимущественно макропористые, содержащие более 50 % частиц размером от 0,05 до 0,005 мм, легко- и среднерастворимые соли и карбонаты кальция).

Таблица 5.5 — Классификация осадочных несцементированных грунтов для проектирования и сооружения земляного полотна железных дорог

Тип грунтов	Распределение частиц по крупности, % от массы сухого грунта
Крупнообломочные грунты:	
валунный (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый)	Масса частиц крупнее 200 мм составляет более 50 %
галечниковый (при преобладании неокатанных частиц — щебенистый)	Масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50 %
гравийный (при преобладании неокатанных частиц — дресвяный)	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 50 %

Окончание таблицы 5.5

Тип грунтов	Распределение частиц по крупности, % от массы сухого грунта
Песчаные грунты: песок гравелистый песок крупный песок средней крупности песок мелкий песок пылеватый	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 25 % Масса частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50 % Масса частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50 % Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет 75 % и более Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75 %

5.3.3 К подгруппе озерных грунтов относят илы — грунты с числом пластичности более 1 %, представляющие водонасыщенный осадок водоемов, имеющий влажность выше границы текучести и коэффициент пористости более 0,9.

5.3.4 Лессовидные грунты и илы делят на виды по коэффициенту пористости.

5.3.5 К особым грунтам следует относить: торфяные и заторфованные; сапропели, илы согласно приложению В; лессы; аргиллиты и алевролиты; мергели; глинистые мергели и мергелистые глины; черноземы; техногенные грунты (отходы промышленности).

5.3.6 К слабым грунтам следует относить связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытаниях прибором вращательного среза) или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа). При отсутствии данных испытаний к слабым грунтам следует относить торф и заторфованные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с показателем текучести более 0,5.

5.3.7 К дренирующим следует относить грунты, имеющие при максимальной плотности при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733 коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут и содержание менее 10 % по массе частиц размером менее 0,1 мм.

Оценка водопроницаемости грунтов возможна по показателям гранулометрического состава. К дренирующим грунтам с $K_f \geq 0,5$ м/сут относятся крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные, средней крупности, если в перечисленных грунтах содержание частиц размером менее 0,1 мм не превышает 10 % по массе. При большем содержании в них частиц размером менее 0,1 мм определение коэффициента фильтрации является обязательным.

При технико-экономическом обосновании с разрешения заказчика допускается применение в качестве дренирующего грунта песков мелких и пылеватых, содержащих более 10 % частиц размером менее 0,1 мм, если коэффициент фильтрации их не менее 0,5 м/сут.

Для крупнообломочных грунтов с песчаным заполнителем коэффициент фильтрации устанавливается на основании испытаний заполнителя.

5.3.8 Учитывая сложные и изменяющиеся во времени условия работы грунтов в конструкции земляного полотна, глинистые грунты дополнительно к классификации по СТБ 943 подразделяются по степени просадочности, набухаемости и пучинистости в соответствии с приложением Б, что следует учитывать при проектировании земляного полотна.

5.3.9 Пески со степенью неоднородности менее 4 в соответствии с СТБ 943, а также мелкие пески с содержанием не менее 90 % по массе частиц размером от 0,10 до 0,25 мм следует относить к однородным.

5.4 Грунты для насыпей

5.4.1 Грунты для насыпей следует применять с учетом их свойств и состояния, особенностей природных условий в пределах участка размещения проектируемого объекта, а также места нахождения запасов грунта согласно таблицам 5.4 и 5.5.

Допускается использовать местные грунты, в том числе техногенные (отходы производства): металлургические шлаки, золошлаковые смеси, материалы породных отвалов и др., пригодные для сооружения земляного полотна.

Для насыпей во всех условиях можно применять грунты, состояние которых под воздействием природных факторов практически не изменяется или изменяется незначительно и не влияет на прочность и устойчивость земляного полотна.

5.4.2 Грунты, состояние и свойства которых существенно изменяются под воздействием природных факторов, допускаются к использованию в качестве материала для насыпей с учетом ограничений согласно таблице 5.6.

Таблица 5.6

Вид грунта	Ограничения по применению	Область применения
Скальные слабовыветривающиеся и выветривающиеся, неразмываемые, крупнообломочные и крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески дренарующие, металлургические шлаки	Без ограничения	Во всех случаях, в том числе для отсыпки в воду в открытые водоемы
Мелкие недренирующие и пылеватые пески, супеси легкие	Ограничения по минимальному возвышению бровки насыпей на сырых и мокрых основаниях; по условиям отсыпки в воду; для супесей — ограничения по влажности	Во всех случаях, в том числе на болотах в заполненные водой котлованы. При отсыпке в открытые водоемы требуются дополнительные конструктивные и технологические решения
Глинистые грунты, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, легковыветривающиеся размягчаемые скальные грунты (за исключением перечисленных ниже)	Ограничения по минимальному возвышению бровок насыпей на сырых и мокрых основаниях и по влажности грунтов в период производства земляных работ; не допускаются для применения под основную площадку	Во всех случаях при влажности, не превышающей установленные нормы; на сухом основании — без ограничения высоты насыпей, на сыром и мокром основаниях — для насыпей высотой не менее установленной
Глинистые грунты с $W_L > 0,4$, тальковые, хлоритовые и глинистые сланцы, техногенные грунты	Требуется индивидуальное проектирование. Не допускаются для применения под основную площадку, для отсыпки на сырые и мокрые основания, для подтопляемых насыпей	Допускаются для отсыпки ядра насыпи на сухом основании

Возможность и целесообразность применения таких грунтов устанавливают в зависимости от местных условий и технико-экономических соображений с учетом обоснованного выбора конструкций насыпей, а также способов защиты земляного полотна от разрушающего действия природных факторов.

5.4.3 При применении техногенных грунтов в проектах должны предусматриваться мероприятия по обеспечению стабильности основной площадки и по защите откосов от ветровой и водной эрозии.

5.4.4 Не допускается применять для насыпей следующие грунты:

- глинистые с влажностью, превышающей допустимую согласно таблице 5.10;
- глинистые сильнонабухающие, жирные глины согласно приложению Б;
- торф, ил, мел, заторфованные грунты, содержащие более 15 % органических веществ;
- грунты заторфованные (содержащие органические вещества в количестве от 10 % до 15 %) — для верхнего трехметрового слоя насыпей;
- грунты с примесью органических веществ (в количестве от 3 % до 10 %) — для верхнего метрового слоя насыпи (под основной площадкой);
- грунты, содержащие гипс в количестве, более 30 % — для насыпей на сухом основании, более 20 % — для насыпей на мокром основании, более 5 % — для подтопляемых насыпей.

Перечисленные грунты разрешается использовать в исключительных случаях для дорог IV категории при соответствующем технико-экономическом обосновании при обязательном осуществлении мер, обеспечивающих требуемую устойчивость земляного полотна.

5.4.5 Для нижней части постоянно подтопленных насыпей, при сооружении которых требуется отсыпка грунта в воду, рекомендуется применять крупнообломочные грунты (в том числе с песчаным заполнителем), пески гравелистые, крупные, средней крупности. Допускаются также мелкие и пылеватые пески и супеси легкие при условии ограничений по крутизне откосов и технологии производства работ. При этом отметка верха отсыпки указанных грунтов назначается с учетом высоты капиллярного поднятия.

Для периодически подтопляемых насыпей, при отсыпке их на незатопленное основание, нижнюю подтопляемую часть насыпи следует отсыпать из дренирующих грунтов или супесей легких крупных.

5.4.6 Для насыпей, возводимых средствами гидромеханизации рекомендуется использовать гравийно-галечниковые, песчано-гравелистые и песчаные грунты. Возможность применения пылеватых песков, а также супесей определяется проектом с учетом обогащения состава грунтов при их намыве, при этом в теле возводимой насыпи содержание частиц размером менее 0,1 мм должно быть не более 15 % по массе.

5.5 Нормы уплотнения грунтов земляного полотна

5.5.1 В проектах необходимо предусматривать уплотнение грунтов при сооружении земляного полотна:

— для насыпей — из всех видов грунтов, за исключением слабовыветривающихся, на дорогах всех категорий;

— в основаниях насыпей высотой до 0,5 м и под основной площадкой в выемках и «нулевых местах», в тех случаях, когда естественная плотность грунтов ниже нормируемой, — на дорогах III категории и выше.

5.5.2 Требуемую в земляном полотне для песчаных и глинистых грунтов плотность сухого грунта ρ_d , г/см³, следует определять по формуле

$$\rho_d = K_y \rho_{d,max}, \quad (1)$$

где K_y — минимальный коэффициент уплотнения, принимаемый по таблице 5.7;

$\rho_{d,max}$ — максимальная плотность сухого грунта, г/см³, определяемая методом стандартного уплотнения по ГОСТ 22733.

При этом необходимо проверять пригодность грунта карьера (резерва) по условиям его влажности в соответствии с таблицей 5.10.

5.5.3 Уменьшение при проектировании коэффициента уплотнения по сравнению с нормами, приведенными в таблице 5.7, допускается в исключительных случаях при невозможности или экономической нецелесообразности его достижения (при наличии грунтов повышенной влажности или грунтов малой влажности).

Таблица 5.7

Вид земляного полотна	Для дорог			
	I, II категории и дополнительные главные пути	III, IV категории	I, II категории и дополнительные главные пути	III, IV категории
	Глубина расположения слоя от основной площадки, м		Коэффициент уплотнения*** K_y	
Насыпи:				
верхняя часть	До 1,0 включ.	До 0,5 включ.	0,98; 0,95*	0,95; 0,92*
нижняя часть	Св. 1,0	Св. 0,5	0,95; 0,92	0,95**; 0,90
Выемки, основания, насыпи высотой до 0,5 м	Св. 1,0	Св. 0,5	0,98; 0,95*	0,95; 0,92*
* Для насыпей из однородных песков. ** На участках с сильнопересеченным рельефом, на участках периодического подтопления насыпей, а также в пределах участков длиной до 100 м на подходах к мостам. *** Для подъездных путей коэффициент уплотнения по всей высоте насыпи устанавливается 0,90. Для				

скоростных и особонагруженных линий коэффициент уплотнения определяется расчетом.

При этом следует предусматривать в проекте дополнительные мероприятия, обеспечивающие общую устойчивость земляного полотна и прочность его основной площадки (уположенные откосы, песчаные подушки, бермы, прослойки геотекстильных материалов, запас на осадку и др.).

5.5.4 Уплотнение отсыпаемых в насыпи песчаных и глинистых грунтов обеспечивается соблюдением установленной технологии производства работ (заданной толщины уплотняемого слоя, количества проходов уплотняющих машин и механизмов) и корректировки ее на основании предварительного пробного уплотнения в соответствии с [2].

5.5.5 Для насыпей, возводимых из глинистых грунтов и песков с коэффициентом уплотнения $K_y \leq 0,95$, насыпей, сооружаемых способом гидромеханизации, а также из крупнообломочных грунтов, следует предусматривать запас на осадку за счет уплотнения грунтов тела насыпи в соответствии с требованиями таблицы 5.8.

Большие значения запаса относятся к насыпям, возводимым в короткие сроки (до 6 мес), из грунтов с влажностью, близкой к предельно допустимой согласно таблице 5.10.

В случаях невозможности отсыпки насыпей с полным запасом на осадку на участках, где это приводит к превышению руководящего уклона более чем на 0,002 (на подходах к мостам и др.), следует предусматривать уширение основной площадки, обеспечивающее возможность подъема пути до проектных отметок после завершения осадки.

Таблица 5.8

Характеристика грунтов и условия возведения насыпей	Запас, % от проектной высоты насыпи
Пески и глинистые грунты, отсыпаемые с коэффициентом уплотнения: $K_y = 0,95$ $K_y = 0,90$	0,5 1–2,5
Глинистые грунты повышенной влажности ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2–3
Пески и песчано-гравелистые грунты, укладываемые в насыпи способом гидронамыва	0,75–1,5

5.5.6 При сооружении земляного полотна в зимнее время запас на осадку за счет уплотнения грунтов тела насыпей следует принимать в соответствии с разделом 17.

5.5.7 Фактический объем грунта $V_{н.ф.}$, необходимого для сооружения насыпей, в тех случаях, когда требуемая плотность грунта в теле насыпи больше естественной плотности грунта в резерве (карьере), определяют по формуле

$$V_{н.ф.} = V_n K_{y1}, \quad (2)$$

где V_n — объем проектируемой насыпи, m^3 ;

K_{y1} — коэффициент относительного уплотнения грунта в теле насыпи, определяемый по формуле

$$K_{y1} = \frac{\rho_{d,n}^H}{\rho_{d,p}}, \quad (3)$$

здесь $\rho_{d,n}^H$ и $\rho_{d,p}$ — плотность сухого грунта, $г/см^3$, соответственно требуемая для насыпи и естественная плотность (карьера).

Для ориентировочного предварительного определения объема грунта в резервах (карьерах), выемках, необходимого для возведения насыпей с требуемой плотностью грунтов, коэффициент относительного уплотнения K_{y1} может быть принят по таблице 5.9.

При возведении насыпи гидромеханизированным способом объем требуемого грунта в карьере следует определять в соответствии с [3].

Таблица 5.9

Заданный коэффициент уплотнения насыпи K_y	Коэффициент относительного уплотнения K_{y1} для грунтов		
	Пески, супеси, пылеватые суглинки	Суглинки, глины	Лессы и лессовидные грунты
1,00	1,10	1,05	1,30
0,95	1,05	1,00	1,15
0,90	1,00	0,95	1,10

5.6 Нормы влажности грунтов

5.6.1 Влажность глинистых грунтов необходимо учитывать при установлении коэффициента уплотнения и оценки возможности использования этих грунтов в земляном полотне.

Для насыпей следует применять грунты, имеющие преимущественно оптимальную влажность W_0 и близкую к ней.

Значения оптимальной влажности определяют по ГОСТ 22733.

5.6.2 Максимальная допустимая влажность грунта, при которой обеспечивается нормируемая плотность согласно таблице 5.6, устанавливается по кривой стандартного уплотнения. Ориентировочно она может быть определена по таблице 5.10.

5.6.3 Глинистые грунты, находящиеся в тугопластичном состоянии ($0,25 < I_L \leq 0,50$), используются для сооружения земляного полотна при соблюдении требований 8.3, 10.2.

Грунты, находящиеся в мягкопластичном состоянии ($0,50 < I_L \leq 0,75$), допускается использовать лишь по индивидуальным проектам на основании технико-экономических расчетов.

5.6.4 При влажности глинистых грунтов, мелких и пылеватых песков менее $0,75-0,80W_0$ их необходимо увлажнять.

При определении количества воды, необходимой для увлажнения грунта, следует учитывать климатические и погодные условия района строительства и ориентироваться на обеспечение при уплотнении влажности грунта, соответствующей $0,9-1,0$ от оптимальной влажности.

Таблица 5.10 — Допустимая влажность грунтов при уплотнении

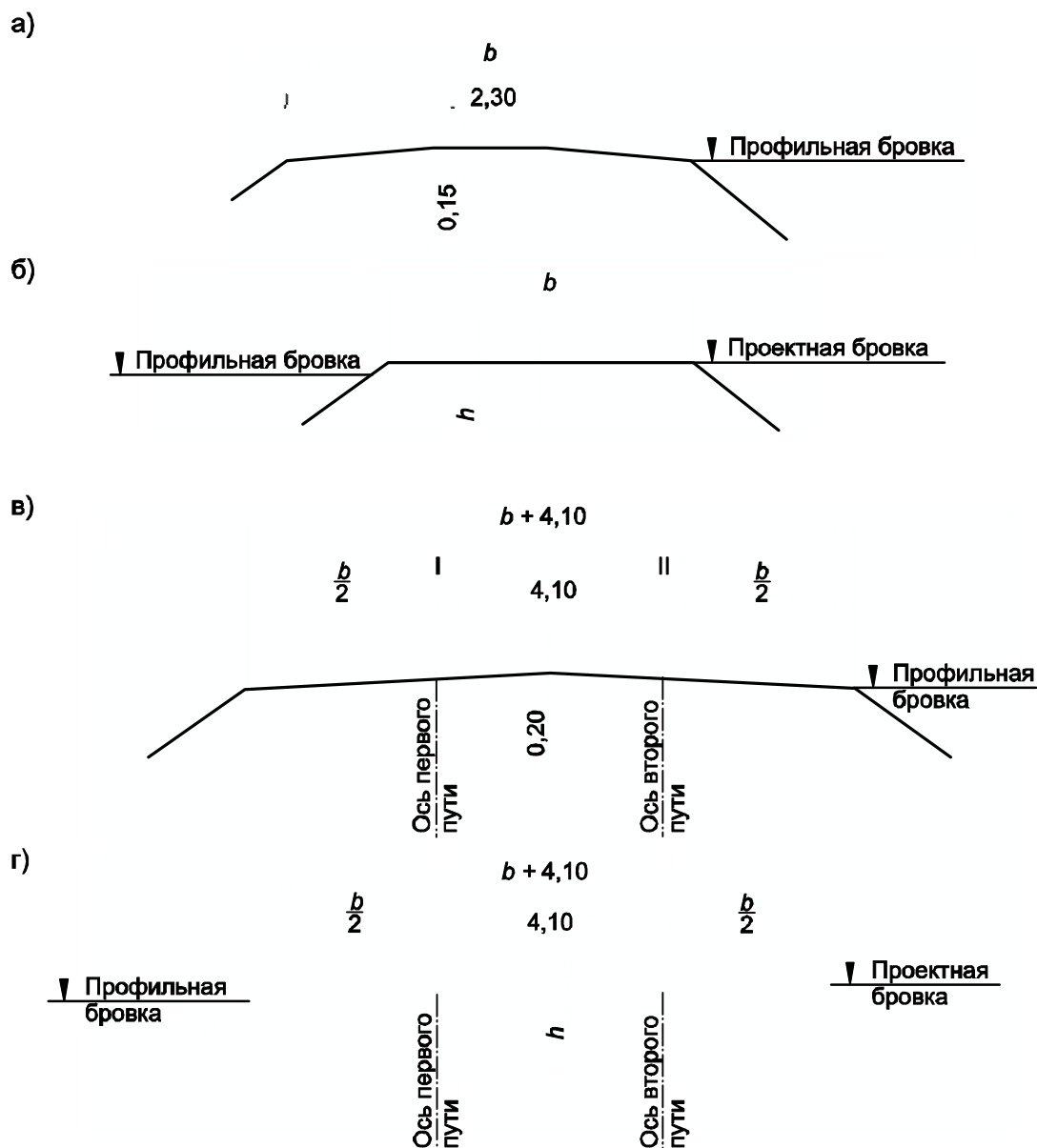
Грунты	Допустимая влажность $W_{\text{доп}}$, доля от оптимальной влажности, при требуемом коэффициенте уплотнения грунта			
	Св. 1,0	1,0–0,98	0,95	0,90
Пески пылеватые; супеси легкие крупные	1,30	1,35	1,60	1,60
Супеси легкие и пылеватые	1,20	1,25	1,35	1,60
Супеси тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	1,10	1,15	1,30	1,50
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые, глины	1,00	1,05	1,20	1,30
<i>Примечания</i> 1 При возведении насыпей из непывеватых песков в летних условиях допустимая влажность не ограничивается. 2 Настоящие ограничения не распространяются на насыпи, возводимые гидронамывом. 3 При возведении насыпей в зимних условиях влажность должна быть, как правило, не более $1,3W_0$ — при песчаных и непывеватых супесчаных; $1,2W_0$ — при супесчаных пылеватых и суглинках легких и $1,1W_0$ — для других связных грунтов. 4 Значение допустимой влажности грунта может уточняться с учетом технологических возможностей				

имеющихся в наличии конкретных уплотняющих средств.

6 Основные конструктивные параметры земляного полотна

6.1 Общие положения

6.1.1 Поперечное очертание основной площадки проектируемого однопутного земляного полотна из недренирующих грунтов без устройства защитного слоя, а также из мелких и пылеватых песков следует назначать в виде трапеции с шириной поверху 2,3 м, высотой 0,15 м, и с основанием, равным ширине земляного полотна, а поперечное очертание верха двухпутного земляного полотна — в виде треугольника высотой 0,2 м с основанием, равным ширине земляного полотна, как приведено на рисунке 6.1.



b — ширина основной площадки земляного полотна; h — толщина слоя 0,15 м, если дренирующий грунт удовлетворяет требованиям к балластному материалу, плюс разность толщин балластного слоя на данном участке и на смежных с ним участках из недренирующих грунтов

Рисунок 6.1 — Поперечные очертания основной площадки земляного полотна на прямых участках пути на перегонах:
 а — для однопутного земляного полотна из недренирующих грунтов без защитного слоя;
 б — то же, из дренирующих грунтов;
 в — для двухпутного земляного полотна из недренирующих грунтов;

г — то же, из дренирующих грунтов

Основную площадку одно- и двухпутного земляного полотна из крупнообломочных грунтов с песчаным заполнителем, дренирующих песков (кроме мелких и пылеватых) следует проектировать горизонтально, так же, как и верх защитного слоя, отсыпаемого из указанных грунтов под балластной призмой.

При использовании для защитного слоя мелких и пылеватых песков верх земляного полотна следует проектировать в виде сливной призмы (аналогично верху земляного полотна из глинистых грунтов). Конструкцию защитного слоя из указанных грунтов, возможность и целесообразность их применения устанавливают на основании расчетов.

6.1.2 Ширину земляного полотна поверху (основной площадки) новых железных дорог на прямых участках пути в пределах перегонов следует принимать в соответствии с требованиями СНБ 3.03.01.

6.1.3 Выемки глубиной более 6 м, располагаемые в скальных грунтах, а также располагаемые на крутых косогорах и на прижимах рек, независимо от высоты откосов на линиях II категории и выше следует проектировать под два пути.

Ширину земляного полотна многопутных железных дорог следует назначать с учетом уширенного расстояния между осями второго и третьего (четвертого) путей. При соответствующем технико-экономическом обосновании третий и четвертый пути допускается проектировать и на отдельном земляном полотне.

6.1.4 Ширину земляного полотна насыпей, возводимых на слабых основаниях, и насыпей, возводимых с запасом на осадку, следует устанавливать с расчетом обеспечения требуемых размеров согласно разделу 9 после полной осадки.

6.2 Защитный слой

6.2.1 Для земляного полотна из глинистых грунтов всех видов с влажностью на границе текучести $W_L > 0,23$, кроме супесей, содержащих песчаные частицы размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе, следует предусматривать усиление конструкции в зоне основной площадки: устройство под балластной призмой защитного слоя из дренирующего грунта или из дренирующего грунта в комбинации с геотекстильными материалами. Защитный слой из дренирующего грунта (с геотекстильными материалами или без них) следует применять также при использовании глинистых грунтов всех разновидностей при повышенной влажности ($I_L > 0,25$).

6.2.2 Для устройства защитного слоя следует применять дренирующие грунты: крупнообломочные (с фракциями не более 0,2 м) с песчаным заполнителем, пески (за исключением мелких пылеватых).

Применение недренирующих мелких и пылеватых песков допускается в исключительных случаях, обоснованных технико-экономическими расчетами, при отсутствии в зоне строительства требуемых кондиционных грунтов. При этом конструкцию защитного слоя и его толщину устанавливают индивидуально проектом.

Поверхность глинистого грунта в основании защитного слоя на новых линиях следует планировать с двусторонним уклоном 0,04 от оси полотна в сторону откосов.

Верх защитного слоя планируется в соответствии с 3.1: горизонтально — при дренирующих грунтах; в виде сливной призмы — при песках мелких и пылеватых, как приведено на рисунке 6.2.

6.2.3 Толщина защитного слоя под балластной призмой устанавливается на основании расчетов в зависимости от вида грунта земляного полотна и его состояния, категории железной дороги и с учетом вида грунта защитного слоя, глубины промерзания грунтов.

Расчеты по определению толщины защитного слоя выполняют исходя из двух условий:

— обеспечения заданной прочности основной площадки, исключающей появление деформаций под воздействием поездной нагрузки выше допустимых значений;

— ограничения деформаций пути под воздействием морозного пучения или набухания сильно-набухающих грунтов (при $W_L > 0,40$).

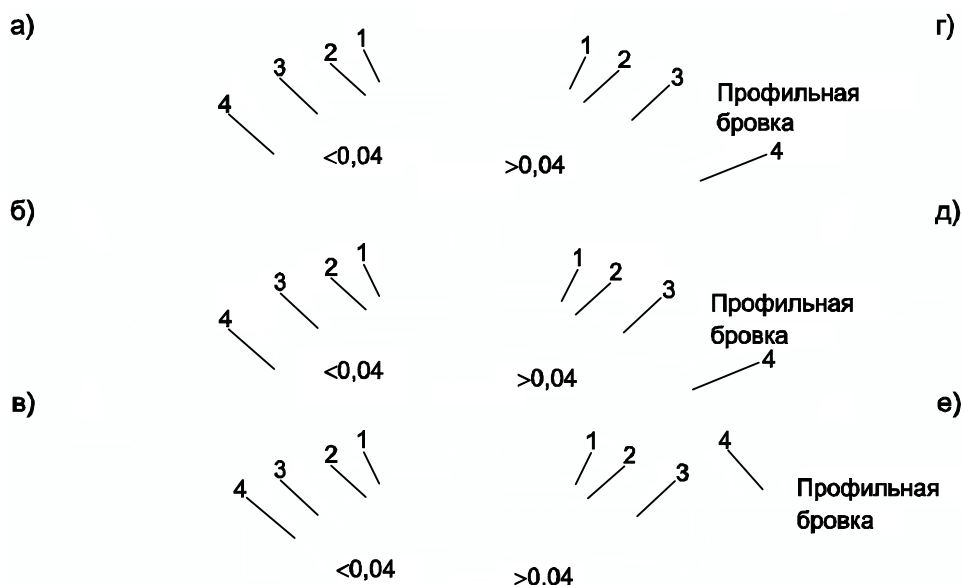
Толщину защитного слоя, м, следует назначать по большему из полученных расчетом значений, но не менее:

0,8 — для суглинков и глин;

0,5 — для супесей.

Методики расчетов приведены в приложении Г.

6.2.4 На участках примыкания защитных слоев к земляному полотну из скальных и других дренирующих грунтов, а также к искусственным сооружениям для исключения неравномерности морозного пучения следует предусматривать сопряжения, которые должны обеспечивать плавный переход в продольном направлении, соответствующий нормам текущего содержания пути.



1 — балласт щебеночный;
2 — балласт песчано-гравийный; 3 — защитный слой; 4 — глинистый грунт

Рисунок 6.2 — Земляное полотно из глинистых грунтов, характеризующихся $W_L > 0,23$ с защитным слоем:
а, б, в — насыпи и выемки с защитным слоем из дренирующих песчано-гравийных грунтов;
г, д, е — то же, с защитным слоем из мелких и пылеватых песков

6.2.5 В пределах отдельных пунктов на главных, приемо-отправочных и подгорочных путях и на стрелочных улицах защитный слой, в случае его необходимости, устраивается из дренирующего грунта с обязательной укладкой геотекстильных материалов, при этом конструкция верха земляного полотна проектируется индивидуально.

6.3 Высота насыпей, глубина выемок и крутизна их откосов

6.3.1 Максимальные значения высоты насыпей и глубины выемок определяют технико-экономическими расчетами при проектировании продольного профиля с учетом обеспечения наилучших условий охраны окружающей среды. При этом в качестве сравниваемых решений принимают: для насыпей — виадук (эстакада), а для выемок — тоннель.

6.3.2 Минимальную высоту насыпей следует назначать с учетом условий предотвращения заносимости снегом и песком, пучинообразования, обеспечения прочности основной площадки на участках сырых и мокрых оснований, а также возможности механизации производства работ.

6.3.3 Крутизну откосов насыпей и выемок следует назначать в зависимости от инженерно-геологических и климатических условий, вида грунта, его состояния, высоты откосов земляного полотна с учетом намечаемого укрепления откосов.

6.3.4 Значения крутизны откосов применительно к типовым конструкциям земляного полотна для обычных наиболее часто встречающихся условий приведены в СНБ 3.03.01.

7 Основные положения проектирования

7.1 При проектировании земляного полотна применяют:

— типовые конструктивные решения для участков с простыми инженерно-геологическими и топографическими условиями в соответствии с [4];

— индивидуальные проекты, разрабатываемые для отдельных участков со сложными инженерно-геологическими условиями, указанными в 6.2, а также при проектировании земляного полотна с заданными нестандартными параметрами, когда требуется проверка устойчивости и прочности земляного полотна и его основания;

— групповые поперечные профили, разрабатываемые для применения на ряде участков со сложными и многократно повторяющимися на рассматриваемой линии инженерно-геологическими условиями. При этом земляное полотно с уточненными на основании выполненных расчетов параметрами (по сравнению с типовыми поперечными профилями) не требует индивидуального обоснования для каждого объекта.

7.2 Индивидуальные проекты применяют для следующих объектов и условий:

- насыпи высотой более 12 м — из раздробленных скальных грунтов, крупнообломочных грунтов, из песков и из глинистых твердых и полутвердых грунтов;
- насыпи высотой более 6 м — из глинистых грунтов тугопластичной консистенции, а также из крупнообломочных грунтов с глинистым тугопластичным заполнителем;
- насыпи на слабых основаниях, а также при выходе ключей в пределах основания;
- насыпи в пределах болот I и III типов глубиной более 4 м и болот II типа глубиной более 3 м, а также при поперечном уклоне минерального дна болот I типа круче 1:10, II типа — 1:15, III типа — 1:20, болот с торфом неустойчивой консистенции, не поддающихся классификации;
- насыпи на поймах рек, на участках пересечения водоемов и водотоков, на участках временного подтопления, а также на участках земляного полотна, расположенных вдоль водотоков, водоемов, водохранилищ и морей;
- насыпи на косогорах круче 1:5, сложенных скальными грунтами, на косогорах круче 1:3, сложенных дисперсными грунтами, а также на косогорах крутизной от 1:5 до 1:3 при высоте низовых откосов более 12 м;
- выемки при высоте откосов более 12 м;
- выемки в глинистых переувлажненных грунтах с показателем текучести $I_L > 0,5$ или вскрывающие водоносные горизонты;
- выемки глубиной более 6 м в глинистых грунтах в районах избыточного увлажнения;
- выемки в сильнонабухающих грунтах, в других (в том числе искусственных) грунтах, резко снижающих устойчивость откоса и прочность основной площадки при воздействии климатических факторов и динамических воздействиях (глинистые грунты с влажностью на границе текучести более 0,4), а также насыпи, проектируемые с использованием указанных грунтов;
- земляное полотно на пучиноопасных участках (места с перемежающимися разнородными по своим пучинистым свойствам грунтами в зоне промерзания; насыпи высотой до 3 м на основании с мелкобугристым рельефом; участки с локальным увлажнением пучинистых грунтов, концевые участки скальных выемок, участки с нарушением температурного режима);
- земляное полотно в местах активных склоновых процессов (на участках с наличием или возможным развитием оползней, обвалов, осыпей, оврагов);
- земляное полотно на участках с развитием естественных или искусственных подземных полостей (горные выработки, кареты);
- земляное полотно в местах пересечения его трубопроводами;
- земляное полотно, при сооружении которого используются гидромеханизация и взрывные способы производства работ, а также земляное полотно с элементами геотекстильных и теплоизоляционных материалов в конструкции;
- земляное полотно, пристраиваемое к существующему при наличии на последнем балластных корыт и лож на основной площадке, балластных шлейфов на откосах существующей насыпи из недреннирующих грунтов, которые невозможно удалить при нарезке уступов и на участках наблюдающихся или наблюдавшихся деформаций эксплуатируемого пути;
- насыпи и выемки на участках с грунтами, подверженными разжижению при динамическом воздействии;
- насыпи при насыщенных водой грунтах основания и переходные участки от насыпей к выемкам на косогорах круче 1:2.

7.3 При проектировании земляного полотна необходимо учитывать влияние климатических условий района при наиболее неблагоприятном сочетании внешних факторов, а также специфические условия проявления деформаций на эксплуатируемых участках земляного полотна в районе проектируемой линии.

Проект земляного полотна разрабатывается на основании материалов, характеризующих топографические и инженерно-геологические условия объекта, отражающих его специфические особенности, и должен содержать:

- решение по конструкции земляного полотна и способам его защиты от вредного воздействия внешних факторов, с указанием границ их применимости;

— мероприятия по охране окружающей среды (обеспечение экологического равновесия), требования по технологии производства работ;

— технико-экономическое обоснование принятых решений, характеристики рассмотренных вариантов при наличии альтернативных решений.

Указанные материалы должны быть отражены на чертежах (продольном и поперечных профилях; детали конструкции — на отдельных чертежах) и в пояснительной записке в соответствии с СНБ 1.02.01.

По крупным объектам (оползневой косогор, пересечение водоема, глубокое болото и др.) материал оформляется в виде отдельного раздела проекта.

7.4 В зависимости от специфики объекта расчетом проверяются: устойчивость земляного полотна (общая, а при необходимости — и местная), стабильность основания, прочность и деформативность конструкции принятых защитных устройств.

При проверке устойчивости земляного полотна следует учитывать снижение прочностных характеристик грунтов под влиянием вибродинамического воздействия поездов.

Рекомендации по методике расчета устойчивости откосов и примеры расчетов приведены в приложении Д.

7.5 Для установления расчетных характеристик грунтов могут быть использованы положения СНБ 5.01.01, а также данные, полученные на основании анализа состояния аналогичных конструкций, успешно эксплуатируемых в условиях, подобных рассматриваемым.

При разработке проекта земляного полотна обязательно натурное определение расчетных характеристик грунтов и других исходных данных по материалам инженерно-геологического, гидрогеологического и гидрологического обследования объекта.

7.6 Программа обследования составляется в зависимости от специфики объекта и решаемой задачи, с учетом степени изученности участка размещения объекта. Объем работ и порядок обработки материалов устанавливаются в соответствии с действующими ТНПА.

7.7 Размеры и очертания поперечного профиля земляного полотна следует назначать с учетом обеспечения механизации всех производственных процессов, предусматривать технологические полки шириной не менее 5 м на подлежащих укреплению высоких откосах выемок и насыпей по [2].

8 Насыпи

8.1 Общие положения

8.1.1 Конструкцию насыпей следует проектировать в зависимости от их высоты, вида, свойств и состояния применяемого грунта, поперечного уклона местности, инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических условий и способов производства земляных работ. Для типовых решений очертания насыпей необходимо назначать в соответствии с требованиями таблицы 8.1, СНБ 3.03.01, руководствуясь поперечными профилями, приведенными на рисунке 8.1. В соответствии с требованиями раздела 6 следует предусматривать усиление конструкций насыпи в рабочей зоне путем устройства защитного слоя под балластной призмой.

8.1.2 Для насыпей на сухом и прочном основании допускаются все грунты, пригодные для их возведения согласно таблице 5.5. При этом следует, как правило, использовать грунт из ближайших выемок, притрассовых карьеров и резервов, а при его отсутствии — техногенные грунты.

