Министерство нефтяной промышленности
ГЛАВТЮМЕННЕФТЕГАЗ
Государственный научно-исследовательский
и проектный институт нефтяной и газовой промышленности
имени В. И. Муравленко
(ГИПРОТЮМЕННЕФТЕГАЗ)

ИНСТРУКЦИЯ
ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ И ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННОГО ИЛИ ВРЕМЕННОГО ПОДТОПЛЕНИЯ

РД 39-3-30-77

Тюмень 1978

gost.e-ecolog.ru

Министерство нефтяной промышленности
ГЛАВТЮМЕННЕФТЕГАЗ
Государственный научно-исследовательский
и проектный институт нефтяной и газовой промышленности
имени В. И. Муравленко
(ГИПРОТЮМЕННЕФТЕГАЗ)

СОГЛАСОВАНО
...начальника
...тюменнефтегаза
М.П. _____ А.С. Парасюк
"23" XII 1977 г

УТВЕРЖДАЮ
Начальник технического
управления Миннефтепрома
М.П. _____ Г.И. Григорашенко
"28" XII 1977 г.

ИНСТРУКЦИЯ
ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ И ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННОГО ИЛИ ВРЕМЕННОГО ПОДТОПЛЕНИЯ

РД 39-3-30-77

Тюмень 1978

Настоящая Инструкция рассматривает вопросы сооружения земляного полотна с широким использованием местных некондиционных грунтов в сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях строительства - на болотах, заозеренных и затапливаемых территориях. Инструкция разработана на основе выполненных Гипротюменнефтегазом и его Свердловским филиалом теоретических и лабораторных исследований и экспериментальных работ на опытных участках, а также на основе опыта проектирования и строительства нефтепромысловых автомобильных дорог в Западной Сибири.

В составлении Инструкции приняли участие:

- от Свердловского филиала Гипротюменнефтегаза к.т.н. Г.Д. Михайлов, инженеры А.П.Глызин, С.Г.Акулова, В.З.Шадури, Б.А.Сульман;

- от Гипротюменнефтегаза к.т.н. Н.В.Табаков, к.т.н. С.Н.Вассерман, инженеры Г.В.Леменков, Л.В.Камша;

- от Главтюменнефтегаза инженер П.В.Бессолов.

Отзывы и пожелания направлять по адресу: 625000, г.Тюмень, ул.Республики,82, Гипротюменнефтегаз, или 620014, г.Свердловск, ГСП-214, ул.Допризывников, 6, Свердловский филиал Гипротюменнефтегаза.

(C) Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной и газовой промышленности им.В.И.Муравленко (Гипротюменнефтегаз), 1978 г.

Руководящий документ

ИНСТРУКЦИЯ

по сооружению земляного полотна нефтепромысловых автомобильных дорог на слабых озерно-болотных и пойменных отложениях с использованием местных грунтов в условиях постоянного или временного подтопления

РД 39-3-30-77

Приказ Министерства нефтяной промышленности от 18.01.78 г. № 44

Срок введения с 1.07.78 г.

Срок действия до 1.07.83 г.

Вводится впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящая Инструкция распространяется на проектирование земляного полотна нефтепромысловых автомобильных дорог Ш, IУ и У категорий на переходах через болота, озера и затопляемые поймы рек в сложных природных условиях Западной Сибири, за исключением районов распространения многолетнемерзлых грунтов.

I.2. Инструкция разработана в развитие и дополнение СНиП П-Д, 5-72, СН 449-72 и предназначена для руководства при проектировании вновь строящихся автомобильных дорог на нефтяных месторождениях Западной Сибири.

I.3. Земляное полотно автомобильных дорог должно быть прочным, устойчивым, неразмываемым и, как правило, не заносимым снегом, обеспечивающим круглогодичную работу дорожных конструкций. При этом земляное полотно должно иметь минимальную стоимость и

способствовать высоким темпам сооружения дорожной конструкции в целом (земляное полотно и дорожная одежда).

2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТНЫХ ГРУНТОВ И СЛАБЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ОСНОВАНИЙ НАСЫПЕЙ

Местные грунты для отсыпки насыпей

2.1. К местным грунтам, допускаемым для отсыпки в насыпь, относятся пески мелкие и пылеватые, легкие супеси, содержание частиц в которых при последовательном суммировании составляет: крупнее 2 мм – менее 25, крупнее 0,5 мм – менее 50 и крупнее 0,25 мм – менее 50% по весу. Более детально данные грунты делятся в соответствии с табл. 2.1. Глинистые переувлажненные грунты, грунты с примесью органических включений и заторфованные, торфы для отсыпки насыпей, как правило, не допускаются, за исключением случаев, предусмотренных п. 2.3.

Таблица 2.1

Основные классификационные показатели местных грунтов для отсыпки насыпей

Вид грунтов	Классификационные показатели			
	Содержание частиц размером:		Число пластичности	Потеря при прокаливании, %
	>0,1мм,%	<0,005мм,%		
Песок мелкий *	⩾ 75	⩽ 2	Не нормируется	<5
Песок пылеватый	< 75	⩽ 6	Не нормируется	<5
Супесь легкая	<75	⩽10	1–3	<5
Глинистые грунты	Не нормируется		4–27	<5
Грунты с примесью органики и заторфованные **	Не нормируется			5–60
Т о р ф	Не нормируется			>60

* Пески мелкие дополнительно подразделяются по величине коэффициента фильтрации при стандартной плотности на дренирующие ($K_\varphi \geq 0{,}5$ м/сут) и недренирующие ($K_\varphi < 0{,}5$ м/сут).

** К заторфованным относятся грунты, если потери при прокаливании составляют более 10%.

2.2. Для отсыпки насыпей без ограничения можно использовать мелкие дренирующие пески. Недренирующие мелкие и пылеватые пески, легкие непылеватые супеси допускается использовать во всех условиях, за исключением случаев отсыпки их в воду. Отсыпка этих грунтов в воду разрешается при соответствующем технико-экономическом обосновании и разработке специальной технологии производства работ (намыв грунта в воду способом гидромеханизации, организация высокого темпа отсыпки, исключающего разжижение грунта, промораживание воды с последующей вырезкой льда и отсыпкой грунта в сухую траншею и т.д.).

2.3. Глинистые переувлажненные грунты, грунты с примесью органических включений и заторфованные, торфы допускается применять для отсыпки откосной части насыпей при обязательном осуществлении конструктивных и технологических мер, направленных на обеспечение необходимой прочности и устойчивости земляного полотна. Отсыпка этих грунтов в воду, как правило, не допускается.

2.4. По условиям производства работ и обеспечения требуемой плотности земляного полотна влажность торфа, используемого для отсыпки насыпей, не должна превышать 600%, а влажность глинистых грунтов, грунтов с примесью органики и заторфованных должна удовлетворять условию

$$W \leq 4{,}1 + 0{,}64\, W_T , \qquad (2.1)$$

где W_T - влажность грунта на границе текучести, %.

2.5. Все виды грунтов, используемых для отсыпки насыпей, должны быть искусственно уплотнены. Коэффициент уплотнения грунтов следует назначать в зависимости от их вида и способа отсыпки в соответствии с табл. 2.2.

Таблица 2 2.

Нормы уплотнения грунтов в теле насыпей

Вид грунтов и способ отсыпки	Минимальный коэффициент уплотнения	Примечания
Песчаные, непереувлажненные глинистые, отсыпаемые автомобильным транспортом на сухих местах	0,95; 0,98	Большие значения K_y принимаются при сборных покрытиях, меньшие – при переходных
Песчаные, отсыпаемые в воду автомобильным транспортом из штабелей гидронамыва, намываемые в насыпь способом гидромеханизации	0,90; 0,95	Большие значения Ку принимаются при отсыпке грунтов автомобильным транспортом, меньшие – при намыве их способом гидромеханизации или отсыпке в воду
Переувлажненные глинистые, грунты с включениями органики и заторфованные, торф	0,95	К переувлажненным относятся грунты с влажностью, превышающей $1,2\,W_p$, или с влажностью на границе раскатывания и выше

2.6. Для минеральных непереувлажненных грунтов величина коэффициента уплотнения определяется по формуле

$$K_y = \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_{ск\cdot макс}}, \qquad (2.2)$$

а для переувлажненных глинистых грунтов, грунтов с примесью органических включений и заторфованных, торфов – по формуле

$$K_y = \frac{\gamma_{ск}\,(1+\gamma_y \cdot W_p)}{\gamma_y}, \qquad (2.3)$$

где $\gamma_{ск}$ – объемная масса скелета грунта в теле насыпи, г/см^3;

$\delta_{ск\ макс}$ – максимальная объемная масса скелета грунта, определяемая по методу стандартного уплотнения, г/см^3;

$\delta_у$ – плотность твердых частиц (удельный вес) грунта, г/см^3;

$W_ф$ – фактическая влажность грунта, дол.ед., принимаемая с учетом п. 2.4.

Характеристика слабых отложений как оснований насыпей

2.7. К слабым относятся отложения, сложенные грунтами, удовлетворяющими в условиях природного залегания одному из следующих критериев:

– сопротивляемость сдвигу τ менее 0,75 кгс/см^2;

– модуль осадки e при нагрузке 2,5 кгс/мм^2 более 50 мм/м ;

– модуль деформации при нагрузке до 2,5 кгс/см^2 менее 50 кгс/см^2.

В нефтепромысловых районах Западной Сибири к слабым отложениям, как правило, относятся торфы, озерные и болотные сапропели, озерные и аллювиальные текучепластичные и текучие глинистые грунты с примесью органических включений.

2.8. К торфам относятся болотные органические грунты, представляющие собой смесь частично разложившихся растительных остатков и минеральных частиц (при содержании органики более 60% по весу) и отличающиеся высокой сжимаемостью, большой влагоемкостью, малой плотностью и объемной массой.

Как основания насыпей высотой до 2,5 м торфяные отложения наиболее распространенных верховых болот по физико-механическим свойствам подразделяются на три основных типа и четыре подтипа (табл.2.3).

Таблица 2.3

Типизация торфяных отложений верховых болот как оснований насыпей

Тип торфа	Подтип	Влажность W %	Объемный вес скелета $\gamma_{ск}$, г/см^3	Коэффициент пористости ε	Сопротивление: лопастному сдвигу $\tau_{ср}$, кгс/см^2	Сопротивление: зондированию q, кгс/см^2	Модуль осадки e мм/м, при нагрузках, кгс/см^2: 0,2	0,4	0,6	0,8	I,0	Характеристика по устойчивости и сжимаемости под насыпью с рабочей отметкой до 2,5 м
I	А	<600	0,2-0,I5	<I0	≥0,I5	>0,3	80	I70	220	280	330	Сжатие при любой скорости отсыпки
	Б	600-800	0,I5-0,I0	I0-I3	0,I5-0,I0	>0,3	I50	270	350	430	500	То же
2	-	800-I200	0,I0-0,06	I3-20	0,I0-0,05	>0,3	220	340	430	500	580	При медленной скорости отсыпки - сжатие, при быстрой (более 0,65 кгс/см^2 за время меньше I месяца) - выпор
3	А	>I200	0,06-0,04	>20	<0,05	≥0,3	-	-	-	-	-	При любой скорости отсыпки происходит выпор торфа из-под насыпи, возможно частичное сжатие
	Б	Жидкие образования	<0,04	-	-	<0,3	-	-	-	-	-	При любой скорости отсыпки происходит выпор торфа из-под насыпи

2.9. Сапропелевые грунты встречаются в придонных слоях болот и озер и представляют собой пластичную жирную массу от черного до зеленоватого цвета, содержащую смесь продуктов жизнедеятельности животных и растительных организмов и минеральных частиц; отличается высокой влажностью и незначительной плотностью, малой сопротивляемостью сдвигу в природном залегании (табл. 2.4.).

Таблица 2.4

Характеристика сапропелевых грунтов как оснований насыпей *)

Подгруппа сапропелевого грунта (по потерям при промывании П,%)	Разновидность сапропелевого грунта (по влажности W, %)	Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке, кгс/см^2	Модуль осадки при нагрузке 0,5кгс/см^2, мм/м
Органосапропель (П>60%)	Средней влажности (W=200-500)	0,2 - 0,1	150-400
	Очень влажный (W=500-1000)	0,1 - 0,01	>400
	Избыточно влажный W>1000	<0,01	-
Органоминеральный сапропель (П=10-60%)	Средней влажности (W=150-400)	0,2 - 0,1	100-250
	Очень влажный (W=400-900)	0,1 - 0,01	>250
	Избыточно влажный (W>900)	<0,01	-

*) Дается в сокращенном виде по И.Е.Евгеньеву и В.Д.Казарновскому (см.: Евгеньев И.Е., Казарновский В.Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. М., "Транспорт", 1976).

