МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГРУНТОВ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Москва 1980

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГРУНТОВ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Одобрены Минтрансстроем

УДК 625.731.2(075.5)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГРУНТОВ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ. Союздорнии.М., 1980.

"Методические рекомендации" составлены по результатам исследований, выполненных в целях расширения области применения в дорожном строительстве местных грунтов при их влажности выше оптимальной.

В работе использованы данные лабораторных экспериментов, наблюдений на опытных участках и производственных объектах.

Показана зависимость основных свойств грунтов от их влажности. На основе этих данных приведена классификация грунтов повышенной влажности, обеспечивающая выбор технологических решений. На основе расчетов рекомендованы дифференцированные по видам грунтов и по их влажности значения допустимой высоты насыпей, крутизны откосов. Приведена методика проектирования насыпей с расчетом на консолидационное уплотнение грунтов. Рассмотрены технологические приемы разработки, перемещения и уплотнения грунтов повышенной влажности, показано влияние степени переувлажнения грунтов на производительность основных дорожных машин. Предложены способы естественного просушивания грунтов, осушения их активными добавками.

"Методические рекомендации предназначены для использования при проектировании конструкции и при разработке технологии строительства земляного полотна автомобильных дорог.

Табл.12. рис.18. библ.4.

© Союздорнии, 1980г.

УДК 625.731.2(075.5)

Предисловие

"Методические рекомендации по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности" составлены в Союздорнии на основе результатов исследований, выполненных в последние годы. При их составлении учтены опыт проектных и производственных организаций, накопленный при сооружении земляного полотна в неблагоприятных грунтовых и гидрогеологических условиях, а также разработки в данной области, выполненные в Ленинградском и Омском филиалах Союздорнии, Гипротюменнефтегазе, МАДИ.

"Методические рекомендации" составлены на основе и в развитие СНиП II.40-78 "Автомобильные дороги". По сравнению с ВСН 166-70 "Технические указания по возведению земляного полотна автомобильных дорог из переувлажненных грунтов" настоящие "Методические рекомендации" включают ряд новых положений, содержат более подробный анализ состояния грунтов и рекомендации по конструированию земляного полотна. В приложениях даны методы определения некоторых специфических характеристик грунтов повышенной влажности, типичные примеры расчетов осадки насыпи и времени ее завершения.

Выполнение требований "Методических рекомендаций" должно способствовать расширению возможностей сооружения достаточно прочного и стабильного земляного полотна из грунтов повышенной влажности.

"Методические рекомендации" составлены докт.техн. наук И.Е.Евгеньевым, кандидатами технических наук Э.М.Добровым, Э.К.Кузахметовой, инженерами А.П.Аксеновым, Р.Е.Чеплановой при участии докт. техн. наук В.Д.Казарновского, кандидатов технических наук Ю.М.Васильева, А.Г.Полуновского, инженеров Ю.М.Львовича,

А.С.Плоцкого, А.Д.Каюмова, Е.С.Кузнецовой, Л.И. Семендяева. Общая редакция осуществлена докт.техн.наук И.Е.Евгеньевым.

Замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900 Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для применения при производстве следующих работ по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности: подготовке оснований, разработке выемок, устройстве насыпей, дренажных и водоотводных сооружений.

В "Методических рекомендациях" рассмотрены лишь основные задачи расчета, главным образом для типовых конструктивных решений, и не освещены специальные вопросы, связанные с проектированием и сооружением земляного полотна в условиях вечной мерзлоты, при отрицательной температуре, при использовании в насыпи или в основании органических, засоленных и просадочных грунтов. При индивидуальном проектировании в дополнение к данным "Методическим рекомендациям" следует использовать специальные пособия.

1.2. К грунтам повышенной влажности следует относить грунты, которые в период укладки их в насыпь или во время разработки выемки имеют влажность выше оптимальной, определенную по ГОСТ 22733-77 "Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности".

1.3. Гарантированные расчетные значения прочности и стабильности земляного полотна могут быть получены только при условии достижения требуемой плотности грунтов. Приведенные ниже рекомендации дают возможность достичь этой цели в процессе строительства без применения типовой технологии послойной отсыпки и уплотнения машинами. Данные рекомендации не предполагают изменения требуемых соответствующими разделами СНиП норм плотности грунтов земляного полотна при сдаче дороги в эксплуатацию.

1.4. Ограничения, установленные действующими нормативными документами для глинистых и пылеватых грунтов, используемых в верхней части земляного по-

лотна, при условии обеспечения прочности и стабильности (независимо от их состояния), действительны и для грунтов повышенной влажности.

1.5. Независимо от принятых проектных решений, при производстве земляных работ в грунтах повышенной влажности следует принимать меры по предупреждению или максимально возможному снижению дополнительного увлажнения грунта атмосферными осадками, поверхностными и грунтовыми водами.

1.6. В проекте производства работ следует учитывать специфические особенности грунтов повышенной влажности, которые оказывают влияние на выбор землеройных, транспортных и уплотняющих машин, их производительность, проходимость машин по построечным дорогам, эксплуатацию временных сооружений и т.п.

1.7. На стадии проектирования при выборе источников получения грунтов для сооружения земляного полотна и определения способов производства земляных работ следует учитывать влажность в предусмотренный проектом сезонный период производства работ. Прогноз расчетной влажности выполняют с учетом количества осадков, условий влагонакопления, глубины промерзания земляного полотна, расчетного уровня грунтовых вод, средней температуры воздуха. Расчетный уровень грунтовых вод принимают с повторяемостью один раз в десять лет.

1.8. Конструктивные и технологические решения при сооружении земляного полотна из грунтов повышенной влажности выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов.

При сравнении вариантов следует учитывать, кроме строительных затрат, длительность строительства, стоимость земель для кавальеров резервов, затраты на устройство временных дорог и другие дополнительные расходы.

1.9. Во всех случаях применения для возведения земляного полотна грунтов повышенной влажности (кроме

песчаных грунтов допустимой степени переувлажнения) следует учитывать снижение производительности машин при разработке, перемещении и уплотнении этих грунтов. Выбор машин осуществляется на основе технико-экономического сравнения с учетом ограничений их проходимости.

2. Особенности свойств грунтов повышенной влажности

2.1. С учетом комплекса физико-механических свойств, определяющих выбор конструкции и технологии сооружения земляного полотна, глинистые грунты повышенной влажности можно разделить на четыре категории по степени переувлажнения (табл.1).

Таблица 1

Степень переувлажнения	Технологические характеристики грунта		
	Уплотняемость в насыпи	Проходимость машин по ненарушенному слою грунта	Липкость при переработке
Допустимая	Уплотняется по обычной технологии до требуемой плотности	Удовлетворительная	Повышенная
Средняя	Уплотняется механическими способами до коэффициента уплотнения K_y=0,9	Затрудненная	Сильная
Высокая	Уплотняются только в процессе консолидации или искусственного осушения	Обеспечивается для машин высокой проходимости	Очень сильная
Избыточная	То же	Отсутствует	Сильная

Грунты допустимой степени переувлажнения применяют в насыпях автомобильных дорог без специальных ограничений, но с учетом конструктивных и технологических особенностей, вытекающих главным образом из недостаточной прочности грунтов и уменьшения производительности машин.

Грунты средней степени переувлажнения допускается применять в нижних слоях насыпей автомобильных дорог при условии получения в процессе укатки максимально возможного коэффициента уплотнения с учетом возможности последующего доуплотнения в процессе консолидации до требуемой плотности. Выбор машин для уплотнения слоев и режима укатки производится при пробном уплотнении.

Грунты высокой и избыточной степени переувлажнения допускается укладывать в насыпь при условии их естественного просушивания или при осушении активными добавками до влажности, отвечающей средней или допустимой степени переувлажнения.

2.2. При наличии процессов консолидации в конструкции насыпи длительность технологического перерыва до сооружения постоянного покрытия определяется временем консолидации (см.п.3.6). При соответствующем технико-экономическом обосновании проектом может быть предусмотрено стадийное строительство покрытий с эксплуатацией дороги на первой стадии консолидации при неполном уплотнении земляного полотна или его основания и устройством постоянного покрытия по окончании консолидации.

2.3. Степень переувлажнения грунта характеризуется превышением его фактической влажности W над оптимальной W_0, определенной по ГОСТ 22733-77, и выражается коэффициентом

$$K_w = \frac{W}{W_0} . \qquad (2.1)$$

Для характеристики грунтов в естественном залегании, для которых не проводятся стандартные испытания на максимальную плотность, оптимальную влажность можно определить ориентировочно по выражению

$$W_0 = \alpha W_T , \qquad (2.2)$$

где W_T – влажность на границе текучести, определенная по ГОСТ 5183-77 "Грунты. Методы лабораторного определения границ текучести и раскатывания";

α – коэффициент, равный для песков и супесей 0,75–0,70, суглинков – 0,60–0,55, глин – 0,50–0,45.

2.4. Категории грунтов по степени переувлажнения разграничивают по значениям влажности (табл.2).

Таблица 2

Степень переувлажнения грунтов	Граница категории грунта по влажности	Величина K_w на границе категории грунтов		
		несвязных	связных	
		пески, супеси легкие и пылеватые	супеси пылеватые и тяжелые, суглинки легкие	суглинки тяжелые, глины
Допустимая	Оптимальная влажность	1	1	1
Средняя	Допускаемая влажность	1,25	1,15	1,10
Высокая	Максимальное водонасыщение	1,40	1,45	1,50
Избыточная	Граница текучести	1,55	1,80	2,05

Примечания: 1. Значения допускаемой влажности даны для коэффициента уплотнения K_y =1,0-0,98; для K_y=0,95 они могут быть повышены на 10% (кроме суглинков тяжелых и глин).

2. Значения влажности максимального водонасыщения даны для поверхностных слоев четвертичных пород ненарушенной структуры.

2.5. При влажности грунта выше оптимальной максимально возможную плотность грунта можно считать достигнутой при содержании воздуха в порах: песков и супесей – 6%, суглинков – 3%, глин – 4%.

При этом максимально возможная (при данной влажности) плотность скелета грунта $\gamma_{ск}^{(пр)}$ (г/см³) ориентировочно определяется по формуле

$$\gamma_{ск}^{(пр)} = \frac{\gamma_у (1 - V_з)}{1 + \frac{\gamma_у \cdot W}{\Delta_в}}, \qquad (2.3)$$

где $\gamma_у$ – плотность минеральной части грунта, г/см³;
$V_з$ – содержание воздуха в грунте при максимальной плотности, доли единицы;
$\Delta_в$ – плотность воды в грунте, г/см³, $\Delta_в \approx 1$.
W – фактическая влажность грунта, доли единицы.

Для ориентировочных расчетов значения $\gamma_у$ можно принимать: для песков, легких и легких пылеватых супесей – 5,67 г/см³; тяжелых супесей и легких суглинков – 2,7 г/см³; тяжелых суглинков и глин – 2,72г/см³; значения $V_з$ принимают соответственно 5–8; 3–4; 4–5 долей единицы.

Более точное значение предельной плотности грунтов повышенной влажности можно получить путем испытания пробы в приборе стандартного уплотнения Союздорнии.

2.6. Увеличение влажности грунтов сопровождает с я снижением их сдвиговой прочности. Интенсивность снижения прочности грунтов повышенной влажности зависит от вида грунта. Изменение сдвиговой прочности грунтов при повышении влажности оценивается с учетом величин структурного сцепления $C_с$ и связности Σ_w (приложение 1 настоящих "Методических рекомендаций").

2.7. При длительном действии на глинистые грунты с повышенной влажностью касательных напряжений при определенных условиях могут развиваться во времени деформации ползучести. В качестве реологической харак –

теристики глинистого грунта в расчетах устойчивости откосов используют коэффициент динамической вязкости η. Методика определения η приведена в приложении 1 настоящих "Методических рекомендаций".

