МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ БОЛОТ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Москва 1973

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ БОЛОТ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Москва 1973

УДК 625.111:626.871(083)

Предисловие

"Методические указания по инженерно-геологическому обследованию болот при изысканиях автомобильных и железных дорог" предназначены для практического руководства при обследовании торфяных болот в процессе инженерно-геологических изысканий автомобильных и железных дорог, выполняемых проектно-изыскательскими организациями.

При составлении настоящих "Методических указаний" учтены основные положения "Методических указаний по проектированию земляного полотна на слабых грунтах", результаты специальных исследований, выполненных авторами в последние годы, а также опубликованные результаты соответствующих исследований, проведенных в Калининском политехническом институте, Омском филиале Союздорнии, Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства, ВСЕГИНГЕО, Гидропроекте и других организациях. Кроме того, учтен опыт инженерно-геологических изысканий ведущих проектно-изыскательских организаций (Союздорпроект, Ленгипротранс, Сибгипротранс и др.).

"Методические указания" составили кандидаты технических наук В.Д.Казарновский, Э.К.Кузахметова (Союздорнии), И.Е.Евгеньев и В.Н.Яромко (Белдорнии), инж. Л.И.Кузнецова, канд.техн.наук Е.А.Яковлева и канд. биол наук Н.Г.Несветайлова (ЦНИИС).

Замечания и пожелания по "Методическим указаниям" следует направлять по адресу: 143900 г.Балашиха, Московской обл., Союздорнии.

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ГЛАВТРАНСПРОЕКТА И.Розанов

ДИРЕКТОР СОЮЗДОРНИИ доктор технических наук, профессор В.Михайлов

© СОЮЗДОРНИИ, 1973 г.

I. Основные понятия

1.1. Болотом называется участок суши, характеризующийся избытком влаги на поверхности или в верхних слоях грунтовой толщи и наличием в геологическом разрезе специфичных болотных отложений (болотных грунтов). При наличии слоя торфяных отложений болото называется торфяником или торфяным болотом.

В настоящих "Методических указаниях" рассматриваются преимущественно торфяные болота.

1.2. В пределах геологического разреза болота различают растительно-корневой слой, слабую толщу и дно болота.

1.3. Слабая толща включает в себя пласты слабых болотных грунтов, иногда переслаивающихся с пластами наносных более прочных грунтов. Слабая толща может включать в себя горизонты с остатками пней, а также слои жидких образований.

По стратиграфическим особенностям различают однослойные болота, слабая толща которых представлена одной породой, и многослойные болота, в пределах слабой толщи которых имеются слои различных пород.

1.4. В зависимости от суммарной мощности растительно-корневого слоя и слабой толщи болота делят на мелкие - при помощи слабых отложений менее 2м, средние - от 2 до 4 м и глубокие - более 4 м.

1.5. Дно болота может быть сложено глинистыми, песчаными или скальными породами и в зависимости от этого может быть водопроницаемым или водонепроницаемым.

1.6. По степени минерализации воды, идущей на увлажнение верхнего слоя грунтовой толщи, в пределах которого располагается корневая система растений (растительно-корневой слой), различают низинные и верховые болота.

К низинным относят болота, поверхность которых увлажняют воды, богатые минеральными слоями.

К верховым - болота, увлажняемые водой, бедной минеральными солями.

Степень минерализации зависит от источника водного питания болота (грунтовые, атмосферные воды) и предопределяет различие в растительности, произрастающей на поверхности низинных и верховых болот, что в конечном итоге отражается на величине зольности грунтовой толщи.

Примечание. В болотоведении выделяют еще переходные болота как промежуточный тип между верховыми и низинными. В строительных целях выделять переходные болота не требуется.

2. Болотные грунты

2.1. Грунты, входящие в комплекс болотных грунтов, подразделяют на группы и подгруппы в соответствии с табл.1.

2.2. Торф - своеобразное, относительно молодое геологическое образование, формирующееся в результате отмирания болотной растительности при избыточном количестве влаги и недостаточном доступе воздуха.

Для торфа характерна высокая влагоемкость и влажность в естественном состоянии (обычно в пределах 150-3000%). Твердое вещество высушенного торфа состоит из не вполне разложившихся растительных остатков - растительного волокна, продуктов разложения растительных остатков - темного бесструктурного вещества (гумуса) и неорганических примесей.

Волокнистая часть торфа при достаточном ее содержании может образовывать своеобразный структурный каркас, ячейки которого заполнены аморфной массой из продуктов разложения и неорганических примесей.

2.3. Механические свойства торфов зависят от их структурных особенностей, определяемых степенью волокнистости, плотности (влажности) и состава торфообразователей, косвенно отражаемого величиной зольности торфа.

Таблица 1

Комплекс	Болотные грунты									
Группа (по содержанию органических веществ)	Органические П > 60%				Органо-минеральные 10% < П < 60%				Минеральные П < 10%	
	П ≥ 95 %	95 < П < 80%	80 < П < 60%	П > 60 %	П=10-60%	П=30-60%	П=20-30%	П=10-20%		
Подгруппа (по генетико-фациальным и петрографическим особенностям)	Торф малозольный	Торф средней зольности	Торф высокой зольности	Органо-сапропель	Органо-минеральный сапропель	Заиленный торф	Грунт сильно заторфованный	Грунт заторфованный	Илы пресноводные	Болотный мергель
Вид	По особенностям структуры и показателям состава (волокнистость, число пластичности, граница текучести)									
Разновидность	По показателям состояния (природная влажность, коэффициент консистенции, относительная влажность).									

Примечание. П - потери при прокаливании.

При зольности менее 5% состав торфообразователей соответствует условиям формирования верхового болота. Торф в этом случае называют малозольным (верховым). При зольности от 5% до 20% торф следует относить к торфам средней зольности (низинным), а при зольности 20-40% - к высокозольным (минерализованным).

Значения показателей механических свойств торфяных грунтов ориентировочно можно установить по основным показателям состава и состояния, используя табл.2.

Способы определения влажности, зольности и волокнистости изложены в приложении 1.

Таблица 2

Физико-механические свойства торфяных грунтов

Разновидность		Вид		Подгруппа	Сопротивляемость по крыльчатке	Сжимаемость			
Наименование	Природная влажность W, %	Степень разложения R, %	Степень волокнистости, β, %		в природном залегании	Модуль деформации E, кгс/см^2, при нагрузке ρ, кгс/см^2		Модуль осадки e_ρ, мм/м при нагрузке ρ, кгс/см^2	
						0,5	1,0	0,5	1,0
Осушенный (или уплотненный)	<300	<25	>75	мз	>0,49	>2,5	>3,3	<200 (<100)	<300 (<200)
				сз	>0,42				
		25-40	75-60	мз	>0,30				
				сз	>0,33				
		>40	<60	мз	>0,19				
				сз	>0,26				
Маловлажный	300-600	≤25	≥75	мз	0,49-0,26	2,5-1,5	3,3-2,3	200-350 (100-250)	300-420 (200-370)
				сз	0,42-0,22				
		25-40	75-60	мз	0,30-0,17				
				сз	0,33-0,16				
		>40	<60	мз	0,19-0,08				
				сз	0,26-0,13				
Средней влажности	600-900	<25	>75	мз	0,26-0,16	1,5-1,1	2,3-1,90	350-450 (250-400)	420-530 (370-500)
				сз	0,22-0,16				
		25-40	75-60	мз	0,17-0,10				
				сз	0,16-0,11				
		>40	<60	мз	0,08-0,05				
				сз	0,13-0,08				
Очень влажный	900-1200	<25	>75	мз	0,16-0,11	1,1-0,90	1,90-1,70	450-550 (400-470)	530-600 (500-550)
				сз	0,16-0,11				
		25-40	75-60	мз	0,10-0,06				
				сз	-				
		>40	<60	мз	0,05-0,03				
				сз	-				

Разновидность		Вид		Подгруппа	Сопротивляе по крыльчатке
Наименование	Природная влажность W,%	Степень разложения R,%	Степень волокнистости, B, %		в природном залегании
Избыточно-влажный	>1200	<25	>75	мз	0,11-0,07
				сз	0,11-0,06
		25-40	75-60	мз	-
				сз	-
		>40	<60	мз	-
				сз	-

Примечания: 1. В скобках даны средние значения
2. "мз" - малозольный торф (потеря при прокалива
A^c<95% ≥ 80%).
3. Величины показателей механических свойств при
поляцией.

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

Механические свойства сапропелей зависят от их структурных особенностей, состава и плотности (влажности) в природном состоянии. Значения показателей механических свойств ориентировочно можно установить по табл. 3.