2.IO. Озерные и аллювиальные глинистые грунты относятся к сравнительно молодым образованиям и отличаются большими значениями коэффициентов консистенции и пористости, наличием органических включений, высокой сжимаемостью и низкой прочностью (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Характеристика озерных и аллювиальных глинистых грунтов

Вид грунта	Коэффициент консистенции	Объемная масса, г/см^3	Сцепление, кгс/см^2	Угол внутреннего трения, град	Модуль деформации, кгс/см^2
Супесь тяжелая	0,75 - I,0	I,6-I,7	0,05-0,I0	I8-20	80-I00
	>I,0	I,5-I,6	0,02-0,05	I6-I8	60-80
Суглинок, глины	0,75 - I,0	I,8-I,9	0,I5-0,20	I5-20	30-40
	>I,0	I,7-I,8	0,I -0,I5	I4-I9	I5-20

2.II. Инженерно-геологические свойства слабых отложений оцениваются по физическим и механическим показателям. При известных влажностях или сопротивлениях сдвигу другие показатели торфа могут быть приняты по табл. 2.3 - 2.5.

3. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО НА БОЛОТАХ

3.I. К болотам относятся заторфованные участки не затопляемой или временно затопляемой водой местности с мощностью торфа не менее 0,3 м.

Сырые и мокрые участки с меньшей мощностью торфа следует относить к заболоченным.

3.2. По мощности и содержанию разновидностей торфяных напластований болота классифицируются на три основных типа и два подтипа (табл. 3.I).

Таблица 3.I

Типизация болот

Тип болота	Подтип	Тип болота по ландшафтному признаку	Характер деформации под насыпью (нагрузка до I кгс/см^2)	Режим отсыпки насыпи	Возможное наличие типов торфа
I	–	Лесной	Сжатие	Любая скорость	Только тип I
II	–	Лесотопяной	Сжатие	Скорость отсыпки ограничена (не более 0,35 кгс/см^2 за I месяц)	Тип 2 обязателен. Возможен тип I
III	А	Топяной	Выпор, частично сжатие	Как правило, скорость ограничена (не более 0,65 кгс/см^2 за I месяц)	Возможно наличие других типов. Тип 3 обязателен
	Б	Топяной	Только выпор	Любая скорость отсыпки, желательно быстрая	Только тип 3

Примечания: I. Толщина выделяемых слоев торфа должна составлять не менее I0% общей мощности болота.

2. Характеристика типов торфа приведена в табл. 2.3

Конструирование земляного полотна

3.3. К земляному полотну на болотах кроме общих предъявляются следующие дополнительные требования, обусловленные особенностями болотных грунтов:

а) не допускается выдавливание болотных грунтов из-под насыпи, если это не предусмотрено проектом;

б) интенсивная часть осадки основания должна завершиться до сооружения покрытия;

в) упругие осадки и колебания земляного полотна, вызываемые действием транспорта, не должны превышать допустимых величин.

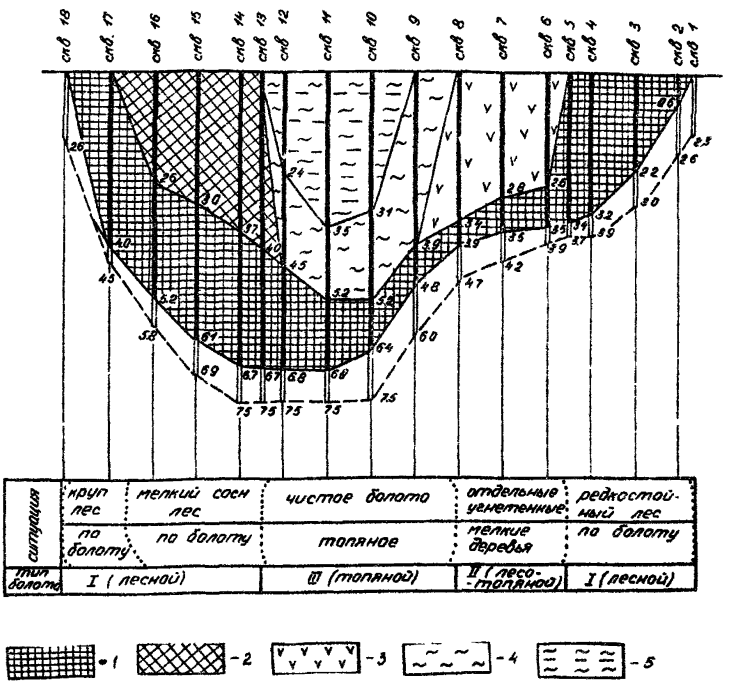
3.4. Для типового решения конструкции насыпи на верховых болотах необходимо иметь следующие исходные данные:

- техническую категорию дороги;
- сроки и период строительства;
- расчетные характеристики строительной климатологии района;
- паспорта карьеров с инженерно-геологическими условиями и основными физико-механическими свойствами грунта;
- гидрологические условия болота и его ландшафтные признаки;
- инженерно-геологический продольный профиль трассы дороги с выделением однородных по типам слоев торфа на основании полевых испытаний крыльчаткой СК-8 и пенетрометром П-4 (рис. 3.1).

3.5. Для индивидуального решения конструкций земляного полотна на болотах кроме указанных в п. 3.4 данных необходимо иметь физические и механические свойства торфяной залежи, полученные на основе непосредственных лабораторных и полевых испытаний исходного торфа.

3.6. Конструкция земляного полотна на болотах проектируется насыпью, в том числе:

- с полным или частичным удалением торфа основания;
- с выдавливанием слабых отложений основания весом насыпи;
- с использованием всей залежи торфа в качестве основания.



1 - 2 - 3 - 4 - 5

Рис. 3.I. Фрагмент инженерно-геологического профиля с геотехнической характеристикой торфяной залежи: I - торф типа I-А ($\tau \geq 0{,}15$ кгс/см^2); 2 - торф типа I-Б ($\tau = 0{,}15 + 0{,}10$ кгс/см^2); 3 - торф типа 2 ($\tau = 0{,}10 \div 0{,}05$ кгс/см^2); 4 - торф типа 3-А ($\tau \leq 0{,}05$ кгс/см^2); 5 - торф типа 3-Б (жидкие образования)

3.7. При пересечении болот автомобильной дорогой целесообразно торфяную залежь использовать в качестве основания насыпи (рис. 3.2).

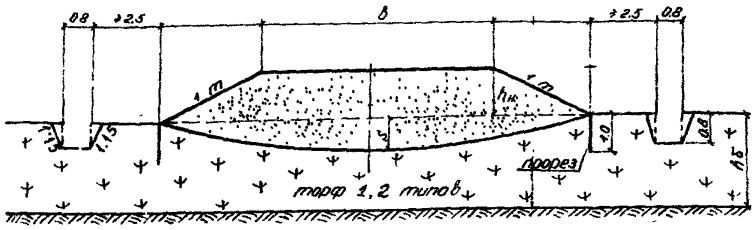


Рис. 3.2. Поперечный профиль земляного полотна на болотах I, II типов без вырезки торфа

Полное удаление торфа в основании насыпи на болотах I, II типов рекомендуется:

а) при пересечении одиночных коротких болот глубиной до 2,0 м общей протяженностью до 20% длины трассы;

б) на подходах к мостам, водопропускным трубам, коридорам коммуникаций и к существующим дорогам;

в) при пересечении одиночного болота любой глубины протяженностью до 400 м.

При этом на болотах глубиной до I м целесообразно вырезку торфа выполнять бульдозером (рис. 3.3,I), а при большей глубине - экскаватором, оборудованным драглайном (рис. 3.3,II).

3.8. Поперечный профиль земляного полотна на болоте III типа с полной вырезкой торфа приведен на рис. 3.3,III.

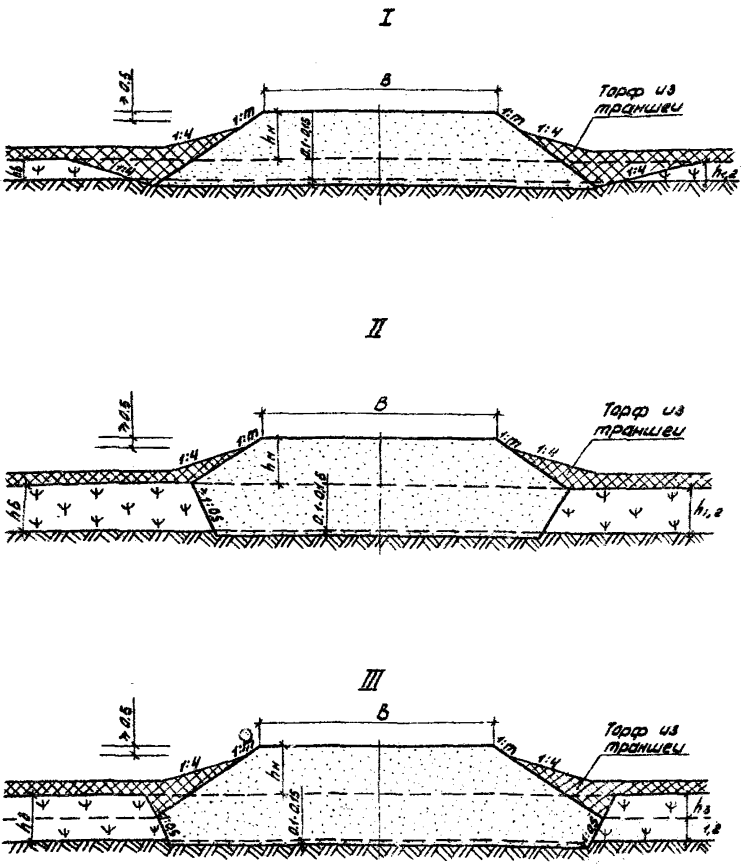


Рис. 3.3. Поперечные профили земляного полотна на болотах с полной вырезкой торфа в основании: I - на болотах I, II типов глубиной до I м с выторфовыванием бульдозером; II - на болоте I типа глубиной более I м с выторфовыванием экскаватором; III - на болотах II, III-А типов

3.9. Частичную вырезку торфа в основании насыпи на болотах I, II типов (рис. 3.4) целесообразно производить лишь в том случае, когда упругие деформации земляного полотна превышают допустимую величину, а повышение рабочей отметки насыпи невозможно по условиям примыкания, сопряжения и т.д.

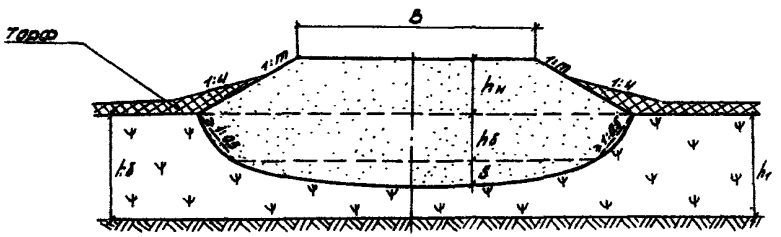


Рис. 3.4. Поперечный профиль земляного полотна с частичной вырезкой торфа в основании на болотах I, II типов

3.10. Для предохранения земляного полотна от обводнения и размыва поверхностными водами на болотах I типа необходимо устраивать двусторонние продольные водоотводные канавы с уклоном в сторону искусственных сооружений или естественных поперечных водоотводов (ложбин). Торф, удаленный из канав, надлежит укладывать на откосы насыпи с уклоном I:4 для предохранения их от размыва и для создания обтекаемого профиля земляного полотна.

При невозможности создания необходимого уклона продольные канавы разрешается устраивать без соблюдения указанного условия.

В этом случае канавы служат для водопонижения и перехвата воды, а также как резерв торфа для присыпки откосов и засыпки пазух у основания насыпи.

Канавы выполняются трапецеидальной формы, шириной 0,6 - 0,8 м, с откосами I:I,5, на расстоянии не ближе 2,5 м от заложения насыпи.

Допускается устраивать канавы прямоугольного сечения размером 0,8 х 0,8 м с учетом, что под действием природных факторов стенки канавы примут естественную крутизну.

3.II. При сооружении земляного полотна на болотах I, II типов без вырезки торфа необходимо предусматривать для ускорения осадки устройство продольных прорезов глубиной I,0 м у заложений насыпи.

3.I2. При пересечении болот Ш-Б типа автомобильной дорогой насыпь, как правило, отсыпается с погружением ее на минеральное дно болота без предварительной вырезки торфа (рис. 3.5,а).

Для ускорения осадки в этом случае в проектах необходимо предусматривать технологические меры:

- при наличии сверху сплавины - ее рыхление или прорезы в заложении насыпей;

- увеличивать интенсивность отсыпки насыпи.

3.I3. В случае, когда слои торфа типов I, 2 и 3-А на болоте Ш-А типа залегают в нижней части болота, насыпь допускается отсыпать непосредственно на торфяное основание с учетом сжатия этих слоев (рис. 3.5,б).

3.I4 Откосы насыпей на болотах из местных песчаных грунтов принимаются не круче I:2.