Таблица 8.1

Вид грунта	Крутизна откосов при высоте насыпи, м		
	до 6 включ.	до 12 включ.	
		в верхней части высотой 6	в нижней части высотой от 6 до 12 включ.
Крупнообломочные с песчаными заполнителями, пески гравелистые, крупные и средней крупности, металлургические шлаки	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты (в том числе лессовидные) твердой и полутвердой консистенции, крупнообломочные с глинистым заполнителем такой же консистенции, раздробленные скальные легковыветривающиеся ¹⁾	1:1,5	1:1,5	1:1,75

Окончание таблицы 8.1

Вид грунта	Крутизна откосов при высоте насыпи, м		
	до 6 включ.	до 12 включ.	
		в верхней части высотой 6	в нижней части высотой от 6 до 12 включ.
Глинистые грунты тугопластичной консистенции и крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем такой же консистенции ²⁾	1:2 ³⁾	Определяется расчетом	
Глинистые грунты (в том числе лессовидные) в районах избыточного увлажнения ⁴⁾ , а также пески однородные и пески пылеватые ²⁾	1:1,75	1:1,75	1:2
Пески мелкие (барханные) в районах с засушливым климатом	1:2	1:2	1:2
¹⁾ При высоте насыпи более 12 м — по расчету. ²⁾ Для глинистых грунтов полутвердой и тугопластичной консистенции, а также песков мелких и пылеватых следует принимать данные таблицы как минимальные и проверять расчетом, учитывая снижение прочностных и деформативных характеристик грунтов при вибродинамическом воздействии. ³⁾ Для железных дорог IV категории — 1:1,75. ⁴⁾ К районам избыточного увлажнения относятся территории, в пределах которых среднегодовое количество выпадающих осадков значительно превышает возможную испаряемость с поверхности суши; к районам с засушливым климатом — территории, на которых количество осадков значительно меньше возможной испаряемости (по абсолютной величине менее 300 мм).			

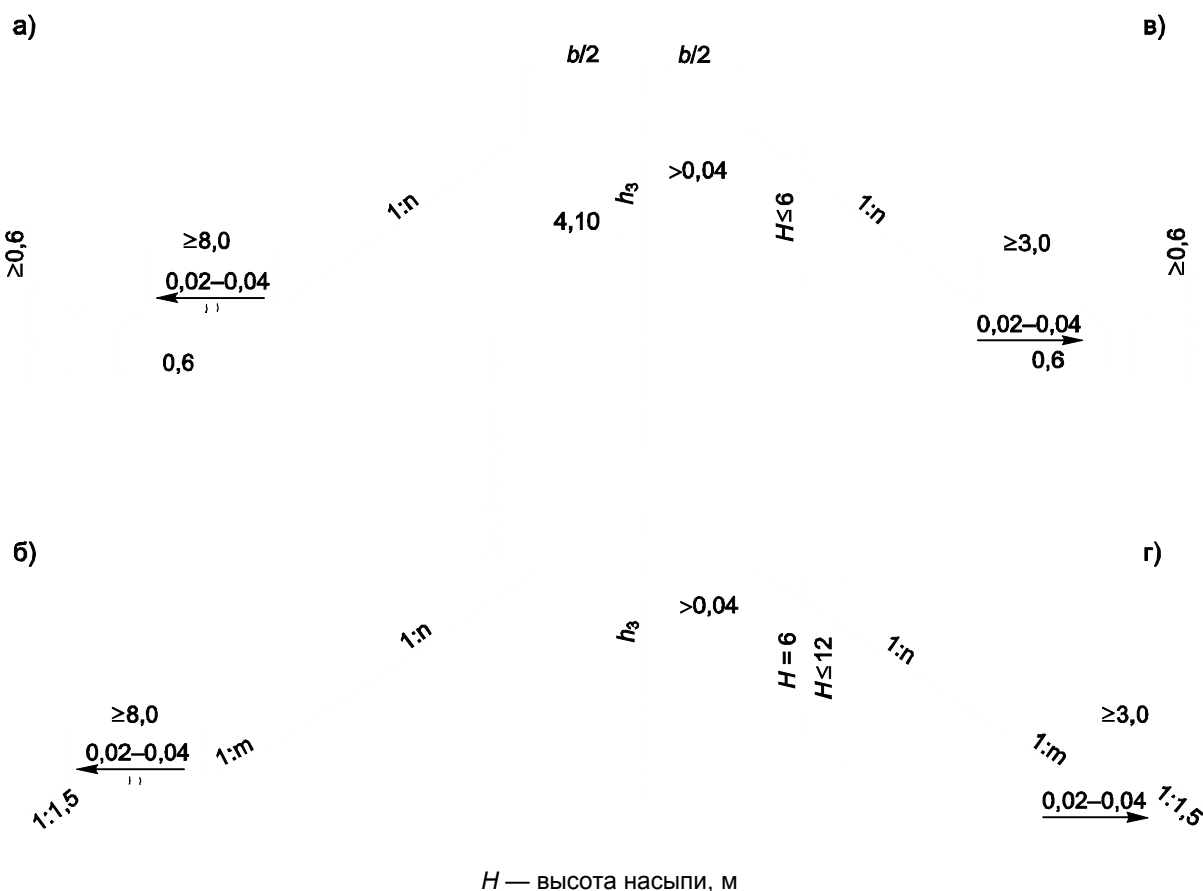


Рисунок 8.1 — Поперечные профили насыпей из недренирующих грунтов при поперечном уклоне местности не круче 1:5:

а — насыпь без защитного слоя, $H \leq 6$;б — то же, $6 < H \leq 12$ м;в — насыпь с защитным слоем, $H \leq 6$;г — то же, $6 < H \leq 12$

8.1.3 При соответствующем обосновании допускается проектирование насыпей из разнородных грунтов. При этом в случае расположения песка (за исключением защитного слоя в основной площадке) над глинистым грунтом поверхности последнего необходимо придавать поперечный уклон от 0,04 до 0,10 от середины к краям насыпи. Поверхность слоя песка, расположенного под слоем глинистого грунта, подлежит выравниванию без придания уклонов. Каждый слой отсыпаемого грунта должен располагаться по всей ширине насыпи (исключение составляют случаи устройства защитных экранов на откосах). Сопряжение в продольном направлении слоев разнородных грунтов должно осуществляться с уклоном не круче 0,15–0,20 при высоте насыпи над сопрягаемыми слоями более глубины промерзания; сопряжение разнородных грунтов в уровне защитного слоя следует предусматривать с продольным уклоном в соответствии с 6.2.4.

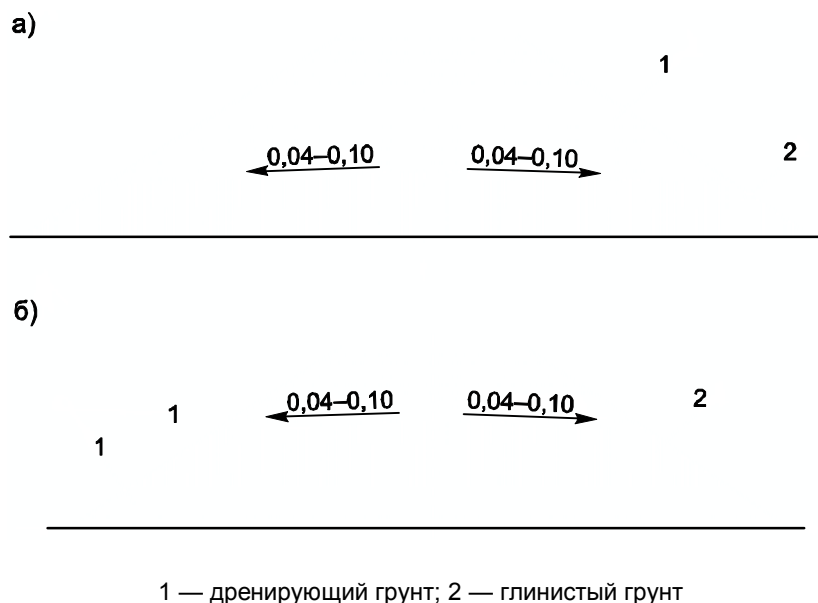


Рисунок 8.2 — Схемы возможного расположения разнородных грунтов в насыпях:
а — дренарующий грунт расположен над глинистым;
б — глинистый грунт находится между слоями дренающего

8.1.4 Для насыпей, отсыпаемых из скальных слабыветривающихся и выветривающихся грунтов (горной массы), а также из крупнообломочных (валунных и глыбовых) грунтов, верхний слой мощностью не менее 0,5 м следует проектировать из гравийно-галечниковых или щебенистых грунтов, наиболее крупные фракции в которых не должны превышать 0,2 м. В нижележащих слоях насыпи максимально допустимый размер камня устанавливается при пробном уплотнении в зависимости от принятой толщины отсыпаемого слоя.

8.1.5 При проектировании насыпей из глинистых грунтов, характеризующихся влажностью на границе текучести $W_L \geq 0,40$, а также из других специфических грунтов, в том числе техногенных (прочностные свойства которых в конструкции под воздействием природных факторов могут значительно снижаться), необходимо предусматривать отсыпку верхнего слоя из песков, а также создание защитного экрана на откосах.

8.1.6 При проектировании пересечений железнодорожной линии с трубопроводами последние должны быть реконструированы или переустроены, при этом предусматривают надземную (на опорах или эстакадах) или подземную их прокладку.

Устройство переходов трубопроводов в теле насыпи запрещается.

8.1.7 Состав работ по подготовке оснований насыпей следует назначать с учетом высоты проектируемой насыпи и поперечного уклона местности. Во всех случаях подлежит удалению и складированию почвенно-растительный слой с площади основания насыпи для последующего использования его в природоохранных целях (в том числе для покрытия откосов земляного полотна, рекультивации карьеров).

В местах, где срезка почвенно-растительного слоя нецелесообразна вследствие низкого уровня его плодородия, необходимо предусматривать удаление дерна в основании насыпей высотой до 0,5

м на равнинных участках и косогорах крутизной до 1:10, а также в основании насыпей высотой до 1 м на косогорах крутизной от 1:10 до 1:5.

В лесных районах при подготовке основания под насыпи необходимо предусматривать удаление валежника; при высоте насыпи до 1 м обязательна сплошная корчевка пней и удаление мохового покрова; при большей высоте насыпей пни могут быть оставлены, но спилены так, чтобы высота их не превышала 0,2 м.

8.1.8 В пределах косогоров крутизной от 1:5 до 1:3, независимо от высоты насыпей, требуется нарезка уступов в соответствии с рисунком 8.3. Ширина уступов принимается равной от 1 до 4 м. Поверхности уступов следует придавать поперечный уклон в низовую сторону от 0,01 до 0,02, стенки уступов при их высоте до 1 м можно проектировать вертикальными, а при высоте до 2 м — с наклоном около 1:0,5.

Нарезка уступов не предусматривается для насыпей, размещаемых на косогорах, сложенных дренирующими грунтами и не имеющих растительного покрова.

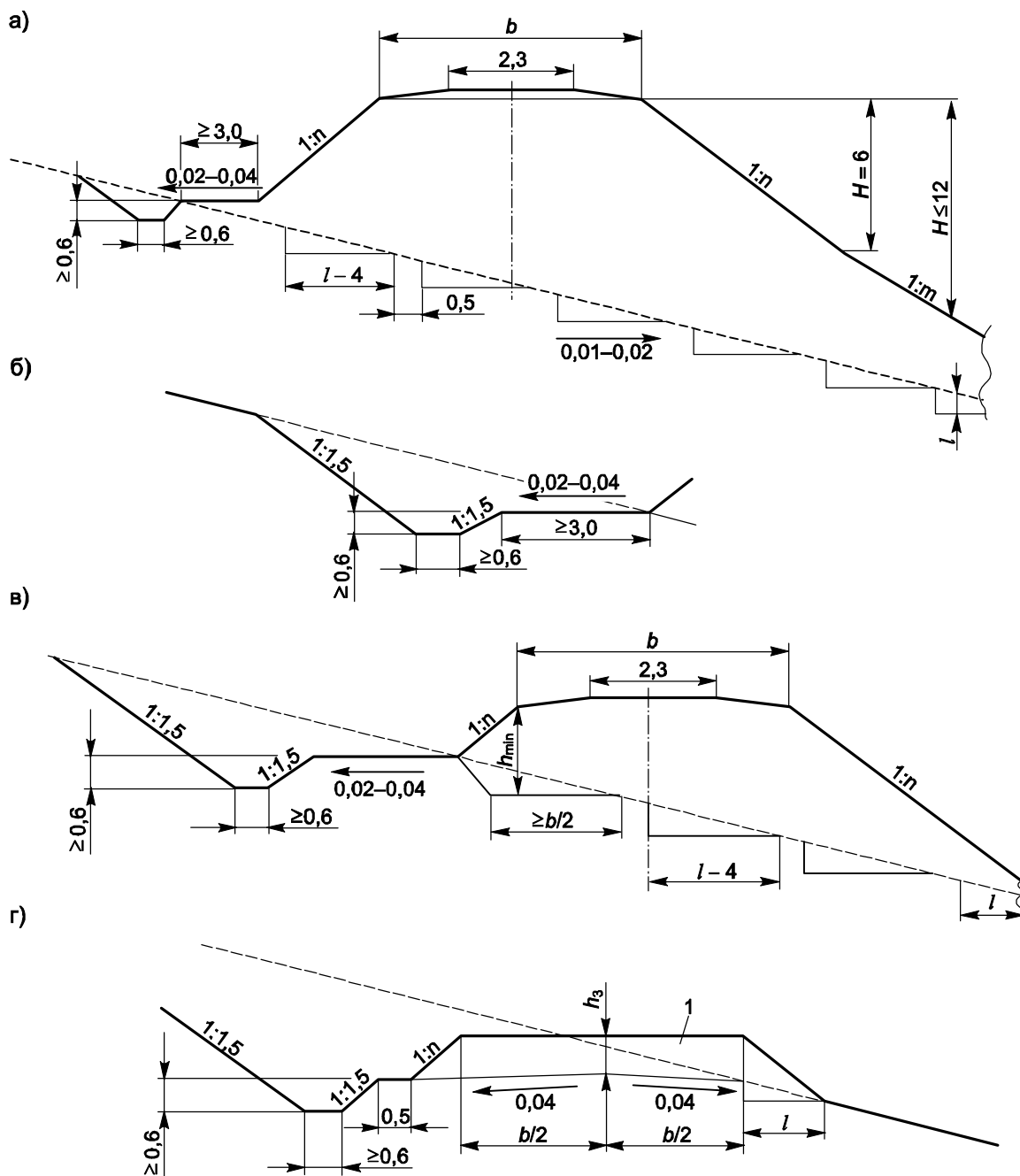
Необходимость подготовки основания насыпей, размещаемых на косогорах, сложенных скальными грунтами, следует устанавливать в зависимости от местных условий.

При небольшой высоте насыпей на косогорах, а также на участках полувыемок и полунасыпей следует обеспечивать однородные грунтовые условия под основной площадкой в пределах зоны промерзания за счет частичной замены естественных грунтов насыпными (в том числе дренирующими) для исключения неравномерного пучения, как приведено на рисунке 8.2. При этом толщина слоя насыпного грунта (минимальное возвышение бровки насыпи $h_{\min}$) должна быть не менее указанной в таблице 8.2.

Таблица 8.2

В метрах

Грунт, используемый для насыпи	Минимальное возвышение бровки насыпи $h_{\min}$ при расчетной глубине промерзания			
	1,0	1,5	2,0	2,5
Пески средней крупности, дренирующие мелкие	$\frac{0,9}{0,6}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{1,4}{1,1}$	$\frac{1,6}{1,3}$
Мелкие недренирующие и пылеватые пески, супеси песчанистые	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{2,0}{1,6}$
Суглинки и глины, пылеватые тяжелые супеси	$\frac{1,6}{1,3}$	$\frac{1,9}{1,5}$	$\frac{2,1}{1,7}$	$\frac{2,4}{2,0}$
<i>Примечание</i> — В числителе — возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем грунтовых вод или длительно (более 20 сут) стоящих поверхностных вод. В знаменателе — возвышение бровки насыпи над поверхностью земли при сыром основании или над уровнем кратковременно (менее 20 сут) стоящих поверхностных вод. Указанные минимальные возвышения бровки насыпей должны быть обеспечены после завершения осадки грунтов основания.				



l — ширина нижнего уступа определяется из условия возможности уплотнения грунтов нижней части насыпи;
1 — защитный слой

Примечание — Очертания верха земляного полотна назначаются в соответствии с требованиями раздела

6.

Рисунок 8.3 — Поперечные профили насыпей на косогорах крутизной от 1:5 до 1:3:

- а — насыпь с высотой низового откоса до 12 м;
- б — деталь нагорной канавы с бермой в грунте естественного сложения;
- в — низкая насыпь на косогоре;
- г — полунасыпь-полувыемка

8.2 Насыпи на сыром и мокром основаниях

8.2.1 Насыпи на сыром и мокром основаниях следует проектировать преимущественно из дренирующих грунтов. При использовании мелких и пылеватых песков и глинистых грунтов следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие устойчивость и прочность земляного полотна и его основания: осушение грунтов основания посредством углубленных канав, дренажей, прослоев из дренирующих грунтов, геотекстильных материалов; устройство берм.

8.2.2 Бровка насыпей должна возвышаться над уровнем длительно (более 20 сут) стоящих поверхностных вод или над максимальным расчетным уровнем грунтовых вод, а при сырых основаниях над поверхностью земли должна возвышаться на величину, достаточную для предохранения основной площадки от пучения и просадок. Размер этого возвышения следует устанавливать в зависимости

от вида грунтов, высоты капиллярного поднятия, глубины промерзания в районе строительства, но не менее значений, указанных в таблице 8.2.

Для насыпей из суглинков и глин возможно некоторое уменьшение указанных высот при условии устройства капилляропрерывателя.

Глубину промерзания следует принимать по приложению П или по данным местных гидрометеостанций.

За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать расчетный осенний, а при отсутствии необходимых данных — наивысший возможный уровень, определяемый по верхней границе оглеения грунтов.

Возвышение бровки насыпей дорог IV категории допускается уменьшать по сравнению с требованиями таблицы 8.2 на основании данных опыта эксплуатации дорог в районе строительства, но не более чем в 1,5 раза.

8.2.3 Для насыпей на слабых и недостаточно прочных основаниях необходимо выполнять проверку устойчивости откосов насыпей и стабильности грунтов основания, определять интенсивность осадок основания. В обоснованных технико-экономических расчетах случаях следует предусматривать мероприятия по сокращению сроков стабилизации.

8.3 Насыпи из глинистых грунтов повышенной влажности

8.3.1 Глинистые грунты повышенной влажности (тугопластичные с показателем текучести $0,25 < I_L \leq 0,50$) допускается применять для насыпей типовых конструкций при их высоте до 6 м, как приведено на рисунке 8.4, на естественном сухом или осушаемом основании при крутизне откосов, указанной в СНБ 3.03.01. При высоте насыпей из этих грунтов более 6 м, а также при переувлажненных грунтах (с показателем текучести $I_L > 0,50$), независимо от высоты насыпей, требуется индивидуальное проектирование, установление способов снижения их влажности.

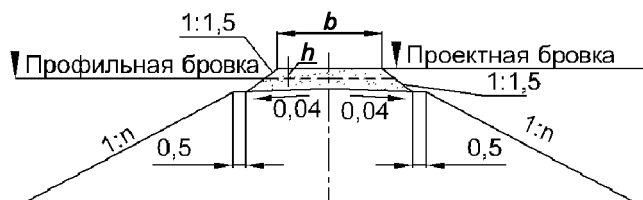


Рисунок 8.4 — Типовой поперечный профиль насыпи высотой до 6 м из глинистых грунтов тугопластичной консистенции ($0,25 < I_L \leq 0,5$)

8.3.2 В проектах насыпей из грунтов повышенной влажности и осушаемых переувлажненных необходимо предусматривать мероприятия, учитывающие возможность последующей повышенной осадки грунтов тела насыпи, — конструктивный запас по высоте, в соответствии с таблицей 5.8, или по ширине верха насыпи.

При сравнении возможных вариантов следует учитывать затраты на подготовку (осушение) грунтов и повышенные эксплуатационные расходы в первые годы работы таких насыпей.

8.3.3 Для осушения грунтов повышенной влажности и переувлажненных возможно применение следующих способов:

— естественное просушивание грунтов в летний и осенний периоды, если климатические условия (температура, ветер, отсутствие атмосферных осадков) являются благоприятными и стабильными во времени;

— осушение грунтов неактивными добавками (топливные золы, шлаки, отходы горнорудной промышленности) или путем чередования слоев грунта (переувлажненного и сухого) из двух источников;

— осушение грунта активными добавками (негашеной известью, цементом, золой-уноса, гипсом, безводной кристаллической фосфорной кислотой и др.). При этом максимальный эффект достигается

ся при сооружении насыпей из пылеватых песков, супесей, легких суглинков, использовании конструктивных решений по [5].

9 Насыпи на болотных грунтах

9.1 Общие положения

9.1.1 Насыпи на болотах следует проектировать с учетом:

- категории дороги;
- типа и глубины болота;
- уклона минерального дна болота и вида слагающих его грунтов;
- вида грунтов и материалов, используемых для сооружения насыпи;
- высоты насыпи;
- рельефа местности.

9.1.2 При проектировании и строительстве земляного полотна следует различать три основных типа болот:

I — заполненные торфом и другими болотными грунтами устойчивой консистенции, сжимающимися под нагрузкой от насыпи высотой до 3 м;

II — заполненные торфом и другими болотными грунтами разной консистенции, в том числе выдавливающимися под нагрузкой от насыпи высотой 3 м;

III — заполненные болотными грунтами в разжиженном состоянии, выдавливающимися под нагрузкой, с торфяной коркой (сплавинной) или без нее.

Тип болот необходимо устанавливать по данным инженерно-геологических изысканий на основании:

- геологического разреза на глубину не менее 1 м ниже поверхности минерального дна;
- физико-механических характеристик торфа и других болотных грунтов.

При установлении типа болот могут быть использованы данные приложения В.

9.1.3 При проектировании насыпей на болотах необходимо обеспечивать:

- непревышение допустимых расчетных значений упругих осадок насыпей на дорогах скоростных, особогрунтонапряженных, I–III категорий — 2 мм, IV категории — 3 мм;
- ограничение, по возможности, сроков осадки грунтов основания насыпей строительным периодом.

Пересечение болот трассой железной дороги следует предусматривать в узких местах, преимущественно на участках с меньшей глубиной и минимальным поперечным уклоном минерального дна.

9.1.4 Для сооружения насыпей на болотах следует использовать преимущественно дренирующие грунты для всей насыпи или ее нижней части.

При отсутствии таких грунтов допускается применять для сооружения насыпей на болотах I и II типов мелкие недренирующие пески, пылеватые пески и супеси легкие крупные.

Проектировать насыпи из указанных грунтов следует в соответствии с поперечными профилями, приведенными на рисунках 9.1 – 9.5.

Использование тяжелых супесей и суглинков для отсыпки нижней части насыпи (в зоне выторфовывания) допускается в исключительных случаях на болотах I и II типов с обязательным усилением конструкции земляного полотна и при технико-экономическом обосновании, учитывающем, помимо

первоначальных строительных затрат, повышенные расходы на содержание земляного полотна и верхнего строения пути в период временной эксплуатации.

Для отсыпки верхней части насыпи (выше уровня болота на 0,5 м) допускаются все грунты, пригодные для возведения насыпей, при условии обеспечения необходимого возвышения бровки.

9.1.5 Возвышение бровки насыпи над поверхностью болота следует назначать, м, не менее:

- | | |
|-----|---|
| 0,8 | — при полном удалении торфа в основании; |
| 1,2 | — при частичном выторфовывании; |
| 2,0 | — для мелких и пылеватых песков и супесей легких крупных. |

9.2 Особенности изысканий железных дорог на участках залегания слабых грунтов

9.2.1 Целью инженерно-геологического обследования является получение данных, необходимых для обоснования положения трассы и назначения конструкции и технологии сооружения земляного полотна.

9.2.2 При инженерно-геологическом обследовании с учетом требований СНБ 1.02.01 необходимо:

- установить границы участка со слабыми грунтами в пределах зоны возможного расположения трассы;

- выявить строение слабой толщи (ее стратиграфические особенности), в том числе наличие включений (валуны, пни и т. п.), а также характер подстилающих пород и рельеф их кровли;

- установить физико-механические характеристики грунтов, слагающих слабую толщу, необходимые для определения их строительного типа, типа основания по устойчивости и для расчета конструкции насыпи;

- выявить особенности гидрогеологического режима толщи.

9.2.3 Для получения требуемых данных выполняются:

- топографическая съемка участка;

- проходка зондировочных и опорных скважин с отбором проб грунтов нарушенного и ненарушенного сложения и испытания грунтов в условиях их природного залегания (без отбора монолитов);

- лабораторные испытания проб грунтов нарушенного сложения с определением основных показателей состава и состояния грунтов и испытания монолитов для определения характеристик механических свойств грунтов (параметров, характеризующих сопротивляемость сдвигу, сжимаемость и скорость уплотнения грунта и показателей плотности);

- камеральная обработка материалов обследования, включающая составление отчетной документации.

9.2.4 Отчетная документация оформляется в виде паспорта, включающего:

- план участка с изолиниями мощности слабой толщи;

- геологические разрезы по оси вариантов трассы и по характерным поперечникам с нанесенными на них результатами определения основных показателей состава и состояния грунтов и механических испытаний грунтов в условиях природного залегания;

- результаты лабораторных испытаний грунтов слабой толщи;

- пояснительную записку.

В пояснительной записке должны быть указаны: подробное описание участка, включая его происхождение; источники питания грунтовых вод; состав и состояние грунтов слабой толщи; данные о растительно-корневом покрове, пнистости, наличии поверхностного водоотвода; данные о постоянных водотоках и о проходе весенних вод; данные о характере пород, слагающих дно толщи, и рельефе дна. В пояснительной записке дают оценку строительным свойствам слабых грунтов, выделяют расчетные (однотипные) участки, расчетные слои (т. е. слои, единообразные по инженерно-геологическим свойствам) и дают расчетные значения механических характеристик грунтов для этих слоев.

На основе количественной оценки механических свойств грунтов слабой толщи должна быть произведена предварительная оценка слабой толщи как основания насыпи.

Пояснительная записка должна содержать также сведения о поведении и состоянии существующих дорог, расположенных в пределах данного участка, состоянии земляного полотна, конфигурации основания насыпи; сведения о резервах грунта, намечаемых для использования при возведении насыпи на участке залегания слабых грунтов, с указанием характеристик этих грунтов.

9.2.5 В результате обобщения всех данных обследования должно быть сделано заключение о принципиальной возможности или невозможности (нецелесообразности) использования слабой толщи в качестве основания и указаны конструкции, которые могут рассматриваться в качестве конкурирующих вариантов при дальнейшей разработке проекта.

8.2.6 Состав и объем работ, выполняемых при обследовании, методика их выполнения, применяемые способы определения свойств грунтов и аппаратура зависят от стадии проектирования и этапа изысканий.

9.2.7 При составлении технико-экономического расчета необходимо иметь данные о границах, глубине и типе болота, а также знать категорию проектируемой дороги и тип покрытия.

9.2.8 При разработке проектной документации необходимо иметь следующие материалы инженерно-геологических изысканий:

- геологический профиль болота по оси дороги и на расчетных поперечниках с указанием стратиграфического строения болотной залежи и положения уровня грунтовых вод;

- основные физические (влажность, плотность, коэффициент пористости, степень разложения, содержание органических веществ и карбонатов кальция (CaCO_3)) и механические (сопротивление сдвигу по крыльчатке, результаты компрессионных или штамповых испытаний) характеристики выделенных однородных слоев болотной залежи;

- геотехнические модели болотной залежи, построенные с использованием статистических методов обработки результатов испытаний применительно к расчету устойчивости, и осадки с выделенными слоями и расчетными показателями;

— характеристики грунтов минерального дна болота (гранулометрический состав и водопроницаемость);

— расчетные характеристики (прочностные и деформационные) грунтов земляного полотна и материалов конструктивных слоев дорожной одежды.

9.2.9 Во всех случаях при изысканиях следует стремиться обойти участки со слабыми грунтами или, при невозможности обхода, пересечь их в наиболее узком месте и с меньшей мощностью слабых грунтов. Варианты трассы намечают по картам масштаба 1:25 000 (1:10 000) или по материалам аэрофотосъемки с последующим осмотром на месте назначенных вариантов.

9.2.10 На пересечении трассой участков слабых грунтов должны быть сняты план масштаба 1:5000–1:1000 с сечением рельефа через 0,25–0,5 м, продольные и поперечные профили и проведен первый этап инженерно-геологического обследования.

Реперы на участках слабых грунтов закладывают на возвышенных местах, в плотных минеральных грунтах, где исключается возможность их осадки или смещения.

9.3 Оценка возможности использования болотной залежи в качестве основания насыпи

9.3.1 Возможность использования болотной залежи в качестве основания насыпи устанавливают в зависимости от типа основания по устойчивости. На первом этапе расчета тип основания по устойчивости и характер специальных мероприятий, необходимых для использования болотного грунта в качестве основания проектируемой насыпи, определяют в зависимости от состава строительных типов болотных грунтов, слагающих болотную залежь по таблице 9.1.

Таблица 9.1 — Тип основания по устойчивости

Строительные типы грунтов, слагающих болотную залежь	Тип основания по устойчивости	Преобладающая деформация грунта наиболее слабого слоя	Возможность использования болотной залежи в качестве несущего слоя
Только тип 1	I	Сжатие	Можно использовать
Тип 2 обязателен. Возможно наличие типа 1	II	При быстрой отсыпке — сдвиг (выдавливание, выпор); при медленной — сжатие	Можно использовать при постепенном загрузении
Тип 3а обязателен. Возможно наличие типов 1 и 2	IIIA	При быстрой отсыпке — сдвиг (выдавливание, выпор); при медленной — сжатие и частичное выдавливание	Можно использовать при постепенном загрузении
Преимущественно тип 3б. Возможно наличие других типов	IIIB	При любой скорости отсыпки — сдвиг (выдавливание, выпор)	Нельзя использовать (следует изменить конструкцию насыпи или удалить слабый грунт)
<i>Примечание</i> — При толщине наиболее слабого слоя менее 5 % от общей мощности болотной залежи его наличие при определении типа основания по устойчивости не учитывают.			

9.3.2 Строительный тип болотного грунта определяют по таблице 9.2 в зависимости от величины сопротивления сдвигу, устанавливаемой путем испытаний с помощью крыльчатки в условиях природного залегания.

Таблица 9.2 — Строительный тип болотного грунта

Разновидность болотного грунта по состоянию	Осушенный (уплотненный) или маловлажный	Средней влажности	Очень влажный	Избыточно влажный и жидкие образования
Сопротивление сдвигу по крыльчатке τ , МПа	Св.0,015	От 0,010 до 0,015 включ.	От 0,005 до 0,010 включ.	До 0,005
Строительный тип болотного грунта	1	2	3а	3б

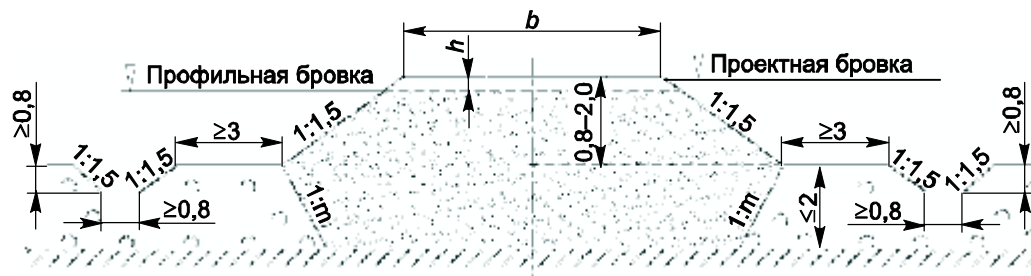
9.3.3 После определения толщины проектируемой насыпи тип основания по устойчивости уточняют специальным расчетом, который приведен ниже.

9.4 Насыпи на болотах I типа (основаниях I типа по устойчивости)

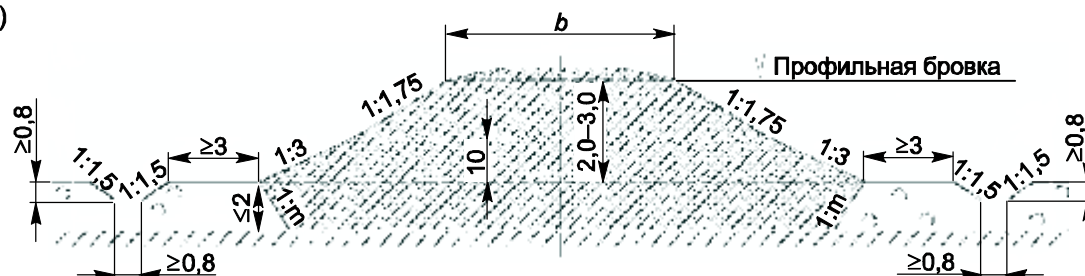
9.4.1 На болотах I типа насыпи высотой до 3 м следует проектировать с полным или частичным удалением торфа из основания с заменой его минеральным грунтом.

Полное удаление торфа необходимо предусматривать на болотах глубиной до 2 м при высоте насыпей до 3 м, как приведено на рисунке 9.1.

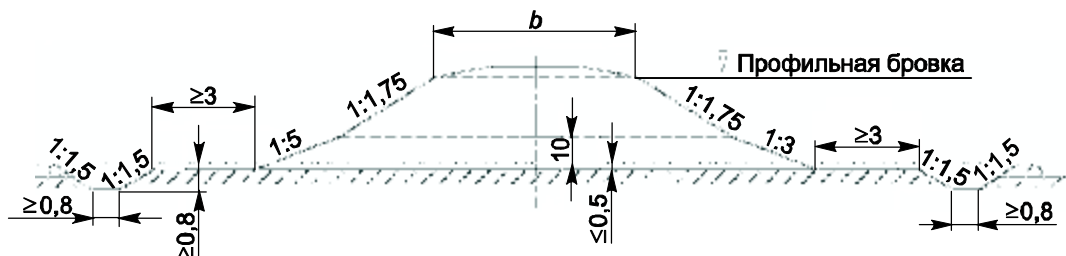
а)



б)



в)



1:m — крутизна откосов траншеи выторфовывания (от 1:0 до 1:0,5)

Рисунок 9.1 — Поперечные профили насыпей высотой до 3 м с предварительным выторфовыванием на болотах I типа глубиной до 2 м при поперечном уклоне основания не круче 1:10:
 а — из дренирующих грунтов;
 б, в — из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей

Частичное удаление торфа применяют на болотах глубиной до 2 м при высоте насыпи более 2 м, а также на болотах глубиной до 4 м, как приведено на рисунке 9.2. При этом глубину траншей выторфовывания необходимо назначать исходя из условий, чтобы сумма высоты насыпи над поверхностью болота и глубины траншеи выторфовывания была не менее 3,5 м — для дорог I–III категорий и не менее 3 м — для дорог IV категории. При этом отношение суммарной мощности насыпного слоя с учетом расчетной осадки к толщине уплотненного слоя торфа должно быть не менее 2:1. Крутизну откоса траншеи выторфовывания следует устанавливать в зависимости от способа производства работ в пределах от 1:0 до 1:0,5.

Для дорог IV категории параметры допускается уменьшать исходя из условий обоснованного снижения сметной стоимости с учетом местных особенностей.