2.5. Болотный мергель - представляет собой современную рыхлую осадочную породу, образовавшуюся в озерно-болотных условиях при поступлении в водоемы вод, содержащих в растворенном виде кислый углекислый кальций $Ca(HCO_3)_2$. По мере испарения воды и удаления из нее CO_2 из раствора выпадает углекислый кальций $CaCO_3$. Болотный мергель может подстилать

Продолжение табл. 2

мость сдвигу $C_{усл}$, кгс/см^2 после уплотнения под нагрузкой P =0,5кгс/см^2	Сжимаемость			
	Модуль деформации E, кгс/см^2, при нагрузке P, кгс/см^2		Модуль осадки e_p, мм/м, при нагрузке P, кгс/см^2	
	0,5	1,0	0,5	1,0
0,62–0,38 0,46–0,20 – – – –	0,90–0,85	1,70–1,50	550–600 (470–490)	600–650 (550–570)

модулей осадки, без скобок – максимальные.
нии $\Pi > 95\%$), "сз" – торф средней зольности
промежуточных значениях влажности определяются интер-

торфяную толщу или переслаиваться с торфяными пластами.

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

Механические свойства мергеля в зависимости от величины природной влажности ориентировочно можно определить по табл. 4.

2.6. Пресноводные илы. Илами называются глинистые грунты в начальной стадии формирования, которые образовались как структурный осадок в воде.

Илы в природном залегании характеризуются текучей консистенцией, наличием необратимых структурных связей и способностью к тиксотропным превращениям.

Таблица 3

Физико-механические свойства сапропелевых грунтов

Группа		Разновидность		Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке $C_{усл}$, кгс/см^2		Сжимаемость	
наименование	содержание органических веществ, %	наименование	природная влажность W, %	в природном залегании	после уплотнения под нагрузкой ρ =0,5 кгс/см^2	модуль уплотнения E, кгс/см^2, при нагрузке ρ = 0,5 кгс/см^2	модуль осадки e_ρ, мм/м, при нагрузке ρ =0,5кгс/см^2
Органический	>60 (z < 40%)	Маловлажный	<350	>0,1	>0,15	>3,0	<150
		Средней влажности	350-600	0,14-0,09	0,21-0,14	3,0-1,0	150-400
		Сильно влажный	600-1200	0,17-0,06	0,25-0,09	<1,0	>400
		Избыточно влажный (жидкий)	>1200	<0,01	<0,03		-
Органо-минеральный	10-60 (40<z<90)	Маловлажный	<150	>0,15	>0,23	>5,0	<100
		Средней влажности	150-400	0,17-0,09	0,25-0,14	5,0-2,0	100-250
		Сильно влажный	400-900	0,12-0,06	0,18-0,09	<2,0	>250
		Избыточно влажный	>900	<0,01	<0,03	-	-

Примечание. Величины показателей механических свойств внутри разновидности при промежуточных значениях влажности определяются интерполяцией.

Таблица 4

Физико-механические свойства болотного мергеля (П< 10%)

Разновидность		Содержание $CaCO_3$, %	Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке $C_{усл}$, кгс/см^2		Сжимаемость	
Наименование	природная влажность, $W_{пр}$ %		в природном состоянии	после уплотнения под нагрузкой ρ=0,5кгс/см^2	модуль деформации E, кгс/см^2, при нагрузке ρ=0,5кгс/см^2	модуль осадки e_ρ, мм/м при нагрузке ρ=0,5кгс/см^2
Маловлажный	35–70		0,35–0,12	0,45–0,18	>3	<200
Средней влажности	70–150	25–50	0,20–0,07	0,3–0,15	<3	>200
Очень влажный	>150		<0,07	<0,15	-	-

2.7. Механические свойства илов зависят от их структурных особенностей, природной влажности и глинистости (числа пластичности). Ориентировочно значения показателей механических свойств пресновод н ы х илов можно установить по табл.5.

3. Типы оснований по устойчивости, строительные типы болот и болотных грунтов

3.1. Конструкция и технология сооружения земляного полотна на болоте в значительной мере зависят от типа основания по устойчивости, к которому может быть отнесена слабая толща болота. Тип основания по устойчивости определяется расчетом с использованием сдвиговых и компрессионных характеристик в соответствии с "Методическими указаниями по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (Оргтрансстрой, 1968).

Различают три основных типа основания по устойчивости:

I - основания, не требующие специальных мероприятий по обеспечению устойчивости;

II - основания, для обеспечения устойчивости которых достаточно применение только мер технологического характера;

III - основания, которые требуют специальных конструктивных мер по обеспечению устойчивости (изменение конструкции насыпи или удаление слабого слоя).

3.2. Если расчетная нагрузка на основание насыпи не превышает 0,55 кгс/см^2 при учете эффекта взвешивания нижней части насыпи и 0,75 кгс/см^2 без учета взвешивания, при глубине болота не более 6-8 м и простом (трапецеидальном) поперечном профиле насыпи, допускается тип основания определять по строительному типу болота.

Таблица 5

Физико-механические свойства пресноводных илов

Виды ила		Природная влажность $W_{пр}$, %	Объемный вес γ_w, г/см^3	Модуль деформации E, кгс/см^2	Сопротивляемость сдвигу (по крыльчатке) $C_{усл}$, кгс/см^2
Наименование	Определяющий признак				
Супесчаный	$1 \leq W < 7$	30–45	1,88–1,76	57–29	0,35–0,17
Суглинистый	$7 \leq W_п < 17$	30–60	1,89–1,65	32–12	0,27–0,13
Глинистый	$W_п \geq 17$	60–120	1,00–1,40	32– 4	0,20–0,02

Строительный тип болота устанавливают с учетом строительного типа грунтов, слагающих слабую толщу.

3.3. Строительный тип болотного грунта определяется характером его деформации под нагрузкой в основании насыпи при условиях, указанных в п.3.2.

Следует различать три строительных типа болотных грунтов:

I – грунты, которые обладают достаточной прочностью в природном состоянии и при передаче на них нагрузки от насыпи могут только сжиматься, независимо от скорости передачи нагрузки;

II – грунты, не обладающие в природном состоянии достаточной прочностью, вследствие чего при быстрой передаче на них нагрузки от насыпи они выдавливаются, при медленной же передаче нагрузки они успевают уплотниться настолько, что не выдавливаются, а лишь сжимаются;

III – грунты, которые при передаче на них нагрузки в любом случае выдавливаются из-за недостаточной прочности в природном состоянии и недостаточной упрочняемости при уплотнении.

3.4. Строительный тип болотного грунта можно установить:

а) по основным показателям состава и состояния грунта, используя таблицы 6-9;

б) по величине сопротивляемости сдвигу, устанавливаемой путем испытаний с помощью "крыльчаток" в условиях природного залегания; для определения строительного типа болотного грунта в этом случае можно использовать табл. 10.

3.5. В зависимости от строительных типов грунтов, слагающих слабую толщу, различают три строительных типа болот:

I - болота, слабая толща которых представлена только грунтами I строительного типа;

II - болота, слабая толща которых представлена грунтами I и II типа;

III - болота, слабая толща которых включает хотя бы один слой грунтов III строительного типа.

Примечание: Если толщина наиболее слабого пласта не превышает 5% от общей мощности слабой толщи, его наличие при определении типа болота не учитывают.

Тип болота соответствует типу основания по устойчивости.

Таблица 6

Определение строительного типа торфяного грунта

Наименование разновидностей	Природная влажность,	Степень разложения (волокнистости), %		
		<25 (<75)	25-40 (75-60)	>40 (<60)
Осушенный	<300	I	I	I
Маловлажный	300-600	I	I-II[x]	I-II[xx]
Средней влажности	600-900	I	II	II
Очень влажный	900-1200	I	II	II
Избыточно-влажный	>1200	I-II	II	III

x) К I типу следует относить торф при влажности менее 500%.

xx) К типу I следует относить торф средней зольности (5-20%) с влажностью менее 400%.

Таблица 7

Определение строительного типа сапропелевых грунтов

Разновидность грунта	Природная влажность, %		Строительный тип
	органический	органо-минеральный	
Маловлажный	≤350	≤150	1-II[x]
Средней влажности	350-600	150-400	II
Сильно влажный	600-1200	400-900	II-III[xx]
Избыточно-влажный	>1200	>900	III

x) Для уточнения типа необходимы лабораторные испытания на сдвиг и компрессию. К 1 типу относить органический сапропель при $W_{пр}$ < 200% и органо-минеральный при $W_{пр}$ < 50%.

xx) К III типу относить органический сапропель при $W_{пр}$ > 1000% и органо-минеральный при $W_{пр}$ > 550%.

Таблица 8

Определение строительного типа илов

Наименование	Природная влажность, %	Строительный тип грунта
Супесчаный	< 40	I
	> 40	II
Суглинистый	< 40	I
	> 40	II
Глинистый	< 80	II
	> 80	III

Таблица 9

Определение строительного типа болотного мергеля

Разновидность грунта	Природная влажность, %	Строительный тип грунта
Маловлажный	< 70	I-II[x]
Средней влажности	70-150	II
Очень влажный	>150	III

x) К I типу относить при W<60%.

Таблица 10

Определение типа болотных грунтов по сопротивляемости сдвигу в природном залегании

Сопротивление сдвигу по крыльчатке, кгс/см^2	Вид болотных грунтов	
	торф	сапропель, ил, мергель
> 0,2	I	I
0,2–0,1	I–II[x)]	II
0,1–0,03	II	II–III[xx)]
< 0,03	III	III

x) К I типу относить при R< 25%.

xx) Для уточнения типа необходимы лабораторные испытания на сдвиг и компрессию.