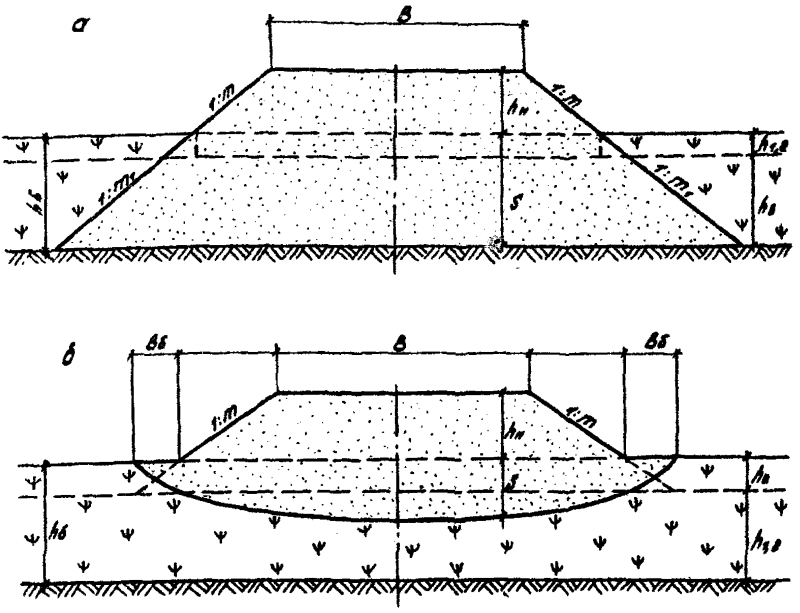


Рис. 3.5. Поперечные профили земляного полотна на болотах I, III типов без вырезки торфа: а - на болоте III типа со сплавиной вверху; б - на болоте III типа с торфом I, II типов внизу

Расчет земляного полотна на торфе

3.15. В проекте земляного полотна с использованием торфа в основании насыпи должны быть выполнены расчеты, связанные с особенностями болотных грунтов, в том числе расчеты:

- величины конечной (стабилизированной) осадки торфяного основания насыпи;

- величины и интенсивности осадки насыпи во времени для определения сроков сооружения покрытия дороги;

- величины упругой осадки поверхности покрытия от статического действия расчетной нагрузки;

- амплитуды колебания насыпи на торфяном основании.

Устойчивость торфяных оснований насыпей высотой до 2,5 м на верховых болотах определяется на основе типизации торфяных грунтов и болот (табл. 2.3, 3.I). Устойчивость слабых оснований других типов, а также устойчивость оснований насыпей высотой более 2,5 м должна определяться на основе расчета величины коэффициента безопасности согласно Указаниям по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог СН 449-72.

3.I6. Конечную (стабилизированную) осадку торфяного основания насыпи рекомендуется определять с учетом типизации торфов и болот (табл. 2.3, 3.I). На продольном профиле должны быть выделены (по данным полевых испытаний на сдвиг) однородные по типу слои торфа и типы болот (см. рис. 3.I)

Конечная осадка основания насыпи на торфе определяется по формуле

$$S = 0,01 \sum_{1}^{n} e_{pi} \cdot h_i \quad , \qquad (3.I)$$

где S - осадка, м;

h_i - мощность выделенных слоев торфа, м;

e_{pi} - модуль осадки для каждого типа торфа при расчетной нагрузке (P), дол.ед.

Аналитическое решение по формуле (3.I) целесообразно при использовании в расчетах ЭВМ и заключается в решении системы уравнений:

$$P = 0,1\left[\sigma \cdot h_н + \gamma^{взв}(S + h_3)\right] \quad ; \qquad (3.2)$$

$$S_{1A} = h_{1A}\,(0,460\sqrt{P} - 0,142) \quad ; \qquad (3.3)$$

$$S_{1Б} = h_{1Б}\,(0,665\sqrt{P} - 0,159) \quad ; \qquad (3.4)$$

$$S_2 = h_2\,(0,635\sqrt{P} - 0,062) \quad ; \qquad (3.5)$$

$$S = S_{1A} + S_{1Б} + S_2 + h_3 \qquad (3.6)$$

где σ - объемная масса грунта насыпи, г/см^3;

$\gamma^{взв}$ - объемная масса грунта насыпи в подводной части, г/см^3;

$S_{1A}, S_{1Б}, S_2$ – осадка за счет сжатия слоев торфа типов I-А, I-Б и 2, м;

$h_{1A}, h_{1Б}, h_2, h_3$ – мощность слоев торфа типов I-А, I-Б, 2 и 3, м;

P – нагрузка на торфяное основание от веса насыпи, кгс/см^2.

Система уравнений справедлива при высоте насыпи до 3,0 м.

3.17. Графическое решение конечной осадки по уравнениям (3.1 – 3.6) основано на приведении многослойной системы торфа к условной однослойной (эквивалентной по сжимаемости). График приведения и последовательность решения представлены на рис. 3.6. Нахождение величины конечной осадки на основе совместного решения уравнений (3.1 – 3.6) представлено на рис. 3.7.

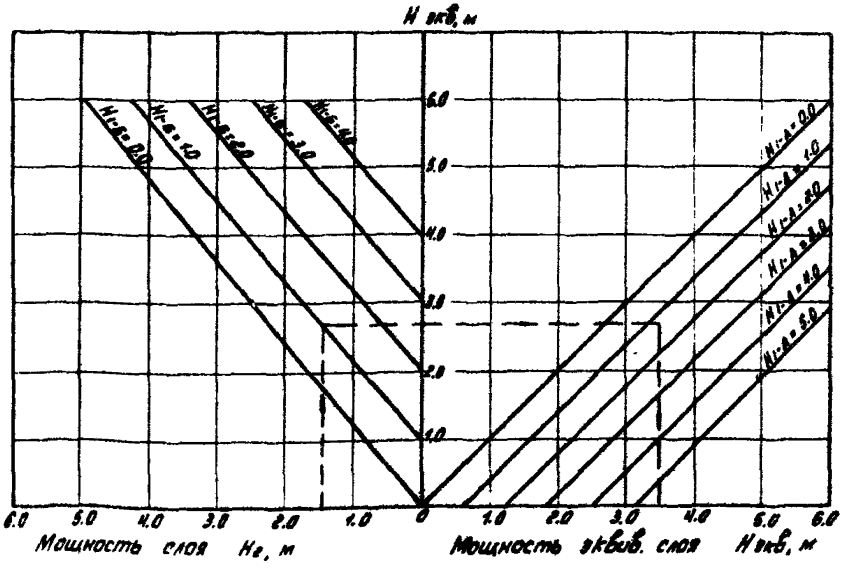


Рис. 3.6. Приведение различных слоев торфа к эквивалентному по сжимаемости

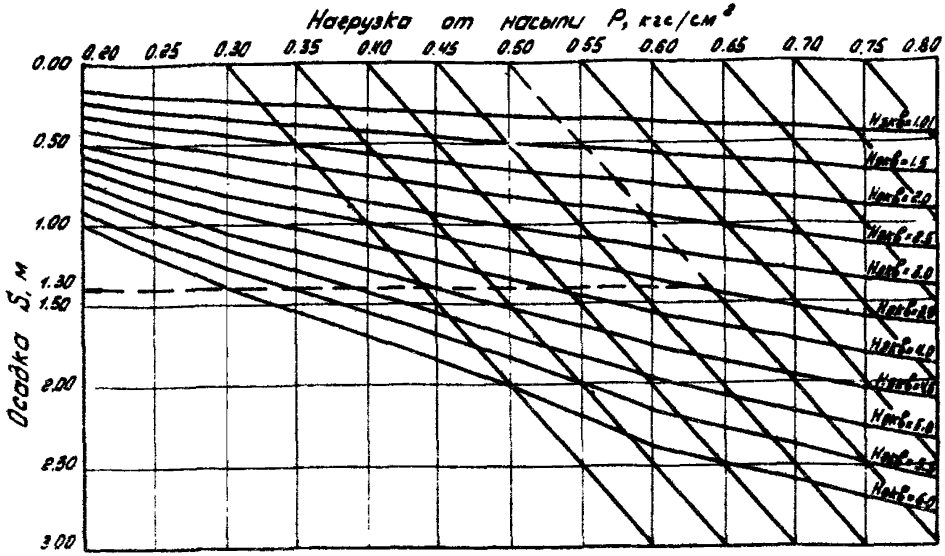


Рис. 3.7. Номограмма для определения осадок насыпи

3.18. На стадии ТЭО при отсутствии данных по сопротивлению торфа сдвигу, а также при однослойной торфяной залежи конечную осадку насыпи допускается находить в зависимости от типа болота, определенного по ландшафтным или другим признакам (см. табл. 2.3, 3.1), по формулам:

для болота I типа – $S_1 = 0{,}211h_1 + 0{,}312h_н - 0{,}002B - 0{,}247$; (3.7)

для болота II типа – $S_2 = 0{,}475h_2 + 0{,}310h_н - 0{,}015B - 0{,}335$, (3.8)

где B – ширина насыпи по низу, м;

h_1, h_2 – глубина болота соответственно I и II типов, м;

$h_н$ – рабочая отметка насыпи, м.

Область применения уравнений 3.7 - 3.8 ограничена параметрами насыпи, показанными на рис. 3.9 - 3.10.

3.19. Площадь поперечного сечения насыпи ниже поверхности болота при безторфовочном методе сооружения земляного полотна на всех типах болот, кроме III типа со сплавиной сверху (см.рис.3.5,а), определяется по формуле

$$F = 0,85 \cdot S \cdot B , \qquad (3,9)$$

3.20. Для определения степени консолидации (U %) торфяного основания в любой промежуток времени может быть использована формула, учитывающая уплотнение торфа под типичными насыпями (высотой до 2,5 м) за счет горизонтальной фильтрации отжимаемой из торфа воды, % ,

$$U = 10,48 + 58 \lg T , \qquad (3.10)$$

где T - время, мес.

Из формулы (3.10) можно определить время, необходимое для той или иной степени консолидации основания насыпи, мес,

$$\lg T \quad \frac{U - 10,48}{58} . \qquad (3.11)$$

При известной конечной осадке насыпи (S) текущая осадка (S_t) на любой промежуток времени определяется по формуле

$$S_t = (S - h_з)\ (10,48 + 58 \lg T)\ 0,01 + h_з , (3.12)$$

где $h_з$ - условно-мгновенная осадка за счет выдавливания из-под насыпи торфа 3-го типа.

Уравнения (3.10 - 3.12) справедливы при $3 \leq T \leq 35$.

3.21. Для ускорения консолидации торфяного основания на болотах I и II типов на подходах к искусственным сооружениям, коридорам коммуникаций, существующим дорогам, а также при пересечении одиночных болот допускается устраивать временную пригрузку земляного полотна из однородного грунта с телом насыпи.

После достижения заданной степени консолидации пригруженная часть насыпи срезается и перемещается на последующие участки дороги. Временный пригруз следует устраивать после оттаивания насыпи, а срезку - до начала его промерзания.

3.22. Решения, связанные с определением конечной осадки, степени консолидации, времени консолидации, текущей осадки и высоты насыпи с временным пригрузом, могут выполняться графически:

а) при определении конечной осадки по уравнениям (3.I - 3.6) по номограмме (рис. 3.8);

б) при определении конечной осадки по уравнениям (3.7, 3.8) - по номограммам (рис. 3.9, 3.I0).

При этом по номограмме (см. рис. 3.8) находят нагрузку ($P_{пр}$) от веса насыпи с учетом временного пригруза, а затем определяют высоту пригруженной насыпи по формуле

$$h_н^{пр} = \frac{P_{пр}}{\gamma} \qquad (3.I3)$$

3.23. При проектировании земляного полотна с использованием торфа в основании насыпи до начала устройства дорожной одежды с покрытием из железобетонных плит скорость осадки (V см/мес) основания должна составлять:

- на первой стадии строительства - $V \leqslant 7$ см/мес;
- на второй стадии строительства - $V \leqslant I,5$ см/мес.

Скорость осадки, см/мес, торфяного основания рекомендуется определять по формуле

$$V = \frac{25,7}{T} \qquad (3.I4)$$

или по графику (рис. 3.II).