2.8. Связные грунты повышенной влажности после их укладки в дорожные насыпи способны при определенных условиях дополнительно уплотняться - консолидироваться.

Величина предельной пороговой нагрузки P_0 на грунт, с которой начинается процесс их консолидации, обусловлена структурной прочностью грунта, проявляющейся в условиях компрессионного сжатия. Значения P_0 при различных коэффициентах переувлажнения приведены в табл.3.

Таблица 3

Вид грунта (число пластичности $W_п$)	Значение P_0, МПа (кгс/см2), при Kw				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Суглинок легкий ($7 < W_п \leq 12$)	0,06 (0,6)	0,05 (0,5)	0,045 (0,45)	0,04 (0,4)	0,03 (0,3)
Тяжелый суглинок и глина ($W_п > 12$)	0,11 (1,1)	0,1 (1,0)	0,087 (0,87)	0,075 (0,75)	0,05 (0,5)

2.9. Процесс дополнительного уплотнения связных грунтов повышенной влажности под статической нагрузкой, превышающей предельную пороговую P_0, растянут во времени и обусловлен совместным проявлением процессов фильтрационного сжатия поровой жидкости и ползучести скелета грунта.

Консолидационные характеристики глинистых грунтов повышенной влажности определяют по общепринятой методике /1/ на образцах заданной плотности и влажности (см.п.1 приложения 1 настоящих "Методических рекомендаций").

3. Конструкция земляного полотна

3.1. Конструкцию земляного полотна выбирают по заданной рабочей отметке в зависимости от рельефа и ус-

ловий увлажнения местности, с учетом состава и состояния грунта, предлагаемого к использованию в насыпи или имеющегося в выемке.

3.2. Конструкцию насыпи, сооружаемой из грунтов допустимой степени переувлажнения с их послойной отсыпкой и уплотнением по типовой технологии, назначают на основе существующих типовых решений в соответствии с требованиями СН 449-72 "Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог".

3.3. Конструкцию земляного полотна из грунтов средней и высокой степени переувлажнения проектируют с учетом пониженной прочности грунтов и возможности их дополнительного уплотнения.

3.4. В конструкциях насыпи из глинистых грунтов средней и высокой степени переувлажнения следует предусматривать устройство в ее верхней части переходного слоя, обеспечивающего необходимую прочность и стабильность конструкций дорожной одежды.

Переходный слой отсыпают из непылеватых песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтов допустимой влажности с уплотнением до требуемой плотности в процессе строительства.

При использовании для устройства переходного слоя непылеватых песчаных и супесчаных грунтов его толщина h_0 (рис.1-3) должна составлять 1,5 м во II дорожно-климатической зоне и 1,2 м - в II$_1$-IУ дорожно-климатических зонах.

Для автомобильных дорог IУ-У категорий толщина переходного слоя может быть уменьшена на 25%.

При устройстве переходного слоя из непылеватых связных грунтов его толщина должна быть не менее расчетной глубины промерзания.

Если требуемая толщина переходного слоя h_0 оказывается равной проектной высоте насыпи H или больше ее, использование грунтов повышенной влажности без специальных мероприятий по их осушению должно быть

исключено. В этом случае в основании насыпи, сооружаемой из привозных грунтов допустимой влажности, производится замена переувлажненного грунта, как это показано на рис.1. Данный тип поперечного профиля применяется также на участках перехода насыпей в выемки (нуле вые отметки).

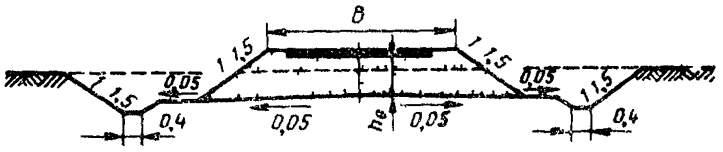


Рис.1. Поперечный профиль насыпи из привозного грунта и с частичной заменой грунта высокой влажности

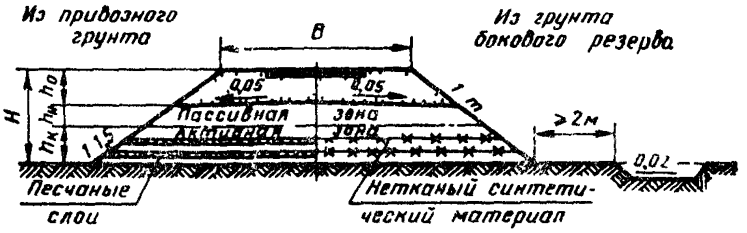


Рис.2. Поперечный профиль насыпи из грунта повышенной влажности с выделением неконсолидируемой (пассивной) и консолидируемой (активной) зон

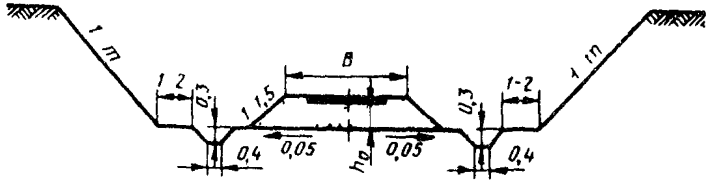


Рис.3. Поперечный профиль выемки в грунтах повышенной влажности

3.5. В зависимости от степени переувлажнения глинистого грунта по высоте насыпи выделяют две зоны: консолидируемую (активную) с толщиной $h_к$ и неконсолидируемую (пассивную) - $h_н$ (см.рис.2).

В неконсолидируемой зоне отсутствует процесс уплотнения связных грунтов во времени под действием их собственной массы. Толщина неконсолидируемой зоны $h_н$ (м) зависит от вида грунта, степени его переувлажнения, плотности и с учетом величины предельной пороговой нагрузки P_0 (Па) (см.п.2.8) может быть определена по формуле

$$h_н = \frac{P_0}{\gamma_w}, \qquad (3.1)$$

где γ_w - средний объемный вес грунта, Н/м^3.

Если высота насыпи H (м) меньше или равна суммарной мощности переходного слоя и неконсолидируемой зоны ($h_0 + h_н$), то такая насыпь не будет существенно уплотняться под действием массы вышележащих слоев грунта. Ориентировочно предельная высота насыпей H_0, в которых консолидация отсутствует приведена в табл.4.

Таблица 4

Вид грунта	Предельная высота неконсолидируемых насыпей H_0, м, при K_w				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Легкий суглинок	3,0	2,5	2,25	2,0	1,5
Тяжелый суглинок и глина	5,5	5,0	4,35	3,5	2,5

При наличии консолидируемой активной зоны, т.е. при $H > (h_0 + h_н)$, нижняя часть насыпи после ее сооружения будет испытывать деформации осадки, происходящей за счет уплотнения во времени грунтов повышенной влаж-

ности в зоне консолидации толщиной $h_к = H-(h_о + h_н)$ или $h_к = H - H_о$.

Схема конструкции насыпи из грунтов повышенной влажности при наличии консолидируемой зоны приведена на рис.2.

3.6. Время завершения деформации уплотнения в консолидируемой зоне насыпи зависит от степени переувлажнения грунтов, толщины вышележащего слоя, состава грунта, условий его дренирования и определяется на основе консолидационных испытаний. Величину запаса высоты на осадку уплотнения определяют по результатам компрессионных испытаний с учетом значения модуля осадки и толщины активного слоя грунта $h_к$. Пример расчета уплотнения грунта высокой влажности в процессе его консолидации дан в приложениях 2,3 настоящих "Методических рекомендаций".

Ориентировочно запас на осадку консолидируемой зоны насыпи рекомендуется принимать по табл.5.

Таблица 5

Вид грунта	K_w	Запас на осадку, %, при высоте насыпи H, м			
		4	6	8	10
Легкий суглинок	1,2	-	1,0	1,2	1,5
	1,4	1,0	1,5	2,0	3,0
	1,5	1,0	2,0	3,0	3,5
Тяжелый суглинок и глина	1,2	-	-	1,0	1,5
	1,4	-	1,0	2,0	3,0
	1,5	1,0	2,0	3,0	4,0

3.7. С целью ускорить процесс уплотнения грунта в консолидируемой зоне допускается устраивать дренажные прослойки толщиной 30–50 см из дренирующего грунта. При этом, если учесть, что интенсивная часть осадки должна завершиться в течение года, максимальную толщину слоя глинистого грунта повышенной влаж-

ности следует назначать не более 2 м для суглинков и 1,5 м – для тяжелых суглинков и глин.

3.8. В целях повышения эффективности дренирующей прослойки под песчаный слой можно укладывать синтетический нетканый текстильный материал (СТМ), исключающий заиливание и перемешивание песка с глинистым грунтом при проезде уплотняющих машин. В этих случаях используют легкие СТМ толщиной до 2 мм.

В ряде случаев при соответствующем технико-экономическом обосновании песчаные дренирующие прослойки могут быть целиком заменены на слои СТМ толщиной не менее 4 мм с продольной водопроницаемостью более 10 м/сут.

Поперечный профиль насыпи из глинистых грунтов повышенной влажности с дренирующими прослойками из песчаных грунтов и синтетических текстильных материалов показан на рис.2.

3.9. При устройстве выемок в глинистых грунтах средней или высокой степени переувлажнения следует предусматривать частичную замену глинистых грунтов в основании выемок дренирующими непылеватыми грунтами. Конструкция земляного полотна при замене грунта показана на рис.3.

Замена глинистого грунта повышенной влажности производится на глубину 1,5 м от поверхности покрытия для II дорожно-климатической зоны и 1,2 м – для III-IУ дорожно-климатических зон.

Для автомобильных дорог IУ-У категорий эта глубина может быть уменьшена на 25%.

3.10. При наличии выходов грунтовых вод на поверхность откосов или основания выемки следует предусматривать разработку комплекса противооползневых мероприятий, обеспечивающих устойчивость по индивидуальному проекту, учитывающему местные инженерно-геологические условия.

3.11. При высоте насыпей и глубине выемок, не превышающих значений, приведенных в табл.6, крутизну от-

косов можно назначать без расчета в зависимости от степени переувлажнения грунта и его разновидности в соответствии с табл.6.

3.12. Если высота насыпей и глубина выемок превышают значения, указанные в табл.6, то крутизну откосов, ширину и высоту берм рассчитывают, исходя из условий обеспечения их общей и местной устойчивости.

Таблица 6

Вид грунта (число пластичности $W_п$)	Предельная высота насыпей, глубина выемок и крутизна откосов, назначаемая без расчета, при K_w				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Суглинок легкий ($7 < W_п \leqslant 12$)	9 / 1:2	5 / 1:2,5	3 / 1:2,5	2 / 1:3	–
Суглинок тяжелый ($12 < W_п \leqslant 17$)	10 / 1:1,75	9 / 1:2	7 / 1:2,5	5 / 1:2,5	3 / 1:2,5
Глина ($W_п > 17$)	10 / 1:1,55	10 / 1:2	8 / 1:2,5	5 / 1:2,5	3 / 1:2

Примечание. Над чертой приведены значения предельной высоты насыпей и глубины выемок, под чертой-предельной крутизны откосов.

При расчете общей устойчивости откосов по условиям длительной деформации необходимо либо исключать деформации ползучести откосов и бровок земляного полотна, либо учитывать допустимую величину деформации при которой не снижаются расчетные сроки службы конструкции дорожных одежд.

3.13. Расчет устойчивости откосов следует выполнять по следующей методике.

В соответствии с методикой оценки реологических свойств глинистых грунтов повышенной влажности, приведенной в приложении 1 настоящих "Методических рекомендаций", устанавливают зависимость коэффициен т а

динамической вязкости η от коэффициентов переувлажнения K_w и стабильности $K_{стаб}$:

$$\eta = f(K_{стаб}; K_w). \qquad (3.2)$$

При этом, если оценивается устойчивость откосов выемки, то коэффициент динамической вязкости определяют при естественных плотности и влажности грунта, а для откосов насыпи – при расчетных.