4. Общие задачи инженерно-геологического обследования болот при изысканиях дорог. Состав работ. Отчетная документация

4.1. Целью инженерно-геологического обследования болот при изысканиях дорог является получение данных, необходимых для обоснования окончательного проложения трассы и назначения конструкции и технологии сооружения земляного полотна.

4.2. При инженерно-геологическом обследовании болота необходимо:

а) установить границы болота в пределах зоны возможного расположения трассы;

б) выявить строение слабой толщи (ее стратиграфические особенности) и характер дна болота (вид пород и рельеф);

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

г) выявить особенности гидрологического режима болота.

4.3. Для получения требуемых данных (п.4.2) выполняются следующие работы:

а) топографическая съемка болота;

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

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

г) камеральная обработка материалов обследования с составлением отчетной документации.

4.4. Отчетная документация оформляется в виде паспорта, включающего:

а) план болота с изолиниями мощности слабой толщи (рис.1);

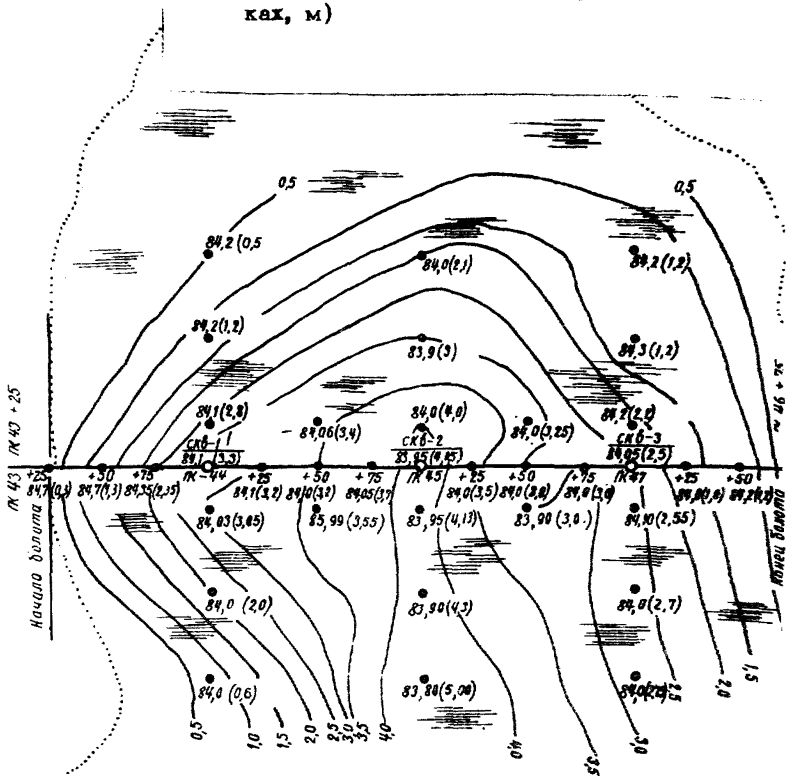
б) геологические разрезы по оси вариантов трассы и по поперечникам с нанесенными на них результатами определения основных показателей состава и состояния грунтов и механических испытаний грунтов в условиях природного залегания полевыми приборами (рис.2);

в) результаты лабораторных испытаний грунтов слабой толщи;

г) пояснительную записку.

Пояснительная записка должна содержать: подробное описание болота, включая его происхождение; источники питания; состав и состояние грунтов слабой толщи; данные о растительно-корневом покрове болота, пни-

Рис. 1. План болота (М 1: 2000)
Изолинии мощности торфа проведены через 0,5 м
Условные обозначения:
Оскв-2 83,95 (4,15) – опорная скважина, ее номер, отметка устья, мощность торфа (в скобках, м)
● 83,80 (3,4) – зондировочная скважина, отметка устья и мощность торфа (в скобках, м)



стости, наличии поверхностного водоотвода; данные о постоянных водотоках и о проходе весенних вод; данные о характере пород, слагающих дно болота и о рельефе последнего.

В пояснительной записке дают оценку строительных свойств болотных грунтов; выделяют расчетные (однотипные) участки, расчетные слои (т.е. слои единообразные по инженерно-геологическим свойствам) и дают расчетные значения механических характеристик грунтов для этих слоев.

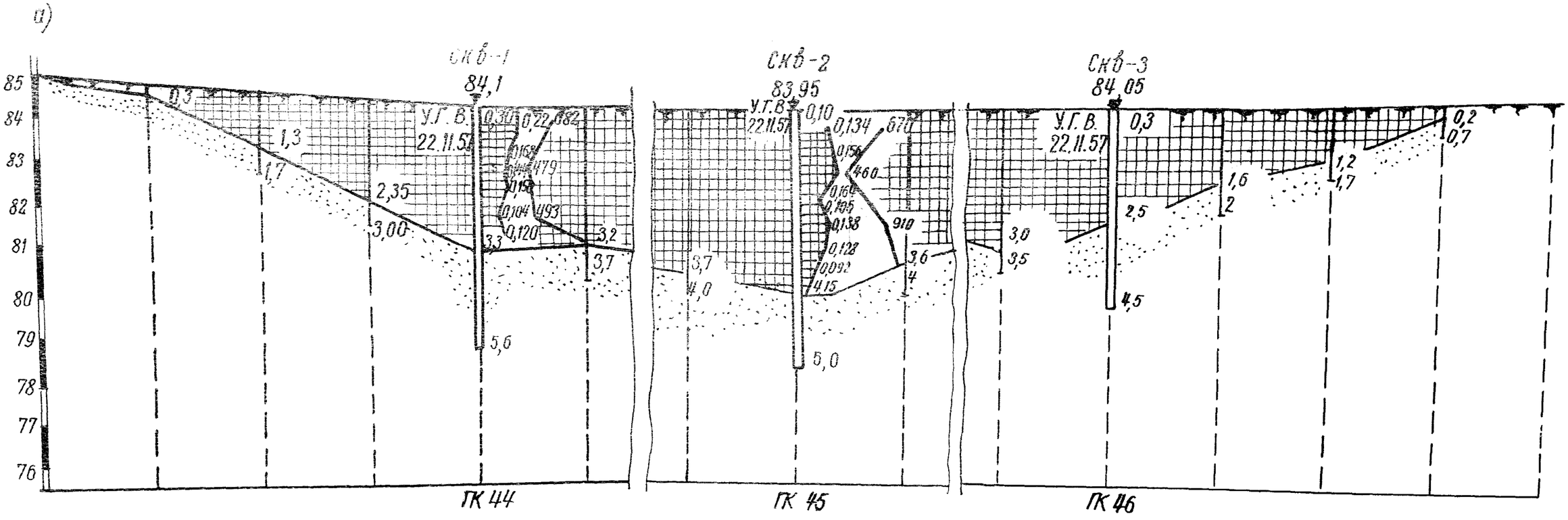
На основе количественной оценки механических свойств грунтов слабой толщи должна быть проведена предварительная оценка слабой толщи как основания насыпи. Для упрощения такой оценки при глубине болота не более 6–8 м и условиях нагружения указанных в пп.3.3. настоящих "Методических указаний" может использоваться строительная типизация болотных грунтов и строительная типизация болот.

Пояснительная записка должна содержать также сведения о поведении и состоянии существующих дорожных насыпей, расположенных в пределах данного болота, состоянии земляного полотна, конфигурации основания насыпи по данным бурения, качественной оценке грунтов тела насыпи и т.д.

Должны быть приведены сведения о резервах грунта, намечаемых для использования при возведении насыпи на болоте, с указанием характеристик этих грунтов.