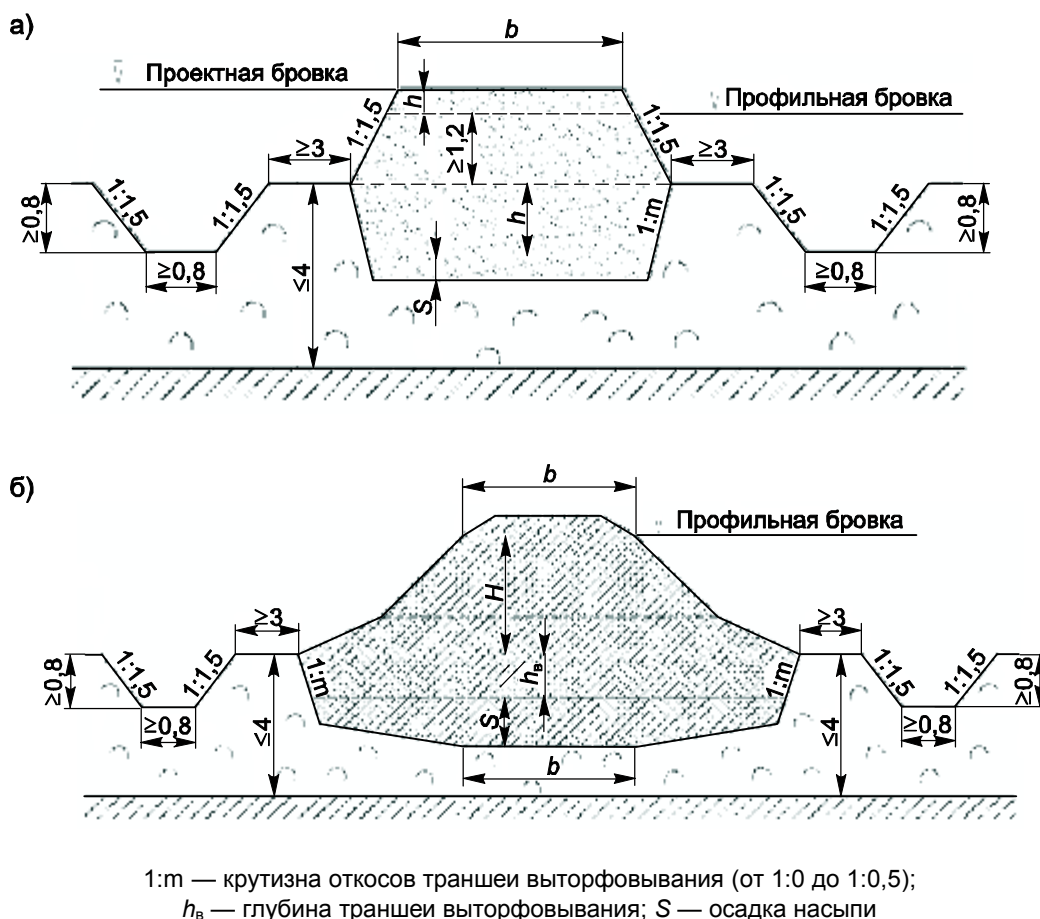


Рисунок 9.2 — Поперечные профили насыпей высотой от 2 до 3 м с частичным выторфовыванием на болотах I типа глубиной от 2 до 4 м при поперечном уклоне минерального дна болота не круче 1:10:
а — из дренирующих грунтов;
б — из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей

9.4.2 Насыпи высотой 3 м и более на болотах I типа следует проектировать в соответствии с поперечными профилями, приведенными на рисунке 9.3, с использованием торфа в качестве естественного основания насыпи. При больших высотах насыпей и глубинах болот насыпи могут быть запроектированы с бермами с учетом технико-экономического обоснования.

При этом обязательной является проверка расчетом упругой осадки насыпей.

В случае превышения допустимого значения упругой осадки (см. 9.1.3) следует предусматривать усиление конструкции — увеличение толщины насыпи за счет увеличения ее высоты или частичной замены торфа в основании насыпи грунтом. Толщина насыпи определяется по оси пути и включает в себя: высоту насыпи над поверхностью болота, глубину траншеи выторфовывания и осадку торфа под насыпью.

9.4.3 Проверку непревышения допустимых упругих осадок следует проводить и при частичном выторфовывании при высоте насыпи менее 3 м, если отношение толщины насыпи к толщине обжатого торфа в основании менее 3:1 — на дорогах I–III категорий и менее 2:1 — на дорогах IV категории и подъездных путях.

Методика расчета представлена в [6].

9.4.4 При оставлении торфа в основании насыпей (полном или частичном) объем земляных работ по возведению насыпей следует определять с учетом осадки насыпи вследствие сжимаемости торфа в ее основании.

Осадку насыпей при любом сочетании их высоты и мощности слоев торфа в основании можно определить расчетом в соответствии с рекомендациями приложения Е.

Значение осадки у краев траншей выторфовывания S при проектировании насыпей из пылеватых песков и легких супесей (см. рисунок 9.2) допускается принимать равной 20 % от толщины обжи-
маемого слоя торфа.

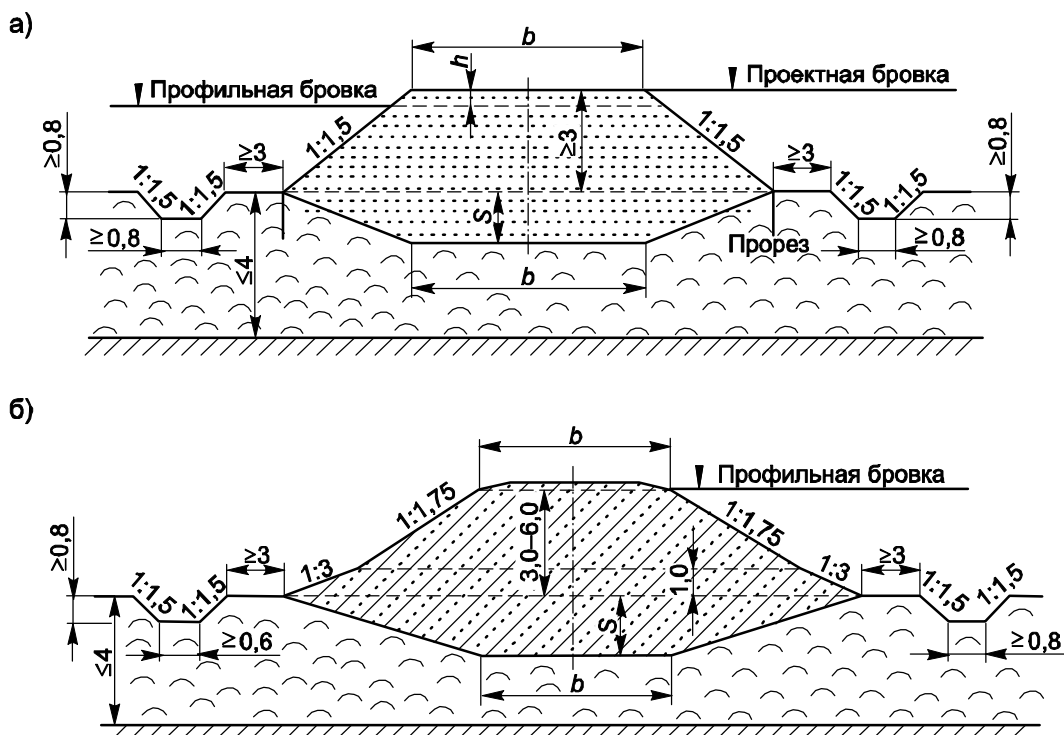


Рисунок 9.3 — Поперечные профили насыпей высотой более 3 м на болотах I типа глубиной до 4 м при поперечном уклоне минерального дна болота не круче 1:10:
 а — из дренирующих грунтов;
 б — из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей

На стадии технико-экономических исследований для предварительных расчетов при сравнении вариантов трасс, определении оптимального сочетания глубины выторфовывания и высоты насыпи над поверхностью болота ориентировочно осадку основания насыпей высотой до 4 м на болоте глубиной до 4 м допускается определять в соответствии с таблицей 9.3.

Таблица 9.3

Толщина обжимаемого слоя торфа, м	Осадка S , % от толщины обжимаемого слоя торфа, под насыпями высотой	
	до 3 м при частичном выторфовывании	от 3 до 4 м на естественном основании
2	40	50
Св. 2 до 4	35	40

9.5 Насыпи на болотах I, II и III типов (типы основания по устойчивости II, IIIA и IIIB)

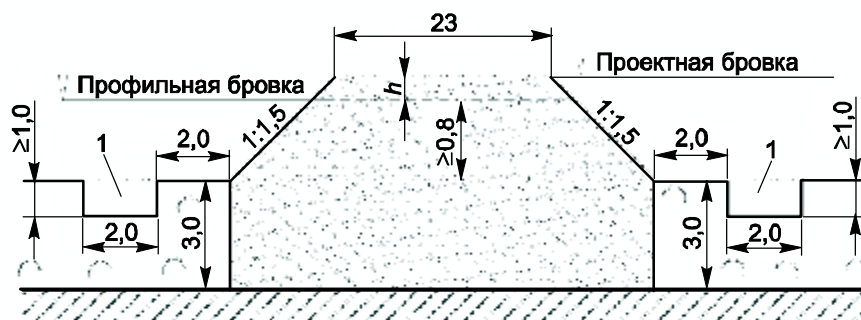
9.5.1 Насыпи из дренирующих грунтов на болотах I и II типов глубиной до 3 м следует проектировать с расчетом полного удаления торфа устойчивой консистенции и посадки насыпи на минеральное дно болота, применительно к поперечным профилям, приведенным на рисунке 9.4а).

Глубину канав-торфоприемников следует назначать равной толщине растительно-корневого покрова, но не менее 1 м.

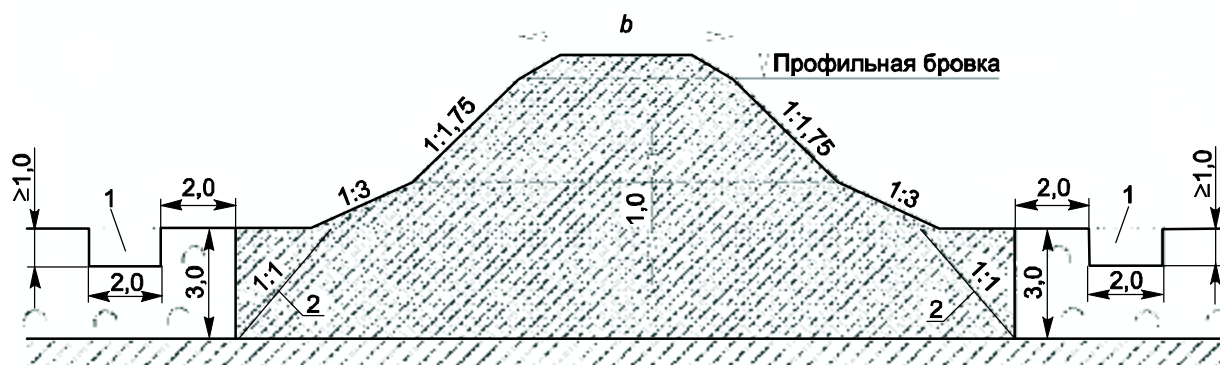
При использовании для сооружения насыпей на болотах I и II типов мелких и пылеватых песков и легких крупных супесей следует предусматривать полное удаление торфа в основании, как приведено на рисунке 9.4б).

Вырезается растительно-корневой покров, после чего разрыхляются нижележащие слои и удаляется всплывающий торф за пределы траншеи выторфовывания. Нижняя часть насыпи (ниже поверхности болота) сооружается путем отсыпки грунта в воду. При такой технологии взамен торфоприемников с двух сторон насыпи нарезаются водоотводные канавы. Указанные работы рекомендуются выполнять в зимнее время.

а)



б)



1 — торфоприемник;

2 — вспомогательная линия для определения ширины траншеи выторфовывания

Рисунок 9.4 — Поперечные профили насыпей на болотах II типа глубиной до 3 м при поперечном уклоне основания не круче 1:15:

а — из дренирующих грунтов;

б — из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей

При проектировании насыпей на болотах всех типов, сооружаемых способом гидромеханизации, следует рассматривать варианты конструкции насыпи с пляжными откосами. Высоту пляжного откоса в месте сопряжения его с откосом насыпи следует принимать равной 1 м над основанием насыпи.

9.5.2 Насыпи на болотах III типа глубиной до 4 м следует проектировать, предусматривая использование минерального дна болота в качестве основания земляного полотна, с учетом предварительного удаления торфяной корки (рисунок 9.5) или без удаления. В последнем случае толщина насыпи с учетом ее части, расположенной ниже уровня болота, должна быть не менее 3 м над поверхностью торфяной корки, при этом следует вдоль подошвы откоса насыпи предусматривать устройство прорезов на всю толщину растительного слоя.

b

Проектная бровка

1

1-2

h

1-2

1

1 — торфяная корка

Рисунок 9.5 — Поперечный профиль насыпи на болотах III типа глубиной до 4 м при поперечном уклоне основания не круче 1:20

Осадку насыпи за счет сжатия торфяной корки допускается определять в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 9.3.

Крутизну откосов насыпей выше поверхности болота следует назначать в соответствии с требованиями СНБ 3.03.01 и таблицы 9.4 настоящего технического кодекса с учетом угла естественного откоса под водой.

Таблица 9.4

Вид грунта	Крутизна откосов ниже уровня болота
Песок мелкий и пылеватый	1:3
Песок гравелистый, крупный и средней крупности	1:1,75
Крупнообломочные грунты (галечниковый, гравийный, щебенистый, дресвяный)	1:1,5
<i>Примечание</i> — При гидронамыве насыпей крутизна откосов устанавливается проектом.	

9.5.3 При проектировании насыпей на болотах с сохранением торфа в основании могут быть применены конструктивно-технологические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости насыпи, стабильности грунтов основания, снижение значения общих и упругих осадок и т. д.

Основными из этих мероприятий являются:

- устройство берм или уположенных откосов;
- устройство в основании вертикальных грунтовых свай или свай из других материалов, в том числе конструкций ростверкового типа;
- устройство настилов под насыпью или армирование самой насыпи, в том числе геотекстильными материалами;
- устройство дренажных прорезей или вертикальных дрен;
- увеличение высоты насыпи или глубины выторфовывания;
- мероприятия для предотвращения сползания насыпи при наклонном дне болота (выравнивание дна, устройство упорных каменных призм и др.);
- использование геотекстильных материалов, укладываемых непосредственно на поверхность болота или на выравнивающий слой грунта (для перераспределения нагрузки, выравнивания осадки и предупреждения локального продавливания насыпного грунта в основание).

9.5.4 Проектирование насыпей из местных глинистых грунтов должно выполняться в соответствии с требованиями 9.1.4 при крутизне откосов в нижней части насыпи не круче 1:2, с устройством защитного слоя под балластной призмой согласно 6.2.1. При расчетах устойчивости насыпи следует учитывать снижение прочностных характеристик грунтов, вызываемое особенностями условий производства земляных работ.

9.5.5 На дорогах высокой грузонапряженности, высокоскоростных, а также при ускоренных темпах строительства для создания равнопрочного по протяжению земляного полотна на болоте I типа и смежных с ним участках рекомендуется рассматривать варианты проектирования насыпей высотой до 2 м на болотах I типа глубиной до 3 м с полным удалением торфа в основании.

9.5.6 При проектировании насыпей на болотах с оставлением торфа в основании обязательна проверка непревышения допустимого значения упругих осадок грунтов основания насыпи, а также интенсивности осадок по [6].

Для таких объектов необходимо предусматривать испытания готового земляного полотна пробными нагрузками согласно приложению Ж.

10 Выемки

10.1 Выемки при благоприятных инженерно-геологических условиях

10.1.1 Конструкцию выемок следует назначать в зависимости от их глубины, вида и свойств грунта, климатических условий района строительства, с учетом способов производства работ. При проектировании выемок следует учитывать потребность грунтов для сооружения смежных насыпей и при недостаточности грунтов — рассматривать варианты расширения выемок под карьеры.

Для типовых решений очертания выемок следует принимать, руководствуясь поперечными профилями, приведенными на рисунках 10.1 – 10.5, крутизну откосов — назначать по таблице 10.1.

Для усиления конструкции земляного полотна в выемках и на «нулевых местах» следует при глинистых грунтах, характеризующихся влажностью на границе текучести $W_L > 0,23$, предусматривать устройство защитного слоя в соответствии с 6.2.

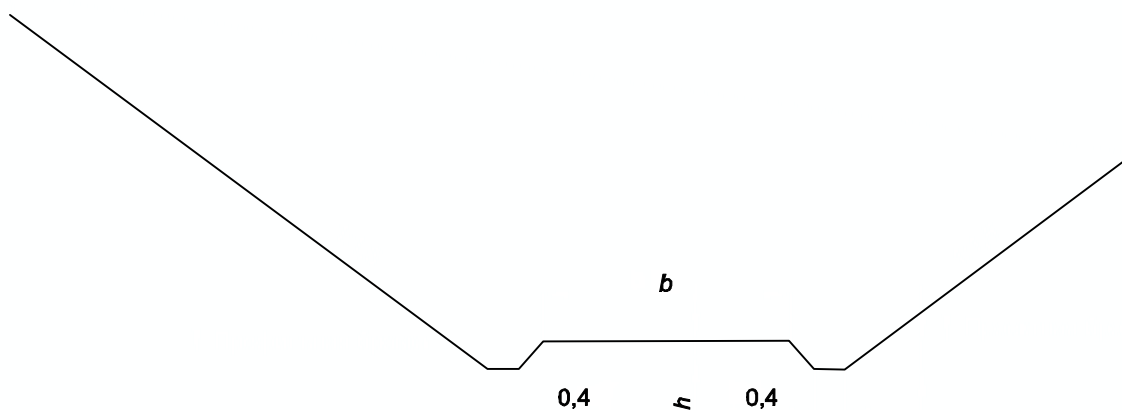
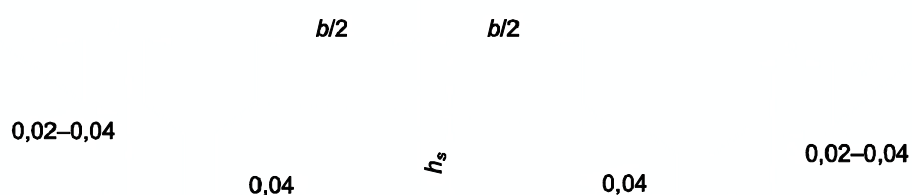


Рисунок 10.1 — Поперечный профиль выемки глубиной (высотой верхового откоса) до 12 м в крупнообломочных, крупнообломочных с песчаным заполнителем и песчаных дренирующих грунтах

а)

б)



h_s — толщина защитного слоя

Рисунок 10.2 — Поперечный профиль выемки глубиной (высотой верхового откоса) до 12 м:
а — в глинистых грунтах твердых и полутвердых, характеризующихся $W_L \in 0,23$,
и в крупнообломочных грунтах с глинистым заполнителем;
б — в глинистых грунтах, характеризующихся $W_L > 0,23$

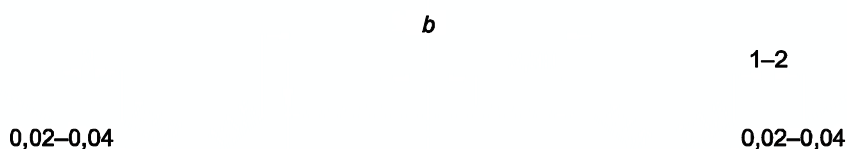
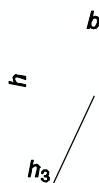


Рисунок 10.3 — Поперечный профиль выемки глубиной до 12 м в мелких и пылеватых песках, в глинистых грунтах, характеризующихся $W_L < 0,23$

Примечание — Ширина заковетной полки при высоте откоса от 2 до 6 м — 1 м, при высоте откоса от 6 до 12 м — 2 м.

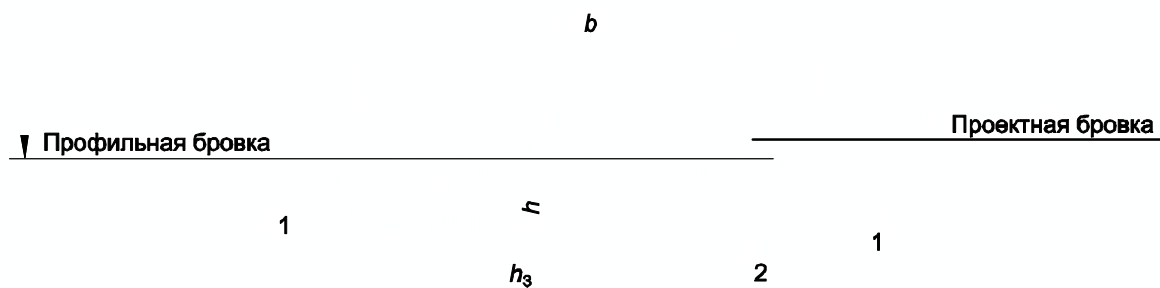


h_3 — толщина слоя замены глинистого грунта дренирующим

Рисунок 10.4 — Поперечный профиль выемки глубиной (высотой верхового откоса) до 12 м в глинистых тугопластичных грунтах ($0,25 < I_L < 0,50$)

а)

б)



h_3 — толщина слоя замены глинистого грунта дренирующим;

1 — водоотводный лоток; 2 — дренаж мелкого заложения

Рисунок 10.5 — Поперечный профиль выемки глубиной (высотой верхового откоса) до 12 м в глинистых тугопластичных грунтах с врезной подушкой:

а — с железобетонным лотком;

б — с лотком и дренажом мелкого заложения

Таблица 10.1

Вид грунта	Высота откосов выемок, м	Крутизна откосов выемок
Скальные слабовыветривающиеся	До 12 включ.	1:0,2
Скальные выветривающиеся		1:0,5–1:1
Скальные легковыветривающиеся		1:1,5
Крупнообломочные, песчаные, глинистые (в том числе лесовидные) твердой, полутвердой, тугопластичной консистенции		1:1,5
Глинистые грунты в районах избыточного увлажнения		1:2
Пески мелкие (барханные) в засушливых районах		1:1,75–1:2
Лессы на неорошаемых участках в районах с засушливым климатом		1:0,1–1:0,5
Лессы вне районов с засушливым климатом		1:0,5–1:1,5

10.1.2 При проектировании выемок глубиной более 2 м в глинистых грунтах, мелких и пылеватых песках и легковыветривающихся скальных грунтах следует предусматривать заковтные полки ши-

риной от 1 до 2 м (см. рисунок 10.5); при глубине выемок более 6 м в легковыветривающихся скальных грунтах следует предусматривать кювет-траншеи шириной понизу 4 м, глубиной 0,6 м.

Для выемок в районах избыточного увлажнения при указанных грунтах, а также в выемках с крутыми откосами в сухих лессах закуветные полки следует предусматривать при всех высотах откосов.

10.1.3 При проектировании выемок в сильнонабухающих грунтах, жирных глинах, в глинистых грунтах, характеризующихся влажностью на границе текучести $W_L > 0,4$, необходимо разрабатывать индивидуальные решения по защите откосов и замене указанных грунтов под основной площадкой.

При этом решающее значение для обеспечения устойчивости конструкции имеет своевременное (без задержки) выполнение укрепительных работ.

10.2 Выемки в глинистых грунтах повышенной влажности и переувлажненных

10.2.1 Крутизна откосов выемок в глинистых грунтах повышенной влажности (тугопластичных, $0,25 < I_L < 0,5$) назначается по СНБ 3.03.01. Конструкция выемок, прорезающих массивы переувлажненных глинистых грунтов (мягкопластичных, $I_L > 0,5$), определяется по индивидуальному проекту с проверкой расчетом общей и местной устойчивости.

10.2.2 При замене грунта в основной площадке на «нулевых местах» и в выемках, разрабатываемых в глинистых грунтах повышенной влажности и переувлажненных, толщина защитного слоя, устраиваемого из дренирующих грунтов под балластной призмой, устанавливается расчетом по рекомендациям приложения В.

10.2.3 Замена глинистых грунтов на основной площадке в выемке дренирующими грунтами может быть осуществлена не только путем устройства накладных, но и врезных конструкций защитного слоя (см. рисунки 10.4, 10.5).

При врезной конструкции защитного слоя (см. рисунок 10.5) в качестве водоотвода могут быть использованы: железобетонные лотки, двухъярусные лотки, лотки в комбинации с дренажами неглубокого (или глубокого) заложения.

11 Насыпи в условиях подтоплений

11.1 Насыпи на участках подтопления следует проектировать с учетом постоянного или периодического воздействия водных масс водотоков или водоемов, которое проявляется в виде обводнения грунта тела насыпей, размывающего воздействия, вызываемого течением водного потока или волнением, разрушения и загромождения откосов земляного полотна льдом.

11.2 На прижимных участках трассы, где размещение земляного полотна ограничено с одной стороны крутыми косогами, а с другой — водотоками (и водоемами), в большинстве случаев не имеющими прибрежных террас по технико-экономическим соображениям, предпочтительно проектирование земляного полотна прислоненными насыпями.

На прижимных участках следует проверять достаточность возвышения бровки земляного полотна, установленной в соответствии с 11.3, на условиях заторных и зазорных явлений.

11.3 Бровка земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки в пределах их разлива, при расположении железнодорожных линий вдоль водотоков, озер, водохранилищ, а также бровка оградительных и водораздельных дамб должны возвышаться над максимальным уровнем воды при пропуске наибольшего паводка с учетом подпора, наката волны на откос, ветрового нагона, приливных и ледовых явлений не менее чем на 0,5 м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм — не менее чем на 0,25 м.

Наивысший расчетный уровень воды следует определять по П1 к СНиП 2.01.14, исходя из вероятности превышения:

- | | |
|------------------|--|
| — 1:300 (0,33 %) | — на скоростных, особогрузонапряженных линиях и линиях I—III категорий общей сети; |
| — 1:100 (1 %) | — на линиях IV категории общей сети; |
| — 1:50 (2 %) | — на подъездных путях IV категории. |

На подъездных путях, где по технологическим причинам не допускается перерыв движения, в обоснованных случаях вероятность превышения наивысшего расчетного уровня воды следует принимать равной 1:100 (1 %).

Подпор следует определять с учетом возможного размыва русла под мостом, но не более чем на 50 % полного размыва.

Высоту ветрового нагона и высоту наката волн следует определять по СНиП 2.06.04 для обеспечения указанных выше расчетных уровней воды.

Для малых мостов и труб расход допускается определять с учетом аккумуляции воды перед сооружением.

11.4 Откосы и подошвы насыпей и бERM на подходах к мостам и трубам, откосы регуляционных сооружений и конусов мостов в пределах подтопления должны быть укреплены от воздействия льда, волны и течения воды.

Границы отдельных частей крепления и их тип (мощность) следует рассчитывать по эпюрам волновых нагрузок по СНиП 2.06.04, исходя из обеспеченности расчетного шторма. При расчетах мощности крепления на волновые воздействия обеспеченность расчетной высоты волны принимается 5 %

в системе расчетного шторма обеспеченности 4 % (1 раз в 25 лет).

Верх крепления доводится до бровки откоса, если ее отметка определена из гидрологических условий водотока по 11.3, или до той же отметки на откосе — при более высокой насыпи. В конструкциях крепления следует предусматривать меры, исключающие затекание воды под крепление с вышерасположенной части откоса.

Тип и мощность крепления определяют по условиям, соответствующим расчетным расходам воды. Вероятности превышения расходов и соответствующих им уровней воды на пике паводков, при которых действуют указанные факторы, следует принимать в зависимости от категорий дорог:

— на линиях III и более высоких категорий и на всех линиях, не допускающих по технологическим причинам перерыва движения, — 1:100 (1 %);

— на линиях IV категории — 1:50 (2 %).

Пример расчета воздействия ветровых волн, выполненный в соответствии с требованиями СНиП 2.06.04, приведен в приложении Р.

Для защиты подтопляемых насыпей от размывов могут применяться конструкции пассивного и активного типов (пляжные откосы, бERMы, дамбы).

В соответствии с условиями эксплуатации и действующими нагрузками назначаются способы защиты подтопляемых откосов насыпей в соответствии с рекомендациями настоящего технического кодекса и [7].

11.5 Для защиты откосов от размывающего воздействия при расчетной скорости течения водотока 4–5 м/с наиболее целесообразно использовать крупнообломочные грунты. При отсутствии такого материала, а также при скорости течения свыше 4–5 м/с следует проектировать в качестве защиты инженерные конструкции (сборные и монолитные железобетонные покрытия, жесткие и гибкие покрытия, защитные и подпорно-оседающие стены, сборные железобетонные ряжи, береговые ограждения и др.).

Для снижения размывающего воздействия потока на земляное полотно при высокой скорости течения предусматривают устройство поперечных сооружений (бун, шпор, полузапруд и др.). Целесообразность применения и порядок их размещения на объекте, а также необходимость срезки противоположного берега рекомендуется проверять моделированием речного потока.

В пределах между поперечными сооружениями для укрепления откосов насыпи следует применять способы защиты, учитывающие снижение скорости течения в этих зонах.

11.6 Защитные конструкции из крупнообломочных грунтов (несортированной горной массы) могут быть запроектированы в виде защитных бERM и уширенных защитных призм.

Основным типом укрепления является конструкция в виде защитной призмы (бERM), как приведено на рисунке 11.1, которая отсыпается из несортированной горной массы, содержащей не менее 50 % камней расчетного диаметра d_k . Толщину защитного слоя следует принимать не менее трех расчетных диаметров при ширине призмы поверху не менее 1 м. При невозможности по местным условиям одновременной отсыпки ядра насыпи и защитной призмы ширину ее поверху следует назначать не менее 3 м.

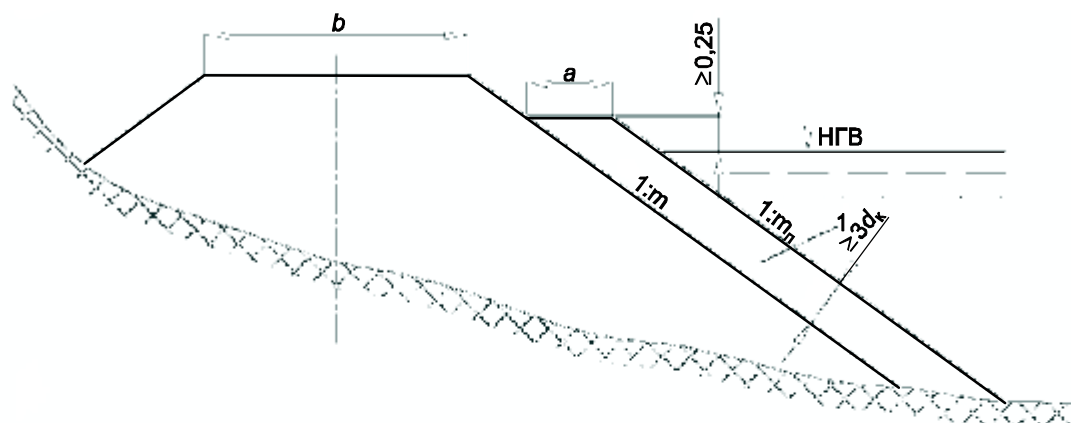
Определение d_k , приведенного к диаметру шара, производится в зависимости от скорости течения водотока и крутизны откоса по приложению К. При этом одновременно обосновывается заложение наружного откоса защитной призмы m_n на основании технико-экономических расчетов.

На вогнутых участках русла реки, в северных районах, где откосы насыпи могут подвергаться интенсивному воздействию ледохода, следует предусматривать защитную призму шириной поверху не менее 3 м с внешним откосом не круче 1:2.

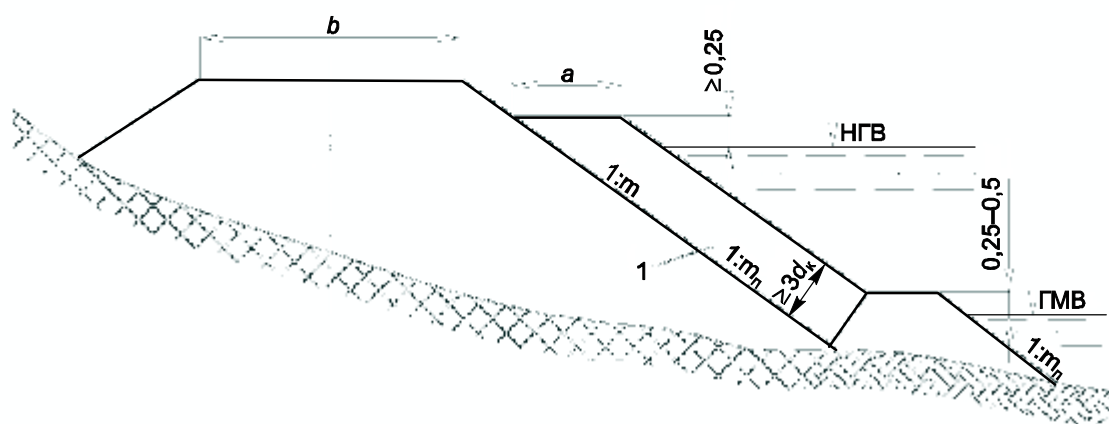
При размываемых грунтах основания следует у подошвы насыпи предусматривать упорную призму — рисберму, как приведено на рисунке 11.1б); требования к крупности камня такие же, как и для камня защитной призмы на откосе согласно приложению Л.

Конструкция упорной призмы определяется по расчету.

а)



б)



1 — несортированная горная масса, содержащая камень расчетной крупности $d_k \geq 50\%$;
 m_n — заложение наружного откоса защитной призмы

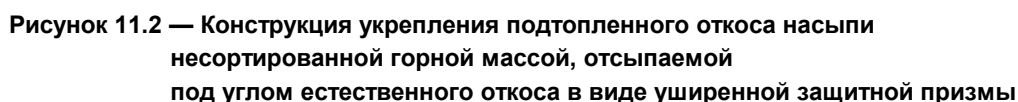
Рисунок 11.1 — Конструкция укрепления подтопленного откоса насыпи несортированной горной массой в виде защитной призмы:
а — при неразмываемых грунтах основания;
б — при размываемых грунтах основания

11.7 Уширенные защитные призмы рекомендуются для защиты откосов от паводковых вод и ледохода на железных дорогах III и IV категорий при расчетной скорости течения до 4 м/с и высоте насыпей не более 10 м, как приведено на рисунке 11.2. Эта конструкция создается путем пересыпки под углом естественного откоса несортированной горной массой, содержащей обломки диаметром не менее 25 %. Эта конструкция рассчитана на последующее частичное ее переформирование под воздействием паводковых вод и ледохода с образованием на откосе самоотмостки из крупного камня. Целесообразность устройства такой конструкции определяется технико-экономическим расчетом.

Размер камня для защиты откоса от размыва текущим потоком определяют в соответствии с приложением К, а размер уширенной защитной призмы Δl — с использованием приложения Л.

11.8 Гибкие железобетонные покрытия различной толщины от 5 до 15 см целесообразны при ожидаемых неравномерных осадках откосов насыпей и их заложении не круче 1:2. Они располагаются

в границах от расчетных отметок верха крепления до меженного уровня. В зоне меженного горизонта необходимо создание упора в виде каменной призмы, устойчивой к воздействию потока и льда. В подводной части берегового склона применяют покрытия толщиной 5 см на подложке из геотекстиля по [8].



Подпорно-оседающие стены являются бесфундаментной разновидностью продольных берегоукрепительных сооружений. Они состоят из одевающих стен и оседающих массивов, как приведено на рисунке 11.3. Основным преимуществом этой конструкции по сравнению с защитными стенами является отсутствие фундамента, что резко снижает их стоимость и трудоемкость работ в соответствии с [9].

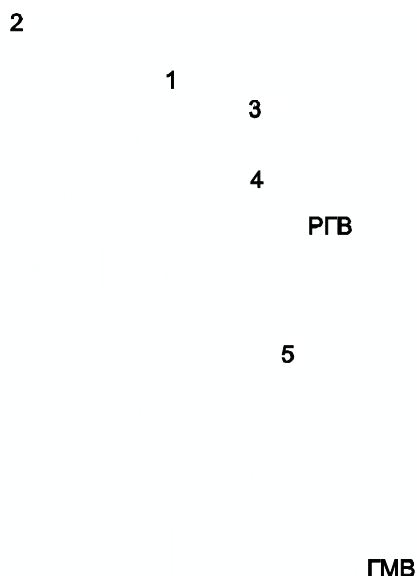
В качестве защитных конструкций от волнового воздействия следует рассматривать пляжные откосы, волноломы, волноотбойные стены, буны и др.

11.12 При наличии больших неиспользуемых территорий и широких возможностей применения гидромеханизации вышеуказанные защитные конструкции в обоснованных технико-экономических расчетах случаях могут быть заменены пляжными откосами.

В расчетах следует учитывать кратковременность и периодичность подтопления откосов и реальные условия образования волны в пойме, а также воздействие продольного течения при паводке.