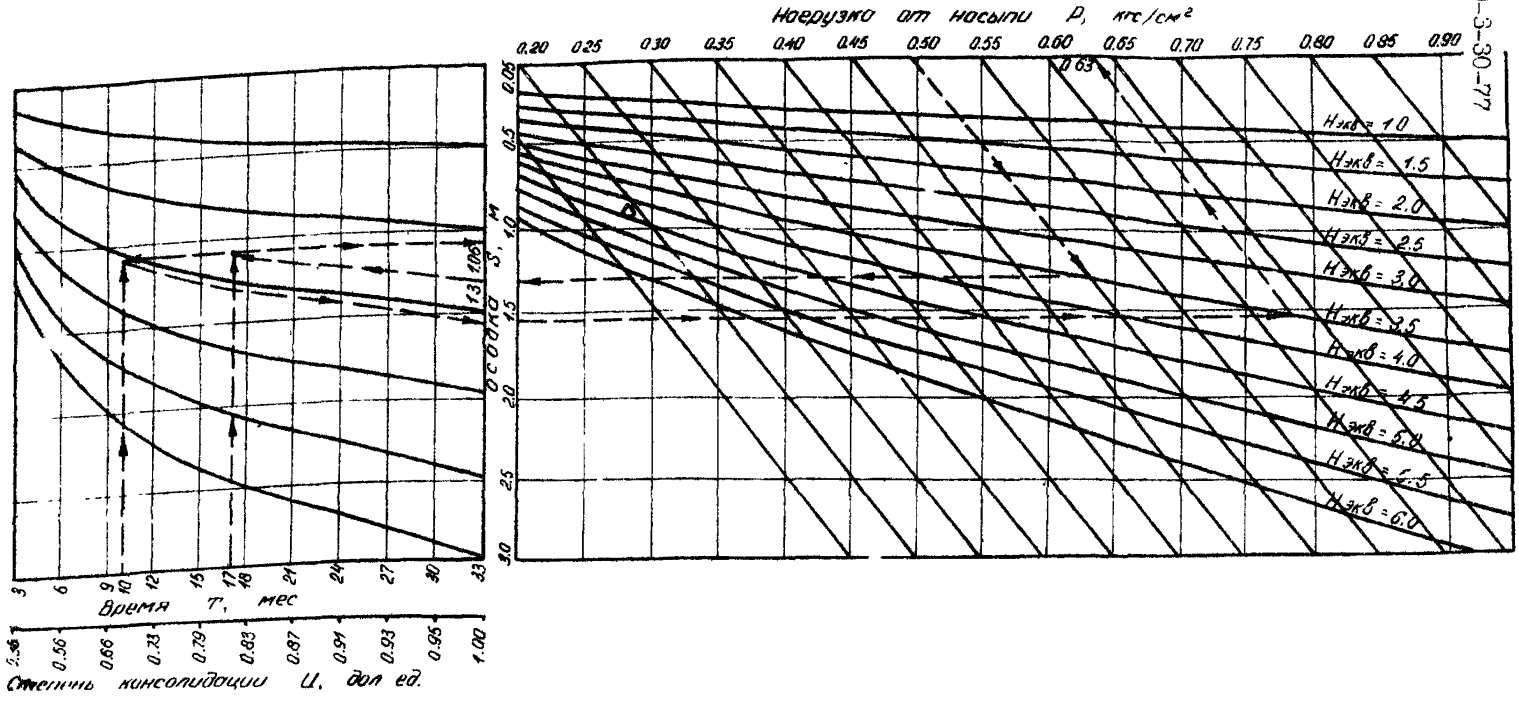


Рис. 3.8. Номограмма для определения конечной осадки, степени консолидации, времени консолидации, текущей осадки и высоты насыпи с пригрузом при многослойном торфяном основании

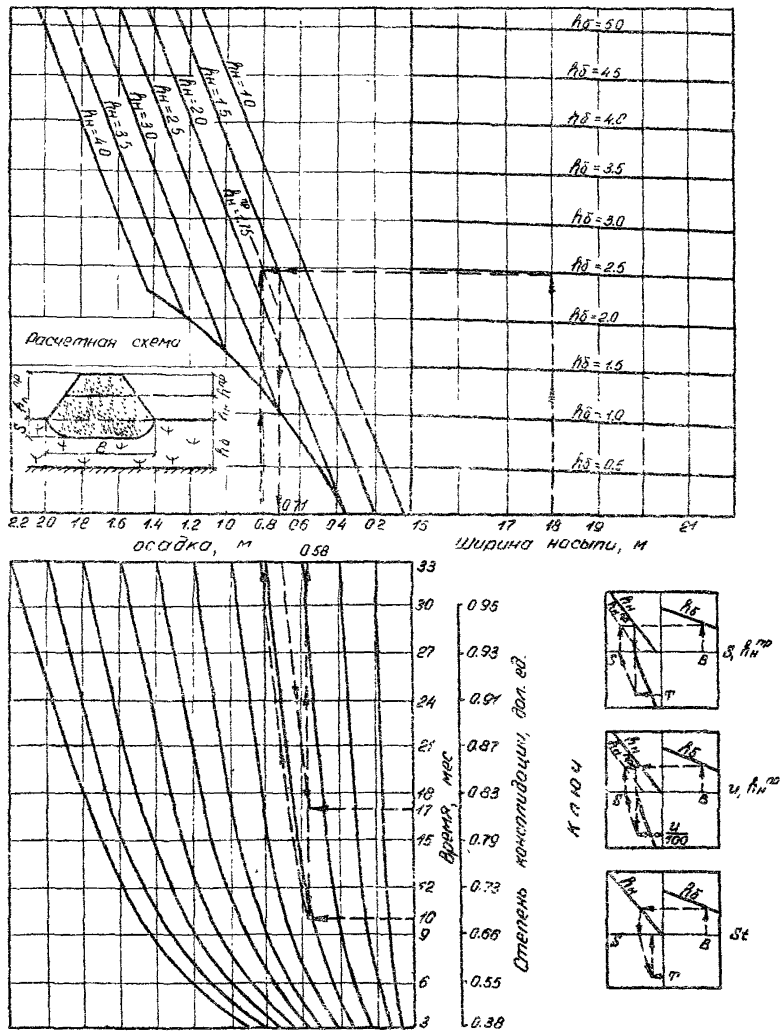


Рис. 3.9. Номограмма для определения осадки (S), консолидации (U), времени консолидации (T) торфяного основания и высоты временной пригрузки насыпи на болоте I типа

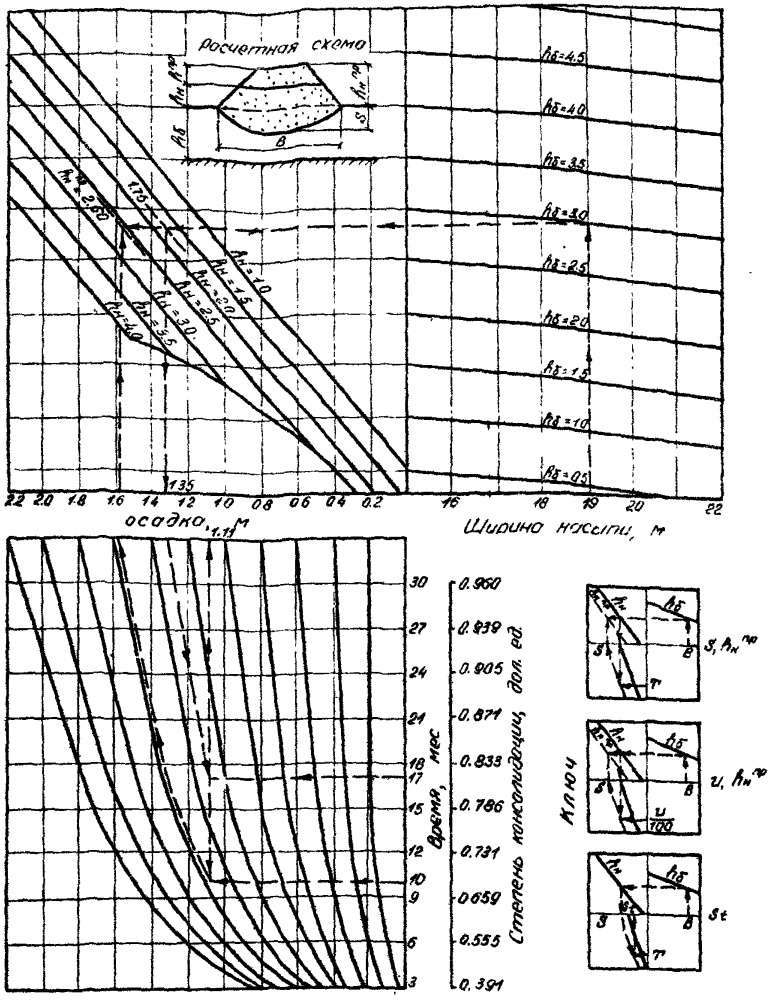


Рис. 3.10. Номограмма для определения осадки (S), консолидации (U), времени консолидации (T) торфяного основания и высоты временной пригрузки насыпи на болоте II типа

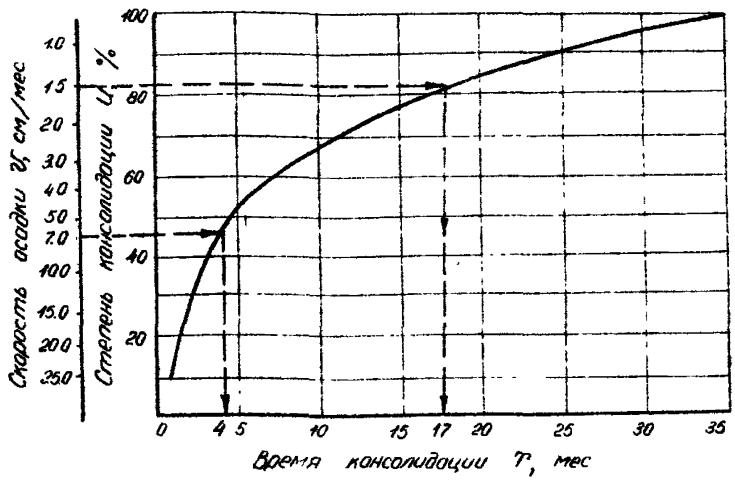


Рис. 3.II. Зависимости степени консолидации (U) и скорости осадки (V) насыпи на торфе от времени (T).

3.24. При проектировании насыпи на торфе мощность ее ($H_H = h_u + S$) по условиям ограничения упругих деформаций и динамических колебаний при сборных предварительно-напряженных железобетонных покрытиях можно предварительно принимать по табл. 3.2.

Таблица 3.2

Начальная мощность торфа, м	2	4	6	8 и более
Мощность насыпи, м	2	2,5	3,0	3,5

Величина упругих осадок (S_y) от статической расчетной нагрузки не должна превышать:

для дорог III категории – 1,00 мм;

для дорог IV категории – 1,10 мм;

для дорог У категории I,20 мм.

Амплитуда упругих колебаний не должна превышать I00 мк.

Величина упругой осадки (S_y мм) рассчитывается в зависимости от мощности обжатого слоя торфа ($h_т$ м) и толщины насыпи ($H_н$ м) по формуле

$$S_y = 0{,}926 + 0{,}189 h_т - 0{,}144 H_н \qquad (3.15)$$

или по номограмме (рис. 3.I2).

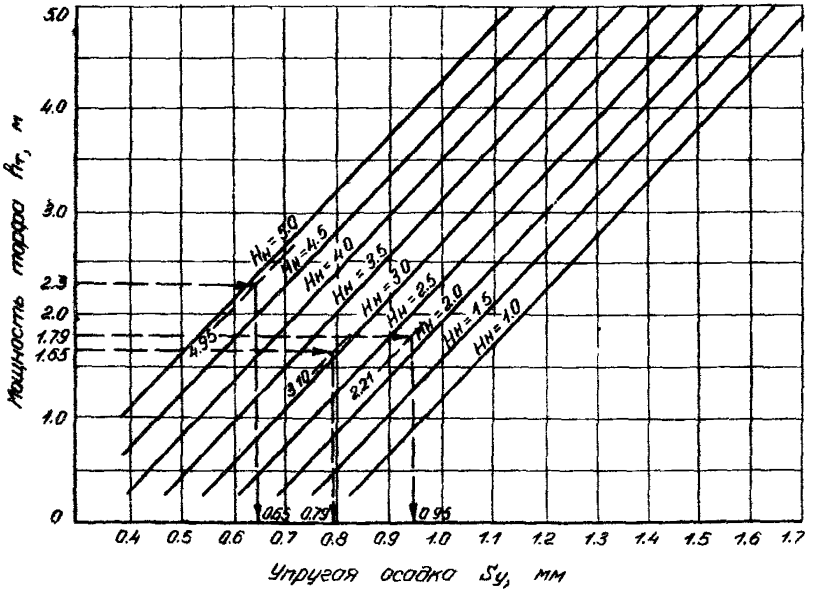


Рис. 3.I2. Зависимость величины упругой осадки (S_y) от мощности насыпи ($H_н$) и торфа ($H_т$) в основании

При известной расчетной мощности мерзлого перелетка (z м) в основании насыпи величина упругой осадки, мм, определяется по формуле

$$S_y = 0{,}938 + 0{,}188 h_т - 0{,}128 H_н - 0{,}316 z \text{ м}, \qquad (3.16)$$

или по номограмме (рис.3.I3).

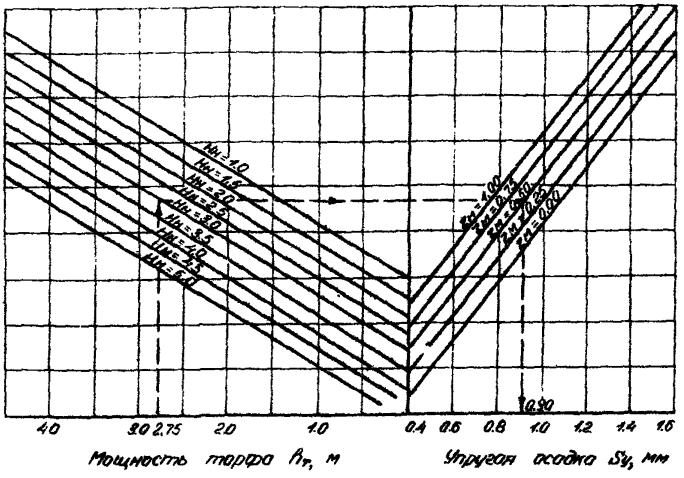


Рис. 3.I3. Зависимость величины упругой осадки (S_y) от мощности насыпи (Нн), торфа ($h_т$) и мерзлого перелетка ($\bar{z}$ м) в основании

Расчетная мощность мерзлого перелетка может быть ориентировочно принята по табл. 3.3.