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

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



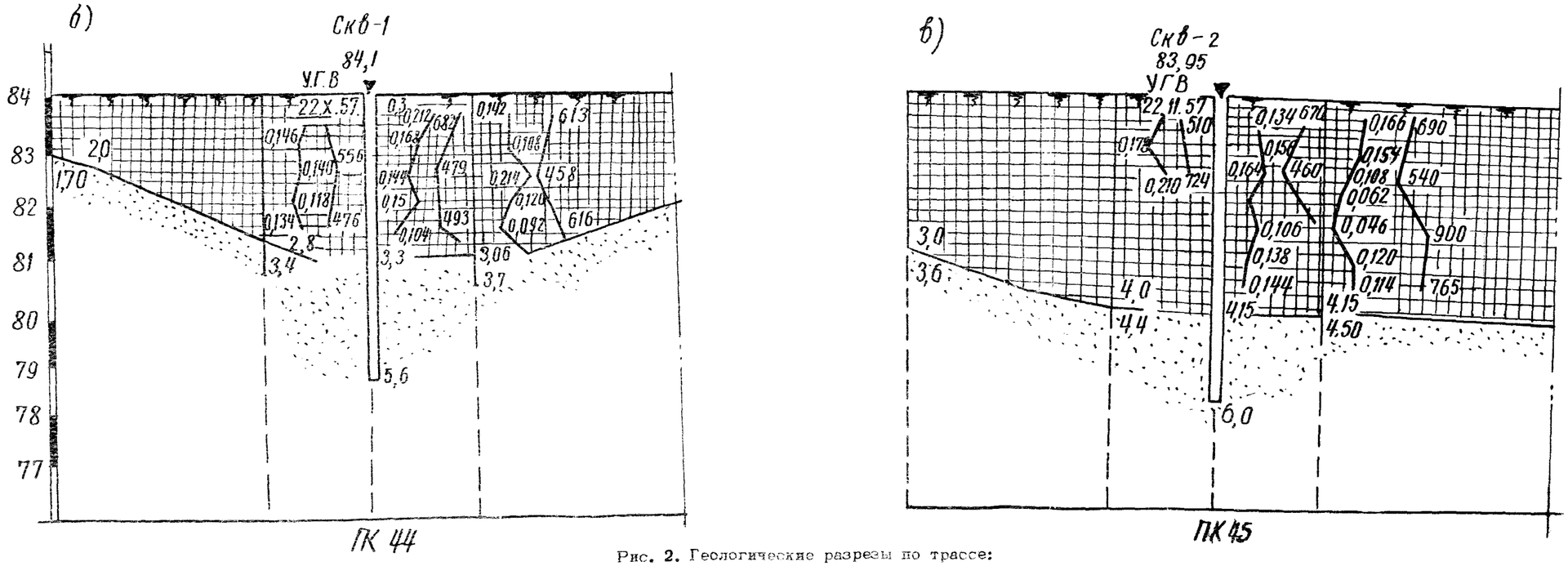


Рис. 2. Геологические разрезы по трассе:

а–продольный разрез по оси дороги; б,в–поперечный разрез; ▼ отметка устья скважины. Расстояния между скважинами 25 м

5. Порядок проведения инженерно-геологических обследований

5.1. Инженерно-геологическое обследование следует выполнять поэтапно.

Этапы обследования отличаются друг от друга методикой определений и составом работ. При этом каждый последующий этап как по методике определений, так и по применяемому оборудованию и составу определений более сложен и трудоемок, чем предыдущий.

Целесообразно выделять три этапа обследования.

На первом этапе (рекогносцировочном) лабораторных определений не выполняют. На втором этапе лабораторные исследования ограничиваются определением показателей состава и состояния грунтов в полевой (нестационарной) лаборатории. На третьем этапе выполняют испытания в стационарной лаборатории для определения показателей механических свойств грунтов.

5.2. В зависимости от конкретных условий проектирования указанные этапы обследования могут быть распределены по стадиям проектирования.

При двухстадийном проектировании (технический проект и рабочие чертежи) целесообразно первые два этапа обследований проводить на первой стадии проектирования, а третий этап – на второй стадии.

5.3. Количество этапов обследования и состав работ уточняют по мере обобщения результатов предшествующего этапа.

Первый этап обследования

5.4. На первом этапе обследования до проведения полевых инженерно-геологических работ изучают карты и предварительно полученные аэрофотоматериалы.

Использование аэрофотоматериалов особенно важно при значительных размерах болот, пересекаемых трассой. В этом случае целесообразно дополнять камеральное дешифрирование фотосхем и аэроснимков аэровизуальными наблюдениями с вертолета или тихоходного самолета.

5.5. Оптимальным масштабом материалов аэрофотосъемки является 1:10000 – 1:17000, но можно также использовать масштабы 1:6000 и 1:25000. Наибольший эффект достигается при использовании аэрофотоснимков масштаба 1:12000–1:17000 в сочетании с 1:6000–1:8000.

Для детального дешифрирования пригодны материалы плановой панхроматической (черно-белой) аэрофотосъемки, но наибольший эффект достигается в сочетании со спектрозональной.

5.6. По указанным аэрофотоматериалам можно установить границы болота, относительную мощность торфяной толщи, приблизительный рельеф кровли минерального дна болота, генезис болота, источники его водного питания, направление и интенсивность внутреннего и поверхностного стока в болоте, относительное увлажнение его отдельных частей, геоморфологический тип болота, его микрорельеф и растительность.

При изучении строения толщи торфяных отложений, мощности и расположения отдельных слоев, физико-механических свойств торфа материалы аэрофотосъемки дают возможность предварительно разделить участки болот на характерные типы. При наличии эталонных материалов это позволяет более рационально организовать полевое обследование болот и сократить объемы полевых работ за счет меньшей детальности исследования повторных участков каждого типа.

5.7. Полевые работы по инженерно-геологическому обследованию болота, выполняемые на первом (рекогносцировочном) этапе, включают зондировочное бурение скважин в зоне, примыкающей к трассе, положение которой намечено по данным аэрофотосъемки или по карте. Скважины бурят по редкой сетке (от 50 х50м до 150 х 150м в зависимости от размеров болота и с учетом данных аэрофотосъемки), при этом захватывается зона шириной примерно 300м (по 150 м в каждую сторону от оси трассы).

Зондировочные скважины проходят с помощью бура геолога (приложение 2) или 2-х дюймового буро в о г о комплекта без обсадки. Кроме того, может быть применена переносная буровая установка ПВБС-15 с бензомоторным двигателем "Дружба".

При проходке зондировочных скважин отбирают пробы через 0,5-1,0 м для визуального установления наименования грунтов и оценки в первом приближении их физико-механических свойств с помощью визуальн ы х методов и классификационных таблиц. На этом же эта пе изучают особенности гидрологического режима болота. Лабораторных испытаний на этом этапе не проводят и образцы для этих целей не отбирают.

5.8. Параллельно с зондировочным бурением или непосредственно вслед за ним по той же сетке выполняют статическое зондирование толщи с помощью вдавливания конусных наконечников (приложение 3).

Результаты статического зондирования позволяют уточнить границы отдельных слоев слабой толщи,общую ее мощность и получить предварительную информа ц и ю о механических свойствах слагающих ее грунтов.

5.9. В выводах по результатам первого этапа обследования дают:

а) рекомендации по уточнению расположения трассы, исходя из наиболее благоприятных условий пересечения болота с точки зрения строения слабой толщи, рельефа дна и особенностей гидрологического режима болота;

б) предварительное заключение о целесообразнос т и или нецелесообразности проработки варианта, предусматривающего использование слабой толщи в качестве ос нования.

Второй этап обследования

5.10. Второй этап обследования назначают лишь в том случае, если в результате первого этапа предвари-

тельно установлена целесообразность проработки варианта, предусматривающего использование слабой толщи в качестве основания.

5.11. На этом этапе бурят зондировочные скважины по оси возможных конкурирующих вариантов трассы, положение которых уточнено по результатам первого этапа обследования. Скважины располагают по оси и на поперечниках. При этом захватывается узкая полоса, равная полутора-двум ширинам земляного полотна по низу.

5.12. Расстояние между скважинами по оси трассы принимают примерно 25-50 м в зависимости от протяженности заболоченного участка и особенностей строения болота, выявленных на первом этапе обследования.

Поперечники подразделяют на основные и промежуточные. На основных проходят 5-7 скважин, на промежуточных - 1-3 (рис.3).

5.13. При проходке скважин отбирают пробы грунтов и определяют основные показатели состава и состояния в полевой (нестационарной) лаборатории.

Пробы отбирают через 0,5-1,0 м (но не менее трех проб по глубине из каждого характерного слоя).

5.14. Параллельно с проходкой зондировочных скважин или непосредственно вслед за ней выполняют зондирование слабой толщи конусным наконечником, а также примерно через каждые 0,5 м по глубине толщи испытывают грунты на сдвиг с помощью крыльчатки.

Методики зондирования конусным наконечником и испытания крыльчаткой изложены в приложениях 3 и 4.

5.15. В лаборатории определяют следующие основные показатели состава и состояния грунтов:

влажность;

потери при прокаливании (или зольность);

степень волокнистости или степень разложения (только для торфяных грунтов);

пределы пластичности (только для илов);

удельный вес (выборочно для характерных слоев);

объемный вес влажного грунта;

ботанический состав (дополнительно для торфяных грунтов).