35

откосов следует учитывать, если ее высота превышает расчетную глубину воды более чем на 0,7 высоты волны.



- 1 — сборная одевающая стена из блоков; 2 — насыпь (или защищаемый берег);
 3 — противовес (наращенный участок оседающего массива);
 4 — прокладка из толя; 5 — сборно-монолитный оседающий массив

Рисунок 11.3 — Конструкции сборной подпорно-оседающей стены

12 Резервы, кавальеры, банкеты

12.1 Резервы

12.1.1 Резервы, размещаемые вдоль насыпей, следует проектировать в случаях непригодности или нехватки для отсыпки насыпей грунта из смежных выемок и технико-экономической нецелесообразности использования выемок-карьеров или транспортирования грунта из других карьеров.

12.1.2 Не допускается размещать резервы в пределах отдельных пунктов с путевым развитием, населенных пунктов, в местах расположения путевых зданий и переездов, на участках развития карста, а также, как правило, в поймах рек. Смежные участки резервов в пределах отдельных зданий и переездов следует соединять канавами, лотками или трубами.

12.1.3 Расположение резервов относительно проектируемой насыпи следует назначать согласно таблице 12.1 с учетом поперечного уклона местности. Расстояние между внешней бровкой резерва и границей полосы отвода должно быть не менее 1 м.

Таблица 12.1

Поперечный уклон местности	Расположение резервов	
	оптимальное	допустимое
Положе 1:10	С двух сторон	С одной стороны
От 1:10 до 1:5 включ.	С нагорной стороны	С двух сторон
Круче 1:5	Резервы не проектировать	С нагорной стороны по отдельным решениям с расчетом общей устойчивости косогора и насыпи после устройства резерва

12.1.4 Между подошвой откоса насыпи и бровкой резерва необходимо оставлять берму шириной не менее 3 м. У насыпей высотой до 2 м на сухом основании ширину берм разрешается уменьшать до 1 м.

Со стороны будущего второго пути железных дорог I–III категорий ширину берм следует назначать равной 8,0 м.

Бермам с нагорной стороны необходимо придавать поперечный уклон от 0,02 до 0,04 в сторону резерва за счет срезки или присыпки грунта (см. рисунок 8.3).

12.1.5 Резервы необходимо, как правило, включать в общую систему водоотводных устройств, ограждающих земляное полотно от воздействия поверхностной воды, и предусматривать отдельные выпуски воды из резервов в пониженные места прилегающей местности согласно требованиям раздела 13.

12.1.6 Замкнутые резервы без водоотводов допускается применять на участках с дренирующими грунтами в районах с засушливым климатом (исключая районы просадочных грунтов) и в районах расположения подвижных песков. В подвижных песках резервы следует проектировать преимущественно узкими и глубокими, их рекомендуется размещать с подветренной стороны.

12.1.7 Дну резервов, входящих в общую систему водоотводных устройств, необходимо придавать поперечный и продольный уклоны. Поперечный уклон должен быть не менее 0,02, а продольный —

не менее 0,002. Дно резерва при его ширине до 10 м следует проектировать односкатным, с поперечным уклоном от земляного полотна, а при ширине более 10 м — двускатным, с уклоном от краев резерва к его середине.

Максимальный продольный уклон резерва с низовой стороны насыпи не должен превышать 0,008, а для легкоразмываемых грунтов — 0,005. Уклон дна резервов с нагорной стороны насыпей следует назначать по расчету в зависимости от вида грунта, количества и скорости течения воды.

В случаях, когда по условиям рельефа местности продольный уклон дна резерва получается круче допустимого по размываемости грунта, резервы следует проектировать отдельными участками с максимальным допустимым уклоном дна. Между соседними участками резерва необходимо оставлять полосы ненарушенного грунта шириной не менее 3 м и предусматривать в них устройство укрепленных канав с перепадами высотой до 0,5 м.

12.1.8 Размеры резервов следует определять исходя из объема требуемого грунта и уклона, необходимого для обеспечения стока, с учетом параметров, применяемых для сооружения насыпей машин и механизмов, и условий охраны окружающей среды.

При невозможности или нецелесообразности увеличения глубины резерва, используемого в качестве водоотвода, для пропуска воды следует проектировать водоотводную канаву с размещением ее

в пониженной части резерва.

Откосы резервов следует проектировать не круче 1:1,5. Переходы от одной ширины резерва к другой следует назначать за счет отклонения полевого откоса под углом около 15°.

12.1.9 На поймах рек закладка резервов, как правило, не допускается. В исключительных случаях устройство резервов производится по индивидуальному проекту, причем:

- расположение резервов необходимо увязывать с регуляционными сооружениями;
- расстояние между нижним концом резерва и урезом меженных вод должно быть не менее 10 м;
- отметку дна резервов следует назначать выше уровня меженных вод;
- для выпуска воды из резерва необходимо предусматривать устройство канавы;
- бермы между подошвой насыпи и бровкой резерва следует назначать не менее 4 м.

Со стороны насыпи в резервах следует оставлять выступы в виде траверс и укреплять откос, если при паводке возможно течение воды вдоль резерва.

12.1.10 Сосредоточенные резервы — грунтовые карьеры, располагаемые в удалении от насыпи, следует проектировать с соблюдением требований по максимально возможному сохранению окружающей среды в соответствии с указаниями раздела 18. Необходимо предусматривать планировку откосов после выработки карьера с учетом последующей посадки деревьев, использования карьера под водоем или для других народнохозяйственных целей.

Размеры и конфигурация карьеров назначаются с учетом потребности в грунте, его состояния и в соответствии с требованиями техники безопасности, а также с учетом их последующего использования для хозяйственных целей.

12.2 Кавальеры

12.2.1 Кавальеры необходимо предусматривать в случаях непригодности или технико-экономической нецелесообразности использования грунта из выемки для насыпей, а также при отсутствии в непосредственной близости от выемки пониженных мест рельефа, которые могут быть использованы для размещения непригодного или излишнего грунта. При проектировании кавальеров следует учитывать также необходимость соблюдения требований по максимально возможному сохранению окружающей среды в соответствии с указаниями раздела 18 и предусматривать срезку растительного слоя с площади, занимаемой кавальером.

Размещение грунта в кавальерах не допускается:

- на территории станционных площадок, населенных пунктов и промышленных предприятий;
- в местах, где кавальеры могут способствовать снежным или песчаным заносам пути, в том числе вдоль мелких выемок;
- с нагорной стороны полувыемок;
- в тех случаях, когда нагрузка от кавальера может вызвать нарушение общей устойчивости откосов выемки.

12.2.2 Кавальеры следует проектировать в соответствии с рисунком 12.1 и размещать в зависимости от поперечного уклона местности согласно таблице 12.2, с учетом условий заносимости снегом, а также свойств и состояния грунта прорезаемой выемки и подлежащего укладке в кавальер.

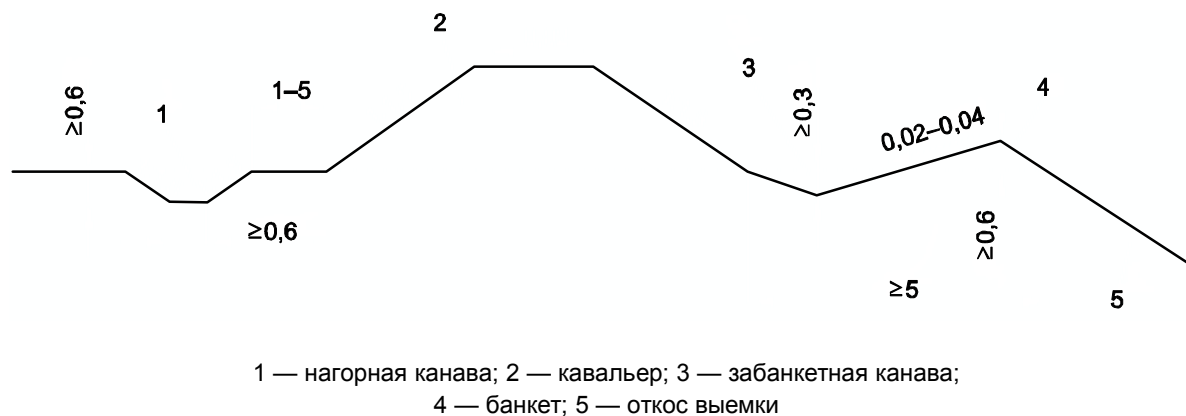


Рисунок 12.1 — Схема размещения банкетов, кавальеров, забанкетных и нагорных канав

Таблица 12.2

Поперечный уклон	Расположение кавальеров	
	оптимальное	допустимое
Положе 1:5	С двух сторон	С одной стороны
От 1:5 до 1:3 включ.	С низовой стороны	С верховой стороны с проверкой расчетом общей устойчивости сооружения
Круче 1:3	Необходимо устанавливать с учетом местных условий и с проверкой расчетом общей устойчивости сооружения	

12.2.3 Размеры кавальеров (высоту и ширину понизу) определяют в зависимости от объема отсыпаемого в них грунта, параметров применяемых машин и механизмов, условий охраны окружающей среды и физико-механических характеристик отсыпаемого грунта. Откосы кавальеров следует проектировать с заложением не круче 1:1,5; верху кавальеров придают поперечный уклон не менее 0,02 в полевую сторону.

Кавальеры с низовой стороны выемки должны иметь разрывы шириной не менее 3 м через каждые 50 м и в пониженных местах. Площадке между бровкой выемки и откосом кавальера придается уклон в сторону разрывов.

12.2.4 Расстояние от подошвы кавальера до бровки откоса проектируемой выемки, а на участках устройства в ближайшей перспективе второго пути — до бровки откоса выемки для будущего пути

должно быть не менее 5 м. На участках с глинистыми переувлажненными грунтами, в том числе при наличии верховодки, это расстояние должно быть не менее $(5 + H) \geq 10$ м, где H — высота откоса проектируемой выемки.

12.2.5 В пределах полувыемок, а также отдельных пунктов, размещенных на крутых косогорах, лишний или непригодный для насыпей грунт следует размещать с низовой стороны полотна, причем верх отсыпки необходимо проектировать ниже бровки земляного полотна не менее чем на 0,5 м, с поперечным уклоном от 0,02 до 0,04 от полотна, с проверкой устойчивости пути.

12.2.6 Если в разделе проекта охраны окружающей среды (ООС) устройство кавальеров не предусмотрено, как защитное мероприятие необходимо производить отсыпку грунтов слоями до 1 м и планировку каждого слоя бульдозером. После завершения отсыпки поверхность кавальеров следует укреплять посевом многолетних трав.

12.3 Банкеты

12.3.1 Банкеты и забанкетные канавы необходимы для отвода поверхностной воды с площади между нагорным откосом выемки и подошвой кавальера и защиты откосов выемок от размыва.

Банкеты и забанкетные канавы следует проектировать треугольной формы в соответствии с рисунком 12.1. Они образуются путем планирования поверхности полосы между бровкой откоса выемки и подошвой кавальера с продольным уклоном не менее 0,005 и поперечным уклоном в сторону кавальера от 0,02 до 0,04. При наличии местных понижений необходимо предусматривать организованный выпуск воды из забанкетной канавы по откосу в кювет.

В пределах пологих косогоров, а также у неглубоких выемок, когда устройство банкетов и забанкетных канав нецелесообразно, проектом необходимо предусматривать планировку поверхности косогора на полосе шириной около 3 м, прилегающей к бровке выемки, с приданием поверхности поперечного уклона к выемке не менее 0,02 и укрепление ее посевом трав.

12.3.2 Банкеты с забанкетными канавами не следует проектировать на косогорах крутизной 1:5 и более, а также у выемок в лессовых грунтах.

Водоотводные устройства в этих случаях необходимо проектировать индивидуально с учетом местных условий.

13 Устройства для отвода поверхностных и грунтовых вод

13.1 Общие положения

13.1.1 В пределах перегонов и отдельных пунктов следует проектировать устройства для отвода от земляного полотна поверхностных вод и (в необходимых случаях) для понижения уровня грунтовых вод.

13.1.2 Отвод поверхностных вод следует предусматривать:

- от насыпей — канавами (продольными и поперечными водоотводными, осушительными) или резервами;
- от откосов выемок и полувыемок — канавами (нагорными и забанкетными);
- от основной площадки земляного полотна в выемках и полувыемках и с откосов выемок — кюветами, лотками, кювет-траншеями и траншеями, кюветами и лотками в комбинации с дренажами мелкого заложения.

Поверхностные воды необходимо отводить к ближайшему водопропускному сооружению или в сторону от земляного полотна в пониженные места рельефа.

С нагорной стороны полотна должен быть предусмотрен сплошной продольный водоотвод от каждого пересекаемого дорогой водораздела до водопропускного сооружения или до места, от которого возможен поперечный отвод воды в сторону от земляного полотна.

Сопряжения водоотвода с руслом водотоков следует проектировать с выполнением следующих требований: в месте сопряжения канаву направлять по течению водотока (угол между осями у канавы и водотока назначать не более 45°); изменения направления канав проектировать плавными по кривой радиусом не менее 10 м.

13.1.3 Поперечное сечение водоотводных устройств следует назначать по расчетным расходам воды, устанавливаемым с вероятностью превышения по нормам, указанным в таблице 13.1.

Бровка водоотводов должна возвышаться над уровнем воды, соответствующим расходу указанной вероятности превышения, не менее чем на 0,2 м.

Таблица 13.1

Категория	Вероятность превышения расчетных расходов, %, для
-----------	---

железных дорог	кюветов, нагорных канав и водосбросов	продольных (у насыпей) и поперечных водоотводных канав
Скоростные, особогрузо- напряженные, I, II	1	4
III	3	7
IV	5	10

13.1.4 Максимальный продольный уклон водоотводных устройств следует назначать по расчету в зависимости от расхода воды, вида грунта, типа укрепления откосов и дна канавы и допускаемых скоростей течения по размыву. Если установленный по расчету уклон водоотвода меньше естественного уклона местности, то необходимо предусматривать устройство перепадов, а при больших расходах — быстроток и водобойных колодцев. Все водоотводные устройства на участках со сложными инженерно-геологическими условиями проектируются индивидуально.

13.1.5 На невысоких водоразделах двух смежных бассейнов, на полосе длиной не менее 5 м, устройство резервов и канав не допускается, если выпуск воды будет осуществлен в разные водопропускные сооружения. В необходимых случаях на таких водоразделах следует предусматривать устройство разделительной дамбы шириной поверху не менее 3 м с заложением откосов не круче 1:2, с возвышением ее верха над расчетным уровнем воды не менее 0,25 м.

В отдельных случаях при технико-экономическом обосновании допускается пропуск расходов воды с двух бассейнов и более в одно искусственное сооружение.

13.1.6 Водоотводные устройства размещаются в полосе отвода так, чтобы расстояние от наружной бровки откоса водоотводного устройства до границы полосы отвода было не менее 1 м.

13.1.7 Водоотводные устройства в местах выхода их на склоны водотоков, оврагов и низин необходимо отводить в сторону от земляного полотна, предусматривать их укрепление или расширение русел с соответствующим уположением откосов, в необходимых случаях применяя индивидуальные решения.

13.1.8 При явно выраженном поперечном по отношению к земляному полотну уклоне местности (0,04 и круче) водоотводные сооружения следует проектировать только с верховой стороны.

13.2 Водоотводные канавы

13.2.1 Продольные водоотводные канавы предусматриваются с нагорной стороны у насыпей (любой высоты) при отсутствии резервов. На местности с поперечным уклоном менее 0,04 при высоте насыпей менее 2,0 м и на участках с переменной сторонностью поперечного уклона, а также на болотах водоотводные канавы следует проектировать с обеих сторон земляного полотна.

13.2.2 Глубина продольных водоотводных канав и ширина их по дну определяются расчетом, но должны быть не менее 0,6 м, а на болотах соответственно — не менее 0,8 м. Заложение откосов канав принимается не круче 1:1,5.

При пересечении местных понижений допускается уменьшать глубину канав до 0,2 м с устройством со стороны насыпи бермы шириной поверху не менее 3 м и возвышением ее бровки над расчетным уровнем воды не менее 0,25 м и с поперечным уклоном верха бермы от насыпи, равным от 0,02 до 0,04.

13.2.3 Продольный уклон водоотводных канав должен быть не менее 0,003.

На болотах, речных поймах и в других случаях малого естественного уклона местности продольный уклон водоотводных канав допускается уменьшать до 0,002, а в исключительных случаях — до 0,001, если расчетом установлено, что при заполнении канав на полный профиль обеспечивается скорость течения, исключающая заиливание.

13.2.4 Расстояние между подошвой откосов насыпей и внутренней бровкой продольных водоотводных канав следует принимать не менее 3 м, а со стороны размещения будущего второго пути — не менее 8 м.

Поверхности между насыпью и канавой придается поперечный уклон в сторону канавы от 0,02 до 0,04.

13.2.5 Поперечные канавы следует проектировать в равнинной местности в случаях, когда затруднен сток воды по продольным водоотводным канавам или требуется отвод воды из местных понижений у земляного полотна.

13.3 Нагорные канавы

13.3.1 Нагорные канавы у выемок при поперечном уклоне местности круче 0,04 устраиваются лишь с верховой стороны, а при меньшем уклоне — с двух сторон.

13.3.2 Ширина дна нагорных канав и глубина их должны определяться расчетом и быть не менее 0,6 м. Заложение откосов этих канав должно быть не круче 1:1,5. Требования, предъявляемые к продольному уклону нагорных канав, аналогичны требованиям, предъявляемым к водоотводным канавам в соответствии с 13.2.2.

13.3.3 На местности с большой крутизной склона вдоль пути, где при проектировании приходится предусматривать перепады, быстротоки и водобойные колодцы по 13.1, в виде исключения допускается также ступенчатое размещение отдельных участков нагорной канавы на косогоре. При этом начало участка канавы, располагаемого ниже, следует размещать с некоторым перекрытием выхода на косогор вышерасполагаемого участка канавы. Размер перекрытия и тип укрепления склона в местах выхода отдельных участков канавы необходимо назначать с учетом местных условий, расходов и скорости движения воды.

13.3.4 Минимальное расстояние между внутренней бровкой нагорной канавы и бровкой откоса выемки должно быть не менее 5 м, а со стороны размещения будущего второго пути — не менее 9 м. Расстояние между подошвой полевой откоса кавальера и внутренней бровкой откоса нагорной канавы принимается в пределах от 1 до 5 м, в зависимости от условий снегозаносимости и фильтрационных свойств грунта.

13.4 Кюветы и лотки

13.4.1 Кюветы следует размещать с обеих сторон основной площадки земляного полотна в выемках. Допускается проектировать выемки без кюветов в дренирующих грунтах.

13.4.2 Кюветы, как правило, следует проектировать трапецеидальной формы с шириной по дну не менее 0,40 м, глубиной — не менее 0,6 м. Крутизну откосов кюветов следует назначать с полевой стороны, равной крутизне откосов выемки — при отсутствии закуветных полок и 1:1,5 — при их наличии, а со стороны пути — 1:1,5.

13.4.3 Продольный уклон кюветов следует принимать равным уклону профильной бровки. В выемках, располагающихся на горизонтальных площадках и на участках с уклоном менее 0,002, уклон кюветов должен быть не менее 0,002. В таких случаях в точках водораздела глубину кюветов разрешается уменьшать до 0,2 м при сохранении ширины кюветов по дну и ширины выемки на уровне бровки земляного полотна.

Кюветам предтоннельных выемок следует придавать уклон не менее 0,002 в сторону от тоннеля.

Указанные требования к продольному уклону должны выдерживаться и при проектировании водоотводов в виде кювет-траншей и траншей.

13.4.4 Лотки в выемках следует применять в случаях:

— когда увеличение сечения кюветов приводит к значительному увеличению объема земляных работ по устройству выемки;

— наличия слабых и водонасыщенных грунтов, в которых устойчивость откосов кюветов не может быть обеспечена;

— стесненных условий, когда невозможно устройство углубленных кюветов или нормального их сечения.

13.4.5 Использование кюветов и лотков для пропуска воды из нагорных и забанкетных канав, а также из водоотводных канав при объединении искусственных водопропускных сооружений допускается в исключительных случаях при соответствующем обосновании.

При этом проект выемки необходимо разрабатывать с учетом местных условий, предусматривая:

— углубление и уширение кюветов до сечения, достаточного для пропуска суммарного расчетного расхода воды с вероятностью превышения, устанавливаемой по таблице 13.1;

— устройство берм шириной не менее 3,0 м между кюветом и основной площадкой;

— укрепление дна и откосов кюветов в соответствии с расчетными глубиной и скоростью течения воды.

13.5 Водоотводные устройства в пределах отдельных пунктов

13.5.1 Водоотводные устройства на отдельных пунктах должны обеспечивать полный и, по возможности, быстрый отвод воды с поверхности земляного полотна и балластной призмы, а также отвод производственных вод от депо, мастерских, гидравлических кранов, снеготаялок и других производственных зданий и сооружений. При этом загрязненная вода от производственных зданий должна быть пропущена через очистные сооружения.

13.5.2 Поперечный поверхностный водоотвод обеспечивается посредством придания верху земляного полотна поперечного уклона в сторону продольного водоотвода.

13.5.3 Для продольного водоотвода следует проектировать канавы, лотки или дренажи, размещаемые на междупутьях и по краям станционной площадки. В местах пешеходных переходов и при пересечении территорий, на которых предусмотрено хождение технического персонала, необходимо проектировать закрытые канавы, лотки и водопропускные трубы.

13.5.4 Для отвода воды из продольных канав и лотков в водоемы или пониженные места за пределы станционных площадок необходимо предусматривать водостоки (коллекторы) с очистными сооружениями, проектируя их, по возможности, короткими, с небольшим количеством пересечений железнодорожных путей.

13.5.5 Минимальные размеры сечений и другие параметры водоотводных устройств и водосточков в пределах раздельных пунктов необходимо принимать согласно 13.1.3 – 13.4.3.

13.6 Устройства для отвода грунтовых вод

13.6.1 Грунтовые воды, которые могут нарушить прочность и устойчивость земляного полотна, а также стабильность основной площадки, должны быть отведены от него дренажными устройствами.

Типы устройств для понижения, перехвата и отвода грунтовых вод, их размеры и расположение необходимо проектировать на основе данных инженерно-геологического и гидрогеологического обследования, гидравлического расчета и технико-экономического сравнения возможных вариантов в зависимости от расхода, характера и глубины залегания грунтовых вод, напластования и вида грунтов, рельефа местности, расположения и размеров земляного полотна.

13.6.2 Понижение горизонта грунтовых вод (перехват) может осуществляться углубленными канавами, лотками, дренажами, в том числе мелкого заложения.

13.6.3 Дренажи мелкого заложения (глубиной до 2,0–2,5 м) используются для улучшения условий дренирования балластной призмы и защитного слоя на перегонах и станциях, а также сбора и отвода воды из периодически действующих водоносных горизонтов типа верховодки в откосах выемок или их перехвата на глубине на косогорах.

13.6.4 В конструкциях дренажей используются керамические, асбестоцементные, бетонные, полимерные трубы и трубофильтры в соответствии с [10].

Для предотвращения заиливания трубы возможно изготовление на заводах защитно-фильтрующей оболочки из синтетического нетканого материала. При ее отсутствии трубы обертывают защитно-фильтрующим материалом на строительной площадке.

При отсутствии защитно-фильтрующей оболочки вокруг труб устраивается дренажный фильтр из песков и мелкого щебня. Крупность дренажной засыпки и ее конструкция определяются расчетом в соответствии с [10].

13.6.5 Для засыпки фильтра с трубой и дренажной траншеи могут быть использованы щебень и песчано-гравийные балластные материалы по ГОСТ 7394, крупные и средней крупности пески, а также чистые мелкие пески с содержанием частиц размером менее 0,1 мм не более 10 % и имеющие коэффициент фильтрации не менее 1,0 м/сут.

13.6.6 Уклон дренажа должен быть не менее 0,003. При использовании полимерных труб малого диаметра рекомендуется увеличение уклона до 0,005. Выходы дренажных сооружений подлежат защите от промерзания.

13.6.7 Конструкция дренажных сооружений должна обеспечивать возможность прочистки их, для чего следует предусматривать смотровые колодцы (из железобетонных или полимерных колец).

При сооружении дренажей мелкого заложения с использованием полимерных дренажных труб необходимо устраивать промывочные колодцы из полимерных колец через 50–100 м по длине трубопровода и в местах перелома профиля. В местах поворота и пересечения трубчатых дренажей следует предусматривать смотровые колодцы из железобетонных колец диаметром 1 м.

13.6.8 Лотки глубиной от 1,0 до 2,0 м допускается проектировать многоярусной конструкции из унифицированных удлиненных элементов высотой 0,5 и 0,75 м.

При сооружении лотков в пределах участков с легкоразмываемыми, а также глинистыми грунтами необходимо предусматривать устройство за их стенками песчаного фильтра.

13.7 Поглощающие колодцы и испарительные бассейны

13.7.1 В равнинной местности, где отсутствует возможность для отвода воды из замкнутых понижений рельефа, пересекаемых дорогой, следует прорабатывать варианты устройства поглощающих колодцев или испарительных бассейнов.

13.7.2 Поглощающие колодцы следует проектировать в местах, где на небольшой глубине от поверхности земли залегают хорошо дренирующие грунты некарстующихся пород, мощность слоя которых достаточна для поглощения объема расчетного стока поверхностной воды.

13.7.3 Испарительные бассейны допускается предусматривать при грунтах, просадка которых (при замачивании) от собственного веса отсутствует или не превышает 5 см (грунты I типа по просадочности).

В качестве испарительного бассейна могут быть использованы местные понижения, впадины, выработанные карьеры и замкнутые резервы глубиной не более 0,4 м. На участках, где под испарительные бассейны будет использован резерв, проектировать насыпи без бERM не допускается.

Если нельзя использовать резерв и отсутствуют местные понижения, впадины, выработанные карьеры, разрешается проектировать испарительные бассейны, размещаемые с двух сторон земляного полотна на расстоянии не менее 10 м от подошвы откоса насыпи.

Объем каждого бассейна можно назначать до 300 м³, а глубину — не более 1 м.

14 Защита и укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений

14.1 Общие положения

14.1.1 Защиту и укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений необходимо предусматривать с целью предохранения конструкций от разрушающего воздействия природных факторов.

14.1.2 Тип укрепления и конструкции следует назначать с учетом вида и ответственности сооружения, его размеров, а также грунтовых, климатических, топографических и гидрологических условий, наличия местных материалов для укрепления, заданных сроков строительства и результатов технико-экономических расчетов.

14.1.3 Применяемые средства защиты и укрепления земляного полотна и водоотводных сооружений должны обладать необходимой прочностью и надежностью, устойчивостью против разрушающего воздействия природных факторов, а также долговечностью и обеспечивать возможность механизации производства работ в процессе их выполнения и минимальные затраты в условиях эксплуатации. Как правило, эти конструкции и мероприятия проектируются индивидуально.

14.1.4 Мероприятия по защите от размыва подтопляемых откосов представлены в разделе 11.

14.2 Защитные конструкции и мероприятия

14.2.1 Защитные конструкции и мероприятия следует предусматривать при проектировании земляного полотна на участках проявления или возможного развития оползней, обвалов, а также в районах воздействия водотоков и водоемов, наличия подрабатываемых территорий и т. п., в соответствии с требованиями СНиП 2.01.15.

14.2.2 В качестве вариантов противооползневых сооружений и мероприятий следует предусматривать:

- регулирование поверхностного стока и защиту склонов и земляного полотна от его вредного воздействия (планировкой территории, устройством поверхностного водоотвода, предотвращением инфильтрации воды в грунт и эрозионных процессов);

- регулирование подземного стока (перехватом или понижением уровня грунтовых вод);

- изменение крутизны склона с целью повышения его устойчивости;

- поддерживающие сооружения (контрбанкеты, контрфорсы, подпорные стены и др.);

- укрепление грунтов (электрохимизацией, цементацией, силикатизацией и др.);

- агролесомелиорацию;

- берегоукрепительные сооружения и мероприятия (при вредном влиянии на склон деятельности водохранилищ, рек и озер).

14.2.3 При проектировании противообвальных и противоосыпных сооружений и мероприятий в качестве вариантов следует предусматривать:

- укрепительные сооружения и мероприятия (поддерживающие и подпорные стены, контрфорсы, пломбы, опояски, анкерные крепления, сваи и шпоны);

- защитные конструкции и мероприятия для выемок (одевающие или облицовочные стены, покрытия откосов и склонов различными вяжущими (торкретбетоном, набрызг-бетоном), агролесомелиорацию);

— улавливающие сооружения (улавливающие, барьерные и оградительные стены, улавливающие траншеи, рвы и валы, сетчатые ограждения, надолбы).

Методика расчетов указанных конструкций приведена в [11].

При проектировании подпорных поддерживающих и улавливающих стен следует взамен традиционных использовать армогрунтовые конструкции с применением в качестве армирующих полотен геотекстиля (в частности, стеклотканей и стеклопластиков, в том числе в комбинации с неткаными синтетическими материалами).

14.3 Укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений

14.3.1 Укреплению подлежат:

- откосы насыпей, выемок и защитного слоя при всех видах грунтов, кроме крупнообломочных;
- обочины насыпей и выемок — при песчаных группах, а в выемках, кроме того, — и при переувлажненных глинистых грунтах;
- бермы, разделительные площадки на откосах насыпей и выемок, регуляционные сооружения, кавальеры, банкеты;
- откосы и дно водоотводных канав и кюветов;
- поверхности нарушенных площадей при выполнении земляных работ, а также в обоснованных случаях — отвалы грунта.

14.3.2 В качестве укрепительных мероприятий, обеспечивающих защиту создаваемых конструкций земляного полотна от вредного воздействия природных факторов, следует предусматривать:

- создание дернового покрова посевом многолетних трав;
- покрытие слоем щебенисто-дресвяных и глинистых грунтов, торфогрунтовые смеси;
- сборную железобетонную обрешетку в комплексе с посевом трав или с засыпкой ячеек щебенкой;
- пневмонабрызг вяжущими по заанкеренной сетке;
- обработку грунтов вяжущими материалами, в том числе поликомплексам;
- древесные и древесно-кустарниковые насаждения;
- армирование и укрепление откосов геотекстильными материалами и георешетками в различных комбинациях.

14.3.3 Основным видом укрепления является создание дернового покрова посевом многолетних трав, осуществляемого посредством:

- гидропосева многолетних трав с мульчированием, без использования растительной земли;
- механизированного посева многолетних трав по слою растительного грунта.

При посеве трав необходимо соблюдать агротехнические требования в части: подбора видов многолетних трав, установления норм высева семян, видов удобрений и норм их внесения, а также условий подкормки всходов, учета кислотности и засоленности грунтов, сроков высева и последовательности операций по укреплению откосов. Рекомендуется использование семян трав трех видов — злаковых рыхло-кустовых, корневищевых и стержне-корневых, бобовых.

14.3.4 Мероприятия по укреплению подтопляемых откосов представлены в разделе 11.

14.3.5 Гидропосев следует применять для укрепления откосов (насыпей, выемок и водоотводов) крутизной не более 1:1,5 в пылеватых, песчаных (за исключением гидронамывных), глинистых грунтах, в том числе содержащих до 30 % крупнообломочных включений.

При гидропосеве на откосы наносится рабочая смесь, состоящая из семян трав, минеральных удобрений, пленкообразующего, а в необходимых случаях, и мульчирующего материалов и воды.

В качестве пленкообразующих (стабилизирующих) материалов рекомендуются отходы целлюлозно-бумажной промышленности (скоп и лигнин), при их использовании мульчирующие материалы не требуются. Могут применяться также синтетические латексы, битумные эмульсии и поликомплекс.

Для мульчирования рекомендуется использовать древесные опилки и торфяную крошку.

В проектах следует предусматривать увеличение площади гидропосева на 10 % –15 % за счет необходимости вторичного посева в местах разреженного травостоя или механического повреждения его.

14.3.6 В тех случаях, когда укрепление откосов гидропосевом трав неприменимо по грунтовым условиям (при наличии жирных глин, песков гравелистых, песков, уложенных в насыпь способом гидронамыва), посев трав может быть осуществлен по предварительно нанесенному на откосы слою растительного грунта толщиной от 10 до 15 см, с содержанием гумуса не менее 2 %, или по слою торфогрунтовой смеси, имеющей зольность не более 50 %.

Для нанесения на укрепляемые откосы должен использоваться растительный грунт, заготовленный при срезке гумусированного слоя с площадей: основания насыпей, резервов, кавальеров, выемок, а также при вскрыше карьеров.

14.3.7 Покрытие откосов крупнообломочными (галечниково-гравийными и щебенисто-дресвяными) грунтами целесообразно осуществлять в тех случаях, когда создание искусственного дернового покрова посевом многолетних трав невозможно или экономически нецелесообразно из-за грунтовых, климатических или технических условий.

Крупнообломочные грунты, используемые для покрытия откосов, должны быть представлены слабовыветривающимися разностями. При отсутствии в районе строительства крупнообломочных грунтов допускается устройство неразвеваемых покрытий из торфогрунтовых смесей.

14.3.8 Глинистые грунты применяются для защиты от выдувания песчаных (в том числе пляжных) откосов в комплексе с созданием дернового покрова, предотвращающего водную эрозию.

Толщина защитного слоя на откосах принимается равной 0,10–0,15 м, на основной площадке — 0,30 м.

В обоснованных технико-экономическими расчетами случаях для укрепления основной площадки земляного полотна могут использоваться смеси суглинка с песком. Число пластичности смеси должно быть не менее 7.

14.3.9 Сборные железобетонные обрешетки в комплексе с посевом трав или с крупнообломочным заполнителем могут использоваться при укреплении откосов, сложенных переувлажненными пылеватými грунтами, способными к развитию поверхностных сплывов.

14.3.10 Применение вяжущих материалов рекомендуется для закрепления песчаных откосов в комплексе с посевом семян местных многолетних трав.

Посадка местной древесно-кустарниковой растительности применяется для закрепления подвижных песков в зоне, прилегающей к земляному полотну. Этот способ закрепления целесообразно применять в совокупности с укреплением песков вяжущими материалами, в том числе и с внесением семян местных растений.

В отдельных случаях для временной защиты могут быть использованы покрытия из стеблей местных растений.

14.3.11 Укрепление откосов земляного полотна может осуществляться с применением геотекстильных материалов в различных комбинациях.

Армирование геотекстилем откосов производят при необходимости увеличения их крутизны в стесненных условиях и при использовании грунтов повышенной влажности. Сведения о материалах, рекомендуемых для использования при армировании, приведены в приложении М.

Укрепление поверхности откосов крутизной от 1:1 до 1:1,25 выполняется посевом многолетних трав по слою растительного грунта, нанесенного на закрепленную по откосу металлическую сетку, стеклосетку или другую георешетку.

14.3.12 Для защиты обочин земляного полотна из песчаных грунтов от выдувания и размыва, а также обочин земляного полотна из глинистых грунтов следует покрывать их щебенисто-дресвяным, галечниково-гравийным материалом слоем от 5 до 10 см. Такое же укрепление рекомендуется для обочин и откосов защитного слоя, устраиваемого под балластной призмой.

14.3.13 Водоотводные устройства (водоотводные и нагорные канавы, кюветы и др.) следует укреплять с целью предотвращения их размыва или инфильтрации воды в грунт.

Способ укрепления водоотводов следует назначать в зависимости от расчетной скорости течения воды, свойства и состояния грунта, в который они закладываются.

Для укрепления применяют: щебневание дна водоотвода и укрепление откосов гидропосевом многолетних трав; обработку дна и откосов вяжущими веществами, тощим монолитным бетоном; покрытие бетонными или асфальтобетонными плитами, а также сборными железобетонными конструкциями в виде лотков и др.

Укрепление водоотводов посевом трав можно осуществлять в случаях, если имеется возможность произрастания их без подсыпки растительной земли.