Исходя из того, что допускаемая интенсивность накопления деформаций ползучести откосов земляного полотна может быть достигнута при $\eta \geq 2 \cdot 10^{11}$ Па·с ($2 \cdot 10^{12}$ П), по графику $\eta = f(K_{стаб}; K_w)$ (рис.4) определяем требуемую величину коэффициента стабильности $K_{стаб}^{(треб)}$.

3.14. Для получения минимального расчетного значения коэффициента запаса $K_{зап}$ общей устойчивости откоса земляного полотна, определяемого, в частности, по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения (КЦПС), следует к найденному по графику значению коэффициента стабильности прибавить 0,25, т.е.

$$K_{зап}^{(min)} = K_{стаб}^{(треб)} + 0{,}25. \qquad (3.3)$$

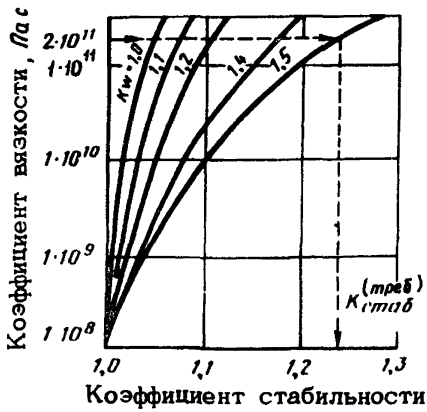


Рис.4. Определение требуемого коэффициента стабильности

Ориентировочно минимальные значения коэффициента запаса устойчивости $K_{зап}^{(min)}$ при расчете по методу КЦПС для глинистых грунтов различной степени переувлажнения можно принимать по табл.7.

Таблица 7

Вид грунта	Значение $K_{зап}^{(min)}$ при величине K_w				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Суглинок легкий	1,4	1,6	2,2	2,6	2,9
Суглинок тяжелый	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Глина	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9

3.15. В ряде случаев оценку устойчивости запроектированных откосов удобно производить путем сравнения их с устойчивостью откосов предельной крутизны ($K_{зап}$= 1,0) и стабильных, для которых деформации ползучести во времени исключены. Для такого сравнения целесообразно использовать номограмму, приведенную на рис.5. При этом следует учитывать, что при расчете предельной крутизны откоса (пунктирная линия) используют величину полного сцепления грунта C_w, а при определении крутизны стабильного откоса (сплошная линия) – только часть полного сцепления – жесткое структурное сцепление C_c (см. рис.5,а).

Для определения по номограмме крутизны откоса (1:m) высоту столба грунта $H_{кр}$(м), эквивалентную действию раздавливающей нагрузки при одноосном его сжатии, рассчитывают по формуле

$$H_{кр} = \frac{2C}{\gamma_w \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\varphi_w}{2}\right)}, \qquad (3.4)$$

где C – сцепление, Па;

γ_w – объемный вес грунта, Н/м^3;

φ_w – угол внутреннего трения, град.

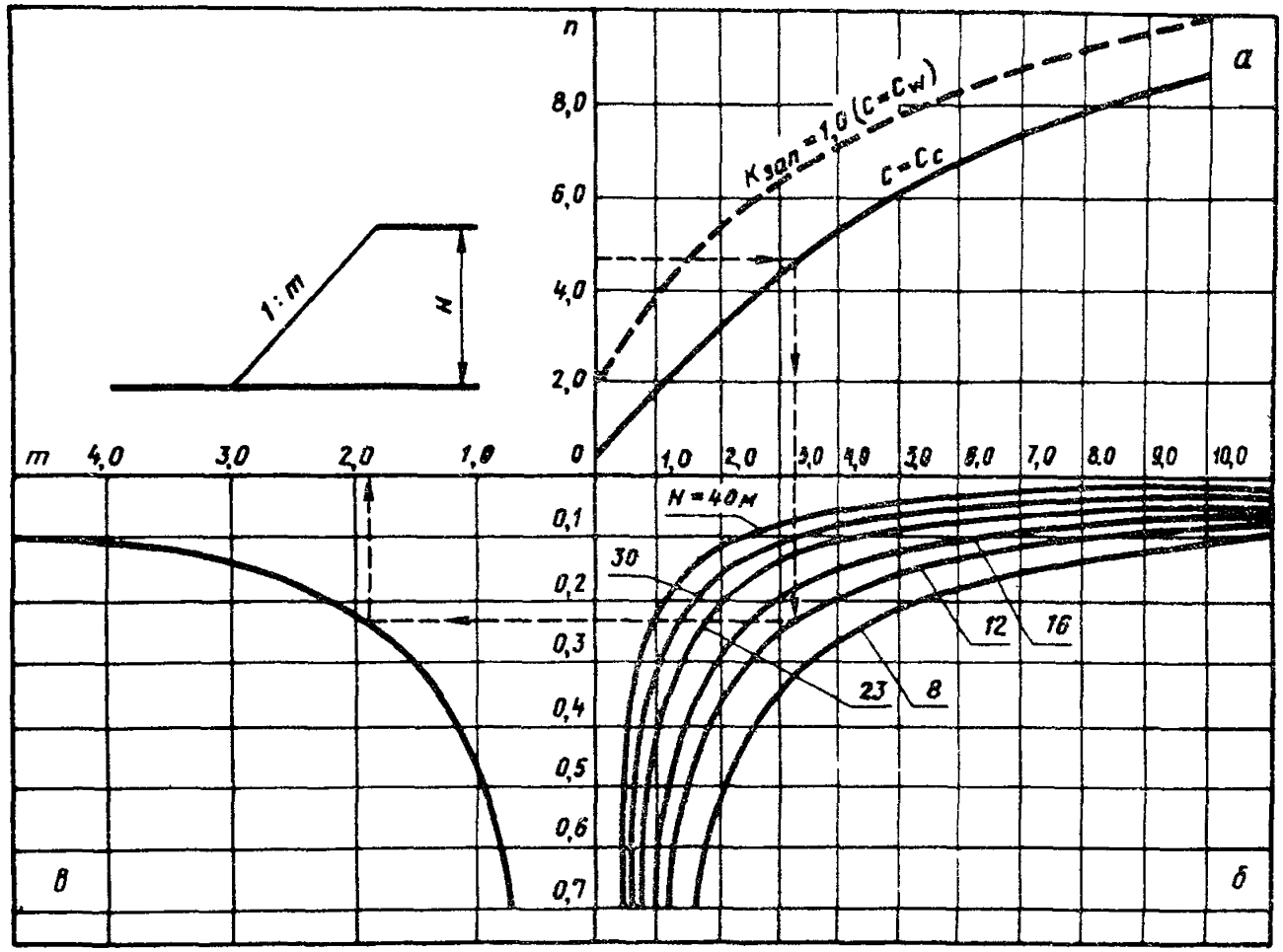


Рис.5. Номограмма для расчета устойчивости однородных откосов по второму предельному состоянию

При $\varphi_w<20^0$ для расчета можно использовать формулу

$$H_{кр}=\frac{2C}{\gamma_w(1-\sin\varphi_w)}, \qquad (3.5)$$

Затем определяют величину отношения

$$n=\frac{H}{H_{кр}}. \qquad (3.6)$$

Для определения крутизны стабильного откоса ($1:m$) на графике (а) номограммы (см.рис.5) находят точку, соответствующую расчетной величине n, на графике (б) – точку, соответствующую высоте насыпи H_1 и на графике (в) – величину $1:m$.

Если по номограмме крутизна запроектированного откоса окажется больше крутизны стабильного, а также если стабильный откос будет пологим (более 1:4), то расчетом определяют допустимую крутизну (см. п. 3.13). Длительная устойчивость откоса будет обеспечена, если величина расчетного $K_{зап}$ будет больше $K_{зап}^{(min)}$, приведенного в табл.7.

3.16. Для повышения устойчивости насыпей из грунтов повышенной влажности возможно использование метода армирования грунта. Горизонтальное армирование можно выполнять из сеток, прослоек синтетического нетканого материала, отдельных стержней, связанных с вертикальными элементами, удерживающими откосы, и т.п. /2/.

3.17. Локальные деформации, связанные с нарушением местной устойчивости откосов земляных сооружений из грунтов повышенной влажности, возникают в пределах активной зоны, толщина которой $h_к$ в большинстве случаев соответствует глубине промерзания или высушивания грунтов.

Для обеспечения местной устойчивости откосов земляного полотна следует применять комплекс специальных конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий, цель которых обеспечить возмож-

ность регулировать глубину активной зоны (ограниче - ние или недопущение ее образования) путем уменьше - ния крутизны откоса, компенсации сниженной прочности, защиты грунта или пород поверхностных слоев от силовых воздействий, частичной или полной изоляции от влияния погодно-климатических факторов. Во всех случаях следует обеспечивать поверхностный сток воды в про - цессе строительства и эксплуатации земляных сооружений.

3.18. Для компенсации снижения прочности глинис - тых грунтов в пределах активной зоны поверхностных слоев откосов следует применять конструкции укрепления несущего типа (решетчатые сборные и монолитные с заполнением ячеек слоем почвы с посевом трав, морозостойким неусадочным грунтом, щебнем, гравием, гравийно- и торфопесчаными смесями), а также покрытие из синтетических нетканых текстильных материалов го ВСН 181-74 "Технические указания по применению сборных решетчатых конструкций для укрепления конусов и откосов земляного полотна".

3.19. Конструкции укрепления из СТМ могут выполнять защитные или несущие функции. Такие конструкции целесообразно комбинировать с другими типами укреп - ления (см.п.3.18). Конструкции из СТМ выполняют роль покрытия на откосе (сплошного или мелкоячеистого), защищающего откос от водной или ветровой эрозии; армирующего элемента, повышающего устойчивость откосных частей в поверхностной зоне. Кроме того, они яв - ляются обратным фильтром и предотвращают вынос глинистых частиц грунтовыми водами.

Уложенный на откосе слой СТМ закрывают слоем почвы толщиной 10-20 см и засевают травой.

4. Технология производства работ

4.1. При наличии грунтов повышенной влажности можно выполнять следующие работы по сооружению земляного полотна:

устройство сооружений для дренажа и водоотвода;

устройство оснований насыпей;

разработку грунтов в выемках и резервах и перемещение ;

сооружение насыпей, в том числе с устройством осушающих прослоек и осушением грунта добавками;

складирование грунта в насыпных бермах, банкетах, отвалах;

укрепление откосов;

устройство противооползневых и других защитных сооружений.

Кроме того, в проект производства работ следует включать специальные мероприятия, обеспечивающие наиболее эффективную и качественную реализацию принятых конструктивных решений и бесперебойную работу машин.

4.2. При выполнении земляных работ в грунтах повышенной влажности или при использовании последних в качестве оснований целесообразно предусматривать мероприятия по заблаговременному снижению влажности: устройство дренажей, поглощающих колодцев, водоотводящих систем и др.

Размещение, конструкция и расчетное время действия осушительных устройств устанавливают индивидуальным порядком по нормам проектирования мелиоративных систем с учетом временного характера сооружений.

4.3. Во всех случаях проведения работ с грунтами повышенной влажности во избежание дополнительного увлажнения следует обеспечивать своевременный и постоянный отвод поверхностных ливневых и талых вод. Не допускается выполнение работ, затрудняющих сток влаги и ее испарение (рыхление, подготовка забоев,устройство котлованов и бессточных заглублений и т.п.), при наличии грунтов повышенной влажности.

Система водоотвода поверхностных вод с территории производства работ включает:

водоотводные и нагорные канавы, служащие для перехвата поверхностного стока с верховой стороны;

заблаговременную планировку рабочей площадки с образованием уклонов поверхности для улучшения стока атмосферных осадков и талых вод;

водосборные и водоотводные канавы из пониженных мест;

защитные валы, призмы и банкеты, преграждающие поверхностный сток с верховой стороны.