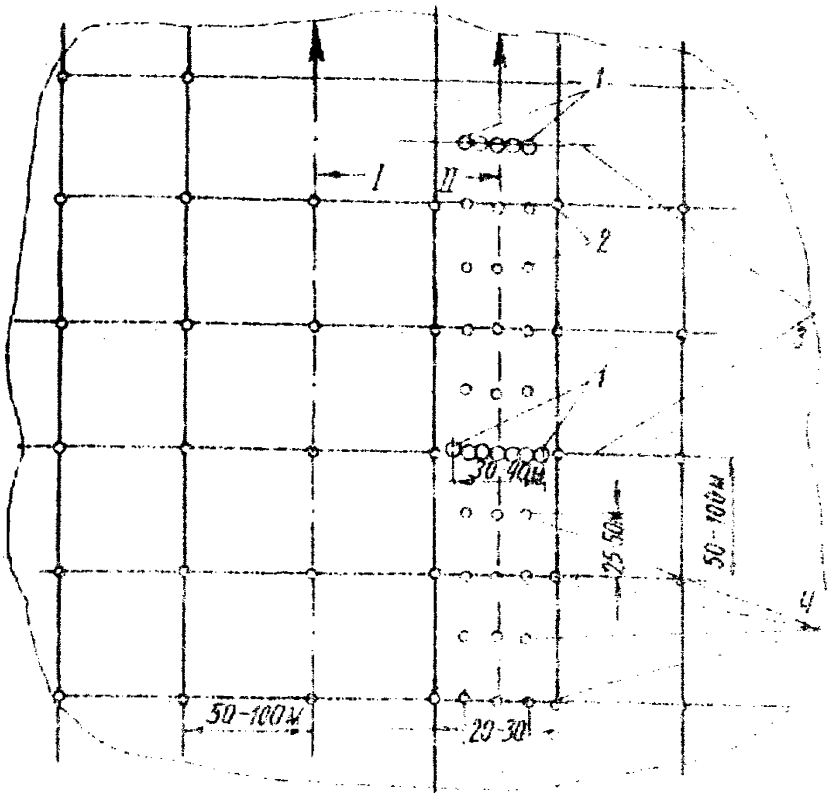


Рис.3. Схема расположения скважин при инженерно-геологическом обследовании болот
1–основные скважины; 2–зондировочные; 3–основные (опорные) поперечники; 4–промежуточные
I–первоначальный вариант положения оси трассы;
II–уточненный

Методики определения указанных характеристик изложены в приложении 1.

5.16. По результатам испытаний выделяют расчетные слои и определяют расчетные значения основных показателей состава и состояния грунтов в пределах каждого слоя.

В качестве основы для выделения расчетных слоев, т.е. слоев, однородных с точки зрения основных показателей инженерно-геологических свойств, используют результаты описания грунтов при зондировочном бурении и материалы статического зондирования конусным наконечником.

Границы слоев устанавливают предварительно по визуальным признакам. Далее детально расчленяют толщу по результатам статического зондирования, которое позволит не только уточнить границы отдельных слоев, выделенных по визуальным признакам, но и расчленить визуально-однородные слои на отдельные расчетные слои, в пределах которых физико-механические свойства грунта могут считаться постоянными (приложение 5).

5.17. Для выделенных расчетных слоев путем статистической обработки результатов испытаний определяют расчетные значения основных показателей состава и состояния грунтов и сопротивляемость зондированию и вращательному срезу (см. приложение 5).

5.18. По расчетным значениям основных показателей состава и состояния грунтов, используя таблицы 2–5, определяют ориентировочно расчетные значения показателей механических свойств грунтов в пределах каждого расчетного слоя.

По этим данным, а также по результатам испытаний крыльчаткой, уточняют границы расчетных участков и определяют строительный тип болота или тип основания по устойчивости, а также уточняют место расположения расчетных поперечников и наиболее неблагоприятных по своим механическим свойствам слоев.

5.19. По результатам второго этапа обследования уточняют предварительный вывод о целесообразности дальнейшей проработки варианта с использованием слабой толщи в качестве основания. При положительном выводе осуществляют третий этап обследования.

Третий этап обследования

5.20. На третьем этапе обследования проводятся следующие работы:

1) дополнительная проходка зондировочных скважин и испытание крыльчаткой (при необходимости);

2) проходка опорных скважин на расчетных поперечниках с отбором монолитов грунтов;

3) лабораторные испытания монолитов;

4) определение динамических характеристик торфяной толщи (при необходимости).

5.21. Места расположения опорных скважин и места отбора монолитов определяют на основании обобщения результатов второго этапа обследования с таким расчетом, чтобы основные показатели состава и состояния отбираемых монолитов в возможно большей степени отвечали расчетным значениям этих показателей для выделенных слоев в пределах расчетных участков.

5.22. Количество отбираемых монолитов зависит от состава испытаний, определяемого типом основания по устойчивости (или строительным типом болота).

5.23. При основании I типа на монолитах определяют объемный вес грунта и проводят компрессионные и консолидационные испытания.

Количество монолитов и их размеры определяют исходя из того, чтобы для каждого вида испытаний можно было получить не менее шести образцов из каждого расчетного слоя на каждом расчетном участке.

5.24. При основаниях II и III типов кроме компрессионных и консолидационных испытаний (п.5.23) проводят испытания на сдвиг грунта из наиболее слабого слоя (за исключением грунтов, которые неизбежно будут выдавлены).

Количество монолитов, отбираемых для сдвиговых испытаний, должно обеспечить возможность получения не менее 9-12 образцов для каждого расчетного слоя на каждом расчетном участке.

5.25. К требуемому количеству монолитов необходимо добавлять 25% запасных на случай порчи монолитов при транспортировке, подготовке и проведении испытаний.

5.26. Монолиты отбирают с помощью специального обору-

дования или указанного в приложении 2, а в некоторых случаях - из шурфов (при неглубоких осушенных болотах).

Правила отбора образцов, транспортировки и хранения их изложены в приложении 6.

5.27. Испытания на компрессию, консолидацию и сдвиг проводят в стационарных лабораториях по специальным методикам.

5.28. Динамические испытания торфяных залежей выполняют для обеспечения возможности выбора оптимальной толщины насыпи при заданном типе покрытия. Эти испытания следует проводить при проектной толщине насыпи (вместе с дорожной одеждой) менее 3м независимо от мощности торфяного слоя.

Методика испытаний и аппаратура указаны в приложении 7.

5.29. По данным обследований проводят расчет и назначают конструкцию земляного полотна в соответствии с "Методическими указаниями по проектированию земляного полотна на слабых грунтах" (М.,"Оргтрансстрой, 1968).

Пример простейших расчетов приведен в приложении 8.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ БОЛОТНЫХ ГРУНТОВ

I. Влажность

Влажность болотных грунтов определяют в соответствии с ГОСТ 5180-64 "Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести" с учетом специфических особенностей некоторых видов болотных грунтов.

Торфяные грунты высушивают при температуре не более 100-105°С.

После высушивания вес сухой навески должен быть не менее 2-3 г. Для обеспечения этого условия навеска сырого грунта должна составлять 20-30 г.

Для неоднородных торфов и илов высокой естественной влажности рекомендуется проводить не менее трех параллельных определений влажности. За окончательный результат принимают среднее арифметическое полученных значений.

При работе с монолитами для контроля влажности следует отбирать одну пробу порядка 100 г для получения среднего контрольного значения.

Влажность определяют по отношению веса воды в данной навеске торфа к весу сухой навески

$$W = \frac{q_1 - q_0}{q_0 - q} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где q – вес пустого бюкса;

q_0 – вес бюкса с сухим грунтом;

q_1 – вес бюкса с влажным грунтом.

Допускается определять влажность ускоренным методом на приборе типа СЛ 10/V для скоростного определения влажности сухого вещества.

При определении удельного веса и зольности воздушно-сухого грунта необходимо вводить поправки на гигроскопическую влажность, представляющую собой содержание воды в воздушно-сухом образце, удаляемой при 100-105°С, выраженное в процентах от веса сухого грунта.

Гигроскопическая влажность определяется также методом высушивания (ГОСТ 5180-64).

2. Зольность и содержание органических веществ

Зольность торфа - это весовое количество золы, оставшееся от сжигания торфа, отнесенное к весу сухой пробы и выраженное в процентах.

Зольность определяют в соответствии с ГОСТ 11306-65 "Торф. Метод определения зольности".

Сущность метода заключается в следующем: навеску (1-2 г сухого торфа) сжигают в муфельной печи, а остаток прокаливают при температуре 800±25°С до постоянного веса (с допустимой разницей в последующем весе до 0,005 г).

Зольность торфа вычисляют по формуле

$$Z = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho} \cdot 100\%, \qquad (2)$$

где Z - процент золы к абсолютно-сухому веществу, %;

ρ_1 - вес тигля с золой, г;

ρ_0 - вес пустого прокаленного тигля, г;

ρ - вес сухого торфа, г.

Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 2%.

При использовании навески влажного грунта параллельно с сжиганием торфа определяют влажность и затем пересчитывают вес влажной навески на сухую.

Потерю при прокаливании (или содержании органических веществ) вычисляют по формуле:

$$П = 100 - Z\ \%. \qquad (3)$$

3. Степень волокнистости и степень разложения торфа

Степень разложения торфа-это процентное содержание бесструктурной массы и мельчайших негумифицированных остатков, имеющихся в данной навеске, к величине всей навески.

Степень разложения торфа определяют химическими и физическими методами.

В полевых и лабораторных условиях применяются следующие физические методы:

а) микроскопический;

б) весовой;

в) глазомерно-микроскопический;

г) центрифугирование.

В отчетной документации по обследованию болота необходимо указывать способ определения степени разложения, так как от него зависят результаты.

Микроскопический метод. Пробу торфа 30-40 г помещают на листке картона, тщательно перемешивают и разравнивают тонким слоем. Из 10 мест пробы на три предметных стекла помещают по 0,5 $см^3$ торфа, разравнивают тонким слоем, добавляют несколько капель воды и покрывают покровным стеклом.Затем рассматривают на каждом стекле (в разных его частях) до 10 зон под микроскопом при увеличении в 100 раз и в процентах оценивают площадь,занятую частицами размером $< 0{,}25$,мм относительно всей площади зоны, занятой торфом.