Таблица 3.3

Мощность насыпи, м	I,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Толщина мерзлого перелетка, м	0,65	0,50	0,40	0,25	0

Величина амплитуды колебаний (A мк) определяется в зависимости от мощности обжатого слоя торфа ($h_т$ м), расчетной скорости движения грузовых автомобилей (V_x км/ч) и толщины насыпи (Нн м) по формуле

$$A=A_{1,5}\cdot e^{-0,43(H_н-1,5)} \qquad (3.I7)$$

где $A_{1,5} = 4,4h_т^2+I2,6h_т+0,4\ (I,3+h_т)\ (V_x-40)+28;$ (3.I8)

e - основание натурального логарифма.

Расчетная скорость (V_x) принимается в зависимости от максимальной технической скорости расчетного грузового автомобиля и категории дороги:

для III категории – 85 км/ч ;

для IУ категории – 70 км/ч ;

для У категории – 60 км/ч.

Решение уравнения (3.I7) можно выполнять графически по номограмме (рис. 3.I4).

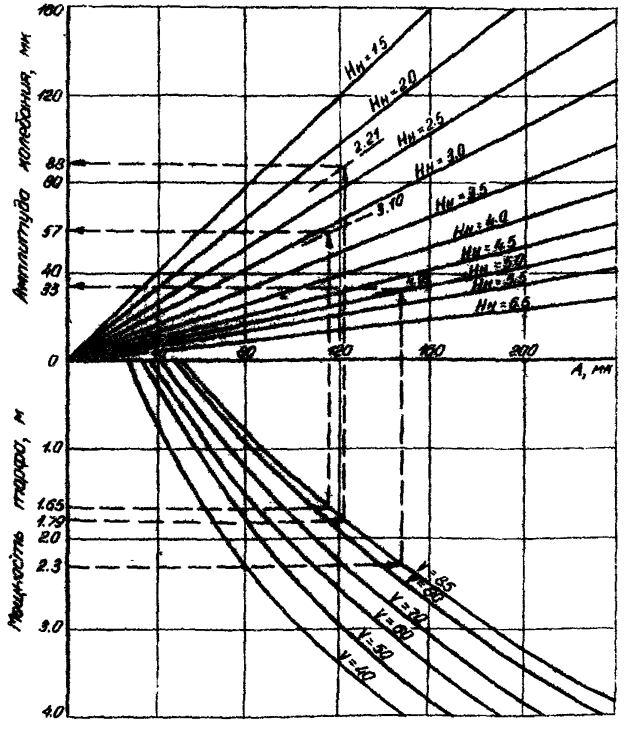


Рис. 3.I4. Зависимость амплитуды колебаний от h , V_x , $H_н$

4. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО НА ПОЙМАХ РЕК И ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ОЗЕР

4.1. Земляное полотно на поймах рек и пересечениях озер, как правило, находится в неблагоприятных гидрологических и инженерно-геологических условиях. Проектирование земляного полотна должно вестись индивидуально, с учетом воздействия на него расчетных транспортных нагрузок, а также ветровых волн, ледохода, перемещающихся ледовых полей, колебаний уровня воды, пойменных течений.

4.2. Наиболее благоприятным для предохранения дороги от размыва является проложение трассы вдоль направлений господствующих в теплый период года ветров и пойменных течений с максимальным сохранением естественного гидрологического режима поймы или озера. Следует избегать прокладки трассы таким образом, чтобы перед полотном дороги возникал подпор воды.

4.3. Трассу дороги на поймах следует прокладывать по вершинам грив, участкам, поросшим лесом или кустарником, в обход озер. Прокладка трассы по прирусловым валам может быть допущена главным образом лишь на тех участках, где не наблюдается сосредоточенных переливов паводковой воды на пойму. Во всех случаях расстояние от оси дороги до русловых обрывов должно быть таким, чтобы предохранить ее от подмыва в течение расчетного периода эксплуатации.

Конструирование земляного полотна

4.4. Насыпи, как правило, должны проектироваться из дренирующих грунтов, в отдельных случаях могут быть использованы легкая непылеватая супесь с числом пластичности не более 3, пылеватые пески и непереувлажненные суглинки. Применение недренирующих грунтов должно быть обосновано соответствующими расчетами прочности и устойчивости земляного полотна.

4.5. Возвышение бровки насыпей над расчетным горизонтом воды (РГВ) с учетом подпора и высоты волны с набегом ее на откос, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а возвышение бровки берм - не менее 0,25 м. Вероятность превышения РГВ при проектировании насыпей должна приниматься по табл. 4.I.

Таблица 4.I

Категория дороги	Расчетная вероятность превышения РГВ, %
Ш	2
IУ, У	3

4.6. На поймах рек подъезды к временным сооружениям, низководным причалам, паромным переправам и внутрипромысловые автомобильные дороги IУ и У категорий допускается проектировать с отметками бровки земляного полотна на уровне или ниже расчетного уровня паводковых вод.

4.7. Руководящая отметка бровки затопляемого в паводок земляного полотна должна устанавливаться из условий снегонезаносимости, обеспечения прочности дорожной одежды, обеспечения оптимального или директивного срока перерыва движения. В проекте должна быть принята максимальная отметка бровки земляного полотна, полученная из перечисленных условий.

Оптимальный срок перерыва движения и соответствующее ему оптимальное возвышение бровки насыпи должно определяться на основе технико-экономических расчетов. За оптимальное принимается возвышение бровки насыпи, при котором строительно-эксплуатационные затраты окажутся наименьшими.

4.8. При проектировании земляного полотна на поймах следует руководствоваться поперечными профилями (рис. 4.I – 4.4; 4.8), а на пересечениях стариц и озер – поперечными профилями (рис. 4.5 – 4.8). В откосной части насыпей допускается использование местных недренирующих грунтов – супесей, суглинков, глин, заторфованных минеральных грунтов и торфа. Насыпи на заболоченных участках могут проектироваться с полным или частичным торфовыванием и без торфовывания, насыпи на пересечениях стариц и озер – с полным отсыпанием слабых минеральных и органо-минеральных отложений и с частичным сохранением в основании слабых грунтов.

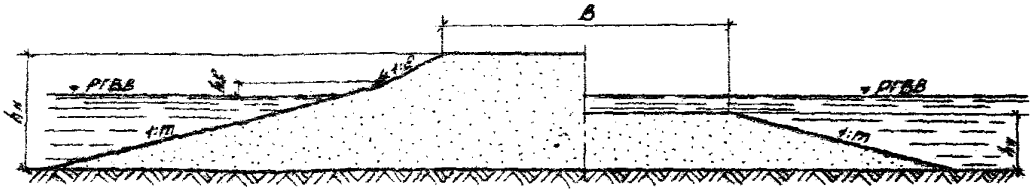


Рис. 4.I. Насыпи из песка на поймах рек

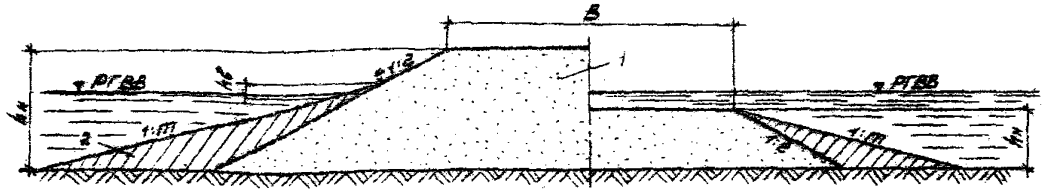


Рис. 4.2. Насыпи из песка и глинистого грунта в откосной части на поймах рек: I – песок; 2 – глинистый грунт

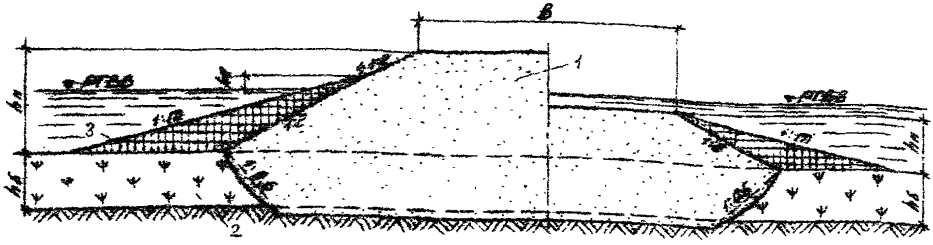


Рис. 4.3. Насыпи из песка на заболоченных поймах с полным выторфовыванием: I - песок; 2 - естественный торф; 3 - насыпной торф

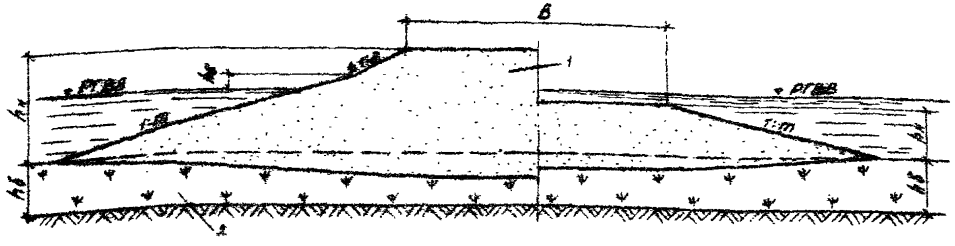


Рис. 4.4. Насыпи из песка на заболоченных поймах без выторфовывания: I - песок; 2 - естественный торф

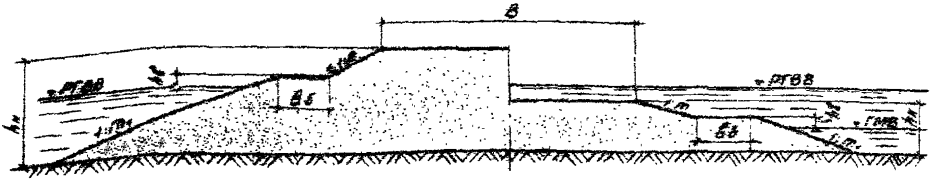


Рис. 4.5. Насыпи из песка на старицах и озерах

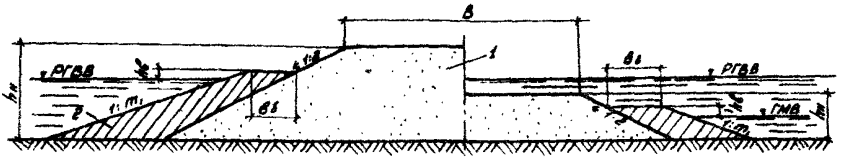


Рис. 4.6. Насыпи из песка и глинистого грунта в откосной части на старицах и озерах: I - песок; 2 - глинистый грунт

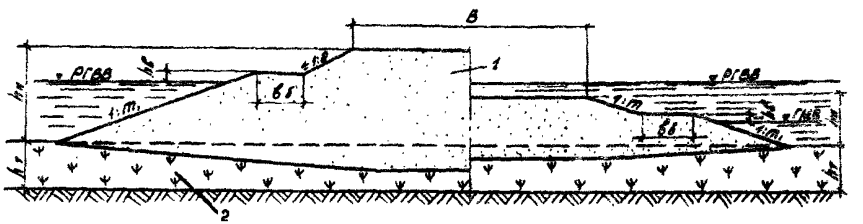


Рис.4.7. Насыпи из песка на старицах и озерах с сохранением в основании торфяной залежи: I - песок; 2 - торф

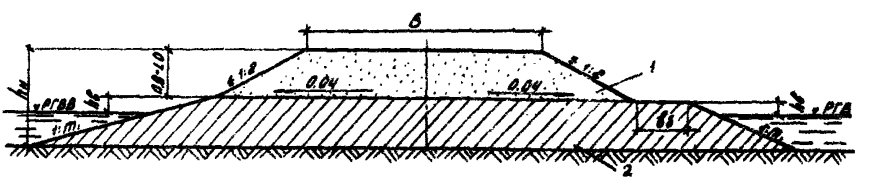


Рис. 4.8. Насыпи из глинистого грунта в нижней части на поймах и озерах: I - песок; 2 - глинистый грунт

4.9. Откосы подтопляемых насыпей до отметки РПВ с учетом подпора и высоты волны с набегом плюс 0,25 м, а откосы затопляемых насыпей - на всю высоту должны быть защищены от размыва путем уположения или укрепления. Способы защиты откосов от размыва должны выбираться на основе технико-экономического сравнения с учетом наличия местных материалов, способов производства работ, гидрологического и ледового режимов поймы или озера. В районах Западной Сибири целесообразно рассматривать такие способы защиты откосов от размыва, как их уположение до динамически устойчивого к волновому воздействию состояния, укрепление песчаным бетоном, устройство обрешетки из сборных бетонных элементов с заполнением ячеек цементогрунтом или песчано-гравийной смесью, укрепление сборными бетонными плитами.

4.10. Крутизна динамически устойчивых к волновому воздействию откосов определяется расчетом в зависимости от климатических и гидрологических условий и вида грунта насыпей. На стадии ТЭО крутизна динамически устойчивых откосов может определяться по табл. 4.2 в зависимости от вида грунта и высоты волны без учета набега ее на откос.