4.4. Для обеспечения водоотвода в максимальной степени должны быть использованы постоянные сооружения, предусмотренные проектом. В случае невозможности их сохранения в процессе строительства на период производства работ устраивают временные сооружения.

Места проложения водоотводных канав и отсыпки банкетов должны быть увязаны с размещением в плане забоев, дорог для перевозки грунта, проездов и линий коммуникаций.

4.5. Поперечное сечение русел и уклонов временных водоотводных устройств должны быть рассчитаны на пропуск ливневого стока с повторяемостью в 3 раза большей срока строительства сооружения. Бровка временных водоотводных канав или защитных валов должна возвышаться над расчетным уровнем воды не менее чем на 0,1 м. Продольный уклон водоотводных канав должен быть не менее 3‰.

4.6. В проекте производства работ должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению влияния атмосферных осадков на свойства поверхностных слоев грунта в забое, на транспортных путях, в зоне уплотнения: планировка, обеспечение стабильности уклонов поверхности, своевременное уплотнение и выравнивание грунта. В случае выпадения дождя до окончания уплотнения продолжать укатку связного грунта можно после срезки и удаления во временный отвал верхнего разжиженного слоя толщиной 10-15 см.

В особых случаях для защиты от увлажнения осад - ками забоя или насыпи можно применять набрызг гид - рофобизирующих веществ или пленочные покрытия из по- лимерных материалов.

4.7. Постоянный перехватывающий дренаж, преду - преждающий выход грунтовых вод на откосы выемки, уст- раивают, как правило, до начала разработки выемки.

Постоянный подкюветный дренаж в нулевых отметках и при наличии невысоких насыпей, сооружаемых про - дольной возкой, устраивают заблаговременно, в выем - ках - сразу после выхода на соответствующую отмет - ку дренирования.

При устройстве дренажей в глинистых слоях высокой и избыточной влажности грунт из траншей следует вы - возить в кавальер или укладывать в банкет за предела- ми основания земляного полотна.

4.8. Способ разработки выемок и сооружения насы - пей из грунтов повышенной влажности выбирают при со- ставлении проекта производства работ на основе техни- ко-экономического сравнения вариантов с учетом состав а и состояния грунтов, вида конструкции, сроков стро- ительства, погодно-климатических условий.

При использовании в насыпях грунтов допускае м о й степени переувлажнения возможно применение типо в о й технологии разработки, транспортировки, отсыпки, укат- ки и планировки грунта. При более высокой влажно с т и связных грунтов следует использовать машины на гусе- ничном ходу и предусматривать устройство времен н ы х дорог для перевозки грунта или укладку на существую - щих дорогах покрытий сборно-разборного или облегче ного типа.

4.9. Бульдозерами на гусеничном ходу рациональ н о возводить насыпи высотой до 3 м из боковых резерв о в и мелких выемок при дальности перемещения грунта до 80 м. Для связных грунтов высокой степени переувлаж- нения целесообразно применять бульдозеры с гусеница- ми увеличенной ширины.

Разработку грунтов повышенной влажности бульдозерами в сухую погоду рационально производить по "гребенчатой" схеме, оставляя перемычки шириной 1-1,5м. Распределение грунта в насыпи в этих условиях также следует выполнять полосами, между которыми должны быть промежутки шириной 0,5-1,0 м. Они заполняются повторными проходами непосредственно перед подготовкой захватки к уплотнению. Указанные приемы ускоряют высушивание грунта.

4.10. Производительность бульдозеров при повышении влажности грунтов уменьшается в 1,5-3раза (рис.6) вследствие прилипания грунтов к отвалу, особенно глинистых (см. табл.2). При работе с такими грунтами целесообразно применять гидрофобизирующие смазки и покрытия рабочей поверхности отвалов.

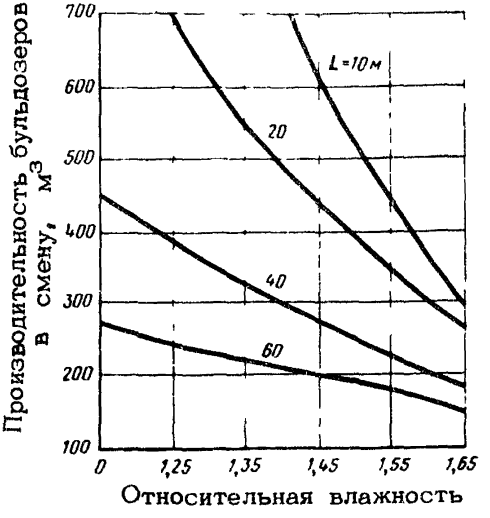


Рис.6. Характер зависимости производительности бульдозеров ДЗ-17 и ДЗ-53 от влажности грунта (грунт-пылеватые суглинки; L - расстояние перемещения)

4.11. Разработку грунта повышенной влажности в выемках или притрассовых карьерах и перемещение его в насыпь или кавальер на расстояние 80-600м целесообразно выполнять прицепными скреперами на рас-

стояние 600–3000 м – полуприцепными и самоходными скреперами. При этом прицепными скреперами с гусеничной тягой возможно разрабатывать связные грунты допустимой и средней, а несвязные грунты – любой степени переувлажнения; самоходными скреперами – связные грунты допустимой, а несвязные – допустимой и средней степени переувлажнения.

Разработка грунтов повышенной влажности скреперами выполняется без предварительного рыхления, с использованием толкачей на гусеничном ходу.

4.12. Производительность скреперов существенно снижается при повышении влажности глинистых грунтов (рис.7). Основными причинами снижения производительности скреперов являются повышенная липкость грунта и ухудшение проходимости машин вследствие усиления колееобразования. Уменьшить влияние этих факторов можно путем гидрофобизирующей смазки внутренней поверхности ковша, а также снижением давления в шинах до $2{,}5 \cdot 10^5$–$3 \cdot 10^5$ Па (2,5–3,0 кгс/см^2).

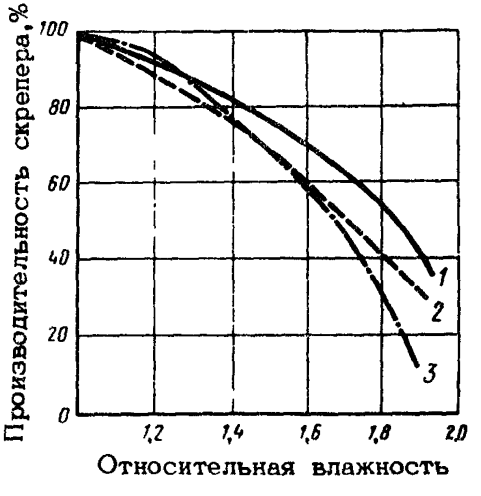


Рис.7. Характер зависимости производительности прицепного скрепера с емкостью ковша 6,0м^3 от влажности грунта: 1–легкая супесь; 2–суглинок; 3–суглинок легкий и тяжелый

4.13. Разработку грунтов повышенной влажности в выемках или притрассовых карьерах при расстоянии перемещения свыше 80 м для связных грунтов высокой степени переувлажнения, свыше 600 м – для связных грунтов средней степени переувлажнения, свыше 3000м– для всех видов грунтов, целесообразно выполнять экскаватором с перевозкой грунта автомобилями-самосвалами.

Связные грунты высокой и избыточной степени переувлажнения, а также несвязные грунты избыточной степени переувлажнения следует разрабатывать преимущественно драглайном с его стоянкой и организацией движения автомобилей-самосвалов на верхнем уровне забоя. Для разработки таких грунтов используют транспортные средства повышенной проходимости.

4.14. Для погрузки в автомобили-самосвалы несвязных и малосвязных грунтов повышенной влажности в резервах и притрассовых карьерах при наличии плотного основания забоя рационально применять фронтальные тракторные погрузчики в комплекте с бульдозерами для надвижки грунта.

4.15. При возведении насыпи из грунтов допустимой и средней степени переувлажнения применяют обычную технологию с распределением грунта слоями. Толщину технологических слоев определяют пробной укаткой. Перед уплотнением поверхность каждого слоя выравнивают бульдозером, а в процессе укатки, особенно на завершающих этапах, проводят планировку поверхности с приданием поперечных уклонов 40-50‰. Наличие на поверхности колей, местных углублений и возвышений в процессе укатки и после ее окончания не допускается.

4.16. Грунты высокой и избыточной степени переувлажнения, уплотнение которых происходит в процессе консолидации, транспортируют автомобилями-самосвалами и разгружают в насыпь способом "в прижим" с расчетом получить слой проектной толщины. Аналогичным способом отсыпают кавальеры и другие насыпи, не требующие уплотнения.

При невозможности разравнивания поверхности глинистого слоя из-за недостаточной его несущей способности вышележащий слой более сухого или дренирующего грунта отсыпают "от себя" с надвижкой бульдозером и последующим уплотнением и планировкой.

Конструктивные и технологические мероприятия, обеспечивающие ускорение консолидации грунтов повышенной влажности, осуществляют по индивидуальным проектам.

4.17. Уплотнение глинистых грунтов допустимой степени переувлажнения до требуемой плотности производят в два этапа: на первом - катками на пневматических шинах массой 10-15 т (без балласта) с пониженным до 0,2-0,3 МПа (2-3 кгс/см^2) давлением в шинах за 4-6 проходов; на втором - тяжелыми катками на пневматических шинах массой 15-25 т с давлением в шинах более 0,5МПа (5кгс/см^2) за 4-6 проходов. Толщину слоя и требуемое число проходов катка определяют пробной укаткой.

4.18. Уплотнение грунтов средней степени переувлажнения до наибольшей (при данной влажности) плотности ($K_y \geqslant 0,90$) производят прицепными катками на пневматических шинах с гусеничной тягой средней массы (без балласта) с пониженным до 0,2-0,3 МПа (2-3кгс/см^2) давлением в шинах. Возможность использования тяжелых катков, а также толщину слоев и требуемое число проходов катка определяют пробной укаткой.

4.19. В связи с агрегированностью структуры грунтов повышенной влажности особое внимание необходимо уделять контролю равномерности уплотнения. При увеличении по мере укатки колееобразования и выдавливания грунта из-под вальцов укатку следует прекращать, так как увеличение числа проходов катка ослабляет естественную структурную прочность грунта.

4.20. Возможность использования катков на пневматических шинах на различных стадиях уплотнения (при-

катка, окончательное уплотнение) глинистых грунтов повышенной влажности следует оценивать по условию

$$\sigma_{ср} \leq p_{кр}^{(пн)}, \qquad (4.1)$$

где $\sigma_{ср}$ – среднее контактное давление под колесом с пневматической шиной, Па;

$p_{кр}^{(пн)}$ – предел прочности грунта для колеса с пневматической шиной, Па.

Величину $p_{кр}^{(пн)}$ для глинистых грунтов ориентировочно можно определить по эмпирической зависимости

$$p_{кр}^{(пн)} = (4{,}8+0{,}44\varphi_w+0{,}003\varphi_w^2)\, C_w, \qquad (4.2)$$

где φ_w – численная величина угла внутреннего трения;

C_c – сцепление, Па.

4.21. Для суглинков и глин повышенной влажности, у которых угол внутреннего трения обычно изменяется в небольших пределах (5–10°), величину $p_{кр}^{(пн)}$ можно определять непосредственно на месте работ с помощью крыльчатки или пенетрометра П-4 /1/. Скорость вдавливания конического наконечника пенетрометра при проведении испытаний должна составлять 1,5–2,0 см/с. $p_{кр}^{(пн)}$ рассчитывают по формуле

$$p_{кр}^{(пн)} = \frac{0{,}19\, P_{кон}}{h^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}, \qquad (4.3)$$

где $P_{кон}$ – максимальное усилие, требуемое на вдавливание конуса пенетрометра с углом при вершине α (град) и высотой h (м), Н.