Степень разложения определяют как среднее арифметическое из всех 30 определений с округлением до 5%.

Весовой метод. Навеску 50 г делят на две равные части, одну из которых высушивают в термостате при температуре 105° и взвешивают с точностью до второго знака, а вторую отмучивают струей воды на сите с диаметром отверстий 0,25 мм. Отмучивание продолжают до тех пор, пока из сита не будет вытекать прозрачная вода. Оставшиеся на сите промытые растительные частицы высушивают в термостате до сухого состояния при t =105° и взвешивают.

Степень разложения определяют по формуле

$$R = 100 - \frac{a \cdot 100}{b}, \qquad (4)$$

где R – степень разложения, %;
a – вес сухого волокна из отмученной навески;
b – вес сухого торфа неотмученной навески.

При необходимости пересчет степени разложения, определенной весовым методом, на степень разложения по микроскопическому методу приближенно может быть осуществлен с помощью графика (рис.4).

Степень разложения торфа центрифугированием определяют по ГОСТ 10650-65 "Торф. Метод определения степени разложения".

Глазомерно-макроскопический метод. Пользуясь табл.11, глазомерно оценивают структурно-механические свойства торфа при сжатии его в руке и по цвету отжимаемой из него воды. Комплекс признаков визуального определения дополняют еще одним показателем-мазком торфа. Для этого из нескольких мест торфяного образца, вынутого из залежи, отбирают среднюю пробу объемом 0,5-1 см^3 и помещают на листе плотной бумаги или на странице полевого дневника. Нажимая указательным пальцем на пробу, делают горизонтальный мазок на 5-10 см. Для оценки степени разложения мазки сравнивают со стандартной шкалой (см. табл.11).

Степень волокнистости. Под степенью волокнистости следует понимать содержание в твердой фазе торфа волокнистых остатков размером более 0,25мм, выраженное в процентах от объема твердой фазы.

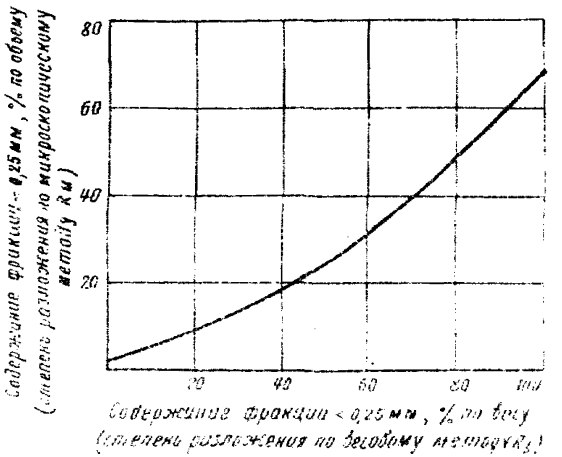


Рис. 4. Приближенный пересчет степени разложения, определенной весовым методом, на степень разложения по микроскопическому методу

Степень волокнистости можно определить через степень разложения. Если степень разложения устанавливают микроскопическим способом, то степень волокнистости можно вычислить по формуле

$$B = 100 - R_M. \quad (5)$$

Если степень разложения определяют весовым методом R_β, то для вычисления β необходимо степень разложения в весовых процентах пересчитать на степень разложения в процентах объема, для чего нужно знать удельные веса волокнистой и гумусовой фракции.

Для упрощенных расчетов можно использовать график (см, рис.4), с помощью которого R_β можно пересчитать на R_M, после чего степень волокнистости определяют по формуле (5).

4. Пределы пластичности

Пределы пластичности определяют для минеральных и органо-минеральных болотных грунтов. Границу текучести грунта определяют с помощью "балансирного ко-

Таблица 11

Определение степени разложения визуально-микроскопическим методом

Степень разложения, %	Растительные остатки	Пластично-упругие свойства	Отжимаемая вода	Мазок
До 10	Хорошо сохранились и составляют почти всю массу торфа, различные мхи, остатки осоковой растительности	Торф не мажет руку, отжатая масса пружинит и быстро принимает первоначальный объем	Отжимается легко, бесцветная или слабо окрашенная	Бесцветный или слабо-желтый с большим количеством налипшего волокна
10 - 20	Хорошо сохранились, но измельчены в большей степени	При сжатии в кулаке не продавливается между пальцами; в сжатом торфе заметна упругость	Отжимается легко, мутная, желтая, коричневая или светло-серая	Желтый или слегка коричневый, светлосерый, имеются налипшие волокна
20 - 35	Сохранились, но определить затруднительно, часть из них гумифицирована	Несколько пластичен, при сжатии в кулаке часть торфа продавливается между пальцами, при растирании мажет руку	Отжимается с некоторым усилием, мутная, коричневая или бурая	Коричневый или серовато-коричневый, налипшего волокна нет
35 - 50	Заметны, но распознаются трудно, много гумифицированных частиц	Пачкает руку, продавливается значительная часть торфа	Отжимается со значительным усилием, мутная, бурая или коричневая	От коричневого до темно-коричневого с серым и черным оттенком и с гладкой поверхностью

Продолжение табл. 11

Степень разложения, %	Растительные остатки	Пластично-упругие свойства	Отжимаемая вода	Мазок
Более 50	Мало заметны или почти не заметны, преобладает гумифицированная масса	Большая часть полностью продавливается между пальцами, пачкает руку	Почти или совсем не отжимается	Темно- или черно-коричневый, хорошо сохраняет отпечатки пальцев

нуса" по ГОСТ 5184-64 "Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести".

Определение нижней границы пластичности производят раскатыванием в шнур (ГОСТ 5183-64 "Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания").

Результаты определения пределов пластичности заторфованных грунтов следует сопровождать указанием процентного содержания (по весу) растительных остатков, если весовое количество их составляет более 5% от веса сухой минеральной части грунта.

Подготовку илов и органо-минеральных болотных грунтов следует производить с соблюдением п. "б" указанных ГОСТов.

5. Удельный вес

Пикнометрический метод. Удельный вес грунта определяется как отношение веса частиц грунта, высушенного при t =100-105°С до постоянного веса, к объему этих частиц.

Грунт, высушенный до воздушно-сухого состояния, растирают пестиком в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. (Частицы крупнее 1 мм механически дробят и добавляют к пробе).

Из просеянного грунта (весом $\approx$ 300 г) отбирают среднюю пробу весом 3-5 г (для органических грунтов) на каждые 100 $см^3$ емкости пикнометра. При этом дополнительно отбирают две пробы для определения гигроскопической влажности.

Наливают в пикнометр (1/3 емкости) дистиллированную воду и взвешивают. При помощи воронки вводят пробу грунта в пикнометр и снова взвешивают. Разница первого и второго веса равна весу введенного грунта q. Содержимое пикнометра кипятят в течение 1 часа с момента закипания суспензии. Кипячение должно быть спокойным, без разбрызгивания по стенкам прибора. Пикнометр с суспензией охлаждают до 20°С, а затем доливают кипяченую воду до отмеченного уровня таким образом, чтобы вогнутая часть мениска касалась уровня.

Взвешивают пикнометр с грунтом и водой q_1, освобождают его от грунта и воды, тщательно моют, наполняют дистиллированной водой (той же температуры, что и вода в пикнометре) и взвешивают q_2.

Удельный вес грунта вычисляют по формуле

$$\gamma_0 = \frac{q}{(q_0 + q_2) - q_1} \quad г/см^3 , \qquad (6)$$

где q – вес сухого грунта, введенного в пикнометр, г;

$$q_0 = \frac{q}{1 + 0{,}01\ W} ; \qquad (7)$$

q_1 – вес пикнометра с грунтом и водой, г;

q_2 – вес пикнометра с водой, г;

W – влажность воздушно-сухого грунта, %;

q – вес воздушно-сухого грунта, г.

За расчетный удельный вес принимают среднее арифметическое из результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 $г/см^3$.

Метод высоких давлений. Удельный вес твердой фазы органических грунтов можно определить с помощью уплотнителя УВД-3 конструкции Калининского политехнического института (рис.5).