Таблица 4.2

Рекомендуемые заложения динамически устойчивых к волновому воздействию откосов

Вид грунта	Заложение откосов m при высоте волны, м					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Песок мелкий	5	7,5	10	15	20	25
Супесь легкая	4	7	10	15	20	20
Суглинок, глина	3	5	7,5	10	15	15
Торф	5	7,5	10	-	-	-

На пересечениях старин и озер вместо пологих откосов допускается устройство берм, ширина которых определяется из условия формирования в процессе эксплуатации динамически устойчивых к волновому воздействию откосов. Заложение откосов берм определяется при этом по углу естественного откоса грунта под водой.

4.II. Пологие динамически устойчивые к волновому воздействию откосы должны быть укреплены от ветровой и дождевой эрозии посевом трав по слою растительной земли или смеси песка с разложившимся торфом. Допускается обсыпка песчаных откосов глинистым грунтом с последующим посевом трав или укрепление откоса прорастающими ивовыми кольями.

При укреплении откосов насыпей на поймах хворостяными выстилками, прорастающими кольями, решетчатыми конструкциями, песчаным монолитным бетоном или сборными плитами для удобства производства работ нижнюю часть откоса на высоту до I,0 м допускается оставлять неукрепленной, уполаживая ее до динамически устойчивого к волновому воздействию состояния. Упор для конструкций укрепления в этом случае допускается устраивать в уположенной части откоса.

4.I2. При проектировании земляного полотна необходимо рассматривать вопрос о целесообразности намыва насыпей способом гидромеханизации. Конструкция насыпей, намываемых на поймах, а также на пересечениях мелких старин и озер при глубине воды в них менее $3h_g$ может приниматься в соответствии с рис. 4.9. На пересечениях глубоких старин и озер конструкция намывных насыпей может приниматься в соответствии с рис. 4.I0. При этом в зоне волнового воздействия и ниже поверхности воды предусматривается формирование очертания откоса насыпи при свободном намыве без обвалования. В верхней части насыпей необходимо предусматривать устройство более крутых откосов для предохранения проезжей части от снежных заносов.

Высота верхней части насыпей H_c должна быть не менее максимальной за зиму глубины снежного покрова плюс 0,5 м.

4.13. Бровки и обочины автомобильных дорог должны быть укреплены от размыва дождевыми и талыми водами, а затопляемых дорог - от размыва ветровыми и судовыми волнами и пойменными течениями.

Для защиты обочин от размыва дождевыми и талыми водами может быть использована их обсыпка суглинками или глинами слоем 15-20 см или песчано-гравийной смесью слоем 7-8 см.

Способ укрепления проезжей части, бровок и обочин затопляемых насыпей должен выбираться в соответствии со скоростью, возникающей при переливе воды через полотно дороги, определяемой расчетом (п. 4.24). Допускаемые скорости течения воды для грунтов и дорожных конструкций приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Грунты и материалы обочин и покрытия	Допускаемая скорость течения воды, м/с
Мелкозернистый и пылеватый песок	0,15 - 0,20
Супесь легкая	0,2 - 0,3
Суглинок пылеватый, глина	0,5 - 0,6
Песчано-гравийная смесь	0,8 - 1,0
Песчано-гравийная смесь, укрепленная цементом или битумом	1,5 - 2,0
Цементогрунт или битумогрунт	1,0 - 2,0
Покрытие из сборных железобетонных плит	2,0 - 3,0

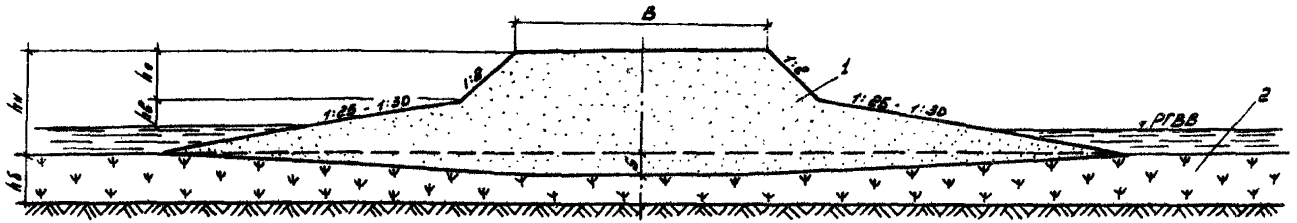


Рис. 4.9. Намывные насыпи из мелкозернистого песка на поймах, пересечениях мелких стариц и озер со слабыми пойменными или донными отложениями: I – песок; 2 – слабые пойменные или донные отложения

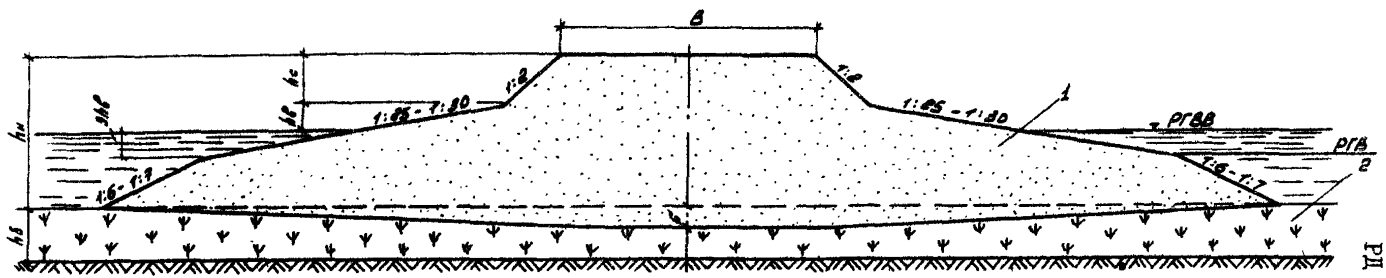


Рис. 4.10. Намывные насыпи из мелкозернистого песка на пересечениях глубоких стариц и озер со слабыми пойменными или донными отложениями: I – песок; 2 – слабые донные отложения

4.I4. При пересечении дорогой постоянно или периодически действующих водотоков могут проектироваться мосты, паромные переправы, открытые водопропускные лотки, а в отдельных случаях - водопропускные трубы. На пересечениях озер водопропускные сооружения должны проектироваться лишь в том случае, если возможно образование перепада уровней воды в разделенных дорогой частях водоема. Открытые водопропускные лотки разрешается проектировать только на затопляемых дорогах.

4.I5. Отверстия водопропускных сооружений на незатопляемых дорогах должны рассчитываться на пропуск паводка расчетной обеспеченности, на затопляемых - на пропуск потока паводковых вод при горизонте затопления на отметке проезжей части. При более высоких уровнях затопления пропуск водного потока должен предусматриваться и через водопропускные сооружения, и через насыпь.

4.I6. Для пропуска собственных паводков периодически действующих мелких водотоков на затопляемых дорогах вместо водопропускных труб предпочтительнее проектировать открытые водопропускные лотки, глубина которых принимается равной 0,2 м из условия проходимости автотранспорта в момент перелива воды, ширина $L = 3Q$ (Q - расход воды, $м^3/с$).

Лоток на всю ширину земляного полотна должен быть укреплен от размыва монолитным бетоном марки не ниже 250. Допускается проезжую часть лотка устраивать из сборных железобетонных плит типа ПАГ-I4 на основании из цементогрунта, битумогрунта или песчаного бетона. Низовой откос насыпи в пределах водопропускного лотка также должен быть укреплен бетоном. Глубина заложения укрепления низового откоса ниже поверхности земли или уровня воды в нижнем бьефе должна составлять не менее 2 м.

Расчет земляного полотна

4.17. Для определения крутизны откосов насыпи, высоты ширины берм, решения вопроса о сохранении или удалении слабых грунто основания, подсчета объемов земляных работ необходимо рассчитать

- устойчивость слабых оснований;
- фильтрационную и общую устойчивость откосов;
- осадки насыпей;
- земляное полотно от размыва.

4.18. Расчет устойчивости слабого грунта основания насыпей должен выполняться согласно п. 7.24 Указаний по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог (СН 449-72). По результатам расчета принимается решение об использовании слабого грунта в качестве основания насыпи или об его предварительном удалении. Для повышения устойчивости слабого основания можно предусматривать регулирование темпа отсыпки насыпи (при торфяных основаниях) или уположение откосов крутизна откосов насыпей, возводимых на основаниях, сложенных из устойчивых слабых минеральных или органо-минеральных грунтов основания, может определяться по номограмме (рис. 4.11) при мощности слабого слоя до 2 м.

4.19. Расчет общей устойчивости откосов может выполняться в соответствии с имеющимися в технической литературе предложениями. Способ расчета должен позволять учитывать свойства слабых грунтов оснований, влияние озерных или паводковых вод на прочностные свойства грунтов насыпи, влияние гидродинамического воздействия воды, возникающего при спаде паводка. На стадии ТЭО заложение откосов насыпей из мелкозернистых песков по условию обеспечения общей устойчивости на слабом минеральном или органо-минеральном основании мощностью до 2 м может определяться по графикам (рис. 4.12) в зависимости от высоты насыпи и сопротивления грунта основания лопатному сдвигу.

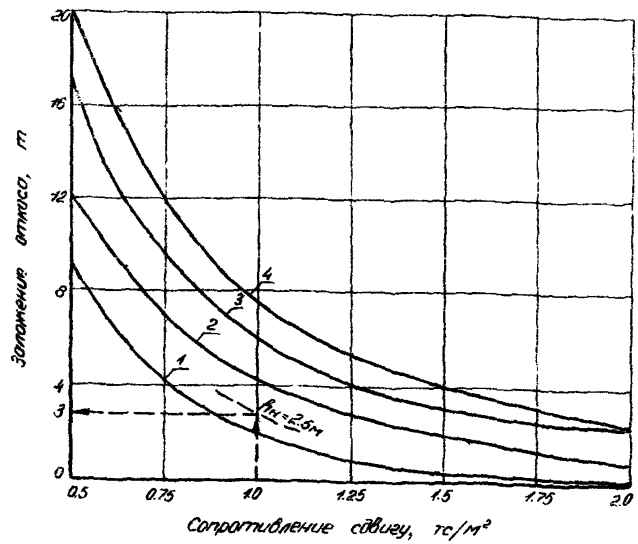


Рис. 4.11. Номограмма для определения заложения откосов насыпи по условию обеспечения устойчивости грунта основания: I - $h_н$ = 2 м; 2 - $h_н$ =4 м; 3 - $h_н$ = 8 м; 4 - $h_н$ = I2 м

4.20. Откосы пойменных насыпей из песка должны быть проверены на местную фильтрационную устойчивость по формуле

$$m \geq \frac{2}{tg\,\varphi}\,, \qquad (4.1)$$

где m - заложение откоса;

φ - угол внутреннего трения водонасыщенного грунта.

При невыполнении условия (4.I) необходимо уполаживать откос или применять пригрузку откоса более крупным материалом.

4.21. Осадки насыпей на слабом основании определяются по методике, изложенной в разделе 3 настоящей Инструкции.

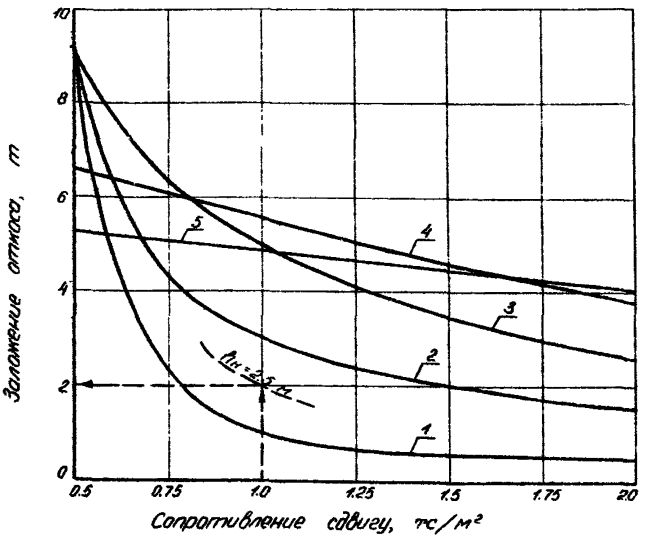


Рис. 4.12. Зависимость требуемого заложения откоса насыпи из мелкозернистого песка от сопротивления сдвигу грунта основания: I - $h_н$ = 2 м; 2 - $h_н$ = 3 м; 3 - $h_н$ = 4 м; 4 - $h_н$ = 8 м; 5 - $h_н$ =I2 м

4.22. Расчет ширины бермы насыпей на старицах и озерах из условия формирования динамически устойчивого к волновому воздействию откоса следует выполнять по формуле

$$B_б = \frac{1}{2}(H_в + h_в)(m - m_1), \qquad (4.2)$$

где $B_б$ - ширина бермы, м;

$h_в$ - высота волны с учетом набега ее на откос, м;

$H_в$ - глубина воды при РГВ с требуемым процентом обеспеченности, м;

m - заложение откоса, динамически устойчивого к волновому воздействию;

m_1 - заложение откоса при свободной отсыпке грунта в воду, определяемое по величине угла естественного откоса грунта под водой.

1.23. Высота наката волны на откос подсчитывается по формуле

$$h_н^в = \frac{0.8h}{m}\left(1.5 + 0.25\frac{\lambda}{h}\right), \qquad (4.3)$$

$h_н^в$ – высота наката волны, м;

m – заложение откоса;

h – высота волны; м;

λ – длина волны, м.