Величину $\sigma_{ср}$ определяют по выражению

$$\sigma_{ср} = \frac{2}{3} K_m \sqrt{\frac{q}{\pi^2 R (V_1+V_2)}}, \qquad (4.4)$$

где R – наружный радиус шины, м;

q – линейное давление, Па;

V_1 и V_2 – коэффициенты деформативности соответственно грунтовой поверхности и шины, $Па^{-1}$,

$$V_1 = \frac{0,4}{E_0} ; \quad V_2 = \frac{0,06}{P_w} \sqrt{\frac{P\sqrt{DB}}{P_w D^2 B}} ,$$

P – общая нагрузка на колесо, Н;

B – ширина профиля колеса, м;

E_0 – модуль деформации грунта с учетом реальных условий нагружения, Па; в процессе уплотнения при отсутствии других данных допускается принимать E_0 = 20 МПа (200 кгс/см^2);

P_w – давление воздуха в шине, Па;

D – наружный диаметр шины, м;

K_m – поправочный коэффициент; при давлении в шине менее 0,3 МПа (3 кгс/см^2) K_m = 1,3; при давлении 0,4–0,7 МПа (4–7 кгс/см^2) K_m =1,0 и при давлении 0,8–0,9 МПа (8–9кгс/см^2) K_m = = 0,9.

5. Снижение влажности грунтов просушиванием

5.1. Уменьшение содержания в грунте несвязанной воды может быть достигнуто при естественном испарении (через граничную поверхность грунта), термической обработке, интенсивном виброуплотнении, а также при физико-химическом связывании части свободной воды инертными или активными добавками. Снижение влажности грунтов достигается также в процессе консолидации насыпи или ее основания за счет отжатия свободной поровой воды под действием гидравлического градиента (см.пп.3.5 –3.8).

5.2. Для снижения влажности грунтов механическими воздействиями необходимы значительные энергетические затраты. Способы уплотнения грунтов повышенной влажности глубинным вибрированием, вибровакуумированием, гидровиброуплотнением эффективны лишь для песчаных грунтов с содержанием глинистых частиц не более 3–5%.

5.3. Термическое высушивание и обжиг грунтов горячим воздухом или газами требуют значительных расходов топлива и могут быть применены на особо важных работах в ограниченном объеме. Расчет термической обработки следует проводить в индивидуальном порядке, исходя из затрат тепла на испарение и нагрев грунтовых частиц, а также с учетом теплообмена грунта и влажности воздуха.

5.4. Естественное просушивание грунта происходит путем испарения части свободной воды, заполняющей поры грунта. В результате влажность грунта снижается до допустимых пределов, что облегчает технологическую переработку глинистых грунтов. Естественное просушивание возможно только в сухую погоду /3/.

5.5. Необходимым условием естественного просушивания грунта в слое толщиной h является наличие отрицательного водного баланса:

$$W_н \pm \Delta W \leqslant W_{тр} , \qquad (5.1)$$

где $W_н$ – начальная влажность грунта из резерва или выемки;

$W_{тр}$ – требуемая влажность грунта после просушивания;

ΔW – изменение влажности грунта за время его просушивания, $\Delta W = W_{ос} - W_{исп}$;

$W_{ос}$ – приращение влажности от атмосферных осадков;

$W_{исп}$ – снижение влажности вследствие испарения.

Влажность выражается в долях единицы.

Изменение влажности ΔW в сутки для заданного периода времени определяют по формуле

$$\Delta W = \pm \frac{0{,}1\,Q\,(1+W_н)}{V \cdot \gamma_{об}} \cdot T , \qquad (5.2)$$

где Q – масса поступившей (знак +) или испарившейся (знак –) воды, г;

T – время поступления или испарения воды, сут.;

V – объем рассматриваемой части слоя грунта, $см^3$;

$\gamma_{об}$ – плотность грунта при влажности $W_н$, $г/см^3$.

5.6. При составлении проекта производства работ количество осадков в планируемый период выполнения земляных работ принимают по усредненным метеорологическим данным. Для ориентировочной оценки среднего количества осадков за данный период при известном годовом количестве может быть использован график рис.8.

Среднюю величину испарения воды из пор грунта слоем h при различной скорости ветра ориентировочно оценивают по графику рис.9.

5.7. При использовании метода естественного просушивания в конструкции земляного полотна следует предусматривать устройство дренирующего слоя или капилляропрерывающей прослойки для предотвращения притока воды из основания, а также мероприятия, предупреждающие возможность дополнительного увлажнения земляного полотна от поверхностного стока воды с окружающей рабочую площадку территории.

5.8. При использовании метода естественного просушивания грунта толщину технологических слоев при влажности более допустимой и время их просушивания до допустимой влажности ориентировочно можно принимать по табл.8.

Таблица 8

Вид грунта	Толщина рыхлого слоя h, см	Время просушивания грунта при температуре воздуха 15–20°С и влажности 60–80%, сут.
Пески, супеси легкие	35	2
Супесь пылеватая, суглинок легкий	30	3
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый, глина песчаная	23	5
Суглинок тяжелый пылеватый, глина пылеватая	17	7

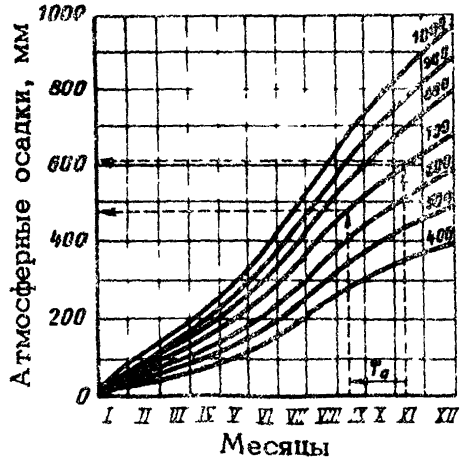


Рис.8. Нарастающее количество атмосферных осадков по месяцам (числа на кривых – годовая норма осадков)

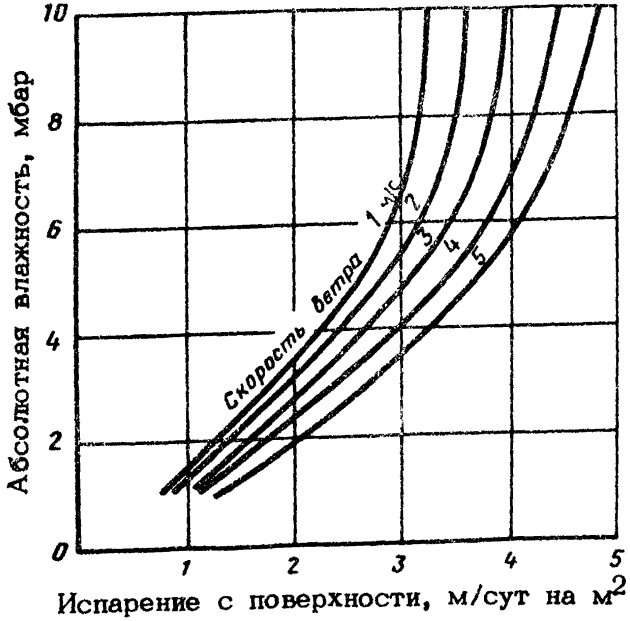


Рис.9. Зависимость величины испарения от влажности воздуха и скорости ветра (при среднесуточной температуре воздуха около 10°С)

При ежедневном перепахивании слоя грунта рыхлителем или плугом время просушивания сокращается в 1,5 раза, при выпадении осадков оно соответственно увеличивается. Если до начала дождя вся поверхность насыпи будет уплотнена и спланирована с уклонами, коэффициент стока значительно возрастет и переувлажнению с разуплотнением подвергнется лишь верхний слой толщиной 5–10 см.

5.9. При применении метода просушивания грунта в резервах грунт повышенной влажности укладывают в валы треугольного сечения. Грунт в валах ежедневно перемещают экскаватором или бульдозером в целях обеспечения равномерного просушивания. Время просушивания ориентировочно можно рассчитать по формуле (5.2). Толщину слоя, где происходит значительное снижение влажности, можно принять по табл.3 с коэффициентом 0,5, учитывающим повышенную влажность подстилающих слоев.

При разработке песков, супесей и легких пылеватых суглинков в карьерах и резервах, располагаемых ниже уровня грунтовых вод или в зоне капиллярного водонасыщения, рекомендуется способ естественного просушивания грунта в призмах. Для лучшего просушивания грунта летом и меньшей заносимости снегом зимой призмы грунта располагают большей стороной по направлению господствующих ветров. Откосы призм должны быть тщательно спланированы. Время просушивания грунта в призмах составляет 6–12 месяцев (включая зимний период года).

6. Осушение грунтов добавками

6.1. При устройстве земляного полотна из грунтов повышенной влажности для их осушения могут быть применены в качестве неактивных добавок топливные золы, шлаки, отходы горнорудной промышленности. При этом влажность добавок $W_д$ должна быть меньше оптималь-

ной влажности получаемой смеси W_o с исходным грунтом влажностью $W_{пр}$.

Требуемое отношение массы сухих добавок к массе влажного грунта n определяют по формуле

$$n = K_c \frac{(W_o - W_g)(W_{пр} + 1)}{(W_{пр} - W_o)(W_g + 1)}, \qquad (6.1)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий однородность смеси, равный для песков и легких супесей 1,1; для пылеватых и тяжелых супесей, легких суглинков – 1,3; тяжелых суглинков и глин–1,5.

В случае дополнительного увлажнения смеси атмосферными осадками до ее укладки и уплотнения необходимо вносить соответствующую поправку на увеличение влажности (см.п.5.5).

6.2. Осушение грунтов повышенной влажности сухими материалами возможно проводить двумя способами: смешением и распределением слоев.

При первом способе вывозка грунта в насыпь ведется одновременно из двух источников (влажного и сухого) с соблюдением установленного соотношения в пересчете на объем в рыхлом виде. Смешение грунтов производится при распределении слоя бульдозером с последующим перепахиванием рыхлителем или плугом. Уплотнение слоя выполняют через 1–2 суток после распределения смеси.

Второй способ заключается в распределении грунта повышенной влажности и сухого грунта чередующимися слоями, суммарная масса которых устанавливается с помощью соотношения (6.1), а толщина каждого слоя по данным опытной укатки – исходя из общих технологических требований. При тщательном выполнении планировки второй способ обеспечивает равномерность уплотнения.

Во всех случаях укладка новых слоев ведется по спланированной поверхности полностью уплотненного

нижнего слоя, причем влажность его не должна превышать допустимую.

6.3. Наиболее интенсивное осушение грунта происходит при обработке его активными добавками (известью, цементом, золой уноса, гипсом, безводной кристаллической фосфорной кислотой и др.) и особенно негашеной известью.

6.4. Для осушения активными вяжущими пригодны пылеватые пески и легкие супеси, имеющие K_w в пределах от единицы до 1,7–1,5, а также тяжелые и пылеватые суглинки и глины с K_w ,равными соответственно 1,6 и 1,4. При указанной влажности грунта для смешения можно применять землеройно-транспортные и смесительные машины.

6.5. Наибольший эффект дает метод обработки грунтов активными добавками при возведении земляного полотна из пылеватых песков, супесей, а также легких суглинков.

Данный метод рекомендуется применять для осушения грунта верхней части земляного полотна в выемках, при возведении невысоких насыпей или для осушения верхнего слоя насыпных площадок. Грунты с кислой реакцией (pH ≤6) или грунты с большой емкостью поглощения (более 20–30 мг/экв на 100г) лучше обрабатывать негашеной известью, золами уноса, шлакоцементами и фосфатами. В грунтах, обрабатываемых золами уноса, содержание легкорастворимых солей не должно превышать 3% (по массе грунта) при сульфатном и 5% при хлоридном засолении.