15 Земляное полотно для железнодорожных узлов и станций

15.1 Для проектирования земляного полотна в пределах отдельных пунктов в дополнение к материалам, используемым при проектировании земляного полотна на перегонах, необходимы следующие исходные данные:

— план в горизонталях с указанием существующих и проектируемых путей, зданий, сооружений, подземных и надземных коммуникаций, полосы отвода;

— материалы инженерно-геологических изысканий по участку (разрезы, техническое заключение и т. п.), а в сложных природных условиях — инженерно-геологическая карта территории и, при необходимости, карта гидроизогипс с указанием на плане инженерно-геологических выработок.

15.2 Распределение земляных масс и мероприятия по обеспечению устойчивости земляного полотна следует проектировать с учетом рельефа местности и последующего развития станции, в том числе размещения земляного полотна для подходов к станции водоотводных устройств и других сооружений. При этом должна учитываться этапность путевого развития.

15.3 Станционные площадки следует, как правило, проектировать в плане на прямой, а в профиле — насыпями.

В обоснованных случаях в проекте необходимо предусматривать устройства для защиты от заносимости снегом.

15.4 Земляное полотно новых раздельных пунктов, дополнительных путей в пределах существующих железнодорожных узлов и станций, а также новое земляное полотно, сооружаемое с использованием существующего при развитии остановочных пунктов или их реконструкции, следует проектировать в соответствии с нормами и положениями настоящего технического кодекса.

15.5 Ширину земляного полотна (поверху) на раздельных пунктах следует устанавливать в соответствии с проектируемым путевым развитием в зависимости от количества путей и ширины междупутий.

При этом расстояние от оси крайних станционных путей до бровки земляного полотна должно быть не менее половины ширины земляного полотна на прямых участках пути однопутных железнодорожных линий, приведенной в СНБ 3.03.01, а в пределах стрелочных улиц, вытяжных путей и крайних сортировочных путей — не менее 3,6 м для линий всех категорий.

15.6 На сортировочных участках станций (при наличии горок и вытяжных путей специального профиля) балластный слой путей надвига и вытяжных путей должен быть уширен на ширину не менее 1 м от конца шпал с каждой стороны на протяжении от места расцепки вагонов до верха горки или до точки отрыва вагонов от состава; ширину земляного полотна в этих местах следует увеличить с таким расчетом, чтобы ширина обочины была не менее 0,5 м.

Такое же уширение балластного слоя, а в соответствии с этим — и земляного полотна следует проектировать у крайних путей приемоотправочных парков, специализируемых для досмотра подвижного состава и производства ремонта без отцепки вагонов в поездах.

15.7 На станциях, разъездах и обгонных пунктах в пределах кривых участков главного пути, имеющего возвышение наружного рельса, при расположении этого пути крайним, ширину земляного полотна с наружной стороны кривой следует увеличивать на величину, указанную в СНБ 3.03.01, а на двух- и многопутных участках, кроме того, — на величину уширений междупутий в кривых, как между главными, так и станционными путями.

15.8 Поперечное очертание верха земляного полотна станционных площадок, в зависимости от количества путей и вида грунта земляного полотна, следует проектировать одно- и двускатным. При значительной ширине площадки допускается применение пилообразного поперечного профиля с сооружением в междупутьях с пониженными отметками закрытых продольных водоотводов (лотков и дренажей) с уклоном не менее 0,002, а при необходимости — с устройством поперечных выпусков из них для отвода воды за пределы земляного полотна.

На промежуточных станциях всех типов, а также на обгонных пунктах и разъездах поперечного типа очертания верха следует проектировать, как правило, с двускатными уклонами, направленными в разные стороны: на однопутных линиях — от оси междупутья существующего главного и предполагаемого второго главного путей, на двухпутных — от оси междупутья между главными путями.

На разъездах с продольным расположением приемоотправочных путей поверхность земляного полотна следует проектировать с двускатными уклонами, направленными вне пределов пассажирской платформы в обе стороны от оси междупутья главного и смежного путей, а в пределах платформы — от борта платформы.

Площадки для размещения локомотивного и вагонного хозяйства и грузового двора проектируются одно- и двускатными; уклон ската необходимо проектировать по направлению от здания во внешнюю сторону; при значительных по ширине площадках целесообразно применять пилообразный профиль.

Поперечные профили земляного полотна отдельных приемоотправочных и сортировочных парков проектируются одно-, двускатными или пилообразными (в зависимости от количества путей).

При проектировании новых путей рядом с существующими (в том числе при открытии новых отдельных пунктов на существующих линиях) верх земляного полотна новых путей следует проектировать с поперечным уклоном от бровки существующих путей.

15.9 Поверхности земляного полотна следует придавать поперечный уклон в сторону водоотводов в зависимости от вида грунта земляного полотна, климатических зон и количества путей, располагаемых в пределах каждого ската, в соответствии с таблицей 15.1.

Таблица 15.1

Грунт земляного полотна	Максимальное количество путей на одном скате	Уклон верха земляного полотна
Дренарующий	10	0–0,01
Недренарующий	8–6	0,02

15.10 Отдельные станционные пути, парки и другие устройства станций допускается проектировать в разных уровнях. При этом размеры междупутий и расстояний между парками следует назначать с учетом размещения в их пределах откосов земляного полотна, водоотводных устройств, а в случае необходимости — устройств и оборудования для защиты путей от заносимости снегом и других устройств.

15.11 Водоотводные устройства в пределах отдельных пунктов следует проектировать согласно требованиям раздела 13.

16 Земляное полотно внешних (подъездных) путей

16.1 К внешним (подъездным) путям относятся железнодорожные пути, предназначенные для внешних перевозок грузов предприятий и организаций и соединяющие станцию (пункт) примыкания железных дорог общей сети с промышленной станцией, а при ее отсутствии — с погрузочно-разгрузочными путями или со стрелочным переводом первого ответвления внутренних железнодорожных путей.

16.2 Внешние (подъездные) пути, имеющие пяти-десятилетнюю перспективу включения в общую сеть железных дорог или предназначенные для пассажирского движения, следует проектировать по СНБ 3.03.01 для соответствующей категории железной дороги.

Земляное полотно этих подъездных путей следует проектировать в соответствии с настоящим техническим кодексом.

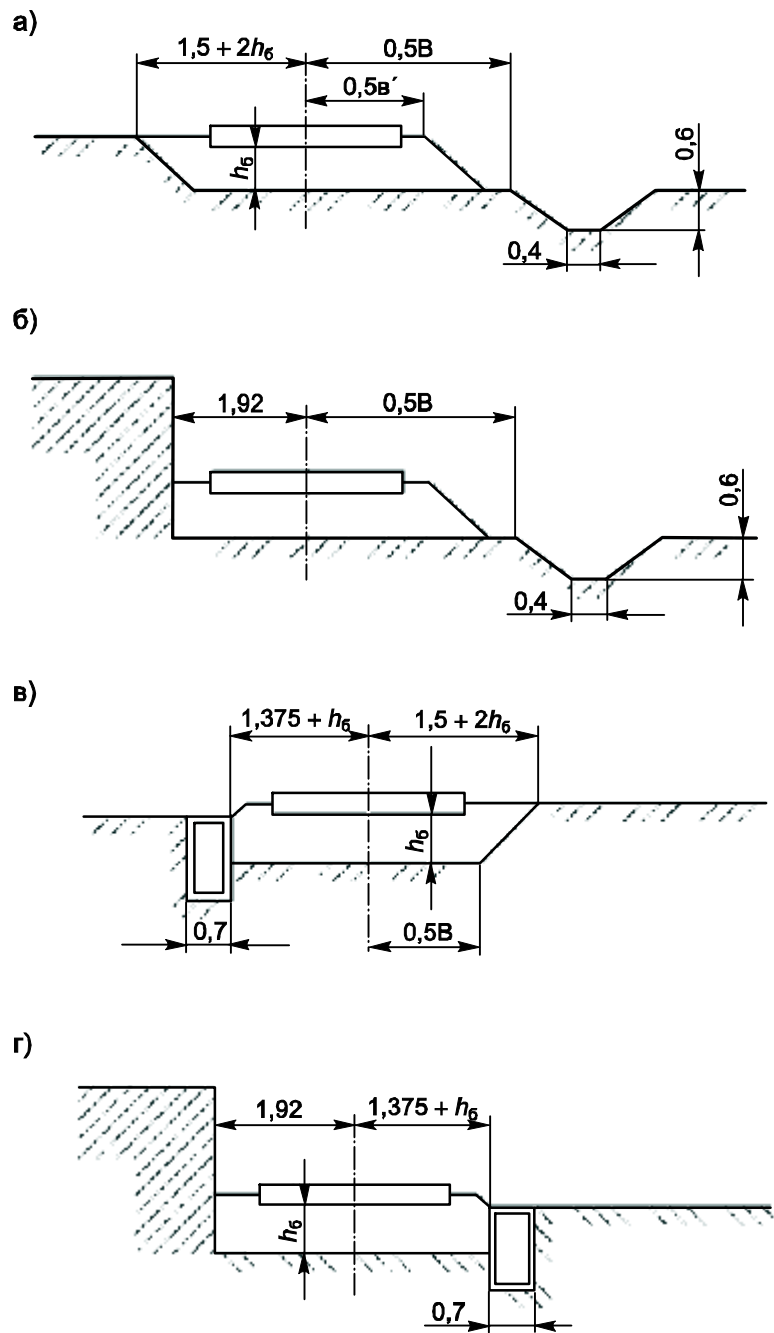
16.3 Конструкцию земляного полотна назначают с открытой балластной призмой в увязке с рельефом местности, плановыми и высотными отметками других действующих и проектируемых сооружений и коммуникаций и общими решениями по организации водоотвода в районе строительства.

По согласованию с заказчиком на пересечениях или расположенных параллельно железнодорожному полотну других сооружениях и коммуникациях, на участках застроенной территории предприятий и организаций, городских поселков и т. п. допускается конструкцию земляного полотна принимать

с заглубленной или полузаглубленной балластной призмой и надежным водоотводом с применением железобетонных лотков, как приведено на рисунках 16.1, 16.2.

16.4 Конструкция земляного полотна подъездных путей с открытой, заглубленной или полузаглубленной балластной призмой должна отвечать требованиям долговечности, прочности и устойчивости в любое время года и должна быть рассчитана на движение четырехосных вагонов с нагрузкой на ось 294 кН.

16.5 Земляное полотно внешних (подъездных) железнодорожных путей, не имеющих перспективы включения в общую железнодорожную сеть в соответствии с 16.2, а также внутренних путей предприятий и организаций проектируется и сооружается по СНиП 2.05.07.



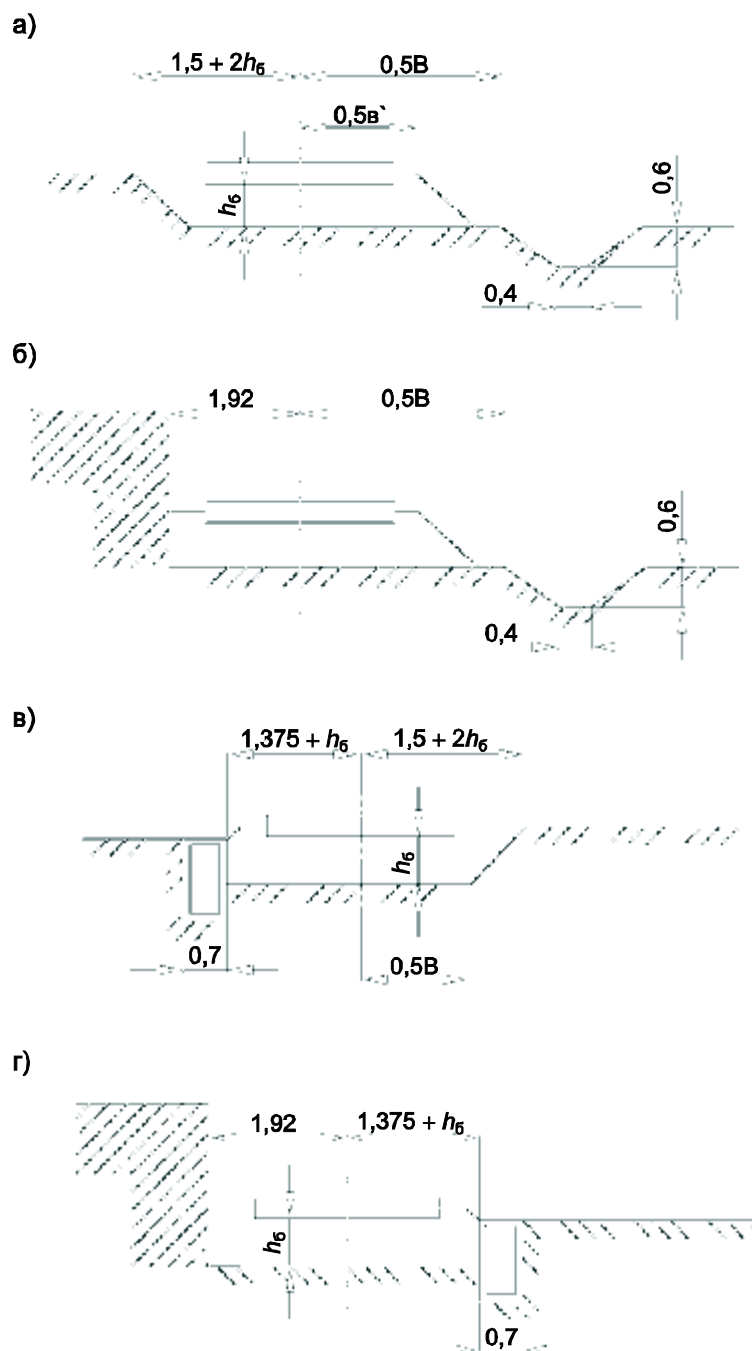
h_6 — толщина балластного слоя;

B — ширина земляного полотна; B' — ширина балластной призмы

Рисунок 16.1 — Земляное полотно с заглубленной и полузаглубленной балластной призмой для однопутного участка:

а, б — с отводом воды кюветом;

в, г — с отводом воды лотком



$h_б$ — толщина балластного слоя;
 d — междупутье; $в'$ — ширина балластной призмы

Рисунок 16.2 — Земляное полотно с заглубленной и полузаглубленной балластной призмой для двухпутного участка:

- а** — с отводом воды дренажом;
б, г — с отводом воды лотком;
в — с отводом воды лотком и кюветом

17 Особенности проектирования земляного полотна, возводимого в зимнее время

17.1 Участки, на которых земляное полотно может сооружаться в зимнее время, необходимо отмечать на стадии разработки проекта и рабочего проекта и уточнять при разработке рабочей документации.

17.2 На зимний период целесообразно относить следующие работы:

— разработку выемок и карьеров в песках, гравийно-галечных грунтах, а также возведение насыпей из указанных грунтов на основаниях, прочностные и деформативные свойства которых изменятся незначительно в результате их промерзания и оттаивания;

— разработку в глинистых грунтах выемок глубиной более 3 м с перемещением грунта в насыпь, кавальер или в отвал;

— устройство насыпей на болотах;

— устройство штолен и глубоких дренажных прорезей;

— укрепление откосов насыпей регуляционных сооружений и русел рек каменной наброской, бетонными массивами, плитами и т. п.

В течение зимнего времени не следует предусматривать:

— разработку выемок в нескальных грунтах глубиной до 3 м;

— возведение насыпей из резервов;

— планировку земляного полотна из глинистых грунтов и пылеватых песков;

— устройство неглубоких канав и русел.

17.3 Для насыпей, возводимых в зимнее время, допускается применять следующие грунты из выемок или карьеров:

— крупнообломочные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески крупные и средние, а также сыпучемерзлые мелкие и пылеватые пески;

— допускаются также глинистые грунты, имеющие влажность не выше границы раскатывания.

Глинистые полутвердые грунты ($0 < I_L \leq 0,25$) разрешается применять при отсутствии грунтов с меньшей влажностью.

Верхний слой насыпи толщиной не менее 1 м следует отсыпать только талым и сыпучемерзлым дренирующим, или талым глинистым грунтом, или крупнообломочным с песчаным заполнителем.

Для насыпей за задними гранями устоев и для конусов у мостов следует применять только талый или сыпучемерзлый дренирующий грунт.

Насыпи на пойме рек в пределах затопления допускается возводить в зимнее время из крупнообломочных и крупнообломочных с песчаным заполнителем, а также из песчаных грунтов, включая талые и сыпучемерзлые мелкие и пылеватые пески.

17.4 Насыпи из глинистых грунтов в зимнее время разрешается возводить высотой не более 4,5 м в первом дорожно-климатическом районе Республики Беларусь, расположенном севернее линии Поставы — Борисов — Кричев. На остальной территории Республики Беларусь насыпи из глинистых грунтов в зимнее время можно возводить высотой не более 7 м.

17.5 При необходимости возведения в зимнее время насыпей или слоев мощностью более значений, указанных в 17.4, следует предусматривать использование дренирующих грунтов, а при их отсутствии — необходимо:

— в качестве объектов для производства работ в зимнее время назначать насыпи на прочном основании в соответствии с 5.2.2;

— предусматривать соответствующий запас на осадку грунтов (по высоте насыпи или ширине поверхности);

— предусматривать уположение откосов или устройство берм, назначаемых по расчету;

— проектировать защитные слои под основной площадкой.

Проектировать верхнюю часть насыпи на высоту 1 м из талого грунта с отсыпкой этого слоя в теплое время года и уплотнением до установленных норм (см. 5.5.2), а при необходимости укладки пути

в зимнее время — верхнюю часть насыпи толщиной не менее 1 м возводить из дренирующих грунтов.

17.6 Для насыпей, возводимых в зимнее время, в проекте производства работ запас на осадку необходимо предусматривать в размере:

— от 5 % до 6 % — при глинистых грунтах;

— от 4 % до 5 % — при песках, крупнообломочных грунтах с песчаным и глинистым заполнителем.

Кроме того, дополнительно следует учитывать осадку оснований, вызываемую пучением поверхностного слоя грунтов основания.

17.7 Для насыпей, возводимых в зимнее время, рекомендуется предусматривать карьеры (выемки), толщина мерзлого слоя в которых не превышает 1/3 общей высоты забоя, с тем, чтобы содержание твердомерзлого грунта в насыпи не превышало 30 % общего объема грунта, укладываемого в

насыпь. Твердомерзлый грунт в насыпи должен размещаться равномерно, без концентрации мерзлых комьев в откосной части.

Разрыхление мерзлого грунта должно обеспечивать получение комьев размерами не более 0,2 м.

17.8 В необходимых случаях следует предусматривать специальные мероприятия по снижению глубины промерзания в карьерах и выемках (предварительное рыхление поверхностного слоя грунта до его промерзания, покрытие поверхности теплоизоляционными материалами и др.).

17.9 Насыпи на затопляемых поймах должны быть отсыпаны к началу половодья до отметки, не менее чем на 0,5 м превышающей уровень ожидаемого горизонта высоких вод с учетом высоты наката волны на откос. При этом должны быть также выполнены предусмотренные проектом укрепления откосов.

18 Экологические требования при проектировании земляного полотна

18.1 При проектировании земляного полотна в проектах должны предусматриваться конструкции и технологии производства работ, способствующие снижению отрицательного воздействия строительства на окружающую природную среду.

18.2 Для предотвращения деградации окружающей среды, восстановления нарушенных при строительстве природных систем и обеспечения эколого-экономической сбалансированности будущего развития транспортно-природной системы в целом, в проекте следует предусматривать оценку воздействия на окружающую среду (далее — ОВОС) проектируемого земляного полотна в соответствии с действующими ТНПА.

ОВОС является самостоятельным этапом в системе подготовки решений о развитии хозяйственной деятельности, разрабатывается до принятия проектных решений, входит в состав проектно-сметной документации и оформляется отдельным документом.

18.3 Раздел «Охрана окружающей среды» выполняется в соответствии с СНБ 1.03.02 и содержит проектные решения по комплексу проектных мероприятий, обеспечивающих выполнение положений ОВОС по экологической безопасности.

18.4 Основные конструктивные решения земляного полотна должны обеспечивать минимальную потребность в отчуждении земель, максимальную сохранность флоры и фауны в процессе строительства и эксплуатации, в том числе за счет:

- минимального раскрытия выемок в рыхлых грунтах;
- устройства насыпей с крутыми откосами, создаваемыми путем соответствующего их закрепления;
- сооружения вместо выемок тоннелей, а вместо насыпей — эстакад;
- использования (вместо традиционных) новых конструктивных решений и материалов при проектировании и строительстве земляного полотна, упрощающих технологию и в меньшей степени воздействующих на окружающую среду.

18.5 Минимальное раскрытие выемок и полувыемок за счет придания их откосам крутого очертания при сохранении необходимого уровня надежности осуществляется с учетом всей совокупности инженерно-геологических условий. При этом в экологическом плане уменьшается объем разрабатываемого грунта, что способствует при строительстве уменьшению:

- запыленности ландшафтов в процессе разработки грунтов;
- рассеивания взрывчатых веществ;
- уровня шумов, выбросов различных вредных веществ при работе машин и механизмов.

18.6 В тех случаях, когда устойчивый откос не догоняет склон, для снижения нарушенных полезных земель, флоры и фауны целесообразным является создание и укрепление откосов более крутых очертаний несущими конструкциями — анкерами или заанкеренными подпорными стенами.

18.7 С целью уменьшения площади, занимаемой откосами насыпей на затяжных косогорах, рекомендуется укреплять низовые откосы различными подпорными сооружениями.

18.8 При высоте насыпей от 8 до 20 м целесообразным является строительство эстакад вместо насыпей. Они позволяют экономить большие площади земельных угодий, снижать уровень шума и вибрации и сократить длину трассы.

18.9 Замена выемок тоннелями целесообразна, начиная с глубины выемки 25 м, при этом сохраняется существующий ландшафт.

18.10 Факторами, влияющими на окружающую среду при сооружении земляного полотна, являются:

- нарушение занимаемых земель, отведенных под устройство насыпей и выемок, строительных площадок и территорий временных поселков;
- загрязнение воздуха выбросами вредных веществ от работы строительных машин, механизмов и строительной пылью;
- загрязнение водоемов хозяйственно-бытовыми, производственными и дождевыми сточными водами;
- загрязнение строительных площадок и территорий временных поселков бытовыми и строительными отходами;
- вибрация и шум от работы строительных машин и механизмов.

18.11 Проектом должно предусматриваться:

- предварительное снятие почвенного слоя на участках сооружения земляного полотна и на территориях, предназначенных под строительные площадки и временные поселки;
- рекультивация нарушаемых полезных земель резервами, карьерами, отвалами, землевозными дорогами, временными строительными площадками и поселками.

18.12 Нормы снятия плодородного слоя почвы различного типа и механического состава приведены в таблице 18.1, ГОСТ 17.5.3.06, а требования по охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ — в ГОСТ 17.4.3.02.

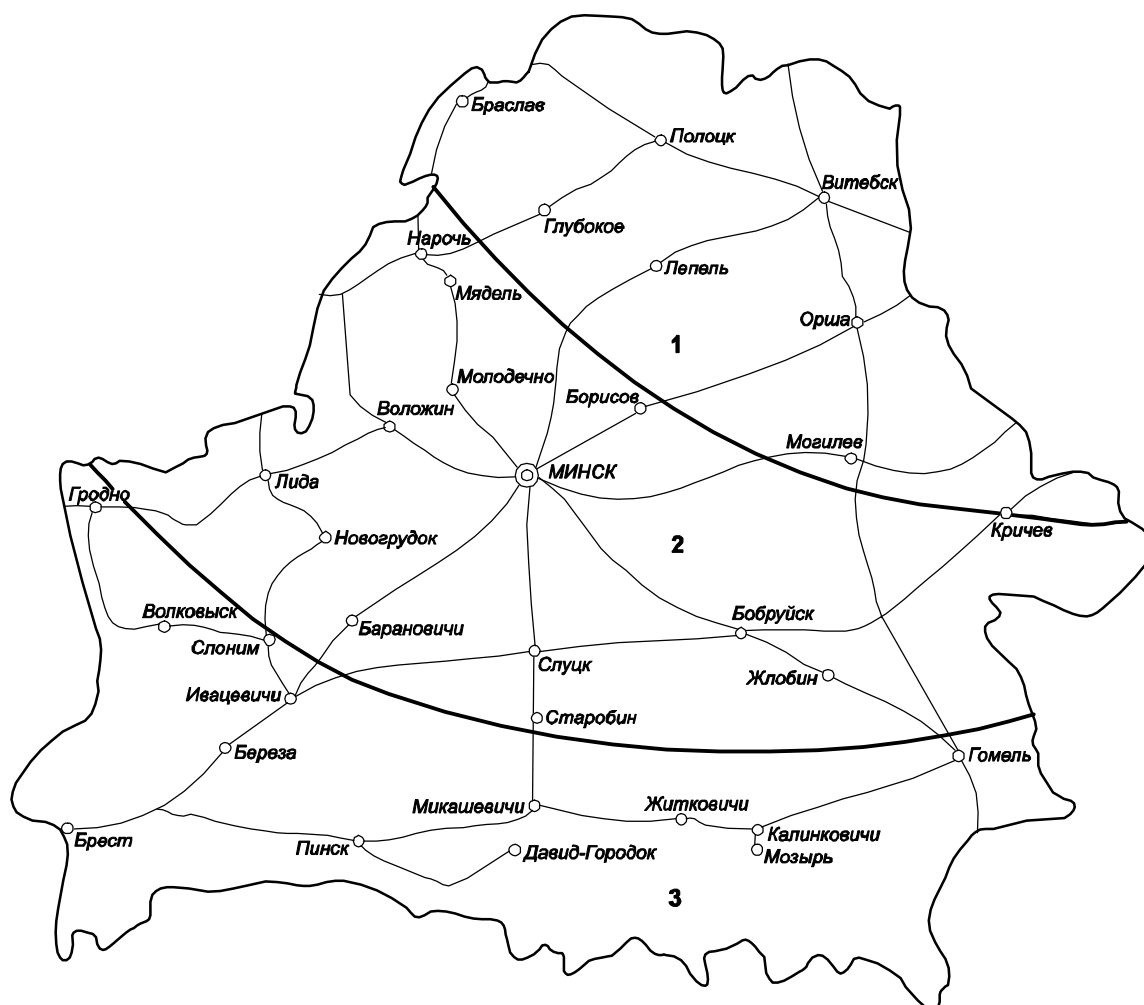
Рекультивацию нарушенных земель производят в соответствии с ГОСТ 17.5.3.04.

Таблица 18.1

Тип и подтип почв	Диапазон глубин снятия, см
Дерново-подзолистые	20 или на всю глубину пахотного слоя
Буроземно-подзолистые	20–50
Дерново-карбонатные	20–40
Дерново-глеевые	30–60
Бурые лесные	20–80
Светло-серые лесные	20–30
Серые лесные	20–50
Темно-серые лесные	40–70
Лугово-черноземные	60–100
Черноземно-луговые	50–90
Луговые	30–100
Лугово-сероземные	40–60
Сероземы	20–40
Аллювиальные (пойменные)	40–120
Торфяные болотные (после осушения)	На всю мощность торфяного слоя

Приложение А
(обязательное)

**Дорожно-климатическое районирование территории
Республики Беларусь**



— автомобильные дороги;
— границы дорожно-климатических районов

1 — северный, влажный;
2 — центральный, умеренно-влажный;
3 — южный, неустойчиво-влажный

Рисунок А.1 — Схематическая карта дорожно-климатических районов

Приложение Б (справочное)

Характеристика набухающих, просадочных и пучинистых грунтов

Б.1 Набухающие грунты

Б.1.1 Характерной особенностью этих грунтов является изменение их состояния и свойств под воздействием природных факторов при нарушении естественных условий залегания.

Набухающие грунты при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме, при этом относительная деформация набухания в условиях свободного набухания (без нагрузки) $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$ по СТБ 943.

Набухающие грунты характеризуются следующими показателями:

- ε_{sw} — относительная деформация набухания без нагрузки;
- ε_{swp} — относительная деформация набухания под нагрузкой;
- ε_{sh} — усадка при высыхании;
- W_{sw} — влажность набухания;
- W_{sh} — влажность предела усадки.

Б.1.2 Показатели набухания и усадки грунта определяются по относительной деформации:

— набухание — в условиях исключения возможности бокового расширения при насыщении грунта водой или химическим раствором:

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_{sw} - h_0}{h_0}, \quad (\text{Б.1})$$

где h_0 и h_{sw} — высота образца до и после увлажнения;

— усадка — в условиях свободной трехосной деформации при высыхании грунта:

$$\varepsilon_{sh} = \frac{V_0 - V_{sh}}{V_0}, \quad (\text{Б.2})$$

где V_0 и V_{sh} — начальный и конечный объемы образца соответственно.

Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки приведены в ГОСТ 24143.

Б.1.3 По СТБ 943 набухающие грунты подразделяются в зависимости от величины относительной деформации набухания без нагрузки ε_{sw} :

- слабонабухающие — от 0,04 до 0,08 включ.;
- средненабухающие — св. 0,08 “ 0,12 “ ;
- сильнонабухающие — “ 0,12.

В наибольшей степени величину возможной деформации набухающих грунтов отражает показатель усадки набухания — ε_{swsh} :

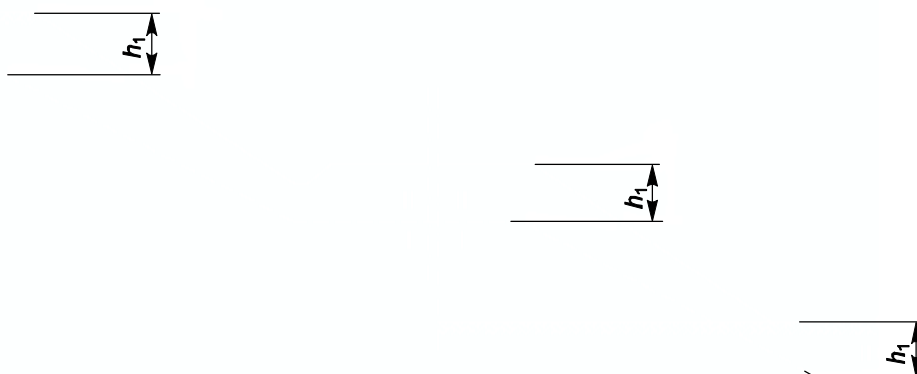
$$\varepsilon_{swsh} = \frac{V_{sw} - V_{sh}}{V_{sh}} = \frac{\varepsilon_{sw} + \varepsilon_{sh}}{1 - \varepsilon_{sh}}. \quad (\text{Б.3})$$

Б.1.4 Поверхностные слои земляного полотна (на откосах, под основной площадкой) находятся в зоне сезонных изменений влияния внешних факторов и работают в условиях переменного температурно-влажностного режима (рисунок Б.1). Поэтому при установлении расчетных параметров грунтов следует учитывать максимальную их деформативность и ориентироваться на показатель усадки набухания — ε_{swsh} .

Б.1.5 Для глинистых грунтов с влажностью на границе текучести $0,35 \leq W_L \leq 0,65$, удовлетворяющих требованию $0,03 \leq (W_p - 0,4W_L) \leq 0,09$; при ориентировочных расчетах могут быть использованы эмпирические зависимости для прогнозирования состояния и свойств набухающих грунтов в соответствии с [5] и [12]. Давление набухания P_{sw} , МПа, определяется по формуле

$$P_{sw} = 6\varepsilon_{swsh}W_L = 6, \quad (\text{Б.4})$$

где ε_{swl} — показатель усадки набухания: $\varepsilon_{swl} = 1,05 \sqrt{W_L} - 0,45$.



I — зона постоянного значения плотности и влажности грунтов после стабилизации процессов набухания в изменившихся при строительстве условиях;

II — зона сезонного изменения плотности и влажности грунтов;

h_1 — глубина зоны выветривания

Рисунок Б.1 — Схема образования зоны сезонного выветривания после сооружения земляного полотна

Б.2 Просадочные грунты

Б.2.1 Просадочные грунты — это грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственной массы при замачивании водой или другой жидкостью дают просадку и при этом значение относительной просадочности $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ по СТБ 943.

Относительная просадочность — это отношение уменьшения высоты образца грунта в результате его замачивания водой или другой жидкостью при определенном вертикальном давлении к высоте образца природной влажности при давлении, равном природному на глубине отбора образца. Определяется по ГОСТ 23161.

Б.2.2 При предварительной оценке к просадочным грунтам обычно относятся лессовые грунты со степенью влажности $S_r \leq 0,8$, для которых значение показателя I_{ss} , определяемого по формуле (Б.5), менее значений, указанных в таблице Б.1.

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e}, \quad (\text{Б.5})$$

где e — коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности;

e_L — коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести W_L и определяемый по формуле

$$e_L = \frac{W_L \rho_s}{\rho_w}, \quad (\text{Б.6})$$

здесь ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³;

ρ_w — плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

Таблица Б.1

Число пластичности грунта I_p	Св. 0,01 до 0,10	От 0,10 до 0,14	От 0,14 до 0,22
Показатель I_{ss}	0,10	0,17	0,24

Б.3 Пучинистые грунты

Б.3.1 Пучинистые грунты — это грунты, которые при замерзании могут увеличиваться в объеме. К грунтам, подверженным морозному пучению, относят:

- глинистые — супеси, суглинки, глины;
- легковыветривающиеся — сланцы, алевролиты, аргиллиты, мергели в зоне активного выветривания;
- крупнообломочные — грунты с глинистым заполнителем, пылеватые пески.

Б.3.2 Значение морозного пучения грунтов зависит от их естественной влажности и условий возможного увеличения влажности слоя в процессе его промерзания (от глубины расположения уровня грунтовых вод). В наибольшей степени подвержены пучению пылеватые грунты.

Ориентировочные значения относительного пучения грунтов в зависимости от их естественной влажности и влажности на границе раскатывания (пластичности) приведены в приложении Г.

Приложение В (справочное)

Характеристика болотных отложений

В.1 Классификация болотных грунтов и их свойства

В.1.1 Органические и органо-минеральные грунты в соответствии с СТБ 943 относят к подгруппе биогенных грунтов, входящих в группу осадочных несцементированных пород. Среди биогенных грунтов наибольшее распространение имеют болотные грунты (торф, сапропель, болотный мергель, органический ил), т. е. грунты, слагающие болота. В естественных отложениях болот в условиях недостаточного стока и испарения эти грунты находятся в водонасыщенном состоянии и имеют высокую пористость.

В.1.2 В зависимости от содержания органических веществ слабые болотные грунты можно разделить на три группы:

- минеральные с потерями при прокаливании до 10 % включ.;
- органо-минеральные с потерями при прокаливании св. 10 % “ 60 % “ ;
- органические грунты с потерями при прокаливании “ 60 %.

В.1.3 Свойства болотных грунтов зависят от их состава и состояния. Характеристикой состава торфяных грунтов служит соотношение трех основных компонентов: волокнистых, гумусных и минеральных частиц. Содержание волокнистых частиц определяют по массе остатка при промывании на сите 0,25 мм; содержание гумусных частиц — по массе вещества, прошедшего через указанное сито; содержание минеральных частиц — по массе остатка после прокалывания при температуре $(800 \pm 25)^\circ\text{C}$. Основная характеристика состава органо-минеральных грунтов (сапропель, болотный мергель, ил) — соотношение органической и минеральной частей (по массе); дополнительная — содержание карбонатов типа CaCO_3 , определяемых по количеству углекислого газа CO_2 , образующегося при действии на грунт 10 % раствора соляной кислоты HCl .

Характеристикой состояния болотных грунтов является природная влажность W или коэффициент пористости e .

В.1.4 Значения физико-механических характеристик болотных грунтов устанавливают на основе данных изысканий и лабораторных испытаний. При отсутствии данных испытаний значения физико-механических характеристик болотных грунтов допускается определять по основным показателям состава и состояния, используя таблицы В.1 (торфяные грунты) и В.2 (органо-минеральные грунты).