При длине разгона волны от I до I0 км и скорости ветра 0 м/с значения h и λ могут определяться по номограмме (рис. 4.I3) в зависимости от глубины воды в водоеме, в остальных случаях их необходимо определять при гидрологических изысканиях или расчетным путем.

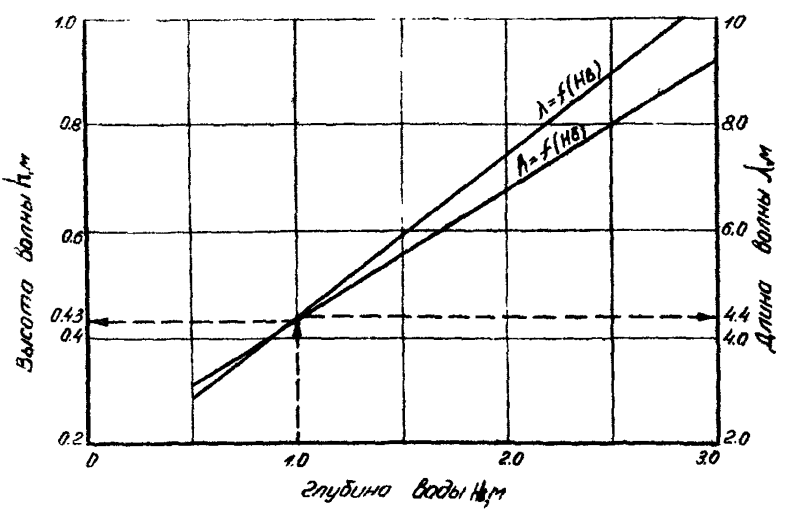


Рис. 4.I3. Номограмма для определения высоты и длины волны в зависимости от глубины водоема

4.24. Скорость перелива воды через насыпь на затопляемых участках определяется по графикам в зависимости от глубины перелива (напора ΔH) и разности уровней в верхнем и нижнем бьефах (подпора Δh) отдельно для оси и бровки земляного полотна (рис. 4.I4), при наиболее неблагоприятных сочетаниях величин напора и подпора. Величина напора определяется как разность отметок уровня воды на пойме и верха затопленной по оси дороги, величина подпора - по данным наблюдений или гидрологическими расчетами. При отсутствии данных наблюдений величина подпора затопленной насыпи может быть принята в пределах 3-5 см.

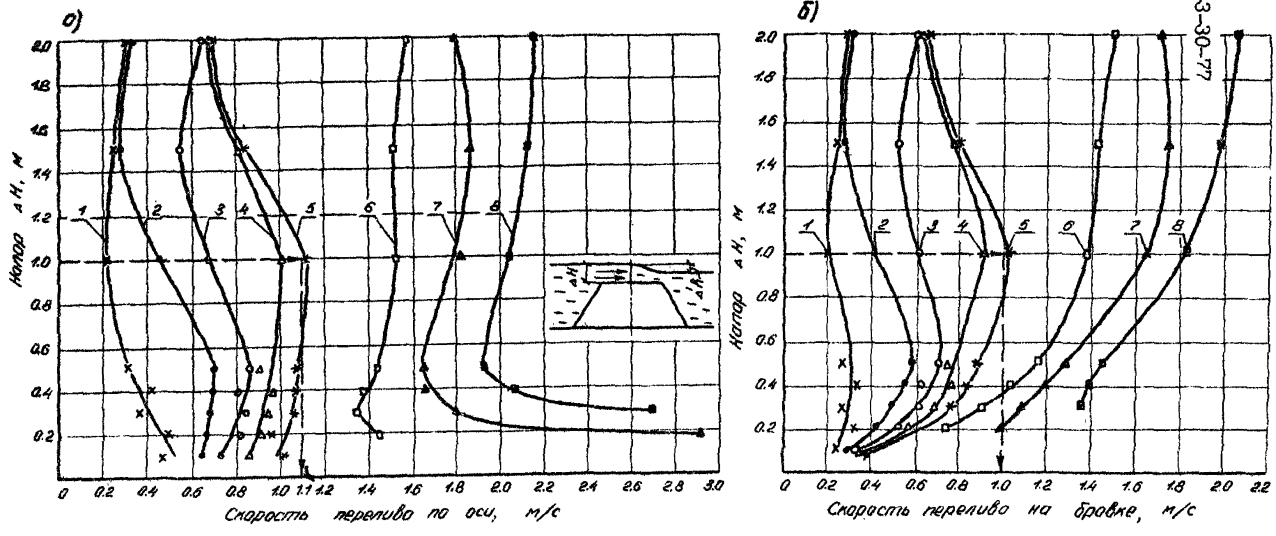


Рис. 4.14. График для определения скоростей перелива по оси (а) и на бровке (б) затопленной насыпи при подпоре (Δh), равном: 1-1 см; 2-2 см; 3-3 см; 4-4 см; 5-5 см; 6-10 см; 7-15 см; 8-20 см

Приложение

ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Пример I. Проектирование земляного полотна на болоте, сложенном неоднородной торфяной залежью.

I. Исходные данные

Автомобильная дорога Ш категории с покрытием из сборных предварительно-напряженных железобетонных плит типа ПАГ-I4. Рабочая отметка насыпи $h_н$ = I,75 м, грунт насыпи - мелкозернистый песок с объемным весом γ = I,8 г/см^3. По результатам испытания крыльчаткой торфяная залежь на расчетном поперечнике представлена согласно табл. 2.3. следующими типами торфа:

до I,9 м - тип 3, h_3 = I,9 м;
от I,9 до 3,4 м - тип 2, h_2 = I,5 м;
от 3,4 до 4,5 м - тип I-А h_{IA} = I,I м;
от 4,5 до 5,5 м - тип I-Б $h_{IБ}$ = I,0 м.
Общая глубина болота составляет $h_б$ = 5,5 м.

2. Выбор конструкции земляного полотна

Согласно табл. 3.I настоящей Инструкции, болото относится к типу Ш-А и может быть использовано в качестве основания насыпи при ограничении скорости возведения земляного полотна. В соответствии с п.3.I4 поперечный профиль земляного полотна принимается по типу рис. 3.5,б с откосами I:2.

3. Расчет конечной осадки торфяного основания

Расчет осадки выполняем решением системы уравнений (3.2 - 3.6) методом последовательных приближений.

Шаг I. Принимаем $S = h_3 = 1{,}9$ м (предусматривается выдавливание слоя торфа 3-го типа). Тогда

$p = 0{,}1\ (1{,}8 \times 1 + 1{,}75 + 1 \times 1{,}9) = 0{,}5$ кгс/см^2;

$S_{1A} = 1{,}0\ (0{,}460\ \sqrt{0{,}5} - 0{,}142) = 0{,}183$ м ;

$S_{1Б} = 1{,}1\ (0{,}665\ \sqrt{0{,}5} - 0{,}159) = 0{,}342$ м ;

$S_2 = 1{,}5\ (0{,}635\ \sqrt{0{,}5} - 0{,}062) = 0{,}581$ м ;

$S_3 = 1{,}9$ м;

$S = S_{1A} + S_{1Б} + S_2 + S_3 = 0{,}183 + 0{,}342 + 0{,}581 + 1{,}9 = 3{,}01$ м

Шаг 2. Принимаем $S = 3{,}01$ м. Тогда

$p' = 0{,}1\ (1{,}8 \times 1 + 1{,}75 + 1 \times 3{,}01) = 0{,}616$ кг/см^2;

$S'_{1A} = 1{,}0\ (0{,}46\ \sqrt{0{,}616} - 0{,}142) = 0{,}219$ м ;

$S'_{1Б} = 1{,}1\ (0{,}665\ \sqrt{0{,}616} - 0{,}159) = 0{,}399$ м ;

$S'_2 = 1{,}5\ (0{,}635\ \sqrt{0{,}616} - 0{,}062) = 0{,}655$ м ;

$S_3 = 1{,}9$ м;

$S' = 0{,}219 + 0{,}399 + 0{,}665 + 1{,}9 = 3{,}173$ м.

Так как S' значительно отличается от S, выполняем следующее приближение.

Шаг 3. Принимаем $S = 3{,}173$ м. Тогда

$p'' = 0{,}1\ (1{,}8 \times 1 + 1{,}75 + 1 \times 3{,}173) = 0{,}632$ кгс/см^2;

$S''_{1A} = 1{,}0\ (0{,}46\ \sqrt{0{,}632} - 0{,}142) = 0{,}224$ м;

$S''_{1Б} = 1{,}1\ (0{,}665\ \sqrt{0{,}632} - 0{,}159) = 0{,}407$ м;

$S''_2 = 1{,}5\ (0{,}635\ \sqrt{0{,}632} - 0{,}062) = 0{,}664$ м;

$S_3 = 1{,}9$ м;

$S'' = 0{,}224 + 0{,}407 + 0{,}664 + 1{,}9 = 3{,}195$ м.

Поскольку S'' отличается от S', делаем еще одну интерпретацию.

Шаг 4. Принимаем S = 3,I95 м. Тогда

$p''' = 0,I\ (I,8x\ I,75+\ I,0x\ 3,I95) = 0,635$ кгс/см^2;

$S'''_{IA} = I,0\ (0,46\ \ 0,635 - 0,I42) = 0,225$ м;

$S'''_{IБ} = I,I\ (0,665\ \ 0,635 - 0,I59) = 0,408$ м;

$S'''_{2} = I,5\ (0,635\ \ 0,635 - 0,062) = 0,666$ м;

$S_3 = I,9$ м;

$S''' = 0,225 + 0,408 + 0,666 + I,9 = 3,I99$ м.

Поскольку S''' незначительно отличается от S'', расчет заканчиваем и принимаем, что осадка торфяного основания S = 3,I99 м.

Осадка может быть рассчитана при использовании графического решения, заключающегося в приведении сжимаемых слоев торфа типов I-А, I-Б и 2 к эквивалентному по номограмме рис. 3.6. Порядок приведения многослойной системы к эквивалентному слою показан на номограмме пунктирными линиями.

В результате графического решения находим $H_{экв} = 3,5$ м. Затем определяем расчетную нагрузку на поверхности сжимаемой толщи торфа с учетом положения уровня воды по уравнению (3.2)

$P = 0,I\ (I,8xI,75+Ix\ I,9) = 0,50$ кгс/см^2.

Зная нагрузку от насыпи, по номограмме (рис. 3.7) находим конечную осадку за счет сжатия слоев торфа типов I-А, I-Б и 2. Ход решения показан на номограмме пунктирными линиями. Таким образом, осадка за счет сжатия слоев торфа типов I-А, I-Б и 2 составляет S =I,30 м. Общая осадка с учетом выдавливания слоя h_3 составит

$S = I,30 + I,90 = 3,2$ м.

4. Расчет упругих деформаций и динамических колебаний под воздействием расчетного автомобиля

Величина упругой осадки от статического воздействия расчетной нагрузки определяется в зависимости от мощности обжатого слоя торфа и толщины насыпи.

Аналитический расчет упругой осадки производим по формуле (3.I5) при отсутствии мерзлого перелетка в основании насыпи и по формуле (3.I6) - при наличии мерзлого слоя торфа в основании.

В данном примере

$$H_H = 3,2 + I,75 = 4,95 \text{ м}.$$

Согласно табл. 3.3, при указанной толщине насыпи мерзлый слой торфа в основании насыпи не сохраняется, следовательно, упругую осадку рассчитываем по формуле (3.I5)

$$S_y = 0,926 + 0,I89 \times 2,30I - 0,I44 \times 4,95 = 0,65 \text{ мм}.$$

Последовательность графического метода расчета упругих осадок показана пунктирными линиями на номограммах (рис. 3.I2 - 3.I3). Для данного примера расчет выполняем по номограмме (рис. 3.I2).

$S_y = 0,65$ мм.

Упругая осадка земляного полотна на торфе для дороги Ш категории, согласно п. 3.25, допускается до I,0 мм, следовательно, толщина насыпи удовлетворяет указанному условию.

Аналитический расчет величины максимальной амплитуды колебания дорожного покрытия от движущегося грузового автомобиля производится по формулам (3.I7 - 3.I8). Максимальная скорость движения расчетного автомобиля принимается по п. 3.25:

$V = 85$ км/ч

$A_{ls} = 4,4x2,30I^2 + I2,6x2,30I + 0,4\ (I,3+2,30I)\ (85-40) + 28 = I45,II$ мк.

$A = I45,II \times 2,7I8 - 0,43(4,949-I,5) = 33$ мк.

Допустимая амплитуда колебаний, согласно п.3.25, составляет I00 мк, следовательно, дорожная конструкция удовлетворяет условию динамической прочности.

Графический расчет максимальной амплитуды колебаний земляного полотна производится по номограмме (рис. 3.I4). Ход расчета показан на номограмме пунктирными линиями.

5. Прогноз осадки во времени и расчет сроков устройства дорожной одежды

В соответствии с п. 3.24 укладка сборного покрытия на первой стадии строительства допускается при скорости осадки насыпи не более 7 см/мес, а на второй стадии строительства - не более I,5 см/мес. Для решения вопроса о сроках устройства дорожной одежды определим:

- время, необходимое для снижения скорости осадки до 7 и I,5 см/мес;
- степень консолидации торфяного основания на эти периоды;
- текущую осадку на эти же периоды.