6.6. Для обработки грунта повышенной влажности рекомендуется применять молотую гидрофобизированную негащеную известь с содержанием CaO и MgO не менее 50–60% (ГОСТ 9179-77 "Известь строительная. Технические условия"). Перед употреблением следует проверять ее активность, особенно после длительного хранения (30–40 дней после помола). Негашеную известь с содержанием CaO и MgO менее 25–30% применять экономически нецелесообразно.

6.7. При осушении грунтов цементами наибольшей эффект дают цементы с повышенным содержанием CaO. Применение цементов марок ниже 50 не допускается.

6.8. Грунты повышенной влажности можно обрабатывать также активными золами уноса сухого отбора, получаемыми при сгорании в котлах ТЭС различных видов твердого топлива (бурого и каменного угля, торфа, горючих сланцев) с удельной поверхностью не менее 1600 $см^2/г$ и количеством свободной окиси кальция не менее 8%.

6.9. Требуемое количество негашеной извести или золы уноса (в пересчете на чистые CaO и MgO), цемента (портландцемент марки 300) приведено в табл.9.

Количество товарной негашеной извести или активных зол уноса определяют в зависимости от требуемого количества чистых CaO и MgO и активности материала по формуле

$$N = \frac{A \cdot 100}{K \cdot B}, \qquad (6.2)$$

где N – потребное количество товарной негашеной извести или золы уноса, % массы сухого грунта;

A – требуемое содержание CaO и MgO (см. табл.8), %;

B – содержание CaO и MgO в товарной негашеной извести или золе уноса, %;

K – коэффициент, учитывающий влияние цементной составляющей золы, $K = 1,2 \div 1,5$. При расчете потребного количества извести принимают $K=1$.

6.10. Для осушения грунтов, влажность которых превышает на 4–6% оптимальную, применяют гипс строительный, отвечающий требованиям ГОСТ 125-70 "Гипс строительный".

6.11. Работы по осушению грунтов активными добавками допускается производить до наступления устойчивых отрицательных температур. При периодических заморозках (до $-10^{\circ}C$) в грунт следует добавлять ве-

щества, понижающие температуру замерзания. Количество их назначают в соответствии с "Техническими указаниями по укреплению глинистых грунтов цементом при отрицательных и пониженных положительных температурах" ВСН 142-68.

Таблица 9

Грунт	Количество извести в пересчете на чистый CaO и MgO, %				Количество портландцемента марки 300, %			
	Коэффициент переувлажнения K_w							
	1,2	1,4	1,6	1,8	1,2	1,4	1,6	1,8
Пылеватые супеси и пески (с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут.)	-	0,5	1,0	2,0	-	1,5	1,5	2,5
Суглинки легкие	-	0,5	1,5	-	0,5	1,5	3,0	-
Суглинки тяжелые и пылеватые	0,5	1,5	3,0	-	1,0	3,0	5,0	-
Глины песчанистые и пылеватые	1,5	2,5	-	-	3,0	5,0	-	-

Примечание. При применении цементов низких марок рекомендуемое количество их должно быть соответственно увеличено в 1,1-1,3 раза.

6.12. Прочностные показатели грунтов повышенной влажности, обработанных рекомендуемым количеством добавок, соответствуют аналогичным показателям грунтов оптимальной влажности и отвечают требованиям "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-72. Слой из грунта, обработан-

ного активными добавками, заменяет переходный слой из привозного грунта.

6.13. При обработке грунтов активными добавками в проект производства работ включают описание принятого метода работ, особенностей грунтов, указывают вид и количество вяжущих материалов, потребные машины и другие данные.

При этом необходимо учитывать следующее:

активные добавки следует вводить, равномерно распределяя и перемешивая их с грунтом. Содержание добавок в обработанных грунтах после перемешивания и уплотнения не должно отклоняться от установленного количества более чем на 0,5%;

грунты, обработанные добавками, должны иметь плотность не менее 95% максимальной стандартной плотности смеси.

6.14. Работы по возведению насыпей из грунта повышенной влажности с обработкой его активными добавками выполняют в следующем порядке:

подготовка основания под насыпь;

отсыпка слоя грунта и разравнивание его;

рыхление грунта;

распределение добавок;

смешение грунта с добавками, разравнивание и профилирование смеси;

уплотнение слоя.

6.15. Толщину отсыпаемого слоя грунта назначают исходя из возможной глубины проработки слоя существующими смесительными и уплотняющими машинами. При использовании дорожных фрез типа ДС-18А толщина отсыпаемого слоя (в плотном теле) составляет 15-20 см.

Для более равномерного распределения добавок связный грунт необходимо предварительно разрыхлить 1-2 проходами фрезы по одному следу.

6.16. Активные добавки распределяют специальным распределителем (типа ДС-9, ДС-72). Добавки загружают в бункер распределителя только механическим спо-

собом. Их смешивают с грунтом 2-4 проходами фрезы типа ДС-18А.

6.17. Обработанный грунт целесообразно уплотнять самоходными катками на пневматических шинах типа ДУ-31А или ДУ-16Б (все виды грунтов) и вибрационными катками (пески, легкие супеси). У катков уменьшают давление воздуха в шинах до 0,25-0,3МПа (2.5-3,0 кгс/см^2) и частично снимают пригрузочный балласт. Оптимальные условия работы уплотняющих машин устанавливают пробной укаткой.

6.18. При обработке грунта добавками необходимо соблюдать установленное время перерыва между введением добавок и окончанием уплотнения. Для грунтов, обработанных цементом или известью, оно не должно превышать 4-6 ч, для грунтов, обработанных золой уноса, - 14-18 ч. Работы с активными добавками не следует производить в дождливую погоду.

6.19. Осушение известью грунта высокой и избыточной степени переувлажнения можно проводить методом сосредоточенного воздействия, без распределения извести по поверхности слоев. Для этого в толще грунта, подлежащего осушению, устраивают вертикальные скважины или щели и заполняют их размельченной негашеной известью. Объем скважины или щели назначают из расчета вместимости в них извести в количестве, необходимом для осушения данного слоя грунта (табл.9).

При использовании этого метода дорожное покрытие следует устраивать на следующий год после сооружения земляного полотна.

6.20. При обработке переувлажненных грунтов активными добавками необходимо соблюдать общие правила техники безопасности ведения дорожных работ, а также правила техники безопасности при работах с химически активными веществами.

Приложение 1

Определение механических характеристик глинистых грунтов повышенной влажности

1. Подготовка грунта к испытанию на сдвиг, компрессию, консолидацию и вязкость. Подготовка грунта к испытанию заключается в приготовлении образцов, имеющих плотность и влажность, близкую к естественной.

Перед началом работ по определению механических характеристик грунта его испытывают методом стандартного уплотнения по ГОСТ 22733-77.

Затем приготавливают грунтовую пасту, имеющую влажность, соответствующую заданному коэффициенту переувлажнения $W_t = K_w \cdot W_0$ (W_0 – оптимальная влажность грунта).

Требуемая плотность образцов, соответствующая рассчитанной влажности по правой ветви кривой стандартного уплотнения, достигается либо на приборе стандартного уплотнения, либо прессованием.

2. Определение сдвиговых характеристик грунта. Сопротивляемость грунта сдвигу S_{pw} (Па) оценивают в соответствии с зависимостью

$$S_{pw} = P \cdot tg\varphi_w + \Sigma_w + C_c ,$$

где φ_w – угол внутреннего трения грунта, град;

Σ_w и C_c – соответственно связность и структурное сцепление грунта, Па;

P – вертикальная нагрузка, Па.

Испытания проводят по методике быстрого сдвига. Скорость сдвига подбирают с расчетом, чтобы весь опыт длился не более 2 мин.

В целях обеспечения разрушения образца в виде сдвига (исключить влияние отрыва) величину нормальных нагрузок необходимо подбирать таким образом, чтобы

нормальные напряжения при сдвиге не были меньше сопротивляемости грунта сдвигу при этих напряжениях.

На каждой ступени нагрузки параллельно испытывают два образца.

После испытания часть грунта отбирают из зоны сдвига для определения контрольной влажности.

Для разделения полного сцепления C_w на восстанавливающуюся Σ_w и невосстанавливающуюся C_c части испытывают идентичные образцы по методу плашек. Влажность образцов грунта и нагрузка на них те же, что и при основных испытаниях.

Образец грунта разрезают тонкой проволокой или леской по плоскости сдвига, образовавшиеся поверхности выравнивают под один уровень с гранями колец, прикладывают к нему в течение 1 мин требуемую вертикальную нагрузку, а затем производят сдвиг. По данным испытаний строят график, общий вид которого показан на рис.1. По графику определяют величину углов внутренне-

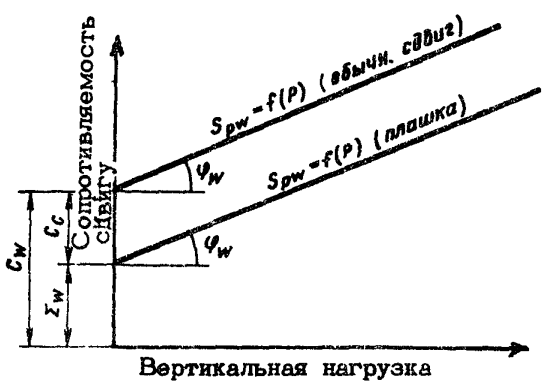


Рис.1. Общий вид зависимостей, полученных при сдвиговых испытаниях грунтов

го трения φ_w, сцепления C_w и C_c, связность Σ_w. Ориентировочно степень изменения величины угла внутреннего трения и общего сцепления в зависимости от изменения влажности грунта может быть оценена по графику рис.2.

Оценка сдвиговых характеристик грунтов повышенной влажности для выемок производится на образцах ненарушенной структуры с обязательным определением связности и структурного сцепления.

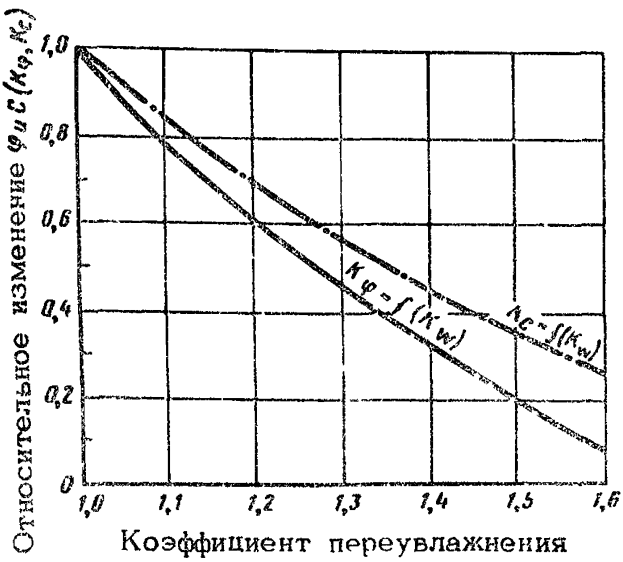


Рис.2. Изменение относительных величин сцепления и угла внутреннего трения глинистых грунтов при повышении их влажности: $K_\varphi = \frac{\varphi_{wi}}{\varphi_{wo}}$, $K_c = \frac{C_{wi}}{C_{wo}}$, и где φ_{wi} (C_{wi}) и φ_{wo} (C_{wo}) -угол внутреннего трения (сцепление) соответственно при повышенной и оптимальной влажности

3. Определение компрессионных и консолидационных характеристик. Испытания грунтов повышенной влажности по определению компрессионных и консолидационных характеристик и обработка опытных данных должны выполняться в соответствии с требованиями к методам испытаний слабых грунтов и обработке их результатов /4/.