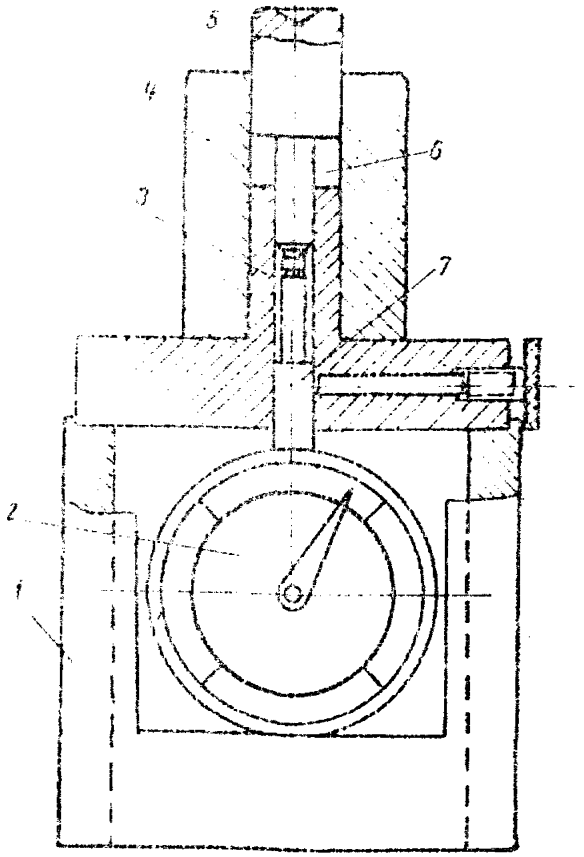


Рис. 5. Конструкция уплотнителя УВД-3:
1-подставка; 2-индикатор; 3-нижний шток; 4-втулка; 5-верхний шток; 6-испытываемый грунт; 7-зажимный болт

Торф в воздушно-сухом состоянии (влажность 10-25%) подвергают сжатию в закрытой камере под давлением 3500-4000 кгс/см^2. В сжатом состоянии определяют его объем с последующим пересчетом и вычислением удельного веса.

Порядок определения. Втулку (см.рис.5) с верхним штоком снимают с нижнего штока и переворачивают при вставленном верхнем штоке. В свободное пространство втулки засыпают навеску исследуемого грунта, затем во во втулку вставляют нижний шток с индикатором.

Собранный прибор устанавливают на подставку и на нижнюю плиту пресса. Далее нагружают образец до 10т.

Выдерживают образец под этой нагрузкой в течение 2-3 мин. При этом деформация образца, регистрируемая индикатором, должна прекратиться. Записывают максимальное показание индикатора, по которому вычисляют толщину образца при заданной нагрузке.

Далее нагрузку снимают, вынимают втулку вместе с верхним штоком и извлекают последний. Определяют вес уплотненного образца кольцевой формы.

Удельный вес образца при данной влажности вычисляют по формуле

$$\gamma_{вл} = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot h}, \qquad (8)$$

где G – навеска грунта (вес образца), г;
D – диаметр матрицы, см;
d – диаметр тонкого стержня, см;
h – толщина образца после уплотнения под давлением, см.

Удельный вес твердой фазы грунта за вычетом объема влаги определяют по формуле

$$\gamma_o = \frac{100}{\frac{100 + W}{\gamma_{вл}} - \frac{W}{\Delta}}, \qquad (9)$$

где W – влажность, % по весу;
Δ – плотность адсорбционной воды, принимаемая равной 1 г/см³.

6. Объемный вес

Объемным весом грунта называют его вес в единице объема.

Объемный вес определяют методом режущего кольца или методом гидростатического взвешивания образ-

ца, покрытого пленкой (ГОСТ 5182-64."Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса").

Метод режущего кольца применяют в тех случаях, когда объем и форма отбираемого образца могут быть сохранены только с помощью жесткой обоймы.

Метод гидростатического взвешивания можно применять при образцах неправильной формы.

Для определения объемного веса торфов можно рекомендовать также волюменометрический метод.

Метод режущих колец. Режущим кольцом отбирают образец в лаборатории из монолита или в шурфе. Остаток грунта, выступающий из гильзы, срезают ножом. Кольцо с грунтом взвешивают. Объемный вес вычисляют по формуле

$$\gamma_w = \frac{q}{v} \quad г/см^3, \qquad (10)$$

где q – вес образца грунта при данной влажности,г;
v – объем грунта, заключенного внутри кольца, $см^3$.

При малоразложившихся торфах метод режущих колец не обеспечивает достаточной точности, так как трудно правильно обработать отобранный образец ножом и кроме того он деформируется при перерезании неразложившихся растительных остатков.

Метод парафинирования. Образец грунта многократно опускают на несколько секунд в парафин, чтобы нарастить слой не менее 0,5 мм.

Пузырьки воздуха, обнаруженные в застывшей парафиновой оболочке, удаляют, прокалывая иглой и заглаживая образовавшиеся отверстия.

Запарафинированный образец взвешивают сначала в воздухе q_2, затем подвешивают к серьге коромысла весов и погружают в стакан с водой для взвешивания в воде q_3. Контролируют вес в воздухе, чтобы убедиться, что в грунт не попала вода (предварительно обтерев запарафинированный образец). Тщательно удалив

парафин с образца, берут пробы для определения влажности. Проводят не менее двух параллельных определений.

Объемный вес вычисляют по следующим формулам:

$$v_1 = \frac{q_2 - q}{\gamma_п}; \quad (11)$$

$$v_2 = \frac{q_2 - q_3}{\gamma_в}; \quad (12)$$

$$v = v_2 - v_1; \quad (13)$$

$$\gamma_w = \frac{q}{v}; \quad (14)$$

где v_1 – объем парафина, $см^3$;
q – вес образца при данной влажности, г;
q_2 – вес запарафинированного образца в воздухе, г;
v_2 – объем запарафинированного образца, $см^3$;
q_3 – вес запарафинированного образца в воде, г;
$\gamma_п$ – удельный вес парафина (0,9 $г/см^3$);
$\gamma_в$ – удельный вес воды (1 $г/см^3$);
v – объем образца без парафина, $см^3$;
γ_w – объемный вес, $г/см^3$

Волюменометрический метод. Образец торфа взвешивают, а затем помещают в сетчатый каркас и погружают в волюменометр. По трубке устанавливают изменение уровня воды и вычисляют объем исследуемого образца. Делению шкалы трубки соответствует определенный объем вытесненный воды.

7. Ботанический состав торфа

Ботанический состав определяют с помощью микроскопа по характеру неразложившихся растительных ос-

татков в соответствии с описанием различных видов торфа.[x)]

Предварительно гумус отделяют методом отмучивания, пропуская взвесь через сито с диаметром отверстий 0,1 мм при торфе сильноразложившемся и через сито с диаметром отверстий 0,25 мм при торфе с меньшей степенью разложения.

Из отмученной массы навеску торфа переносят пинцетом на стекло стандартного размера и под микроскопом с увеличением не менее, чем в 90 раз, устанавливают процентное содержание растений-торфообразователей.

Название ботанического вида торфу дается по остаткам, которых в данном образце > 15%.

Если, например, в состав образца входят: осоки-30%, древесных остатков - 40%, гипнума - 20% и сфагнума-10%, то торф называют гипново-осоково-древесным .

8. Характеристики, определяемые расчетом

Объемный вес скелета грунта (вес частиц в единице объема грунта) определяют по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_w}{1 + 0{,}01\ W}, \qquad (15)$$

где γ_w -объемный вес грунта, г/см^3;
W -весовая влажность,%.

Пористость грунта (отношение объема пор к объему всего грунта) определяют по формуле

$$n = \left[1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_0 \cdot (1 + 0{,}01\ W)}\right] \cdot 100\%, \qquad (16)$$

[x)] При определении ботанического состава торфа,кроме того, надлежит пользоваться классификацией видов торфа и торфяных залежей, а также соответствующими атласами и руководствами.

где γ_0 – удельный вес грунта, г/см^3.

Коэффициент пористости (отношение объема пор к объему минеральных частиц в грунте, выраженное в долях единицы) находят по формуле

$$\varepsilon = \frac{\gamma_0}{\gamma_w}(1+0{,}01W) - 1 \qquad (17)$$

или

$$\varepsilon = \frac{\gamma_0 - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}. \qquad (18)$$

Коэффициент водонасыщения определяется по формуле

$$G = \frac{\gamma_0 \cdot 0{,}01W}{\varepsilon \cdot \Delta}, \qquad (19)$$

где Δ – удельный вес воды 1,0, г/см^3.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ И МОНОЛИТОВ БОЛОТНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ БОЛОТ

Для отбора проб слабых грунтов могут быть применены следующие пробоотборники: торфяной бур ТБ-5, грунтонос конструкции Игумнова, грунтонос конструкции Фурса и универсальный грунтонос конструкции ЦНИИС (рис.8-9).

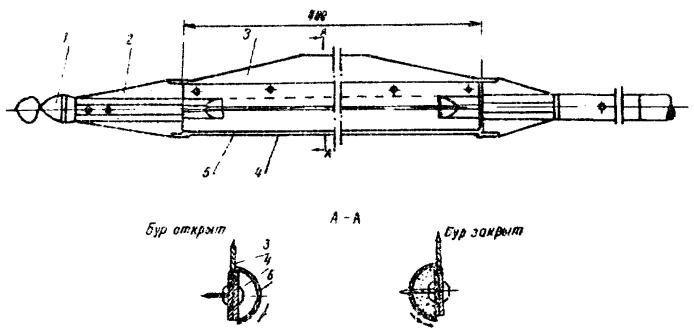


Рис. 8. Торфяной бур ТБ-5:
1-винт; 2-полуконус; 3-нож; 4-сердечник; 5-ложка

Кроме указанного оборудования для отбора проб может быть использован поршневой грунтонос конструкции Белдорнии (рис.10).