Расчет времени снижения скорости осадки до требуемых величин выполним по формуле (3.I4):

- для первой стадии строительства $T_1 = \frac{25,7}{7} \approx 4$ мес;
- для второй стадии строительства $T_2 = \frac{25,7}{I,5} \approx I7$ мес.

Степень консолидации торфяного основания определим по формуле (3.I0) для моментов времени $T_1 = 4$ мес и $T_2 = I7$ мес:

- при $T_1 = 4$ мес $U_1 = I0,48 + 58 \lg 4 = 55,4\%$;
- при $T_2 = I7$ мес $U_2 = I0,48 + 58 \lg I7 = 8I,9\%$.

Текущую осадку определим по формуле (3.12):

- при T_1 =4 мес S_{t_1} =(3,2-1,9) (10,48+58 lg 4) 0,01 +1,9 = = 2,62 м;

- при T_2 =17 мес S_{t_2} =(3,2-1,9) (10,48+58 lg 17) 0,01 +1,9 = = 2,96 м.

6. Расчет величины временной пригрузки

Согласно п.5 настоящего примера устройство дорожной одежды на второй стадии можно выполнять через 17 месяцев после отсыпки насыпи. Для ускорения консолидации торфяного основания можно применить метод временной пригрузки насыпи грунтом, однородным с грунтом земляного полотна. Величину временной пригрузки установим исходя из условия, чтобы требуемая степень консолидации торфяного основания была достигнута за 10 месяцев, т.е. чтобы через 10 месяцев скорость осадки была не более 1,5 см/мес.

Определение величины временной пригрузки выполним графически по номограмме рис. 3.8. Для этого фиксируем сначала текущую осадку сжимаемых слоев торфа типов I-А, I-Б и 2 при T = 17 мес и V = 1,5 см/мес. Согласно п.5 примера, текущая осадка, включая осадку выдавливаемого слоя h_3, составляет 2,96 м. Без учета осадки слоя h_3 текущая осадка составит 2,96-1,9 =1,06 м.

Далее, пользуясь левой частью номограммы (рис. 3.8), из точки, соответствующей S_t = 1,06 м, проводим горизонтальную линию до пересечения с вертикалью, соответствующей заданному времени (T = 10 мес). Затем из этой точки вправо и вниз параллельно кривым консолидации проводим линию до пересечения с осью "осадка", из полученной точки на правой части номограммы - горизонтальную линию до пересечения с линией, соответствующей значению эквивалентного слоя торфа ($H_{экв}$ = 3,5 м, п.2 настоящего примера). Из точки

пересечения этих линий влево и вверх проводим прямую линию, параллельную линиям нагрузки до пересечения с осью абсцисс, и определяем нагрузку на торфяное основание от насыпи с учетом требуемого пригруза ($P_{пр}$ =0,63 ктс/см^2).

Зная величину нагрузки на торфяное основание, по уравнению (3.2) определим, предварительно его преобразовав, высоту насыпи с пригрузом

$$h_н^{пр} = \frac{P_{пр} - \gamma_{взв} \cdot h_з \cdot 0,1}{\gamma \times 0,1} = \frac{0,63 - 1,0 \times 1,9 \times 0,1}{1,8 \times 0,1} = 2,44 \text{ м.}$$

Тогда толщина слоя временного пригруза составит

$$h_{пр} = h_н^{пр} - h_н = 2,44 - 1,75 = 0,69 \text{ м.}$$

П р и м е р 2. Проектирование земляного полотна на болоте, сложенном однородной торфяной залежью.

1. Исходные данные

Автомобильная дорога Ш категории с покрытием из сборных плит типа ПАГ-14. По данным дешифрирования аэрофотоматериалов, дорога пересекает болота I и II типов. Глубина болота I типа h_1 = 2,5 м, высота насыпи $h_н$ = 1,5 м. Глубина болота II типа h_2 = 3 м, высота насыпи $h_н$ = 1,75 м.

2. Расчет конечной осадки

Конструкцию насыпей на болотах I и II типов примем согласно рис. 3.2,а с откосами 1:2. Осадку рассчитаем по формулам (3.7 - 3.8), предварительно определив ширину насыпи по низу для болота I типа B = 18 м, для болота II типа B = 19 м.

Осадки насыпи составят:

- на болоте I типа

S = 0,2IIх 2,5+ 0,3I2х I,5- 0,002хI8 - 0,247 = 0,7I м;

- на болоте II типа

S = 0,475х 3,0+ 0,3I х I,75- 0,0I5х I9 - 0,335= I,35 м.

Осадки могут быть определены графически по рис. 3.9 - 3.I0 с использованием верхней части номограмм. Ход определения показан пунктирными линиями.

3. Расчет упругих деформаций и динамических колебаний

Упругие осадки рассчитываем по формулам (3.I5 - 3.I6) или номограммам (рис. 3.I2 - 3.I3):

- на болоте I типа

S_y = 0,929+0,I89 (2,5-0,7I)- 0,I44 (I,5+0,7I) = 0,95 мм;

- на болоте II типа

S_y = 0,926+0,I89 (3-I,35) - 0,I44 (I,75+I,35) = 0,79 мм.

Амплитуду колебаний подсчитываем по формулам (3.I7 - 3.I8) или определяем графически по номограмме (рис. 3.I4):

- на болоте I типа

$A_{1,5}$= 4,4хI,79^2+I2,6хI,79+0,4 (I,3+I,79) (85-40) +28 = I20,3 мк;

A = I20,3х2,7I8$^{-0,43\left[(I,5+0,7I)-I,5\right]}$= 88 мк;

- на болоте II типа

$A_{1,5}$= 4,4(3,0-I,35)^2+I2,6 (3,0-I,35) + 0,4$\left[I,3+(3-I,35)\right]$ (85-40)+ +28 = II4 мк;

A = II4 х 2,7I8$^{-0,43\left[(I,75+I,35)-I,5\right]}$= 57 мк.

4. Прогноз осадки во времени и расчет сроков устройства дорожной одежды выполняется аналогично примеру I

5. Расчет величины временной пригрузки

Определение величины временной пригрузки выполним графически по номограммам (рис. 3.9 - 3.10). Для этого вначале фиксируем текущую осадку на момент времени T = 17 мес и V = 1,5 см/мес. Согласно п.4, текущая осадка для болота I типа S_{t_I} = 0,58 м, для болота II типа $S_{t_{II}}$ = 1,11 м.

Далее, пользуясь нижней частью номограмм (рис. 3.9 - 3.10), из точки, соответствующей осадке S_{t_I} = 0,58 м и $S_{t_{II}}$ = 1,11 м, опускаем перпендикуляр до пересечения с горизонталью, соответствующей заданному времени (T = 10 мес). Затем из этой точки влево и вверх параллельно смежным кривым консолидации проводим линию до пересечения с осью "осадка". Из полученной точки восстанавливаем перпендикуляр до встречи с горизонталью, проведенной из точки пересечения линий, соответствующих ширине насыпи и глубине болота. Точка встречи указанных линий соответствует значению искомой высоты насыпи с учетом временного пригруза.

По рис. 3.9 для болота I типа $h_н^{пр}$ = 1,75 м, тогда

$$h_{пр} = 1{,}75 - 1{,}5 = 0{,}25 \text{ м};$$

по рис. 3.10 для болота II типа $h_н^{пр}$ = 2,60 м, тогда

$$h_{пр} = 2{,}60 - 1{,}75 = 0{,}85 \text{ м}$$

Пример 3. Проектирование земляного полотна на пойме.

1. Исходные данные

Автомобильная дорога IУ категории с покрытием из сборных плит типа ПАГ-14 проходит по пойме реки. Оптимальная высота насыпи над выровненной поверхностью поймы, определенная в результате технико-экономических расчетов, составляет 1 м. При такой высоте насыпи автомобильная дорога работает как затопляемая при высоких паводках.

При затоплении насыпи максимальный напор над осью дороги ΔH = I м, подпор Δh = 5 см. Длина разгона волны составляет 5 км, расчетная скорость ветра - 20 м/с.

Насыпи отсыпаются мелкозернистым песком. Угол естественного откоса при отсыпке в воду и угол внутреннего трения водонасыщенного песка $\varphi = 28^{0}$. Запроектировать насыпь в месте пересечения старицы. Высота насыпи составляет $h_{н}$ = 2,5 м. В основании насыпи залегает слой мощностью I м текучего суглинка с сопротивлением сдвигу по крыльчатке τ = 0,I кгс/см^{2}, ниже - мелкозернистый песок.

2. Определение крутизны откосов из условия обеспечения устойчивости слабого основания насыпи

Требуемое заложение откосов определяем по номограмме рис. 4.II. При $h_{н}$ = 2,5 м и τ = I т/м^{2} требуемое заложение откосов составляет m = 3. Ход определения на номограмме показан стрелками.

3. Определение крутизны откосов из условия обеспечения общей устойчивости насыпи

Заложение откосов определяем по графикам на рис. 4.I?. При $h_{н}$ = 2,5 м и τ = I,0 т/м^{2} требуемое заложение откосов составляет m = 2.

4. Проверка откосов на местную фильтрационную устойчивость

Проверка выполняется по формуле (4.I). При угле внутреннего трения $\varphi = 28^{0}$ и $tg\varphi \approx 0{,}532$ требуемое заложение откосов исходя из условия обеспечения местной фильтрационной устойчивости составит

$$m = \frac{2}{0{,}532} \approx 3{,}8 .$$

Таким образом, исходя из всех выполненных проверок заложение откосов насыпи должно быть не менее m = 3,8. Откосы насыпи должны быть защищены от волнового размыва путем укрепления или уположения до динамически устойчивого состояния.

5. Определение крутизны динамически устойчивого к волновому размыву откоса

При глубине воды на пойме I м, равной средней высоте насыпи, длине разгона волны 5 км и скорости ветра 20 м/с по номограмме рис. 4.I3 определяем высоту и длину волны h = 0,43 м, λ = 4,4 м. Далее по табл. 4.2 определяем требуемую крутизну динамически устойчивого откоса из песка (m = I6,5).

Таким образом, по результатам всех расчетов необходимо принять крутизну откосов насыпи I: I6,5, если предусматривать их укрепление только посевом трав.

6. Определение ширины бермы

Поскольку насыпь сооружается на пересечении старицы, отсыпать откосы с заложением I6,5 сложно. Согласно п. 4.22, в таких случаях можно предусмотреть устройство бермы, ширина которой определяется по формуле (4.2).

В нашем случае глубина воды на пойме принимается равной высоте насыпи, так как насыпь затопляется, то есть $H_g = h_н$ = 2,5 м. Высоту набега волны на откос подсчитываем по формуле (4.3) при h = 0,43 и λ = 4,4 м.

$$h_н^в = \frac{0,8 \times 0,43}{I6,5} \left(I,5 + 0,25 \frac{4,4}{0,43}\right) = 0,085 \text{ м},$$

тогда высота волны с набегом составит

$$h_в = h + h_н^в = 0,43 + 0,085 = 0,51 \text{ м}.$$

Заложение откоса при отсыпке песка в воду равно

$$m_1 = \frac{1}{tg\varphi} = \frac{1}{tg\,28^0} = 1,88 \approx 1,9$$

Подсчитаем ширину бермы

$$в_б = \frac{1}{2}(2,5+0,51)(16,5-1,9) = 22 \text{ м}.$$

7. Определение скорости перелива и выбор способа укрепления обочин земляного полотна

Скорость перелива воды через насыпь при ее затоплении определим по номограммам (рис. 4.14). При $\Delta H = 1$ м и $\Delta h = 5$ см скорость перелива по оси составит 1,1 м/с и на бровке - 1,0 м/с.

Согласно табл. 4.3, допускаемые скорости течения воды для сборного бетонного покрытия составляют 2-3 м/с, а для мелкозернистого песка - 0,15 - 0,2 м/с, то есть по оси дороги возможные скорости перелива находятся в допустимых пределах, а на бровке - превышают допустимые. Для укрепления бровок можно применить песчано-гравийную смесь, укрепленную цементом или битумом.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 3

2. Характеристика местных грунтов и слабых отложений как оснований насыпей 4

Местные грунты для отсыпки насыпей 4

Характеристика слабых отложений как оснований насыпей 7

3. Земляное полотно на болотах I0

Конструирование земляного полотна II

Расчет земляного полотна на торфе I8

4. Земляное полотно на поймах рек и пересечениях озер 3I

Конструирование земляного полота 3I

Расчет земляного полотна 4I

П р и л о ж е н и е

Примеры проектирования земляного полотна. 47

Инструкция

по сооружению земляного полотна нефтепромысловых автомобильных дорог на слабых озерно-болотных и пойменных отложениях с использованием местных грунтов в условиях постоянного или временного подтопления

РД 39-3-30-77

Отв. за выпуск Т.И.Ковалева
Редактор А.П.Шарова
Технический редактор Т.В.Шарова

Подписано в печать II.IX.78 г. Формат бумаги 60x84/16
Объем 2,4 уч.-изд.л. Тираж 150 экз. Заказ № 972

Ротапринт Гипротюменнефтегаза
625000, г.Тюмень, ул.Республики, 62

gost.e-ecolog.ru