По данным компрессионных испытаний должна быть получена стандартная компрессионная кривая, по которой определяют относительную деформацию λ или модуль осадки грунта e (мм/м).

По результатам консолидационных испытаний находят следующие параметры: консолидационные параметры $a_{\lambda p}$ (мин), отражающий вязкостные свойства грунта, и $b_{\lambda p}$ (мин/см^2), отражающий скорость фильтрации воды;

параметр вторичной осадки m_p или время достижения $t_{\Delta p}$ (мин) заданной относительной деформации на стадии первичной осадки при уплотнении под нагрузкой P.

4. Определение коэффициента динамической вязкости. Величину коэффициента динамической вязкости глинистых грунтов можно определять (наряду с известными методами) на основе специальных испытаний с использованием динамометрического шарикового пенетрометра (рис.3), конструкция которого и методика испытаний разработаны инж.А.П.Аксеновым.

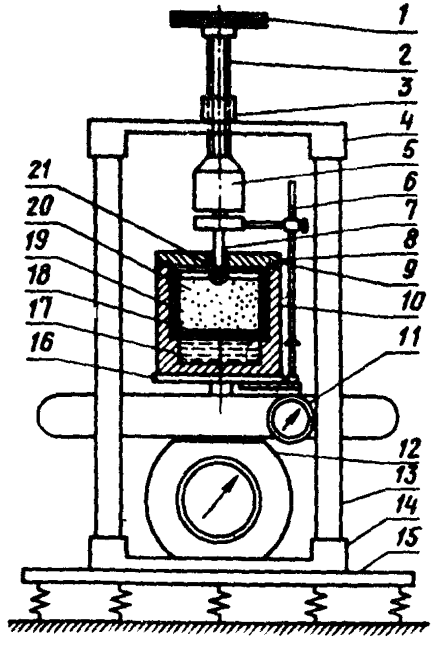


Рис.3. Схема прибора релаксационного типа : 1-ворот; 2-нагрузочный винт; 3-втулка; 4-верхнее основание; 5-шарнирная опора штока; 6-рычажок; 7-шток с шариком; 8-крышка эксикатора; 9-уплотнитель; 10-корпус эксикатора; 11-индикатор смещения шарика; 12-динамометр ДССМ-0,1; 13-стойка; 14-нижнее основание; 15-виброизолирующее основание; 16-площадка для установки образца; 17-вода; 18-диск с отверстиями; 19-металлическое кольцо; 20-образец грунта; 21-сальник

Из уплотненного грунта с помощью колец-обойм вырезают образцы грунта диаметром 70 мм и высотой 40-50 мм. В целях исключения подсыхания образцов грунта в процессе длительного опыта их торцевые поверхности смазывают техническим вазелином и помещают в полиэтиленовые мешочки.

Приготовленный образец грунта в кольце-обойме устанавливают на площадку прибора, жестко соединенную с упругим элементом динамометра или с пружиной, и по индикатору динамометра снимают начальное показание λ_0. Определяют нагрузку $P_0 = \lambda_0 \psi$, где ψ – цена деления индикатора динамометра (определяется по тарировочному графику).

С помощью нагрузочного винта в грунтовый образец вдавливают стальной шарик строго на половину его диаметра. Глубину вдавливания фиксируют индикатором смещения шарика. По окончании вдавливания с индикатора динамометра снимают показания $P_{вдавл}$.

В последующем проводят наблюдение за изменением усилия, действующего на шарик, от величины $P_{вдавл.}$ до момента условной стабилизации P_{lim}, которому соответствует приращение деформации, равное $1 \cdot 10^{-3} \div 2 \cdot 10^{-3}$ мм в сутки. Нагрузку на шарик, соответствующую моменту стабилизации деформаций P_{lim}, определяют по индикатору динамометра. По данным наблюдений строят график изменения усилия, действующего на шарик, во времени $P = f(t)$ (рис.4).

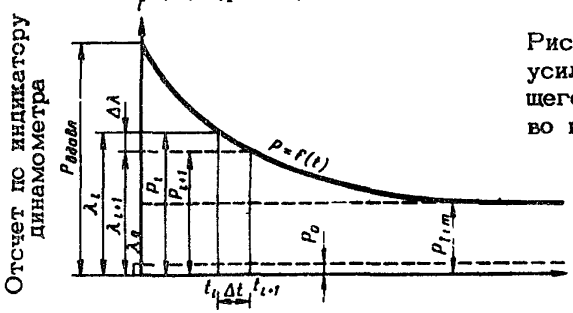


Рис.4. Изменение усилия, действующего на шарик во времени

На различных участках полученного графика определяют (не менее 10 раз) скорость погружения шарика в грунт

$$V = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \frac{\lambda_i - \lambda_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} .$$

При этом величина $\Delta\lambda$ не должна превышать $1\cdot10^{-3}$ – $2\cdot10^{-3}$мм.

Величину нагрузки, действующей на шарик, определяют по формуле

$$P_{cp(t)} = \left(\frac{\lambda_i + \lambda_{i+1}}{2}\right)\cdot q,$$

где λ_i – показания индикатора динамометра в i -й момент времени;

λ_{i+1} – то же, в момент времени $i+1$

Величину коэффициента вязкости на отдельных участках графика определяют по формуле Стокса

$$\eta_i = \frac{\gamma_{w(t)} - \gamma_{zp}}{18V}\cdot d^2\cdot g,$$

где η_i – коэффициент вязкости, Па·с (П);
$\gamma_{w(t)}$ – фиктивная плотность шарика, кг/м^3;
γ_{zp} – плотность грунта, кг/м^3;
V – скорость погружения шарика, м/с;
d – диаметр шарика, м;
g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Фиктивную плотность шарика $\gamma_{w(t)}$ определяют по формуле

$$\gamma_{w(t)} = \frac{(P_{cp(t)} - P_0) - (P_{lim} - P_0)}{V_w},$$

где $V_w = \frac{4}{3}\pi r^3$ объем шарика радиусом r, м^3.

По результатам расчетов строят графики зависимости коэффициента вязкости от уровня нагрузки $\eta = f(\mu)$,

где $\mu = \frac{P_i}{P_{lim}}$

и коэффициента стабильности $\eta = f(K_{стаб})$,

где $K_{стаб} = \frac{P_{lim}}{P_i}$.

Приложение 2

Прогноз осадки насыпи и времени её завершения

1. Осадку слоя грунта S вследствие его уплотнения под действием вышележащих слоев и собственной массы можно рассчитать по формуле

$$S = 0{,}001 \sum_{1}^{n} e_{P_{zi}} \cdot H_i , \qquad (1)$$

где H_i – толщина расчетного слоя, м;

$e_{P_{zi}}$ – модуль осадки, определяемый по компрессионной кривой, соответствующий расчетной нагрузке $P_{zi\ расч}$ для данного слоя, мм/м.

Расчетную нагрузку $P_{zi\ расч.}$ (Па) на заданном горизонте следует определять по формуле

$$P_{zi\ расч.} = P_н \cdot \alpha_{zi} + \gamma_w \cdot Z_i , \qquad (2)$$

где $P_н$ – нагрузка от переходного слоя грунта и пассивной зоны, Па;

α_{zi} – коэффициент, учитывающий уменьшение напряжений по глубине слоя;

γ_w – объемный вес грунта, $Н/м^3$;

Z_i – координата середины слоя, м.

Коэффициент α_{zi} вводят в расчет, если максимальное значение вертикального нормального напряжения (или модуля осадки) отличается от минимального более чем на 10%.

2. Прогноз протекания осадки глинистых грунтов повышенной влажности во времени рассчитывается:

а) на стадии первичной осадки по формуле

$$T_{\lambda_i p} = a_{\lambda p} + b_{\lambda p} \cdot H_ф^2 , \qquad (3)$$

где $T_{\lambda_i p}$ – время завершения заданной относительной деформации при $\lambda_i < \lambda_i$, сут;

$H_ф$ – путь фильтрации воды из расчетного слоя, м;

$a_{\lambda p} \cdot b_{\lambda p}$ – консолидационные параметры, определяемые по кривым консолидации, соответственно мин и мин/см^2;

λ_i – заданная относительная деформация;

λ_I – то же, в момент завершения первичной осадки;

б) на стадии вторичной осадки по формуле

$$T_{\lambda_i p} = T_I \cdot e^{\frac{\lambda_i - \lambda_I}{m_p}}, \qquad (4)$$

где $T_{\lambda_i p}$ – время завершения заданной относительной деформации при $\lambda_i > \lambda_I$, сут.;

T_I – время завершения первичной осадки, сут.;

m_p – консолидационный параметр вторичной осадки, определяемый как тангенс угла наклона прямолинейного участка консолидационной кривой к оси $\lg t$.

Время завершения первичной осадки для приближенного прогноза можно рассчитать по формуле теории фильтрационной консолидации

$$T_I = t_I \left(\frac{H_\phi}{h_\phi}\right)^2. \qquad (5)$$

Для ориентировочных расчетов по табл.1 можно установить время T достижения заданной степени консолидации U и коэффициент уплотнения грунта K_y в зависимости от разновидности грунта, толщины слоя H, степени переувлажнения грунта K_w и начальной степени уплотнения $K_{y\,нач.}$

Достигнутую степень уплотнения K_y в зависимости от массы вышележащих слоев (т.е. по высоте насыпи), вида грунта и степени его переувлажнения K_w можно ориентировочно определить по табл.2.

Таблица I

Вид грунта (число пластичности)	H, м	P_{zi} расч. МПа (кгс/см^2)	K_w	$K_{уплот.}$	K_y при степени консолидации U, %			T_j годы, при степени консолидации U, %		
					50	80	100	50	80	100
Суглинок легкий ($7<W_п\leq12$)	2	0,05 (0,5)	1,2	0,96	0,97	0,97	0,98	0,5	0,5	0,75
			1,4	0,94	0,95	0,96	0,97	0,5	0,5	1,0
			1,5	0,92	0,93	0,94	0,95	0,5–1,0	0,75–1,0	1,0–2,0
Суглинок тяжелый ($12<W_п<17$)	1	0,1 (1,0)	1,2	0,95	0,82	0,83	0,83	1,0	1,5	2,0
			1,4	0,87	0,88	0,89	0,89	1,5	2,0	2,5
			1,5	0,81	0,95	0,96	0,96	2,0	2,5	3,0
Глина ($W_п>17$)	2	0,1 (1,0)	1,2	0,95	0,82	0,83	0,83	2,0	2,5	3,0
			1,4	0,87	0,88	0,89	0,89	2,5	3,0	3,5
			1,5	0,81	0,95	0,96	0,96	3,0	3,5	5,0

Таблица 2

K_w	Степень уплотнения грунта K_y, в зависимости от нагрузки вышележащих слоев P, МПа (кгс/см^2)										
	0,025 (0,25)	0,050 (0,5)	0,075 (0,75)	0,100 (1,00)	0,125 (1,25)	0,150 (1,50)	0,200 (2,0)	0,250 (2,5)	0,300 (3,0)	0,350 (3,5)	0,400 (4,0)
1,2	0,970	0,976	0,983	0,988	0,990	–	–	–	–	–	–
	–	0,950	–	0,962	–	0,970	0,975	0,980	0,987	0,990	0,995
1,4	0,954	0,966	0,978	0,982	0,986	0,990	–	–	–	–	–
	–	0,880	–	0,895	–	0,910	0,915	0,925	0,930	0,937	0,945
1,5	0,950	0,952	0,960	0,967	0,970	0,977	0,980	0,985	0,990	–	–
	–	0,830	–	0,850	–	0,875	0,890	0,915	0,925	0,930	0,935

Примечание. Над чертой даны значения K_y для легкого суглинка, под чертой – для тяжелого суглинка и глины.