В.1.5 Торф — это органогенная осадочная горная порода, формирующаяся в результате отмирания болотной растительности при избыточном количестве влаги и недостаточном доступе воздуха.

Для торфа характерна высокая влагоемкость и влажность в естественном состоянии (обычно в пределах от 150 % до 1200 % и более).

Твердое вещество высушенного торфа состоит из не вполне разложившихся растительных остатков: растительного волокна, продуктов разложения растительных остатков — темного бесструктурного вещества (гумуса) и неорганических примесей. Волокнистая часть торфа при достаточном ее содержании может образовывать своеобразный структурный каркас, ячейки которого заполнены аморфной массой из продуктов разложения и неорганических примесей.

Механические свойства торфов зависят от их структурных особенностей, определяемых степенью волокнистости, плотностью, влажностью и составом торфообразователей, косвенно отражаемым величиной конституционной зольности торфа.

При зольности менее 5 % состав торфообразователей соответствует условиям формирования верхового болота. Торф в этом случае следует называть малозольным (верховым). При зольности от 5 % до 20 % состав торфообразователей соответствует условиям формирования низинного болота — торф средней зольности (низинный), при зольности от 20 % до 40 % — высокозольный (минерализованный). Способы определения влажности, зольности и волокнистости изложены в ТКП 200.

В.1.6 Сапропели представляют собой озерные отложения, образующиеся в водоемах в результате отмирания животных и растительных организмов и оседания минеральных частиц, заносимых водой и ветром.

Торфосапропель, представляющий граничный слой и содержащий раздробленные растительные остатки, имеет цвет от бурого до темно-коричневого или черного, но отличается от торфа однородной структурой, маслянистым блеском по срезу.

Таблица В.1 — Классификация торфяных грунтов

Тип грунтов по влажности	Природная влажность W	Коэффициент пористости e	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Степень разложения R , %	Степень волокнистости Φ , %	Зольность Z , %	Сопротивление сдвигу по крыльчатке (в природном залегании) τ , МПа	Модуль осадки I_p , мм/м (при давлении $P = 0,05$ МПа)
Осушенный (или уплотненный)	<3	<4	>0,25	<25	>75	>5 <5	>0,040 >0,035	150–200
				25–40	75–60	>5 <5	>0,030 >0,033	
Маловлажный	3–6	4–9	0,14–0,25	>40	<60	>5 <5	>0,019 >0,026	200–350
				<25	>75	>5 <5	0,040–0,025 0,035–0,022	
				25–40	75–60	>5 <5	0,030–0,017 0,033–0,016	
				>40	>75	>5 <5	0,019–0,008 0,026–0,013	
Средней влажности	6–9	9–14	0,10–0,14	<25	>75	>5 <5	0,017–0,010	350–450
				25–40	75–60	>5	0,008–0,005	
				>40	<60	<5	0,008–0,005 0,013–0,008	
Очень влажный	9–12	14–18	0,07–0,10	25	>75	<5 >5	0,015–0,008 0,013–0,006	450–550
				25–40	75–60	<5 >5	0,010–0,005	
				40	>75	<5	0,005–0,003	

						>5		
--	--	--	--	--	--	----	--	--

Окончание таблицы В.1

Тип грунтов по влажности	Природная влажность W	Коэффициент пористости e	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Степень разложения R , %	Степень волокнистости Φ , %	Зольность Z , %	Сопротивление сдвигу по крыльчатке (в природном залегании) τ , МПа	Модуль осадки I_p , мм/м (при давлении $P = 0,05$ МПа)
Избыточно влажный	>12	>18	<0,07	25	>75	<5 >5	<0,005	550–600
				25–40	75–60	<5 >5	<0,003	
				40	>75	<5	<0,003	
Примечание — Значения показателей физико-механических свойств при промежуточных значениях влажности определяют интерполяцией.								

Таблица В.2 — Классификация органических и органо-минеральных илов

Тип залегания	Вид грунта	Разновидность	Содержание органических веществ, %	Содержание карбонатных веществ (CaCO ₃), %	Природная влажность W	Коэффициент пористости e	Сопротивление сдвигу по крыльчатке (в природном залегании) τ , МПа	Модуль осадки I_p , мм/м (при давлении $P = 0,05$ МПа)
Неуплотненные в природном залегании (озерные под слоем воды)	Сапропели органические	Детритовые	>60	<30	6–20	12–25	<0,002	900–500
	Сапропели органо-минеральные	Известковистые	10–60	>30	2–6	5–12	0,006–0,002	400–200
		Кремнеземистые	10–60	<30	1,5–6	4–12	0,005–0,003	300–200
Неуплотненные в природном залегании (болотные под слоем торфа)	Сапропели органические	Торфосапропели	>80	<10	9–12	16–20	0,013–0,002	800–500
		Детритовые	60–80	>30	6–9	12–16	0,013–0,002	700–600
	Сапропели органо-минеральные	Известковистые	10–60	>30	1,5–6	1–12	0,013–0,008	500–200
		Кремнеземистые	10–60	<30	1,2–6	3–12	0,013–0,007	400–200
	Болотный мергель	—	<10	>10	1,2–0,8	3–1,5	0,20–0,008	200–60

	Болотный ил	—	<10	<10	1,2–0,3	3–1,1	0,032–0,011	100–40
--	-------------	---	-----	-----	---------	-------	-------------	--------

Окончание таблицы В.2

Тип залегания	Вид грунта	Разновидность	Содержание органических веществ, %	Содержание карбонатных веществ (CaCO ₃), %	Природная влажность <i>W</i>	Коэффициент пористости <i>e</i>	Сопротивление сдвигу по крыльчатке (в природном залегании) <i>τ</i> , МПа	Модуль осадки <i>I_p</i> , мм/м (при давлении <i>P</i> = 0,05 МПа)
Уплотненные в природном залегании (озерно-болотные под слоем минеральных наносов или под насыпью)	Сапропели органические	Детритовые	>60	<30	1,5–3,0	4–6	0,020–0,008	250–150
	Сапропели органо-минеральные	Известковистые	10–60	>30	0,8–2,5	1,2–0,4	0,25–0,010	200–80
		Кремнеземистые	10–60	<30	0,5–2,0	1,4–4,0	0,030–0,010	150–80
Примечание — Значения показателей физико-механических свойств при промежуточных значениях влажности определяют интерполяцией.								

Детритовые сапропели имеют темно-оливковый цвет; известковистые — от серовато-оливкового до светло-серого, а при высушивании приобретают белый цвет и теряют высокую связность, характерную для других сапропелей. Кремнеземистый сапропель темнее, часто с зеленым оттенком, в нем заметны темные прослойки. Встречаются сапропели красноватых оттенков, которые придают им привнесенные водным питанием гидроокислы железа. Структура сапропелей обычно аморфна, в некоторых случаях — слабозернистая. Все сапропели при срезе приобретают маслянистый цвет.

В.1.7 Болотный мергель представляет собой рыхлую осадочную породу, образовавшуюся в озерно-болотных условиях при поступлении в водоемы воды, содержащей в растворенном виде кислый углекислый кальций ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). По мере испарения воды и удаления из нее (CO_2) из раствора выпадает углекислый кальций (CaCO_3). Болотный мергель может подстилать торфяную толщу или переслаиваться с торфяными пластами.

В.1.8 Мергель содержит от 25 % до 50 % карбоната кальция. Остальная часть состоит из песчаных, глинистых, илистых частиц и растительных остатков различной степени разложения.

В.1.9 Болотный ил по свойствам близок к пылевато-глинистым грунтам. Для ила характерны наличие различных по крупности минеральных зерен, более высокая плотность, цвет обычно серый с различными оттенками.

Приложение Г (справочное)

Определение толщины защитного слоя по условию ограничения величины морозного пучения его основания и обеспечения необходимой прочности подстилающего слоя

Г.1 Толщину подушки из дренирующих грунтов (т. е. толщину защитного слоя h_3) рекомендуется определять по формуле

$$h_3 = Z_{\max} - h_6 - h_{\text{доп}}, \quad (\text{Г.1})$$

где $Z_{\max}$ — максимальная глубина сезонного промерзания земляного полотна из дренирующих грунтов от верха балластной призмы; определяется по средней многолетней сумме отрицательных температур наружного воздуха Ω , °С · сут, в соответствии с СНБ 2.04.02;

h_6 — толщина балластного слоя (от верха балластной призмы);

$h_{\text{доп}}$ — допустимая толщина промерзающего глинистого грунта под подушкой из дренирующих грунтов.

В [12] приведены поправочные коэффициенты для определения расчетной глубины промерзания:

$$H_{\text{пр}}^p = qnmZ_{\max}, \quad (\text{Г.2})$$

где q — коэффициент, учитывающий вид дренирующего грунта:

$q = 1$ — для песчано-гравийной смеси;

$q = 0,90$ — для асбестовых отходов;

n — коэффициент, учитывающий вид конструкции земляного полотна:

$n = 1$ — для нулевых мест;

$n = 0,95$ — для выемок глубиной более 1 м;

$n = 1,05$ — для насыпей высотой более 1 м;

m — коэффициент, учитывающий увеличение глубины промерзания земляного полотна по сравнению с многолетними средними данными, определяется по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\Omega_{10}}{\Omega}}, \quad (\text{Г.3})$$

здесь Ω_{10} — максимальная в десятилетнем периоде сумма отрицательных температур наружного воздуха за год, °С · сут.

Значение $h_{\text{доп}}$ определяется по формуле

$$h_{\text{доп}} = \frac{\Delta_{\text{доп}}}{Cf}, \quad (\text{Г.4})$$

где $\Delta_{\text{доп}}$ — допустимая величина пучения, принимается равной в зависимости от категории железных дорог и перспективной скорости движения поездов, мм:

20 — для I, II категории;

25–35 — для III, IV категории;

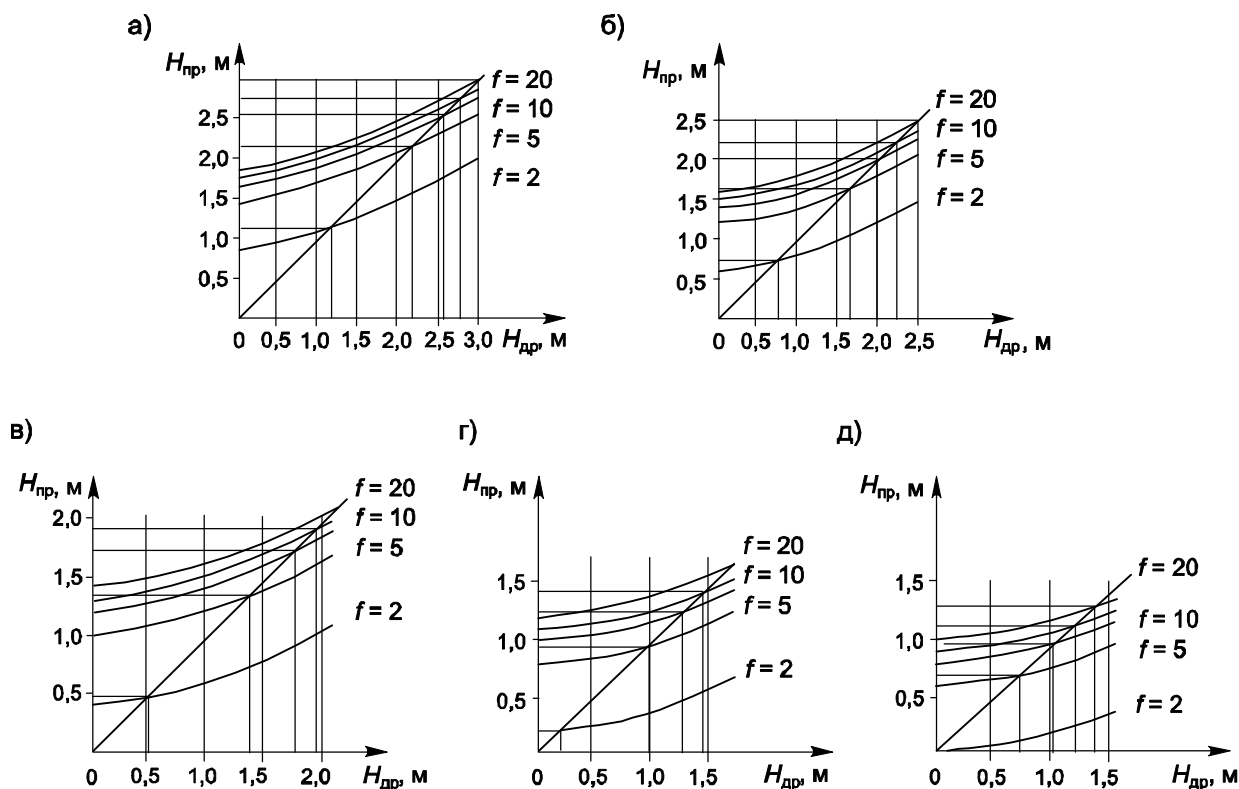
C — коэффициент, характеризующий условия промерзания и пучения:

$C = 1$ — для условий сезонного промерзания и несливающейся мерзлоты;

$C = 1,4$ — для условий сливающейся мерзлоты;

f — расчетная интенсивность пучения, %, зависит от вида и состояния грунта (в наибольшей степени от его влажности).

Г.2 Установление толщины защитного слоя, при которой значение морозного пучения земляного полотна не превысит допустимых значений, должно проводиться методом подбора — путем последовательных приближений. Для упрощения этих расчетов составлены вспомогательные графики, приведенные на рисунках Г.1, Г.2, и номограмма, приведенная на рисунке Г.3.



$H_{пр}$ — глубина промерзания двухслойной среды, м

Рисунок Г.1 — Графики для определения толщины слоя дренирующего грунта $H_{др}$, обеспечивающего не превышение допустимой величины пучения 20 мм, при различной интенсивности пучения грунтов f , %, для различных климатических условий при многолетней средней сумме отрицательных температур наружного воздуха:

а — $W = 2600 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

б — $W = 2200 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

в — $W = 1800 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

г — $W = 1400 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

д — $W = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$

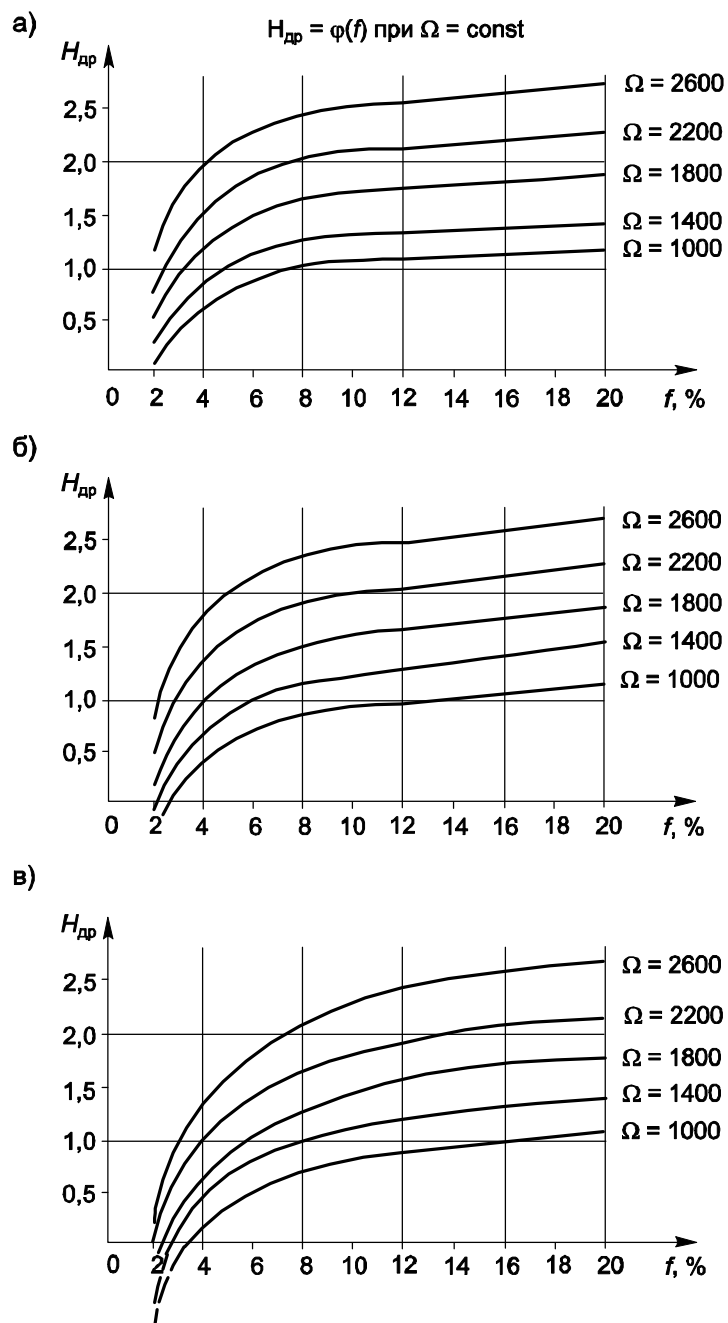
На итоговом графике (см. рисунок Г.2) представлены значения суммарной толщины слоя дренирующих (песчано-гравийных) грунтов ($H = h_3 + h_6$), обеспечивающего не превышение $\Delta_{доп}$ ($\Delta_{доп}$ — допустимая величина пучения подстилающих глинистых грунтов) при известных климатических и грунтовых условиях, определяемая по суммарному количеству отрицательных температур наружного воздуха Ω , $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$, и по интенсивности пучения глинистых грунтов f .

Требуемая толщина защитного слоя из песчано-гравийных грунтов h_3 определяется по формуле

$$h_3 = nmH_{др} - h_6, \quad (\text{Г.5})$$

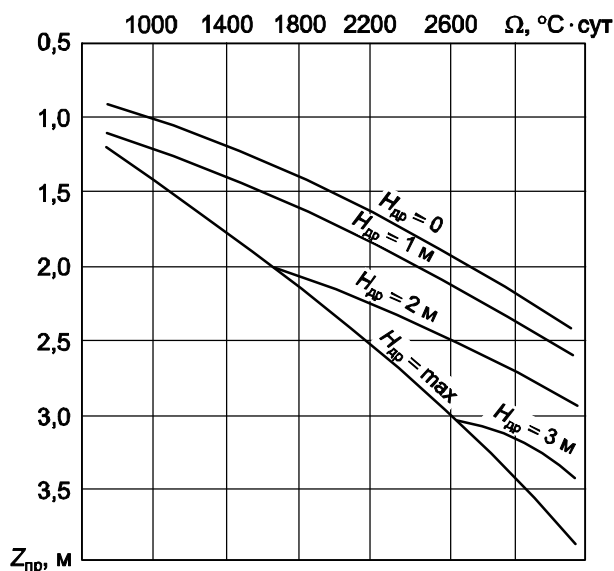
где $H_{др} = H_{пр} - \frac{2}{f}$.

Значения Ω определяют по СНБ 2.04.02.



$H_{др}$ — толщина слоя дренирующего грунта, м;
 f — интенсивность пучения грунта, %; Ω — многолетняя средняя сумма отрицательных температур наружного воздуха, °С · сут

Рисунок Г.2 — Толщина дренирующего слоя, обеспечивающая не превышение допустимой величины пучения, в зависимости от интенсивности пучения, для различных климатических условий при допустимой величине пучения:
а — $D_{доп} = 20$ мм;
б — $D_{доп} = 25$ мм;
в — $D_{доп} = 35$ мм



$Z_{пр}$ — глубина промерзания; Ω — многолетняя средняя сумма отрицательных температур наружного воздуха, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$; $H_{др}$ — толщина слоя дренирующего грунта (песчано-гравийного)

**Рисунок Г.3 — Номограмма для определения глубины промерзания
в зависимости от климатических условий
при различной толщине дренирующего грунта**

Значения интенсивности пучения могут быть установлены по таблице Г.1 с учетом прогнозируемого режима поверхностных и грунтовых вод, устанавливающегося в результате разработки земляного полотна и осуществления запроектированных противодеформационных устройств.

В таблице Г.2 приведены результаты расчетов, выполненных с использованием приведенных графиков по двум пунктам при различных условиях для насыпей и выемок.

Таблица Г.1 — Характеристика пучинистости грунтов

Грунты	Интенсивность пучения грунтов f					
	Основания выемок и естественные основания				Насыпи высотой более 2 м	
	сухие	сырые	мокрые			
	Влажность глинистых грунтов					
	от $W_p + 0,1W_n$ до $W_p + 0,25W_n$	от $W_p + 0,25W_n$ до $W_p + 0,5W_n$	от $W_p + 0,5W_n$ до $W_p + 0,75W_n$	более $W_p + 0,75W_n$	от $W_p + 0,1W_n$ до $W_p + 0,25W_n$	от $W_p + 0,25W_n$ до $W_p + 0,5W_n$
Суглинки и глины пылеватые	0,03–0,05	0,10–0,15	0,15–0,20	0,20–0,30	0,02–0,03	0,04–0,07
Суглинки, глины, пылеватые супеси	0,02–0,04	0,08–0,12	0,12–0,18	0,18–0,25	0,01–0,02	0,03–0,06
Супеси	0,01–0,03	0,06–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20	0,01–0,2	0,02–0,05
Песок пылеватый и мелкий	0,00–0,01	0,02–0,05	0,05–0,10	0,05–0,10	—	—
Крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем, более 30 % по массе	0,01–0,02	0,03–0,05	0,05–0,07	0,07–0,10	0,01–0,02	0,02–0,03

Таблица Г.2

Исходные данные			Определяемые величины			Определение h_3 по формуле (Г.5) для дорог					
Вид сооружения Грунты	Характеристика выемки по увлажнению Показатель текучести I_L	$\Omega, ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$	Коэффициенты по формуле (Г.2)		Интенсивность пучения грунтов f по таблице Г.1	I, II категорий, $\Delta = 20 \text{ мм}$			III, IV категории, $\Delta = 35 \text{ мм}$		
			m_1	n_1		h_6 , м, по СНБ 3.03.01	$H_{др}$, м, по рисунку Г.2	h_3 , м	h_6 , м	$H_{др}$, м	h_3 , м
Выемка глубиной более 1 м Суглинки пылеватые	Сухая 0,1–0,25	1032	1,10	0,95	0,03–0,05	0,7	0,6	0	0,6	0,10	0
	Сырая 0,25–0,50	1032	1,10	0,95	0,10–0,15	0,7	1,1	0,45	0,6	0,85	0,29
	Мокрая 0,50–0,75	1032	1,10	0,95	0,15–0,20	0,7	1,15	0,50	0,6	1,0	0,45
Насыпь $H > 1 \text{ м}$ Суглинки пылеватые	— 0,1–0,25	1032	1,10	1,05	0,02–0,03	0,7	0,2	0	0,6	0	0
	— 0,25–0,50	1032	1,10	1,05	0,04–0,07	0,7	0,8	0,22	0,6	0,4	0
Выемка $H > 1 \text{ м}$ Суглинки пылеватые	Сухая 0,1–0,25	1783	1,10	0,95	0,04	0,7	1,15	0,50	0,6	0,6	0,03
	Сырая 0,25–0,50	1783	1,10	0,95	0,12	0,7	1,8	1,18	0,6	1,5	0,97
	Мокрая 0,5–0,75	1783	1,10	0,95	0,18	0,7	1,9	1,29	0,6	1,65	1,12
Насыпь $H > 1 \text{ м}$ Суглинки пылеватые	— 0,1–0,25	1783	1,10	1,05	0,025	0,7	0,7	0,11	0,6	0	0
	— 0,25–0,50	1783	1,10	1,05	0,055	0,7	1,4	0,92	0,6	0,9	0,44
Примечание — Значения коэффициента n приняты условно.											

Г.3 Окончательно решение о требуемой толщине защитного слоя для каждого объекта принимается по большему из двух значений, полученных из условия не превышения допустимой величины морозного пучения подстилающих грунтов и по условию их прочности, но не менее предусмотренных СНБ 3.03.01.

Г.4 Расчет толщины защитного слоя по условию обеспечения необходимой прочности подстилающего слоя

Г.4.1 Для предотвращения возможности возникновения в грунте деформаций, пластических сдвигов суммарные нормативные напряжения σ (от нагрузки поезда, собственного веса грунта и веса верхнего строения пути) не должны превышать критического для данного грунта давления — $P_{кр}$.

Значение $P_{кр}$, кПа, определяется по формуле

$$P_{кр} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} + \gamma h_1 \right)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h_1, \quad (\text{Г.6})$$

где c — удельное сцепление, кПа;

φ — угол внутреннего трения, рад;

γ — удельный вес грунта, кН/м³;

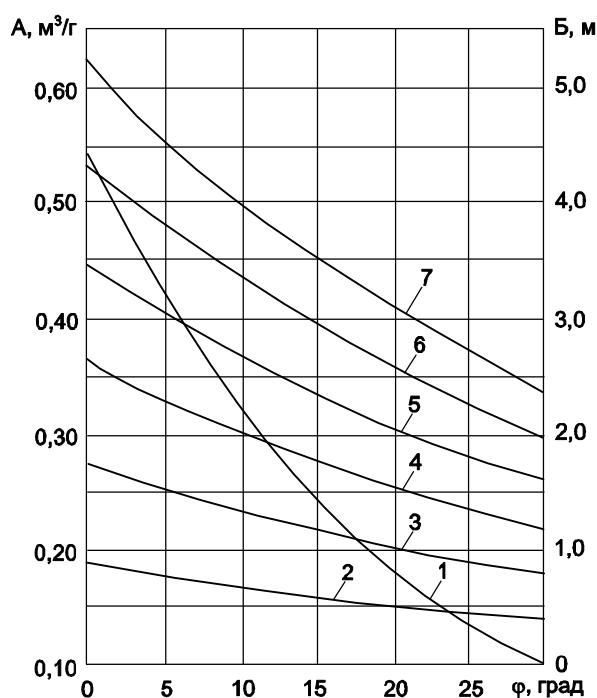
h_1 — расстояние от основной площадки до рассматриваемого горизонта, м.

Значение $P_{кр}$, кПа, может быть определено по упрощенной формуле

$$P_{кр} = \frac{h_1 + Б}{А}, \quad (\text{Г.7})$$

где A и $Б$ — параметры, значения которых устанавливаются по номограмме (рисунок Г.4) в зависимости от сдвиговых характеристик грунта.

Во всех случаях для расчетов следует принимать минимально возможные прочностные характеристики грунтов, соответствующие условиям их весеннего оттаивания.



1 — кривая зависимости параметра А от φ ; 2–7 — кривые зависимости параметра Б от φ при c , равном соответственно 5, 10, 15, 20, 25, 30 кПа

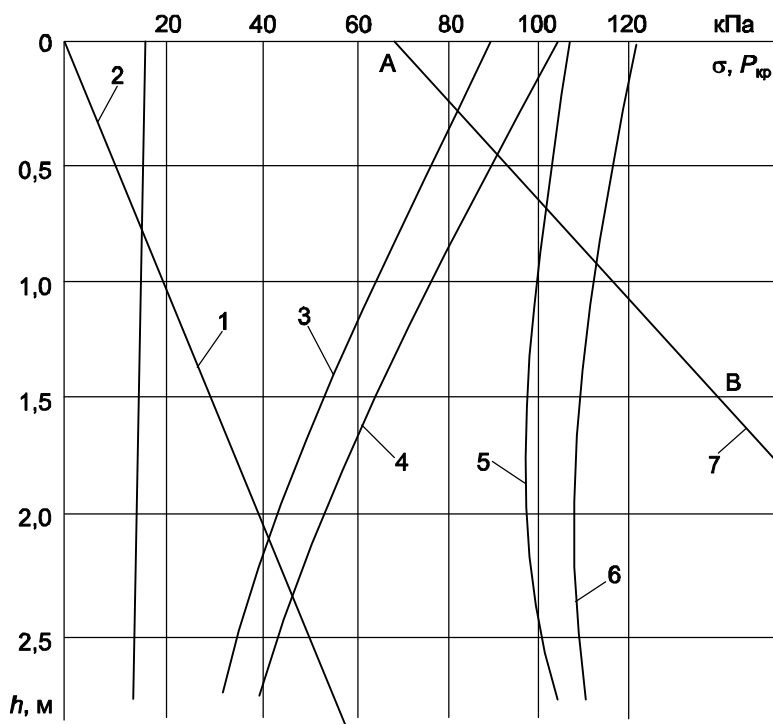
Рисунок Г.4 — Кривые зависимости параметров А и Б от прочностных характеристик грунта

Г.4.2 Значение $P_{кр}$ необходимо определять для двух глубин, например для $h_1 = 0$ м и $h_1 = 1,0$ м.

Напряжение в теле земляного полотна устанавливается суммированием напряжений от всех действующих нагрузок согласно рисунку Г.5.

В приведенном примере нормальные напряжения от поезда определены расчетом для четырех- и восьмиосных вагонов (при $P_{ос} = 30$ тс/ось и с учетом размещения осей в экипаже).

Влияние динамики учтено по [13], при скорости движения поезда 120 км/ч.



- 1 — напряжение от собственного веса грунта; 2 — напряжение от верхнего строения пути;
 3, 4 — нагрузки от поезда для четырех- и восьмиосных вагонов при скорости движения поезда 120 км/ч ($P_{ос} = 30$ тс/ось);
 5, 6 — суммарные напряжения для четырех- и восьмиосных вагонов;
 7 — прямая изменения критического давления $P_{кр}$

Рисунок Г.5 — Распределение по глубине слоя критического давления $P_{кр}$ и нормальных напряжений в грунте σ_h

Г.4.3 Значения критического давления $P_{кр}$ представлены на рисунке Г.5, прямая АВ. Они приведены для суглинков мягкопластичной консистенции ($0,5 < I_L \leq 0,75$), характеризующихся следующими показателями: $e = 0,75$; $\rho_d = 1,56$ т/м³; $\gamma = 19,4$ кН/м³; $C_n = 20$ кПа; $C_p = 13,3$ кПа; $\mu_n = 18^\circ$; $\mu_p = 16^\circ$.

По формуле (Г.6):

— при $h_1 = 0$ м $P_{кр} = 67,0$ кПа;

— при $h_1 = 1$ м $P_{кр} = 113,65$ кПа.

По точке пересечения суммарной кривой нормальных напряжений $\sigma = f(h)$ и прямой $P_{кр} = f'(h)$

определяется минимально допустимая (по условиям прочности подстилающих грунтов) толщина защитного слоя.

Примечание — В расчете принята модель динамического воздействия нагрузки от поезда с учетом фактического расположения осей в экипаже, осевых нагрузок, характеристик верхнего строения пути и др.

Приложение Д (справочное)

Расчет устойчивости земляного полотна

Д.1 Общие положения

Д.1.1 Оценку общей устойчивости земляного полотна (насыпей и откосов выемок) рекомендуется осуществлять по первому предельному состоянию — несущей способности (по условиям предельного равновесия).

Устойчивость откосов должна быть проверена по возможным поверхностям сдвига (круглоцилиндрическим или по другим, в том числе ломаным поверхностям) с нахождением наиболее опасной призмы обрушения, характеризуемой минимальным отношением обобщенных предельных реактивных сил сопротивления к активным сдвигающим силам.

Д.1.2 Критерием устойчивости земляных массивов является соблюдение (для наиболее опасной призмы обрушения) неравенства

$$\gamma_{f,c} T \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (\text{Д.1})$$

где $\gamma_{f,c}$ — коэффициент сочетания нагрузок, учитывающий уменьшение вероятности одновременного появления расчетных нагрузок;

T — расчетное значение обобщенной активной сдвигающей силы;

γ_c — коэффициент условий работы;

γ_n — коэффициент надежности по назначению сооружения (коэффициент ответственности сооружения);

R — расчетное значение предельного сопротивления сдвигу, определенное с учетом коэффициента надежности по грунту γ_g .

Расчетные значения T и R определяются с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f , т. е. путем умножения на него всех действующих сил (в том числе веса призмы обрушения или ее отсеков).

Значения коэффициента γ_f принимаются при расчете устойчивости откосов высотой более 3 м для выемок — 1,1, а при расчете устойчивости насыпей — 1,15 по СНиП 2.01.07.

В тех случаях, когда снижение устойчивости может произойти за счет уменьшения действующих сил, следует принимать $\gamma_f = 0,9$.

Д.1.3 Значения коэффициента надежности по грунтам γ_g устанавливаются в соответствии с указаниями СНБ 5.01.01, а также ГОСТ 20522.

Учет коэффициента надежности по грунтам осуществляется путем деления нормативных значений прочностных характеристик грунтов (удельного сцепления, угла внутреннего трения) на коэффициент надежности, устанавливаемый в зависимости от изменчивости этих характеристик, количества определений и значения доверительной вероятности, принимаемой $\alpha_1 = 0,95$.

Значения коэффициентов γ_n , $\gamma_{f,c}$ и γ_c приведены в таблицах Д.1–Д.3.

Таблица Д.1

Категория железных дорог	Скоростные и особо грузонапряженные	I, II	III	IV
γ_n	1,25	1,20	1,15	1,10

Таблица Д.2

Сочетание нагрузок	Основное	Особое (сейсмика)	Строительного периода
$\gamma_{f,c}$	1,00	0,90	0,95

Таблица Д.3

Методы расчета	Удовлетворяющие условиям равновесия	Упрощенные
γ_c	1,00	0,95

Д.1.4 При поиске наиболее опасной призмы обрушения за критерий устойчивости может быть принята следующая зависимость для оценки коэффициента устойчивости K_s :

$$K_s = \frac{R}{T} \geq \frac{\gamma_n \gamma_{f,c}}{\gamma_c}. \quad (\text{Д.2})$$

Д.1.5 Полученные расчетом значения коэффициента устойчивости при соответствующем сочетании нагрузок не должны превышать значения $\frac{\gamma_n \gamma_{f,c}}{\gamma_c}$ более чем на 10 % и должны быть не менее 1,05.

При расчетах насыпей с высоким уровнем динамического воздействия (скорости более 120 км/ч, восьмиосный подвижной состав), сооружаемых из мелких и пылеватых песков и супесей, значение K_s должно быть не менее 1,25.

Устойчивость откосов можно считать обеспеченной, если условия, определяемые формулой (Д.1), удовлетворяются, в противном случае принимается решение о перепроектировании очертаний земляного полотна, об армировании откосов, устройстве берм, контрбанкетов и т. д. либо о возможности восстановления его при землетрясении.

Д.1.6 При проектировании проверяется общая и местная устойчивость откосов земляного полотна в соответствии с [14] и [15].

Проверка местной устойчивости необходима при глинистых грунтах, характеризующихся влажностью на границе текучести $W_L < 0,4$, а также при легковыветривающихся скальных грунтах в выемках с целью выявления возможности появления поверхностных сплывов на откосах и прогнозирования интенсивности осыпания продуктов выветривания с откосов в процессе эксплуатации.

Д.2 Нагрузки и воздействия

Д.2.1 Расчеты общей устойчивости земляного полотна, его основания и поддерживающих сооружений следует выполнять на основное сочетание действующих нагрузок и воздействия:

- веса и давления грунтов;
- веса сооружений и их частей, в том числе верхнего строения пути, подпорных стен и т. п.;
- подвижной временной нагрузки;
- гидростатического и гидродинамического воздействия воды на участках подтопления.

При этом необходимо учитывать сопротивляемость грунтов силовым воздействиям и возможное изменение прочностных свойств грунтов (угол внутреннего трения, удельное сцепление).

Д.2.2 Давление, кПа, на основную площадку от веса верхнего строения пути в соответствии с [14] и [15] принимается равной:

- 17 — для железных дорог высокоскоростных, особогрузонапряженных, I–III категорий;
- 15 — для железных дорог IV категории.

С учетом средней ширины балластного слоя нагрузка от верхнего строения пути на 1 м по длине земляного полотна составит соответственно $P_{bc} = 83$ кН и $P_{bc} = 64$ кН.

Д.2.3 Временная нагрузка на основную площадку от подвижного состава принимается равной воздействию грузовых вагонов, с нагрузкой на ось четырехосного вагона 294 кН.

Значение временной нагрузки устанавливается исходя из напряжений на уровне основной площадки, определяемых для расчетной единицы подвижного состава в соответствии с [15].

Д.2.4 При оценке прочности грунтов непосредственно основной площадки следует принимать максимальное значение напряжения, соответствующее подрельсовому сечению. При оценке общей устойчивости откосов насыпей к указанному значению следует вводить коэффициент 0,85, учитывающий неравномерность распределения напряжений в продольном и поперечном направлениях. При этом нагрузка от поезда на 1 м по длине насыпи P_n определяется по формуле

$$P_n = 0,85P_p \cdot (l_{ш} + h_6), \quad (Д.3)$$

где $l_{ш}$ — длина шпалы, м;

h_6 — толщина балластного слоя под шпалой, м;

P_p — напряжение на уровне основной площадки в подрельсовом сечении, кПа.

Д.2.5 При расчете устойчивости насыпи воздействие на земляное полотно временной нагрузки и веса верхнего строения пути учитывается посредством введения в расчет фиктивного слоя грунта высотой $h_{ф}$, определяемой по формуле

$$h_{ф} = \frac{P_{вс} + P_{пр}}{\gamma \cdot (l_{ш} + 0,5h_6)}, \quad (Д.4)$$

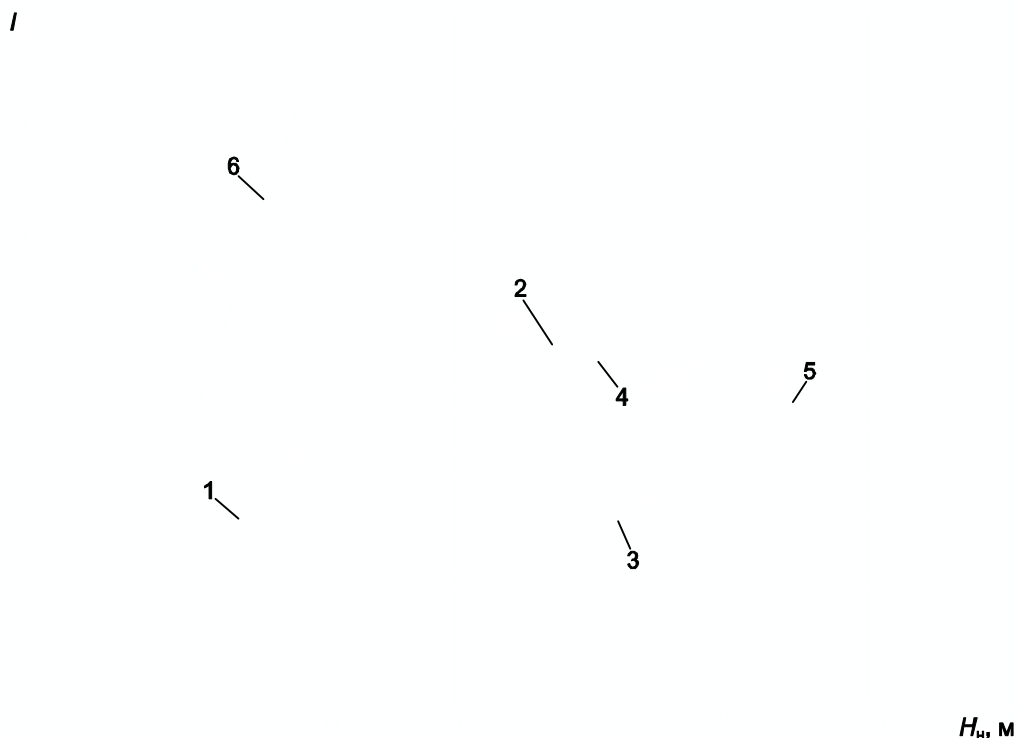
где γ — удельный вес грунта в верхней части насыпи, кН/м³;

$P_{пр}$ — приведенное значение нагрузки от поезда.

Эпюру нагрузки рекомендуется принимать трапецеидальной формы шириной поверху, равной длине шпалы, понизу — $(l_{ш} + h_6)$.

Д.2.6 Для ориентировочных расчетов устойчивости насыпей при вибродинамическом воздействии на грунты проходящих поездов повышенного веса и с высокими скоростями учет динамического состояния насыпи как системы (единого целого) в статической расчетной схеме производится интегрально с помощью единого показателя — интегрального параметра I .

При определении высоты фиктивного слоя в расчет вместо P_n вводится приведенное значение нагрузки от поезда $P_{пр} = P_n I$. Значение I принимается по графику (рисунок Д.1) в соответствии с [14] и [15].



- 1 — супесь $I_L < 0$, K_y (коэффициент уплотнения) равен 0,97–1,00; 2 — супесь $I_L \leq 0,25$, K_y равен 0,90–1,00;
 3 — легкий суглинок $I_L < 0$, K_y равен 0,90–0,95; 4 — легкий суглинок $I_L \leq 0,25$, K_y равен 0,90–1,00;
 5 — тяжелый суглинок $I_L \leq 0,50$, K_y равен 0,90–1,00; 6 — пылеватый песок, K_y равен 0,90–1,00

Примечание — Для насыпей из пылеватых песков при H_n равным 2,0–4,0 м на торфяных основаниях $I = 2,0$.

Рисунок Д.1 — Значение I для насыпей на прочном основании

Д.2.7 Вибродинамическое воздействие измеряется амплитудой среднечастотной составляющей колебаний. Амплитуда колебания грунтов является функцией многих переменных, значение ее существенно изменяется по глубине и при удалении от источника колебаний.

При проверке устойчивости насыпи для каждого отсека определяется амплитуда колебаний и соответствующие ей значения угла внутреннего трения и удельного сцепления ($\varphi_{\text{дин}}$, $c_{\text{дин}}$). Дальнейшие расчеты выполняются по обычной методике.

Д.2.8 Для уточненных расчетов устойчивости и прочности земляного полотна поездная нагрузка должна учитываться исходя из реальной расстановки осей в экипаже, статических и динамических нагрузок от колес на рельсы, типа верхнего строения и т. д.

Д.3 Расчет устойчивости откосов в нескальных грунтах

В расчетах необходимо проверять поперечники с наиболее неблагоприятными для устойчивости условиями (большая высота откоса, наличие подтопления, прослойки слабых грунтов и т. д.).

Д.3.1 Расчетные схемы следует принимать с учетом возможных форм нарушения общей устойчивости. При расчетах проектируемых насыпей, при однородном строении существующих массивов или расположении в них слоев близком к горизонтальному, рекомендуется расчет по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

Д.3.2 При этом в качестве основной рекомендуется методика профессора Г. М. Шахунянца (рисунок Д.2).

При наличии в рассматриваемом грунтовом массиве фиксированных поверхностей ослабления следует применять методику расчета по ломаным поверхностям скольжения в соответствии с [15].

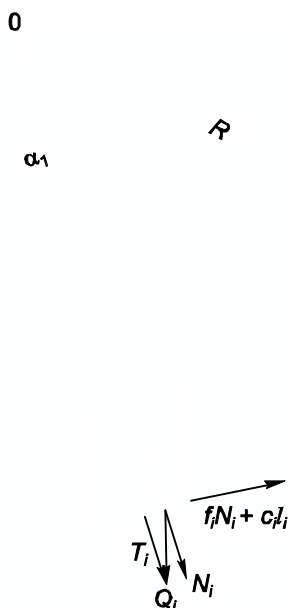


Рисунок Д.2 — Расчет устойчивости откосов в нескальных грунтах

При расчете устойчивости откосов по круглоцилиндрической поверхности обрушения рекомендуется использовать формулу профессора Г. М. Шахунянца:

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (f_i N_i + c_i l_i + T_{i, \text{уд}}) \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_1 - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^{i=n} T_{i, \text{сд}} \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_1 - \varphi_i)}}, \quad (\text{Д.5})$$

где K_s — коэффициент устойчивости откоса;
 $f_i N_i$ — сила трения;

- $f_i = \operatorname{tg} \varphi_i$ — коэффициент внутреннего трения для основания i -го отсека;
 $c_i l_i$ — сила сцепления;
 c_i — удельное сцепление, Па;
 l_i — длина плоскости возможного смещения в пределах i -го отсека;
 N_i — нормальная составляющая силы;
 $T_{i, \text{уд}}$ — тангенциальная составляющая силы T_i направлена в сторону, обратную направлению возможного смещения блока, удерживающая отсек от возможного смещения;
 $T_{i, \text{сд}}$ — тангенциальная составляющая силы T_i , стремящаяся сдвинуть отсек по своему основанию.

Д.4 Примеры расчета устойчивости насыпей высотой 3–6–12 м

Грунт: суглинок $\varphi_n = 24^\circ$; $c_n = 31$ кПа; $\gamma_d = 16,5$ кН/м³; $\varphi_p = 21,8^\circ$; $c_p = 20,7$ кПа; $\gamma = 20,1$ кН/м³.

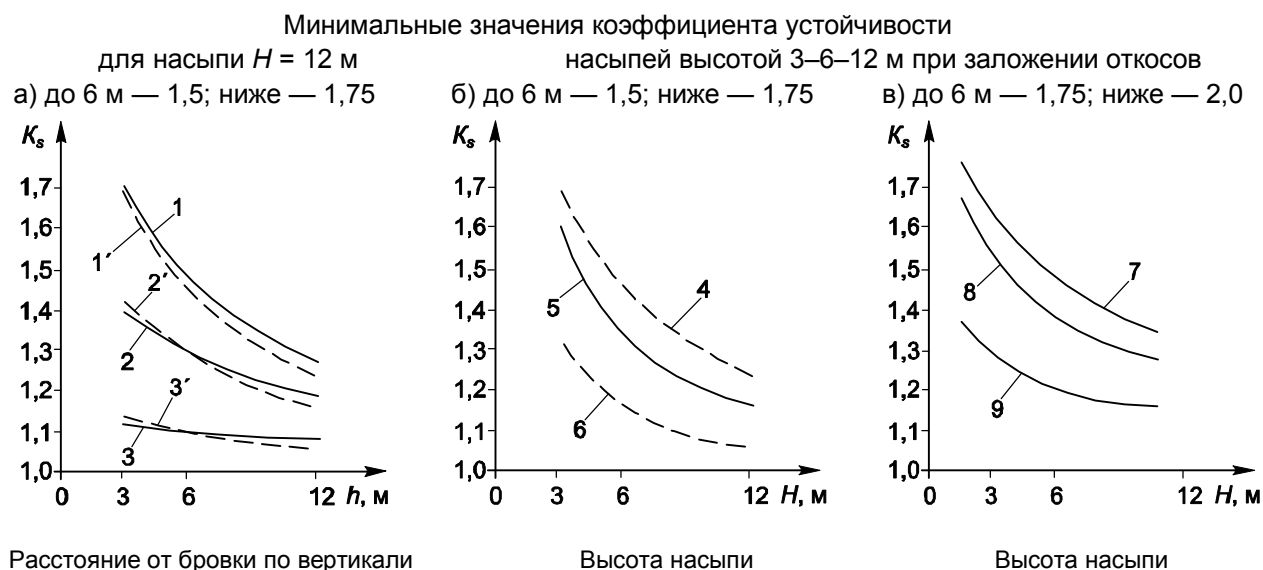


Рисунок Д.3 — Изменение коэффициента устойчивости по высоте

Таблица Д.4 — Пояснения к графикам

Позиции рисунка Д.3	Исходные данные									Результаты расчета	
	Высота насыпи H , м	Нагрузка от поезда			Скорость поезда V , км/ч	Нагрузка от верхнего строения $P_{вс}$, кН/м	Интеграль- ный пара- метр I (рисунок Д.1)	Высота фиктивного слоя грунта $h_{ф}$, м (формула Д.4))	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Номер кривой	Мини- мальное значение K_s
		на ось, тс/ось	в подрель- совом сечении P_p , кПа	P_n , кН/м (формула Д.3))							
а) откосы: до 6 м — 1:1,5 ниже — 1:1,75	12	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	1	1,23
	12	30	74	204	0	83	1	4,4	1	1'	1,27
	12	30	74	204	0	83	1,65	6,5	1,15	2	1,16
	12	30	74	204	0	83	1,65	6,5	1	2'	1,19
	12	30	125	345	120	83	1,65	10,0	1,15	3	1,06
	12	30	125	345	120	83	1,65	10,0	1	3'	1,08
б) откосы: до 6 м — 1:1,5 ниже — 1:1,75	3	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	4	1,70
	6	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	4	1,45
	12	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	4	1,23
	3	30	74	204	0	83	1,2	5,0	1,15	5	1,61
	6	30	74	204	0	83	1,4	5,7	1,15	5	1,34
	12	30	74	204	0	83	1,65	6,5	1,15	5	1,16
	3	30	125	345	120	83	1,2	7,6	1,15	6	1,32
	6	30	125	345	120	83	1,4	8,7	1,15	6	1,16
	12	30	125	345	120	83	1,65	10,0	1,15	6	1,06
в) откосы: до 6 м — 1:1,75 ниже — 1:2	3	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	7	1,75
	6	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	7	1,53
	12	30	74	204	0	83	1	4,4	1,15	7	1,34
	3	30	74	204	0	83	1,2	5,0	1,15	8	1,66
	6	30	74	204	0	83	1,4	5,7	1,15	8	1,43
	12	30	74	204	0	83	1,65	6,5	1,15	8	1,27

Окончание таблицы Д.4

Позиции рисунка Д.3	Исходные данные									Результаты расчета	
	Высота насыпи H , м	Нагрузка от поезда			Скорость поезда V , км/ч	Нагрузка от верхнего строения $P_{вс}$, кН/м	Интеграль- ный пара- метр I (рисунок Д.1)	Высота фиктивного слоя грунта $h_{ф}$, м (формула Д.4))	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Номер кривой	Мини- мальное значение K_s
		на ось, тс/ось	в подрель- совом сечении P_p , кПа	P_n , кН/м (формула Д.3))							
в) откосы:	3	30	125	345	120	83	1,2	7,6	1,15	9	1,37
до 6 м — 1:1,75	6	30	125	345	120	83	1,4	8,7	1,15	9	1,23
ниже — 1:2	12	30	125	345	120	83	1,65	10,0	1,15	9	1,16
Примечание — Увеличение нагрузки на земляное полотно за счет увеличения скорости движения поездов принято на основании анализа опубликованных материалов по [9].											

Приложение Е (справочное)

Определение осадки насыпей на болотах

Е.1 Прогноз конечной величины осадки

Е.1.1 Величину погружения насыпи в болотную залежь (общую осадку насыпи $S_{\text{общ}}$) определяют по формуле

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{от}}, \quad (\text{Е.1})$$

где $S_{\text{сж}}$ — осадка сжимающихся (уплотняющихся) слоев болотной залежи;

$S_{\text{от}}$ — осадка отдавливаемых слоев болотной залежи, происходящая за счет: выдавливания (выпора) слабых грунтов при любой скорости отсыпки; частичного выдавливания грунтов типа 3а при невозможности их предварительного уплотнения в течение строительного периода вследствие того, что в силу их высокой сжимаемости и низкой прочности нагрузка от возводимой насыпи растет быстрее, чем упрочнение слабого грунта; боковых деформаций слабых грунтов строительного типа 2 при интенсивности отсыпки насыпи в первые 10 сут более 2,0 м.

Е.1.2 Осадку $S_{\text{от}}$ вычисляют по формуле

$$S_{\text{от}} = \sum_1^n \lambda_{i,\text{от}} \cdot h_i = \sum_1^n S_{i,\text{от}}, \quad (\text{Е.2})$$

где $S_{i,\text{от}}$ — осадка i -го отдавливаемого слоя;

$\lambda_{i,\text{от}}$ — относительная деформация i -го отдавливаемого слоя толщиной h_i ;

n — количество расчетных слоев болотной залежи.

Е.1.3 Относительную деформацию $\lambda_{\text{от}}$ определяют по таблице Е.1 в зависимости от сопротивления сдвигу по крыльчатке τ расчетного слоя в природном залегании.

Таблица Е.1 — Относительная деформация $\lambda_{\text{от}}$

τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$	τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$	τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$
0,001	1,00	0,006	0,55	0,011	0,20
0,002	1,00	0,007	0,45	0,012	0,15
0,003	1,00	0,008	0,37	0,013	0,10
0,004	0,82	0,009	0,30	0,014	0,05
0,005	0,67	0,010	0,25	0,015	0,00

Е.1.4 Осадку $S_{\text{сж}}$, м, определяют по формуле

$$S_{\text{сж}} = \sum_1^n \lambda_{i,\text{сж}} \cdot (h_i - S_{i,\text{от}}), \quad (\text{Е.3})$$

где $\lambda_{i,\text{сж}}$ — относительная вертикальная деформация расчетного слоя, полученная по данным испытаний в компрессионном приборе для нагрузки, действующей на этот слой.

При расчете осадки слабое основание разбивают на расчетные слои в соответствии с геологическим строением, прочностными и деформативными свойствами слабых грунтов и величиной действующих вертикальных напряжений по глубине.

При относительной мощности слабого основания $\frac{H_1}{B_1} \leq 0,5$ (H_1 — мощность слабых грунтов,

B_1 — ширина насыпи по подошве) вертикальные напряжения по глубине можно считать постоянными. Значение напряжений для всей мощности залежи в этом случае принимают равным значению

расчетной нагрузки $P_{\text{расч}}$. При $\frac{H_1}{B_1} > 0,5$ напряжение следует рассчитывать по методике, изложенной в приложении К ТКП 200.

Е.1.5 Расчетное давление $P_{\text{расч}}$, действующее на болотную залежь от массы возводимой насыпи, определяют с учетом положения уровня грунтовых вод:

$$P_{\text{расч}} = K_0 \lambda_{\text{сж}} + P_0, \quad (\text{Е.4})$$

где $\lambda_{\text{сж}}$ — относительная осадка сжатия основания, которая определяется по формуле

$$\lambda_{\text{сж}} = \frac{S_{\text{сж}}}{H_1 - S_{\text{от}}}. \quad (\text{Е.5})$$

K_0 и P_0 определяют по формулам:

$$K_0 = \rho_{\text{н}}^{\text{БЗВ}} H_1 \cdot (1 - \lambda_{\text{от}}), \quad (\text{Е.6})$$

$$P_0 = \rho_{\text{н}} \cdot (H + h_{\text{гв}}) + \rho_{\text{н}}^{\text{БЗВ}} \cdot (H_1 \lambda_{\text{от}} - h_{\text{гв}}), \quad (\text{Е.7})$$

где $\rho_{\text{н}}$ и $\rho_{\text{н}}^{\text{БЗВ}}$ — соответственно плотность грунта насыпи, расположенного выше и ниже уровня грунтовых вод;

H — проектная высота насыпи (рабочая отметка);

$h_{\text{гв}}$ — расстояние от поверхности болота до горизонта грунтовых вод;

$$\lambda_{\text{от}} = \frac{S_{\text{от}}}{H_1}, \quad (\text{Е.8})$$

здесь H_1 — мощность слабых грунтов.

Если $h_{\text{гв}} > S_{\text{общ}}$ в формулах (Е.6) и (Е.7) принимают $\rho_{\text{н}}^{\text{БЗВ}} = \rho_{\text{н}}$.

Е.1.6 Параметры сжимаемости $\lambda_{\text{г,сж}}$ определяют по результатам компрессионных испытаний и расчет осадки ведут графоаналитическим методом. При отсутствии данных компрессионных испытаний допускается пользоваться номограммой (рисунок Е.1), построенной на основе обобщения результатов обработки многочисленных компрессионных кривых. В качестве характеристики сжимаемости болотной залежи принят коэффициент пористости e_0 .

Номограмма связывает четыре параметра (K_0 , P_0 , $\lambda_{\text{сж}}$ и e , где e — средневзвешенное значение коэффициента пористости для болотной залежи) и позволяет путем одного наложения линейки, соединяющей две точки на шкалах K_0 и P_0 в точке пересечения линии с заданным e_0 , найти искомое значение $\lambda_{\text{сж}}$.

Е.2 Прогноз осадки во времени

Е.2.1 Продолжительность осадки t для достижения требуемой степени консолидации U слабого основания определяют по номограмме (рисунок Е.2) в зависимости от режима возведения насыпи, характеризуемого величиной нагрузки P_1 , допускаемой по условиям устойчивости основания, и длительностью строительного периода t_0 , в течение которого нагрузка на основание возрастает от P_1 до $P_{\text{расч}}$.

Номограмма связывает четыре комплексных параметра:

$$\frac{t_0}{T}, \frac{t}{T}, \frac{\lambda_1/\lambda}{1 - \lambda_1/\lambda} \text{ и } \frac{U}{1 - \lambda_1/\lambda},$$

где t_0 — продолжительность строительного периода;

t — время, необходимое для достижения требуемой степени консолидации U слабой толщи;

λ_1 — конечная относительная деформация сжатия (уплотнения) основания для нагрузки P_1 ;

λ — конечная относительная деформация сжатия (уплотнения) основания для расчетного давления $P_{\text{расч}}$;

T — консолидационный параметр, имеющий размерность времени, характеризует интенсивность затухания осадки.

По любым трем известным параметрам, обозначенным на шкалах номограммы, с помощью одного наложения линейки определяют искомый четвертый параметр.

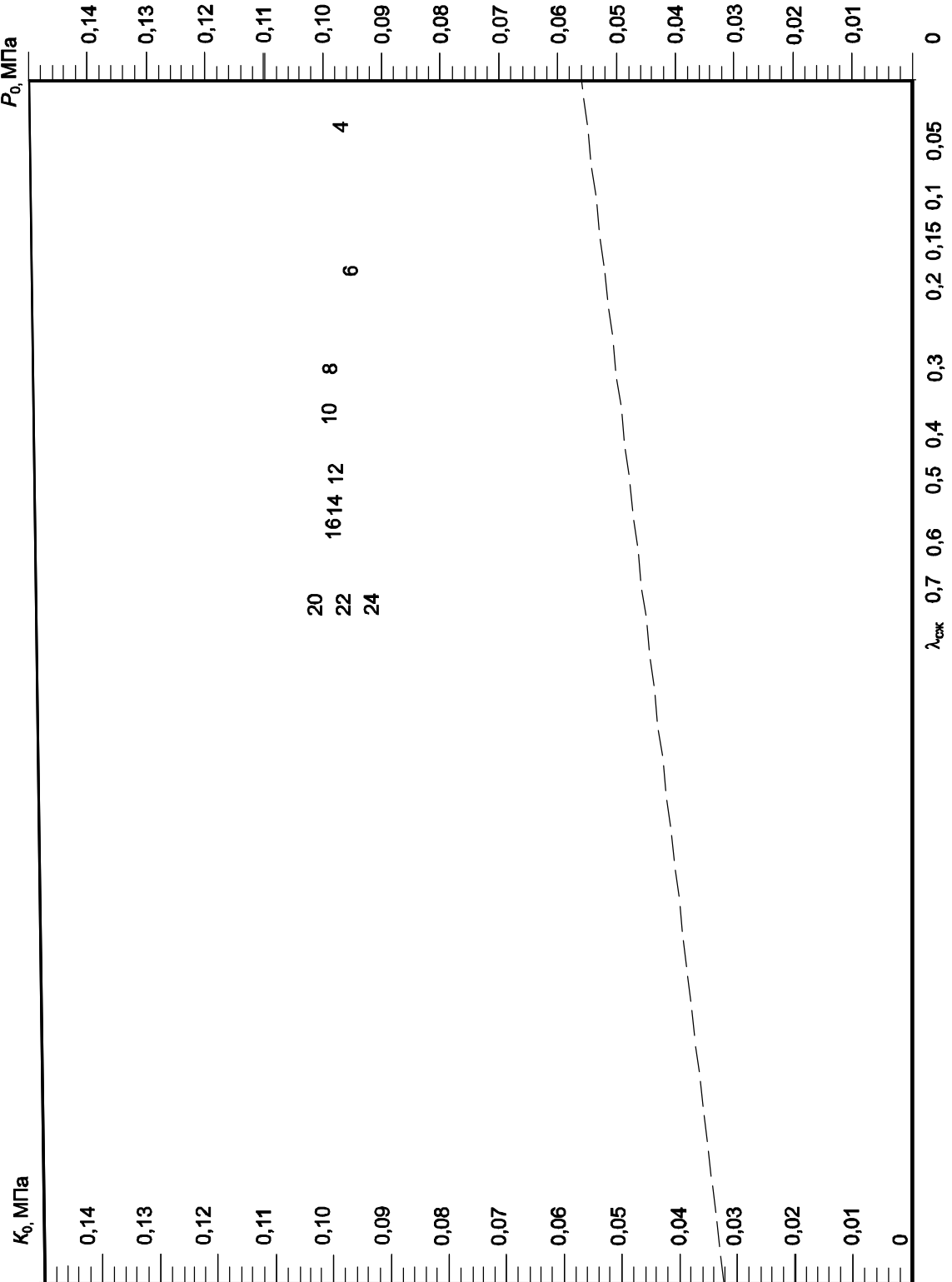


Рисунок Е.1 — Номограмма для определения осадки торфяных грунтов (цифры на кривых — коэффициент пористости e)

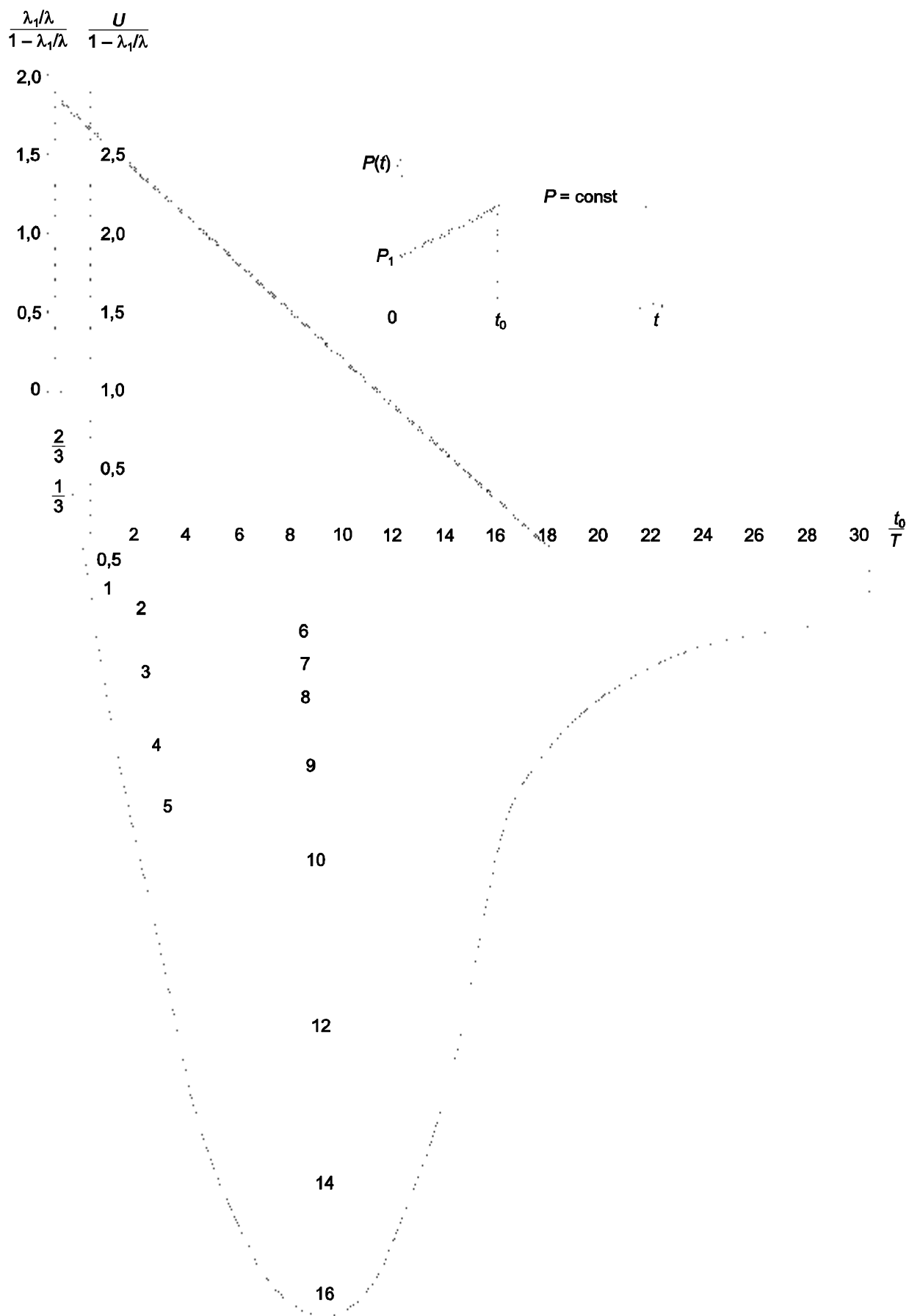


Рисунок Е.2 — Номограмма для расчета продолжительности осадки
(цифры на кривых — отношение t_0/T)

Е.2.2 Консолидационный параметр T_k , сут, определяют по формулам:

а) для оснований I типа по устойчивости

$$T_k = \frac{2,5 \cdot 10^{-5} S_{сж}}{(\lambda_{сж} P_{расч})^2}; \quad (E.9)$$

б) для оснований II и IIIA типа по устойчивости

$$T_k = \frac{4 \cdot 10^{-2} S_{сж}}{\sqrt{\lambda_{сж} P_{расч}}}, \quad (E.10)$$

где $P_{расч}$ — давление от массы насыпи, действующее на основание, МПа;

$\lambda_{сж}$ — относительная деформация сжатия слабого основания от давления массы насыпи

$P_{расч}$;

$S_{сж}$ — осадка сжимающихся слоев слабого основания, см.

Е.2.3 Расчет длительности осадки оснований I типа по устойчивости при быстрой отсыпке насыпи можно производить по формуле

$$\frac{t}{T_k} = \frac{U}{1-U}. \quad (E.11)$$

Приложение Ж (обязательное)

Методика испытаний насыпей на болотах

Ж.1 Насыпи индивидуального проектирования, возведенные на болотах с сохранением торфа в основании, следует испытывать на устойчивость к воздействию статической и динамической нагрузок, эквивалентных или больших, чем запланированные для постоянной эксплуатации.

Испытания необходимо проводить при непромерзших основании и грунте тела насыпи.

Ж.2 Испытаниям статической нагрузкой подвергают насыпи, если они:

— запроектированы из расчета на частичное отжатие болотных грунтов из основания или на полное их выдавливание в случае, если полного отжатия не произошло;

— при поперечном уклоне дна болота круче 1:10 — для болот I типа, 1:15 — для болот II типа и 1:20 — для болот III типа;

а также в других случаях индивидуального проектирования, когда для повышения устойчивости основания применены те или иные конструктивные решения, недостаточно апробированные и плохо поддающиеся расчету.

Ж.3 Последовательность статических испытаний сводится к следующему. На испытываемых участках насыпи устанавливают два или более четырех-, шести- или восьмиосных полногрузных вагона на срок не менее чем 3 сут.

В период испытаний ведутся ежедневные инструментальные наблюдения за осадками и другими деформациями насыпи и основания.

Если деформации насыпи носят затухающий характер, статические испытания считаются завершенными.

При испытаниях насыпи следует вести журнал, в котором приводится характеристика участка, конструкции насыпи, тип и величина нагрузки, результаты испытаний, включая величину осадки насыпи, перемещений основания и т. п.

Ж.4 Испытаниям динамической нагрузкой следует подвергать насыпи, имеющие конструктивные особенности, при которых необходимо считаться с возможностью повышенных деформаций (небольшая мощность насыпи или повышенная мощность торфа под ней) основания вследствие передачи на него динамических нагрузок, сопоставимых по величине с нагрузкой от веса самой насыпи.

Вопрос о необходимости испытаний насыпи динамической нагрузкой решается в проекте.

Испытания динамической нагрузкой должно состоять из нескольких циклов последовательных заездов испытательного поезда с постепенно возрастающими скоростями.

После каждого цикла заездов в зависимости от величины осадки и состояния пути определяется порядок продолжения испытаний.

В процессе испытаний по маркам специальной конструкции ведутся наблюдения за упругими и остаточными осадками основания насыпи.

По результатам испытаний составляется акт, в котором отмечается пригодность насыпи для нормальной эксплуатации.

Ж.5 Насыпь можно считать пригодной для нормальной эксплуатации, если не наблюдаются местные просадки и перекосы пути, а упругие осадки и другие деформации насыпи и основания не превышают величин, установленных в проекте.

Приложение К
(рекомендуемое)

**Определение размера камня для защиты откоса
от размыва текущим потоком воды**

Определение расчетного диаметра камня как шара d_k , требуемого для укрепления откоса от размыва текущим водотоком, рекомендуется производить по формуле

$$d_k = \frac{V_p^2}{A^2 2g \cdot \left(\frac{\rho_k - \rho_w}{\rho_w} \right) \cdot \cos \alpha}, \quad (K.1)$$

где A — коэффициент, учитывающий устойчивость камня на откосе, рекомендуется принимать:

$A = 1$ — на участках крутых поворотов русла реки ($R < 300$ м);

$A = 1,15$ — на всех остальных участках;

g — ускорение свободного падения;

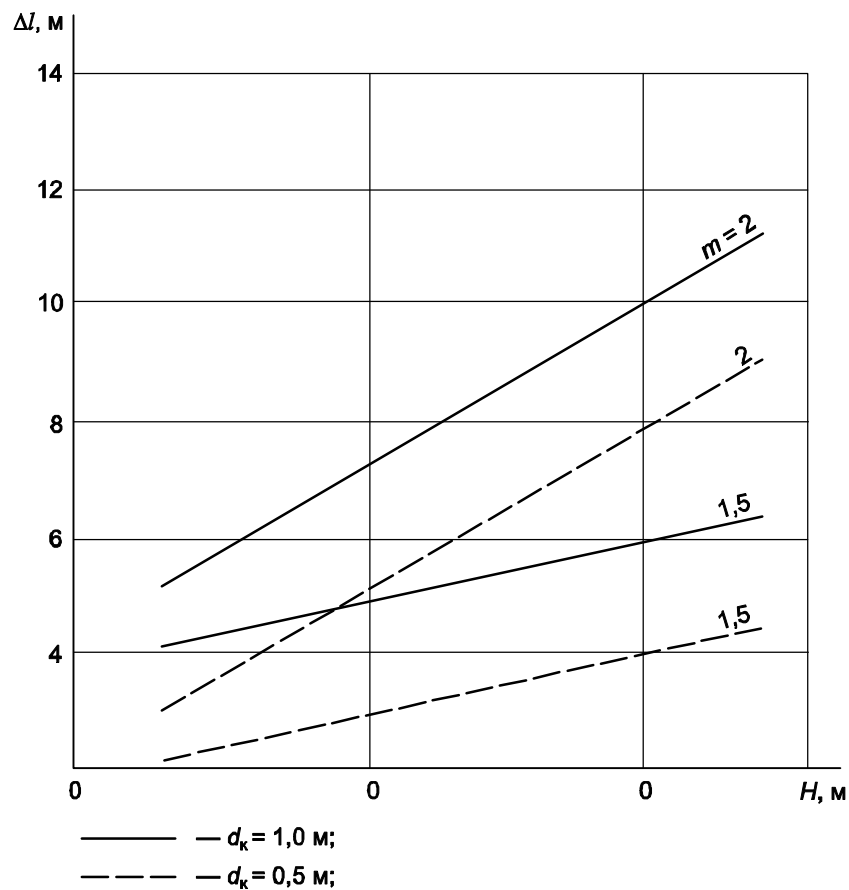
ρ_k, ρ_w — плотность камня и воды соответственно;

α — угол наклона поверхности откоса бермы к горизонту;

V_p — расчетная скорость течения водотока. При проектировании защитных конструкций в качестве расчетной скорости следует принимать среднюю скорость потока на вертикали у подошвы откоса в рассматриваемом створе.