Пример расчёта осадки насыпи и времени её завершения

Схема расчетного поперечника насыпи показана на рис.1. Проектная высота насыпи составляет 10 м, ширина поверху 15 м, откосы 1:3.

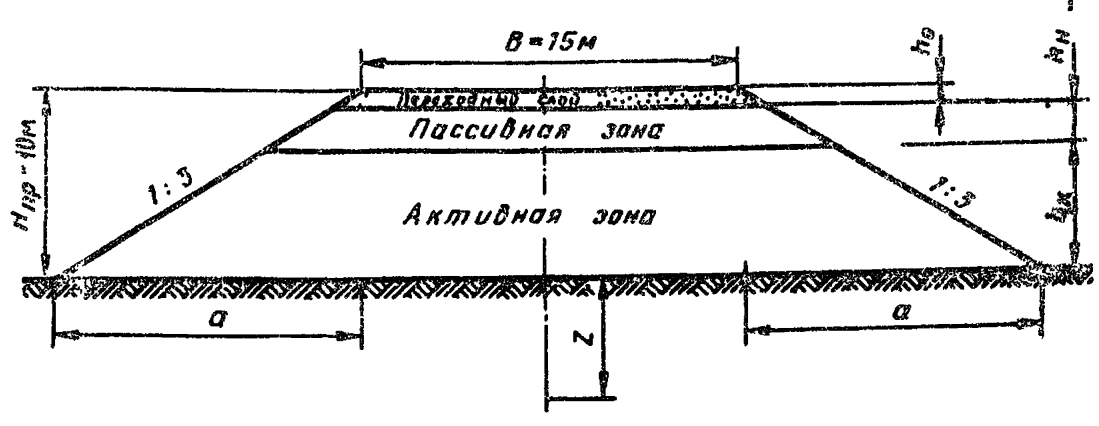


Рис.1. Расчетный поперечник насыпи

Расчет производится для насыпи из легкого пылеватого суглинка со следующими физико-механическими свойствами.

Естественная влажность $W_{пр}$, % 16,8
Коэффициент переувлажнения K_w 1,4
Оптимальная влажность W_o, % 12
Влажность на границе текучести $W_т$, % . . . 22,5
Влажность на границе раскатывания W_p, % . . . 14,8
Число пластичности $W_п$ 7,7
Предельная пороговая нагрузка P_0, МПа
(кгс/см^2) 0,06 (0,6)
Объемный вес грунта γ_w, Н/м^3 . . . . . $2 \cdot 10^4$

Расчет осадки

Осадку S (м) грунта повышенной влажности рассчитывают по формуле (1) приложения 2

$$S = 0{,}001 \sum_{1}^{n} e_{p_{zi}} H_i .$$

Расчетную нагрузку определяем по формуле (2) прило - жения 2

$$p_{zi\,расч} = p_н \alpha_{zi} + \gamma_w \cdot \bar{z}_i .$$

Толщина неконсолидируемой зоны в данном примере

$$h_н = \frac{p_o}{\gamma_w} = 3\text{ м}.$$

Примем $h_o = 1$, тогда активная зона составит $h_к = H_{ф} - (h_н + h_o) = 10 - (3+1) = 6$ м.

Определим коэффициенты α_{zi} для указанного слоя. Для этого найдем отношения $\frac{2a}{b}$ и $\frac{2z}{b}$ (где a, z, b см. рис.1). При $z = 1$, $\frac{2a}{b} = 1{,}2$ и $\frac{2z}{b} = 0{,}18$.

По графикам для определения напряжений в основа - нии насыпи /5/ находим соответствующий этим значе - ниям коэффициент $\alpha_1 = 0{,}98$. При $z = 6$ м величина отношения $\frac{2a}{b} = 0{,}8$. Аналогично α_1 определяем $\alpha_2 = 0{,}93$.

Разница максимального и минимального напряжений для слоя грунта не превышает 10%, поэтому $p_н$ можно принять постоянной по всей глубине слоя.

Далее определяем нагрузку от собственной масс ы грунта насыпи и расчетную нагрузку на разных гори - зонтах.

По компрессионной кривой (рис.2) находим модуль осадки, соответствующий расчетной нагрузке $p_{zi\,расч.}$ для данного грунта. Полученные результаты приведены в таблице.

Горизонты грунта, см	Нагрузка от собственной массы грунта, МПа (кгс/см^2)	Расчетная нагрузка, МПа (кгс/см^2)	Модуль осадки, мм/м
100	0,02(0,2)	0,08(0,8)	34,5
300	0,06(0,6)	0,12(1,2)	41,0
500	0,10(1,0)	0,16(1,6)	46,5
600	0,12(1,2)	0,18(1,8)	48,0

Для полученных модулей осадки определяем суммарную осадку грунта повышенной влажности в активной зоне с толщиной расчетного слоя 200 см по формуле (1) приложения 2 $\Sigma S_i = 34$ см.

Суммарная осадка равна 34 см.

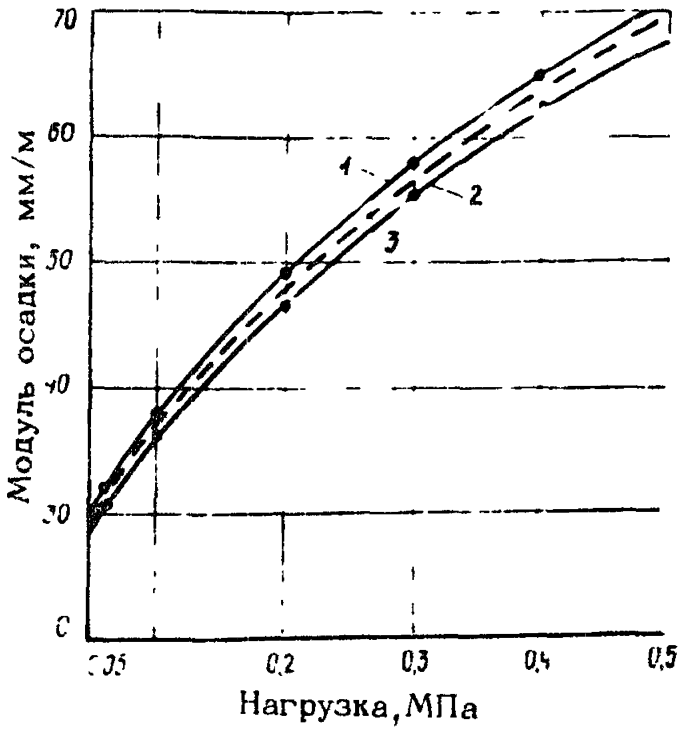


Рис.2. Зависимость модуля осадки от нагрузки: 1,2–опытные кривые; 3–осредненная кривая

Прогноз осадки во времени

Согласно полученным рекомендациям рациональная толщина слоя данного вида грунта, в котором за заданное время ($T_{треб} \leq 1$ г.) может быть достигнута заданная степень уплотнения, составляет 2 м.

Рассчитаем время достижения конечной осадки и требуемой степени уплотнения выделенного слоя грунта повышенной влажности по формуле (4) приложения 2

$$T_{\lambda_i \rho} = T_I \cdot e^{\frac{\lambda_i - \lambda_I}{m_\rho}}$$

Время завершения первичной осадки T_I (мин) определяем по формуле (5) приложения 2

$$T_I = t_I \left(\frac{H_\Phi}{h_\Phi}\right)^2 = 1 \cdot \left(\frac{200}{1}\right)^2 = 4 \cdot 10^4,$$

t_I – определяем по кривой консолидации (рис.3). Параметр m_p в данном случае равен:

$$m_p = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lg t_1 - \lg t_2} = \frac{0{,}025 - 0{,}020}{\lg 100 - \lg 10} = 0{,}005.$$

Тогда $$T_{\lambda\,кон} = 4 \cdot 10^4 e^{\frac{0{,}035 - 0{,}015}{0{,}005}} \approx 200 \text{ сут.}$$

Время завершения осадки близко к требуемому.

Для определения степени уплотнения грунта повышенной влажности, достигнутой на тот или иной период времени под данной нагрузкой, строим зависимость $K_y = f(P)$ (рис.4) по результатам компрессионных испытаний и $K_y = f(U)$ (рис.5) по результатам консолидационных испытаний.

Коэффициент уплотнения определяем по известной формуле

$$K_y = \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_{о\,ск}}$$

где $\gamma_{ск}$, $\gamma_{о\,ск}$ – соответственно действительная и оптимальная плотности, кг/м^3.

В данном примере к моменту завершения интенсивной части осадки грунт достигает степени уплотнения $K_y = 0{,}98$.

Таким образом, согласно расчету осадки грунта повышенной влажности, запас на осадку должен быть принят 34 см. Расчет протекания осадки во времени показал, что для ее ускорения и достижения требуемой степени уплотнения переувлажненного грунта необходимо устраивать поглощающие прослойки из песка, через ко-

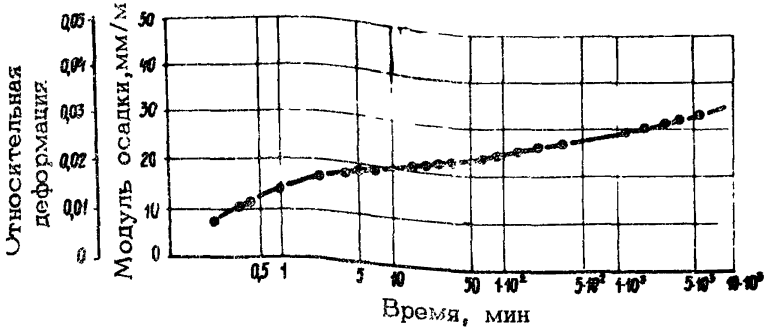


Рис.3. Зависимость относительной деформации и модуля осадки от времени

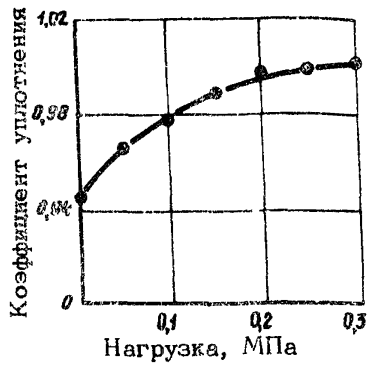


Рис.4. Зависимость коэффициента уплотнения от нагрузки



Рис.5. Зависимость коэффициента уплотнения от степени консолидации

щиеся по высоте насыпи со слоями основного грунта. Толщина слоев грунта должна быть не менее 2 м. Толщина поглощающей прослойки может быть принята в соответствии с существующими рекомендациями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков Н.С., Казарновский В.Д., Могылев Ю.Л. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. М., "Недра", 1975.

2. Львович Ю.М., Могылев Ю.Л. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог. М., "Транспорт", 1979.

3. Методические рекомендации по осушению земляного полотна и оснований дорожных одежд в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания грунтов. Союздорнии. М., 1974.

4. Методические рекомендации по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах. М., "Транспорт", 1978.

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Особенности свойств грунтов повышенной влажности	7
3. Конструкция земляного полотна	11
4. Технология производства работ	22
Снижение влажности грунтов просушиванием	31
6. Осушение грунтов добавками	35
Приложения:	
1. Определение механических характеристик глинистых грунтов повышенной влажности	43
2. Прогноз осадки насыпи и времени ее завершения	49
3. Пример расчета осадки насыпи и времени ее завершения	53

Ответственный за выпуск Е.И.Эппель

Редакторы В.П.Куракин, Ж.П.Иноземцева
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректоры Т.М.Бирюшова, Н.В.Теплоухова

Подписано к печати 24/III 1980г. Формат 60x84/16
Л 63869
Заказ 102-0 Тираж 900 2,6 уч.-изд.л. Цена 40 коп.
3,1 печ.л.

...ративной полиграфии Союздорнии
143900 Московская обл.,Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79

gost.e-ecolog.ru