Приложение Л
(справочное)

Определение ширины защитной призмы Dl при защите откоса от размыва с использованием несортированной горной массы



H — высота укрепляемого откоса, м; m — заложение укрепляемого откоса

Рисунок Л.1 — График для определения ширины защитной призмы

Приложение М (справочное)

Армирующие материалы

М.1 В качестве армирующих материалов в армогрунтовых конструкциях в мировой практике используют: металл, железобетон, геотекстиль, а также различные комбинированные конструкции.

В последнее время в качестве армирующих полотнищ все чаще применяют геотекстильные материалы.

Общий перечень номенклатуры геотекстильных материалов включает более 200 марок, выпускаемых в Республике Беларусь по СТБ 1104 и за рубежом — по [16].

М.2 Геотекстильные материалы изготавливают из нефти (полиамиды, полиэфиры, полипропилены), кремнезема (стекловолокно), древесной пульпы (вискоза, ацетат). Выпускают их в виде полотнищ (тканых, нетканых, сетчатых).

М.3 При применении в качестве армирующих элементов геотекстиля предпочтение отдается материалам, обладающим высокими прочностью на растяжение и модулем деформации (небольшим удлинением при разрыве), устойчивыми при воздействии температурных колебаний, минеральных кислот, щелочных сред, засоленности, влаги и солнечной радиации.

М.4 Требованиям армирования грунтов в наибольшей степени удовлетворяют стеклоткани и стеклосетки, покрытые различными защитными пленками, смолами и лаками (так называемые стеклопластики).

М.5 Стеклопластики имеют следующие преимущества:

- высокую прочность на разрыв;
- незначительное относительное удлинение (высокий модуль деформации), что позволяет им включаться в работу практически одновременно с грунтом;
- устойчивы к атмосферным и другим внешним воздействиям (при покрытии их защитными пленками, лаками и смолами соответствующего состава);
- сравнительно невысокую стоимость.

М.6 При строительстве железных дорог геотекстильные материалы целесообразно применять в следующих случаях (таблица М.1):

Таблица М.1

Область применения	Рекомендуемый материал
Для усиления рабочей зоны земляного полотна (в основании балластной призмы или защитного слоя)	Геотекстиль или стеклоткани и стеклопластики (возможны в комбинации)
Для повышения несущей способности слабых оснований (представленных торфами, илами, сапропелями и др.)	Стеклоткани и стеклопластики в комбинации с геотекстилем
При сооружении насыпей из некондиционных грунтов (твердомерзлые пески, переувлажненные глинистые грунты для создания замкнутых оболочек в откосных зонах)	Геотекстиль
Для создания насыпей с повышенной крутизной откосов (в сложных инженерно-геологических и стесненных условиях)	Стеклоткани и стеклопластики в комбинации с геотекстилем
Защита откосов земляных сооружений от эрозии	Заанкеренная стеклосетка в комбинации с посевом трав по растительному слою
В конструкциях защиты откосов подтопляемых насыпей от размывов на водоемах и водотоках	Геотекстиль — в качестве антифильтра под плитами и каменной наброской; стеклоткани и стеклопластики — для армирования откосов насыпей, устраиваемых вдоль водотоков при условии защиты откосов облегченными железобетонными плитами
В дренажах в качестве фильтрационной защиты крупнообломочного заполнителя и труб от кольматации	Геотекстиль

Приложение Н
(справочное)

Характеристика полимерных труб и трубофильтров

Таблица Н.1

Прейскурант, наименование изделий	Позиция прейскуранта	Диаметр трубы, мм
Прейскурант 05-03-32 на изделия из пластмасс: а) трубы дренажные гофрированные из полиэтилена (ПВП) (ТУ 6-19-224-83)	8—0128 8—0219 8—0220	90 110 125
б) трубы из поливинилхлорида (ПВХ)		116
Ирпенский комбинат «Прогресс»: а) трубы витые из поливинилхлорида (ТУ 21 УССР-72-72)	—	100 150
б) трубофильтр из ПВХ, опыленный защитным фильтром из полиэтилена	—	100
Прейскурант 06-14-01. Трубофильтр из керамзитобетона (Лиа-нозовский завод)	3—079	150
Трубофильтр из керамзитобетона (экспериментальный завод ВНИИЖТМПС)	—	125
Муфта из полиэтилена	—	—

Приложение П
(справочное)

Глубина промерзания глинистых грунтов

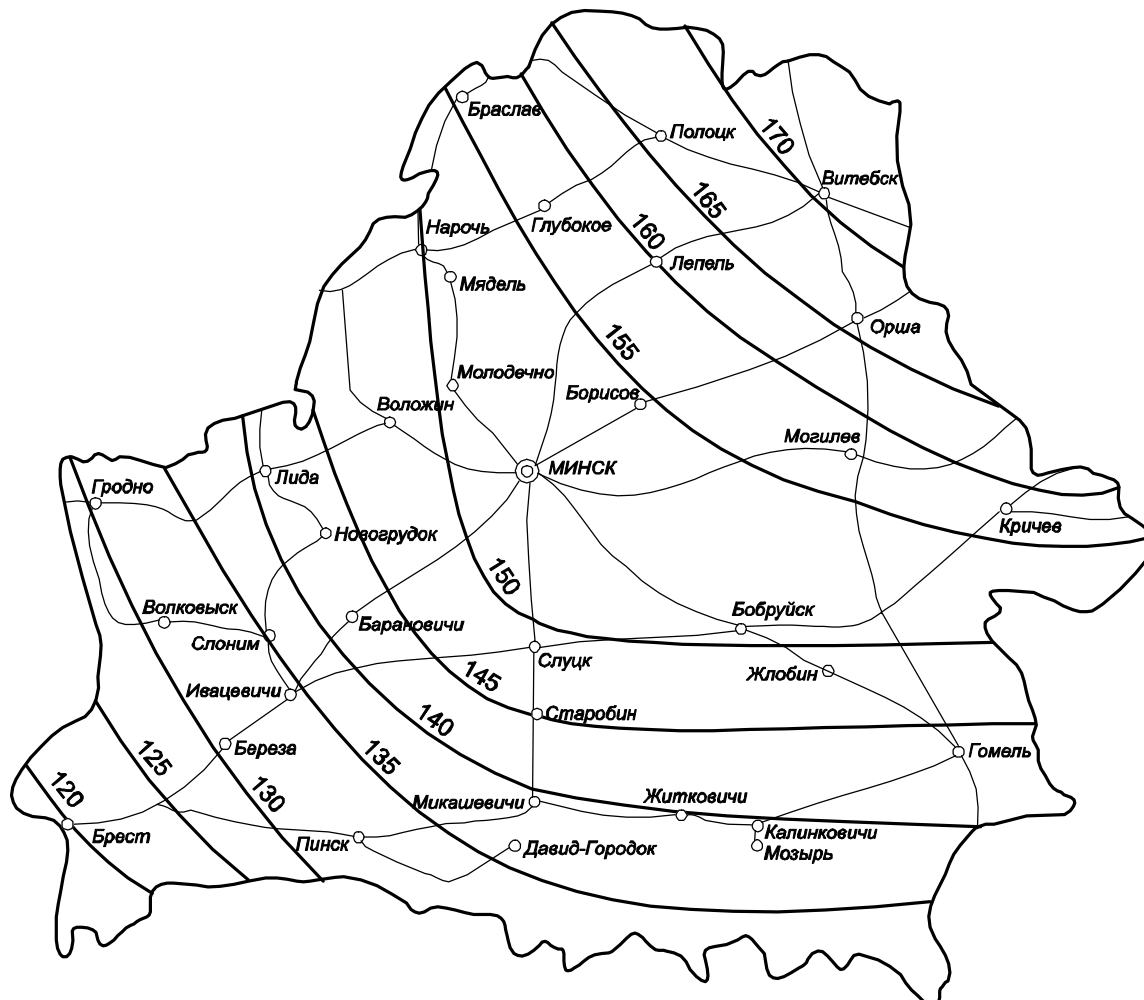


Рисунок П.1 — Схематическая карта глубины промерзания глинистых грунтов

Приложение Р (рекомендуемое)

Расчет параметров ветровых волн для определения отметки бровки насыпи и мощности крепления откоса

Р.1 Параметры ветровых волн определяют для двух расчетных случаев

Параметры ветровых волн определяют для двух расчетных случаев:

- для назначения отметки бровки насыпи или верха крепления откоса, когда принимают условия подтопления насыпи при максимальном расходе;
- при расчете конструкции крепления откоса, когда принимают условия подтопления насыпи при расчетном расходе.

Р.1.1 Различные глубины воды на пойме реки при максимальном и расчетном расходах, а также нормативные обеспеченности ветра и высоты волны в системе шторма для двух расчетных случаев определяют два значения высоты волны и ее периода.

Р.1.2 Нормативные значения обеспеченности расходов воды, скорости ветра и расчетной волны в системе шторма приведены соответственно в 11.3 и 11.4.

В систему расчетов входит определение скоростей ветра, параметров волны для расчета высоты наката волны на откос, параметров волны для расчета мощности крепления. Все расчеты производятся в соответствии со СНиП 2.06.04.

Р.2 Пример расчета

Рассмотрим участок подходной насыпи к мостовому переходу железной дороги I категории общей сети, работающий в условиях подтопления паводковыми водами реки.

Р.2.1 Определение расчетных скоростей ветра

Ветровой режим в рассматриваемом районе прогнозируется на основании материалов непрерывных 25-летних наблюдений.

Пики половодья в районе, по данным многолетних гидрографов реки, приходятся на два месяца: май и июнь, для периода которых определяется расчетная скорость и направление ветра.

Статистические данные повторяемости в процентах градаций ветра по скоростям и направлениям средние за май и июнь приведены в таблице Р.1.

Для каждого румба рассчитаны повторяемость направления ветра по градациям P_v , % количества случаев наблюдений (таблица Р.1), а также по обеспеченности F , % (как последовательные суммы повторяемостей по градациям от больших скоростей ветра к меньшим). Результат приведен в таблице Р.2. По обеспеченностям F , %, на клетчатке вероятностей строятся графики режимных функций ветра

в рассматриваемом районе (рисунок Р.1), для всех восьми румбов.

Расчетные скорости ветра в соответствии с 11.3 и 11.4 приняты с повторяемостью:

- при определении отметки бровки насыпи — 1 раз в 2 года (обеспеченность 50 %);
- при расчетах мощности крепления — 1 раз в 25 лет (обеспеченность 4 %).

Для каждого румба применительно к использованным данным статистического ряда наблюдаемых скоростей ветра определяется обеспеченность ветра, повторяющегося 1 раз в нормативное nt лет, по формуле

$$F_n = 4,17 \cdot \frac{t}{N_{nt} P_v}, \quad (P.1)$$

где t — непрерывная продолжительность действия ветра (при отсутствии данных принимается равной 6 ч);

N — количество дней наблюдений в году за паводковый период, в данном примере за май–июнь $N = 61$ день;

nt — нормативное количество лет повторяемости ветра, в данном примере $nt1 = 2$ года и $nt2 = 25$ лет;

P_v — повторяемость направления ветра в долях единицы от суммы повторяемостей всех направлений (берется из последней строки таблицы Р.1).

Таблица Р.1 — Статистические данные повторяемости направления ветра по градациям, по скоростям и направлениям средние за май и июнь

Скорость ветра, м/с	Повторяемость направления ветра, %, при направлении ветра (румбе)								Всего, %
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
0–1	1,7	0,9	1,25	1,75	1,55	1,55	1,5	1,8	12,0
2–5	6,75	7,2	8,55	8,7	5,8	6,8	8,0	7,7	59,5
6–9	2,15	2,9	4,05	3,45	2,25	1,8	2,4	2,5	21,5
10–13	0,3	0,8	1,1	1,45	0,35	0,35	0,65	0,75	5,75
14–17	0,08	0,15	0,2	0,3	0,085	0,035	0,15	0,135	1,135
18–20				0,03	0,015	0,015	0,015	0,035	0,11
21–26					0,015				0,015
Всего P_v , %	10,98	11,95	15,15	15,68	10,065	10,55	12,715	12,92	100,01

Таблица Р.2 — Результаты расчета повторяемости направления ветра по градациям

Скорость ветра, м/с	Повторяемость направления ветра, %, при направлении ветра (румбе)															
	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	P_v	F	P_v	F	P_v	F	P_v	F	P_v	F	P_v	F	P_v	F	P_v	F
21–26									0,15	0,15						
18–20							0,19	0,19	0,15	0,30	0,14	0,14	0,12	0,12	0,27	0,27
14–17	0,73	0,73	1,25	1,25	1,32	1,32	1,91	2,10	0,85	1,15	0,33	0,47	1,18	1,30	1,04	1,37
10–13	2,73	3,46	6,70	7,95	7,26	8,58	9,25	11,35	3,48	4,63	3,32	3,79	5,11	6,41	5,80	7,11
6–9	19,58	23,04	24,27	32,22	26,74	35,32	22,00	33,35	22,35	26,98	17,06	20,84	18,87	25,28	19,36	26,47
2–5	61,48	84,52	60,25	92,47	56,43	91,75	55,49	88,84	57,62	84,60	64,46	85,30	62,92	88,20	59,60	86,07
0–1	15,48	100,0	7,53	100,0	8,25	100,0	11,16	100,0	15,40	100,0	14,7	100,0	11,8	100,0	13,93	100,0

$F, \%$

$F, \%$

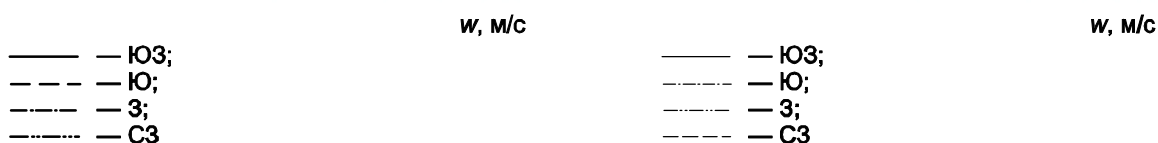


Рисунок Р.1 — Режимные функции скорости ветра

Вычисленные значения обеспеченностей $F2$ и $F25$, %, и соответственно им определенные по графикам режимных функций (см. рисунок Р.1) расчетные скорости ветра $V_{50\%}$ и $V_{4\%}$ приведены в таблице Р.3.

Таблица Р.3

Показатели	Значения показателей при направлении ветра (румбы)							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
$F2$ (50 %), %	1,87	1,72	1,35	1,31	2,04	1,44	1,61	1,59
$F25$ (4 %), %	0,15	0,14	0,11	0,10	0,16	0,16	0,13	0,13
$V_{4\%}$, м/с	17,0	18,0	18,5	14,0	19,0	17,0	19,5	19,0
$V_{50\%}$, м/с	12,5	13,5	14,5	15,0	13,0	11,5	13,5	14,0

Скорость ветра V_w , м/с, прогнозируемую по данным гидрометеостанции V_{Iz} , следует привести к условиям водной поверхности на высоте $z = 10$ м по формуле (149) СНиП 2.06.04:

$$V_w = k_z k_{fl} k_l V_{Iz}, \quad (P.2)$$

где $V_I = V_{Iz}$, k_z — скорость ветра на высоте $z = 10$ м на гидрометеостанции;

k_z — коэффициент приведения скорости ветра к значению на высоте 10 м, принимаемый при $z = 5$ м $k_z = 1,1$, при $z = 10$ м $k_z = 1,0$, при $z = 20$ м $k_z > 0,9$; в данном примере при $z = 11,6$ м $k_z = 0,98$;

k_{fl} — коэффициент пересчета скорости, измеренной флюгером (но не более 1):

k_l — коэффициент приведения скорости ветра, измеренной на гидрометеостанции, к условиям водной поверхности протяженностью L , км, в зависимости от типа местности A , B и C по СНиП 2.01.07; при длине водоема менее 20 км следует использовать график, приведенный на рисунке 2 СНиП 2.01.07.

$$k_{fl} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}. \quad (P.3)$$

Расчеты скоростей ветра над водной поверхностью по восьми румбам для повторяемости 1 раз в 2 года (обеспеченность 50 % для назначения отметки бровки насыпи) и 1 раз в 25 лет (обеспеченность 4 % для расчета мощности крепления) приведены в таблицах Р.4 и Р.5.

Таблица Р.4

Расчетные величины	Значения расчетных величин при направлении ветра (румбы)							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
V_{lz} , м/с	12,5	13,5	14,5	15,0	13,0	11,5	13,5	14,0
k_{fl}	1,0	1,0	0,99	0,98	1,0	1,0	1,0	1,0
$k_{fl} V_{lz}$, м/с	12,0	13,2	14,1	14,4	12,7	11,3	13,2	13,7
L , км	—	1,2	1,2	1,2	—	3,2	3,2	3,2
k_l	—	1,06	1,06	1,06	—	1,14	1,13	1,129
$V_w 50\%$, м/с	—	14,0	15,0	15,3	—	12,9	15,0	15,5

Таблица Р.5

Расчетные величины	Значения расчетных величин при направлении ветра (румбе)							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
V_{lz} , м/с	17,0	18,0	18,5	19,0	19,0	17,0	19,5	19,0
k_{fl}	0,945	0,931	0,924	0,917	0,917	0,944	0,911	0,917
$k_{fl} V_{lz}$, м/с	15,8	16,4	16,7	17,1	17,1	15,8	17,4	17,1
L , км	—	1,2	1,2	1,2	—	3,2	3,2	3,2
k_l	—	1,055	1,055	1,055	—	1,12	1,12	1,12
$V_w 4\%$, м/с	—	17,3	17,6	18,0	—	17,7	19,5	19,2

Р.2.2 Определение параметров волн и высоты наката для назначения отметки бровки насыпи

Исходя из топографии района подтопления и азимута оси насыпи $\alpha = 187^\circ$ установлено, что максимальные длины разгонов волн, подходящих практически фронтально к оси насыпи со стороны реки (западное направление) и со стороны ее поймы (восточное направление), составляют соответственно 3200 и 1200 м.

По этим направлениям прогнозируемые скорости ветра практически будут максимальными (см. таблицу Р.3), т. е. направления являются волноопасными и для них определяются расчетные параметры волн.

В случаях сложной конфигурации береговой линии волноопасное направление определяется по результатам расчета высоты волны с использованием спектрального метода, а при отклонении главного луча волны от нормали к оси насыпи более 20° , должна учитываться рефракция волны в соответствии со СНиП 2.06.04.

Бровка насыпи назначается исходя из уровня на пике паводка повторяемостью 1 раз в 300 лет (обеспеченность 0,33 %) и высота наката на этот откос — при шторме повторяемостью 1 раз в два года (обеспеченность 50 %).

Для одной из характерных точек трассы железной дороги (а их на проектируемом участке может быть несколько) по волноопасному западному направлению «запад» на луче протяженностью $L = 3200$ м средняя глубина воды на акватории определена по плану с горизонталями в масшта-

бе 1:25 000, значением $d_{cp} = 3,45$ м, а по волноопасному восточному направлению «восток» на луче протяженностью $L = 1200$ м $d_{cp} = 2,30$ м.

При сложном рельефе дна на акватории должно учитываться изменение глубины воды по лучу волны, или в итоге расчетная высота волны, как правило, будет меньше.

При расчетном ветре западного и восточного направлений $V_{50\%} = 15$ м/с определяются относительные характеристики разгона волны $\frac{gL}{V^2}$ и средней глубины воды $\frac{gd}{V^2}$. По ним по графику, приведенному на рисунке 1 приложения 1 СНиП 2.06.04, определяют относительные характеристики параметров волны: средней высоты $\frac{gh}{V^2}$ и периода $\frac{gT}{V}$, по которым определяются средняя высота волны h , ее период T и длина λ .

Высота наката волны на откос рассчитывается по высоте волны $h_{1\%}$ обеспеченностью 1 % (в системе шторма).

$$h_{1\%} = 2,07 \bar{h}, \quad (P.4)$$

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}. \quad (P.5)$$

Результаты расчетов приведены в таблице Р.6.

Таблица Р.6

Волноопасное направление	$\frac{gL}{V^2}$	$\frac{gd}{V^2}$	$\frac{gh}{V^2}$	$\frac{gT}{V}$	$\bar{h}$, м	T , с	$h_{1\%}$, м	λ , м
Запад	140	0,15	0,016	1,47	0,36	2,25	0,75	7,9
Восток	52	0,10	0,011	1,19	0,26	1,82	0,54	5,2

У основания откоса насыпи глубина воды $d = 1,45$ м и волна, выходя на мелководную зону, трансформируется. Ее высота h_i , м, определяется по формуле (153), [17] и графику, приведенному на рисунке 5 приложения 1 СНиП 2.06.04:

$$h_i = k_t k_r k_l k_i \bar{h}_d, \quad (P.6)$$

где k_t , k_r , k_l — коэффициенты трансформации, рефракции и потерь соответственно;
 k_i , h_d — высота волны до трансформации.

Коэффициент трансформации определяется как функция от $\frac{d}{\lambda}$. При угле подхода луча волны к откосу $\alpha = 7^\circ$ рефракция волны не возникает и $k \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot r = 1$, а при уклонах дна более 0,03 потери отсутствуют ($k_l = 1$).

Волна начинает разрушаться с глубины менее критической d_{cr} , определяемой как функция $\frac{h}{gT^2}$, и при глубине у откоса $d = 1,45$ м $> d_{cr}$ разрушается и переходит в накат непосредственно на откосе. Расчет параметров волны для определения высоты наката приведен в таблице Р.7.

Таблица Р.7

Волноопасное направление	$h_{1\%}$, м	T , с	λ , м	d , м	$\frac{d}{\lambda}$	k_l	$h_{m1\%}$, м	$\frac{h}{gT^2}$	$\frac{d_{cr}}{\lambda}$	d_{cr} , м
Запад	0,75	2,25	7,9	1,45	0,18	0,91	0,68	0,014	0,10	0,79
Восток	0,54	1,82	5,2	1,45	0,28	0,95	0,51	0,016	0,11	0,57

Высоту наката волны $h_{run1\%}$ (обеспеченность по накату 1 %) на откос заложением m фронтально подходящей волны $h_{1\%}$ определяют по формуле (25), графику, приведенному на рисунке 10, и таблицам 6–9 СНиП 2.06.04.

$$h_{run1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run} h_{1\%}, \quad (P.7)$$

где k_r и k_p — коэффициенты рефракции и проницаемости защитного покрытия;

k_{sp} — коэффициент, зависящий от скорости ветра и заложения откоса;

k_{run} — коэффициент, зависящий от пологости волны $\frac{\lambda}{h}$ и заложения откоса m . При угле α

луча волны к нормали оси насыпи высота наката уменьшается на коэффициент k_α .

В данном примере для откоса заложением $m = 2$ в предположении укрепления его железобетонными плитами и угле $\alpha = 7^\circ$ результаты расчета высоты наката волны на откосы насыпи с западного и восточного направлений сведены в таблицу P.8.

Таблица P.8

Волноопасное направление	$h_{m1\%}$, м	λ , м	k_r	k_p	k_{sp}	k_{run}	$h_{run1\%}$, м	k_α	$h_{run1\%}$, м
Запад	0,68	7,9	1	0,9	1,25	2,0	1,53	0,985	1,51
Восток	0,51	5,2	1	0,9	1,25	1,85	1,06	0,985	1,05

Таким образом, бровка земляного полотна должна возвышаться над уровнем воды, соответствующим паводковому расходу повторяемостью 1 раз в 300 лет на величину наката $h_{run} = 1,51$ м с запасом $a = 0,5$ м.

Бровка насыпи также должна быть поднята на высоту нагона и подпора (у мостовых переходов), если эти явления прогнозируются в районе проектируемого объекта.

P.2.3 Определение параметров волны для расчета мощности крепления

Обычно расчеты производятся для тех же характерных точек трассы насыпи и принимаются за расчетные те же волноопасные направления, что и в случае расчетов, проводимых для назначения бровки насыпи.

При расчете мощности креплений откоса за исходные принимаются расчетный расход повторяемостью 1 раз в 100 лет (обеспеченность 1 %) и шторм повторяемостью 1 раз в 25 лет (обеспеченность 4 %).

В системе шторма расчетной принимается волна обеспеченностью 5 %. Уровень воды при расчетном расходе в данном примере на 0,4 м ниже уровня максимального расхода. Уменьшатся соответственно средние глубины и длины разгонов по западному волноопасному направлению до значений

$d = 3,05$ м и $L = 2900$ м и восточному — $d = 1,90$ м и $L = 900$ м.

Расчетные скорости ветра обеспеченностью 4 % взяты из таблицы P.5 для западного направления: $V_{4\%} = 19,5$ м/с и восточного направления: $V_{4\%} = 17,6$ м/с.

Относительные характеристики разгона волны, глубины воды, соответствующие им, приведены на графике рисунка 1 приложения 1 СНиП 2.06.04, относительные характеристики параметров волны и соответственно параметры волны приведены в таблице P.9, при этом $h_{5\%} = 1,76h$.

Полученные параметры волн могут быть скорректированы в связи с трансформацией волны аналогично методу, изложенному при расчете наката волны на откос.

Таблица P.9

Волноопасное направление	$\frac{gL}{V^2}$	$\frac{gd}{V^2}$	$\frac{g\bar{h}}{V^2}$	$\frac{gT}{V}$	$\bar{h}$, м	T , с	$h_{5\%}$, м	λ , м
Запад	74,8	0,08	0,011	1,15	0,43	2,29	0,75	8,2
Восток	28,5	0,06	0,0078	0,92	0,25	1,65	0,44	4,25

P.2.4 Назначение конструкций укрепления откоса

Полученные в пунктах Б и В параметры волн служат основой для расчета и назначения типа и мощности защитной конструкции.

Высота насыпи в случае определения ее только гидравлическими условиями должна быть не менее:

$$H = h_{0,33\%} + h_{run1\%} + a, \quad (P.8)$$

где $h_{0,33\%}$ — глубина воды у основания откоса насыпи при уровне максимального паводка обеспеченностью 0,33 %;

$h_{run1\%}$ — высота наката волны на откос;

a — запас 0,25–0,5 м.

При соответствующих условиях высоту насыпи следует поднимать, учитывая нагон и подпор воды. В данном примере высота насыпи $H = 1,45 + 1,51 + 0,5 = 3,46$ м.

Укрепление откоса заложением $m = 2$ производят от его основания до бровки насыпи по всей его длине $l = H \cdot \sqrt{1 + m^2} = 7,74$ м конструкциями, рассчитанными на высоту волны с западной стороны $h = 0,75$ м и восточной стороны $h = 0,44$ м. Покрытие, выполненное по этим параметрам волн, называется основным.

В случае больших глубин у откоса и волновых воздействий, когда высота наката $h_{run1\%}$ возрастает, целесообразно мощность и тип конструкций дифференцировать по длине откоса, назначая в зоне разрушения волны основное крепление, а выше по откосу в зоне наката — крепление облегченное. Верхняя граница основного крепления при этом принимается на отметке

$$\nabla_{осн} = \nabla_{0,33\%} + 0,68h_{run1\%}, \quad (P.9)$$

где $\nabla_{0,33\%}$ — отметка уровня воды на пике максимального паводка обеспеченностью 0,33 % (с учетом нагона и подпора).

Облегченное крепление рассчитывается по скорости потока в зоне наката, образовавшегося после разрушения волны. Скорость может быть определена по формуле

$$V = 0,8 \cdot \sqrt{gh_{5\%}}, \quad (P.10)$$

где $h_{5\%}$ — высота расчетной волны в зоне разрушения.

Тип и мощность креплений определяют по материалам типовых проектов, приведенным в [7] и [11].

В данном примере защита откоса насыпи основным креплением с западного волноопасного направления при $h_{5\%} = 0,75$ м может быть выполнена каменной наброской с $d_{ср} = 0,25$ м и толщиной $t = 3d_{ср} = 0,75$ м (листы 10–13 [11]), бетонными плитами размером $1 \times 1 \times 0,16$ м (лист 14, [11]), железобетонными плитами размером $2,5 \times 3,0 \times 0,15$ м с открытыми швами (лист 16–19 [11]), железобетонными плитами размером $2,5 \times 3,0 \times 0,10$ м, омоноличенными по контуру (листы 20–38 [11]), и монолитными железобетонными плитами толщиной 0,15 м.

С восточного волноопасного направления при $h_{5\%} = 0,44$ м крепление может быть выполнено каменной наброской с $d_{ср} = 0,14$ м толщиной $t = 0,42$ м и бетонными плитами размером $1 \times 1 \times 0,16$ м.

В том случае, когда значения расчетной высоты волны на проектируемом объекте ниже нормативной типового проекта, обратный песчано-гравийный фильтр и щебеночную подготовку под покрытием возможно заменять геотекстилем в соответствии с [3] и [17].

Приложение С (справочное)

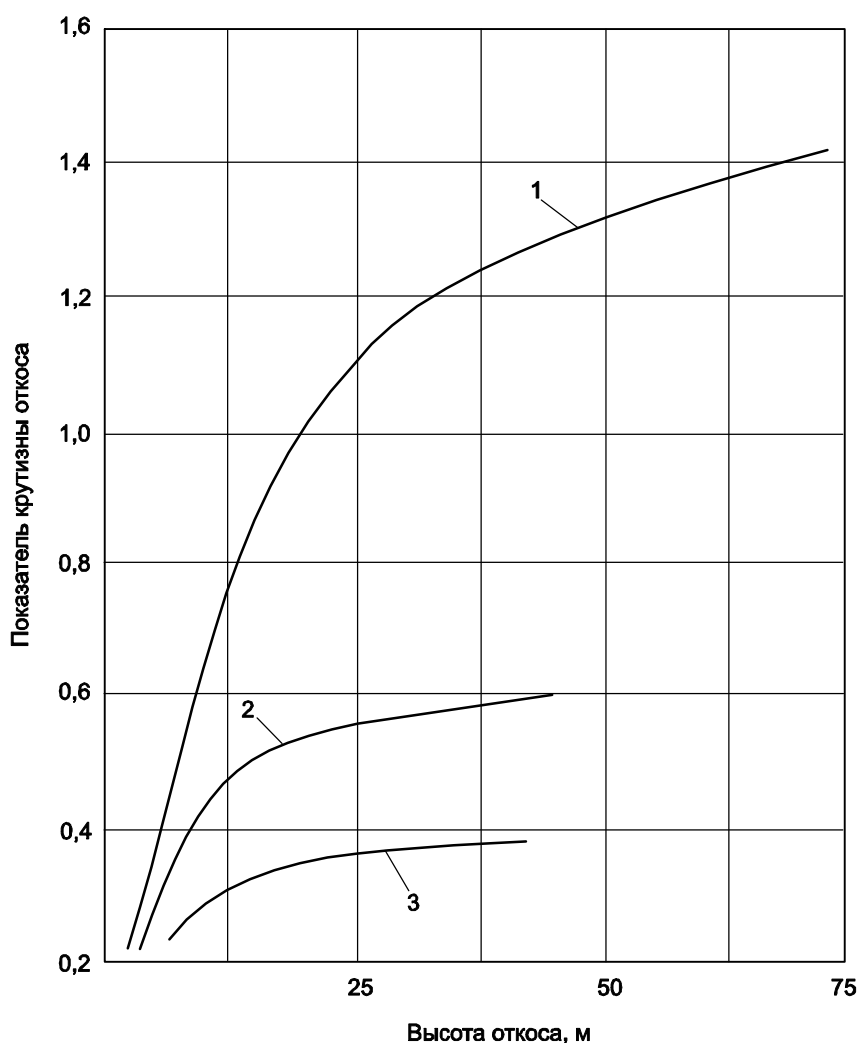
Устойчивость земляного полотна на участках лессовидных грунтов

С.1 Различные формы нарушения устойчивости склонов следует рассматривать в качестве форм нарушения устойчивости земляного полотна, расположенного на склонах.

На сухих лессовых косогорах типичной формой нарушения устойчивости откосов выемок является их эрозионное разрушение от атмосферных осадков.

С.2 Объем разрушений и возможность выноса продуктов последних в эксплуатируемое пространство поперечного профиля выемки тесно связано с крутизной нагорных откосов выемки и крутизной косогора, в который врезана последняя. Эта связь использована в [18]. В результате полевым методом и методом предельной эрозии получены показанные на рисунке С.1 кривые оптимальной крутизны откосов, выемок, врезаемых в сухие косогоры, сложенные лессовидными, а также обыкновенными грунтами.

Использовать эти кривые можно без каких-либо дополнительных расчетов. Для поперечных профилей крутизна откосов назначена по кривым 2 и 3 (рисунок С.1), следует предусмотреть закуветные полки для размещения и последующей уборки с них продуктов ежегодного эрозионного разрушения откосов. Размер полок — до 3,0 м, в зависимости от высоты нагорного откоса выемки и крутизны косогора.



1 — косогоры 1:1,6 и отложе, обыкновенные грунты; 2 — косогоры 1:1,5 и отложе, лессовые грунты;
3 — косогоры 1:3,0 и отложе, лессовые грунты

Рисунок С.1 — Зависимость оптимальной крутизны откосов выемок
от их высоты для сухих косогоров

Библиография

- [1] Большая энциклопедия транспорта. В 8 т.: Т. 4. Железнодорожный транспорт. — СПб., 1994, с. 328.
- [2] Пособие по технологии сооружения земляного полотна железных дорог (в развитие СНиП 3.06.02-86). — М.: ПКТИтрансстрой, 1993.
- [3] Указания по проектированию производства земляных работ при сооружении земляного полотна железных и автомобильных дорог способом гидромеханизации/Мосгипротранс. — М., 1987.
- [4] Поперечные профили земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. — Инв. № 1223. — М., 1980.
- [5] Методические рекомендации по разработке выемок в глинистых грунтах с влажностью выше оптимальной и использованию этих грунтов для возведения насыпей автомобильных дорог во II и III климатических зонах/СоюздорНИИ. — М., 1988.
- [6] Методические рекомендации по проектированию насыпей на болотах по условию допустимых упругих осадок/ЦНИИС. — М., 1981.
- [7] Укрепление русел, конусов и откосов насыпей у малых и средних мостов и водопропускных труб: Альбом/Ленгипротрансмост. — Л., 1981.
- [8] Методические рекомендации по проектированию и строительству гибких железобетонных покрытий откосов транспортных сооружений/ЦНИИС. — М., 1984.
- [9] Рекомендации по применению подпорно-оседающих стен при строительстве дорог в условиях подмыва земляного полотна/ЦНИИС. — М., 1983.
- [10] Рекомендации по сферам применения и технологии сооружения дренажей с полимерными трубами для железнодорожного пути. — М., ЦНИИС, 1987.
- [11] Альбом конструкций креплений откосов земляного полотна железных дорог и автомобильных дорог общей сети СССР. — Инв. № 750. — М., 1970.
- [12] Технические указания по устранению пучин и просадок железнодорожного пути. — М.: Транспорт, 1987.
- [13] Вериги М. Ф., Крепкогорский С. С. Общие предпосылки для корректировки правил расчетов железнодорожного пути на прочность — предложения по изменению этих правил: Труды ЦНИИ МПС, вып. 466. — М.: Транспорт, 1972.
- [14] Методические рекомендации по прогнозированию надежной работы железнодорожных насыпей в условиях интенсивной эксплуатации пути/МИИТ. — М., 1990.
- [15] Яковлева Т. Г., Шульга В. Я., Амелин С. В. и др. Основы устройства и расчетов железнодорожного пути. — М.: Транспорт, 1990.
- [16] Армирование геотекстилем откосов земляного полотна: Научно-технический информационный сборник № 21. — М., 1989.
- [17] Технические указания по применению нетканых материалов для усиления земляного полотна. — М.: Транспорт, 1989.
- [18] Казакбаев К. К., Смирнов С. Н. Устойчивость откосов выемок на косогорах. — Ташкент: Фан, 1975.