Поршневой грунтонос конструкции Белдорнии приме-

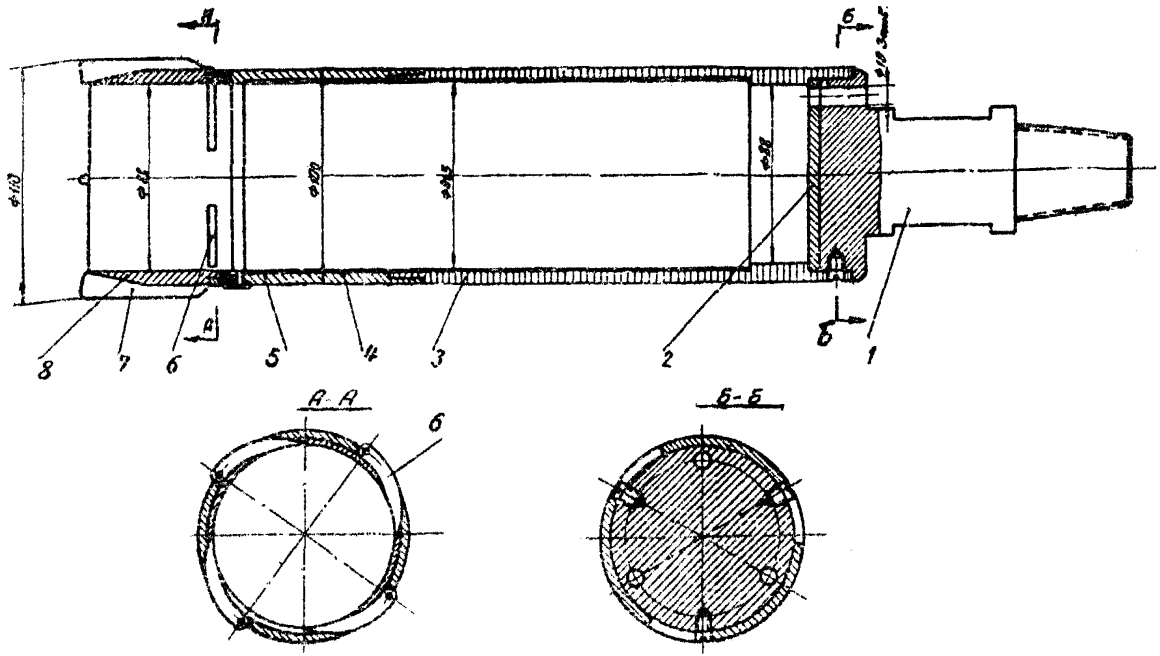


Рис. 7. Грунтонос конструкции Игумнова для взятия монолитов илов и других глинистых грунтов мягкопластичной и скрытотекучей консистенции:
1-головка с конусным переходом; 2-диафрагма; 3-верхний стакан; 4-гильза; 5-нижний стакан; 6-резцы; 7-направляющая; 8-башмак

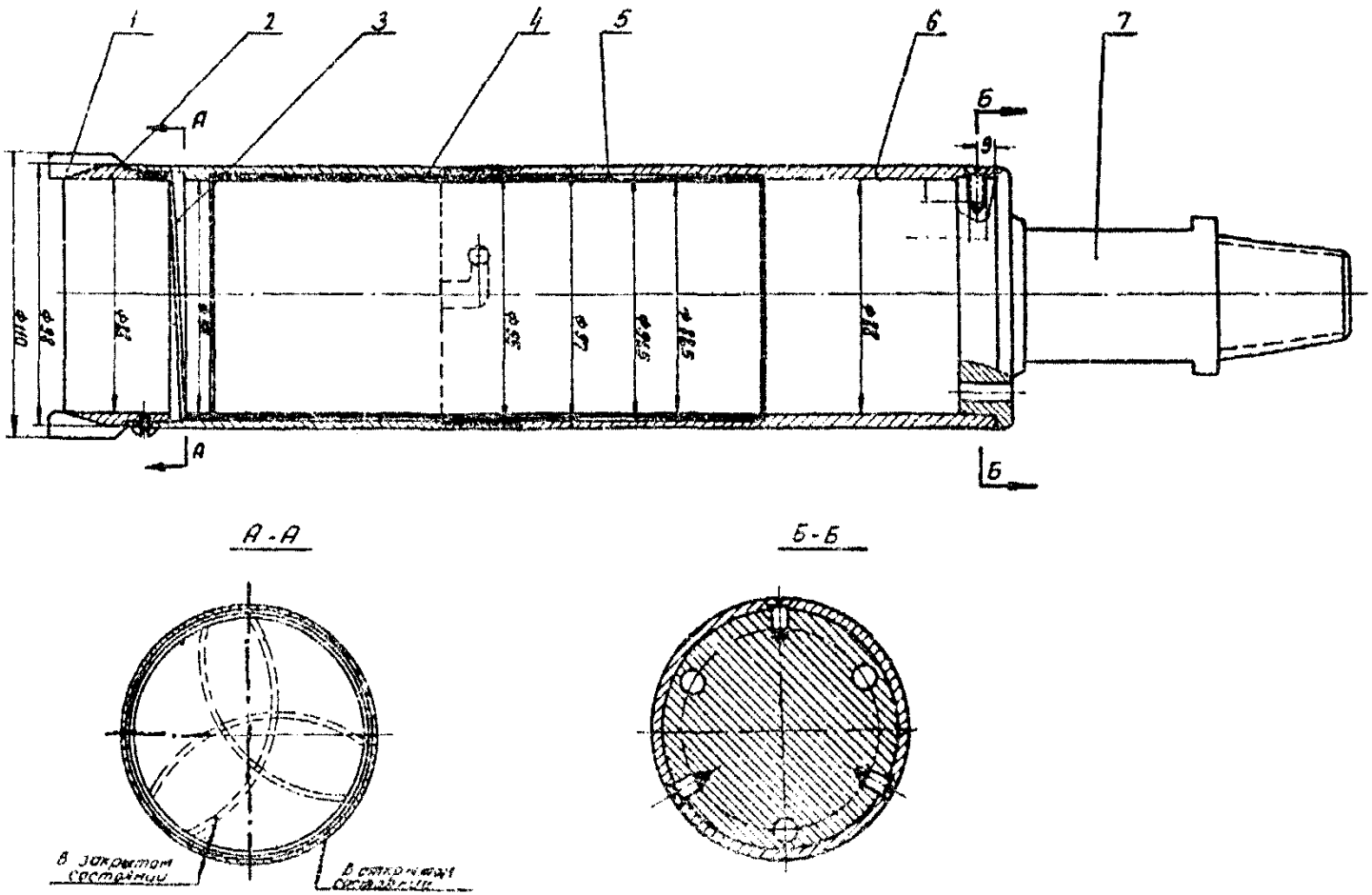


Рис. 8. Грунтонос конструкции Фурса для взятия монолитов илов и других глинистых грунтов мягкопластичной и скрытотекучей консистенции:
1-лопасть тормозная; 2-башмак; 3-лепесток; 4-нижний стакан; 5-гильза ; 6-верхний стакан; 7-головка

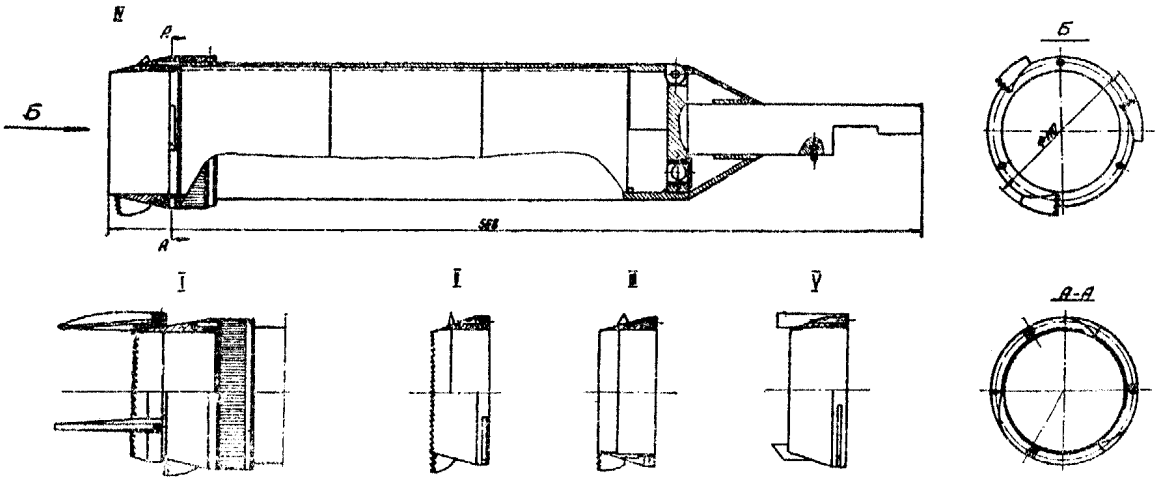


Рис. 8. Универсальный грунтонос конструкции ЦНИИС для отбора монолитов торфов и других болотных отложений со сменными коронками:
I–для слаборазложившихся торфов; II–хорошо разложившихся торфов; III–IV – для минерализованных торфов и пластичных грунтов; V–для сапропелей и илов

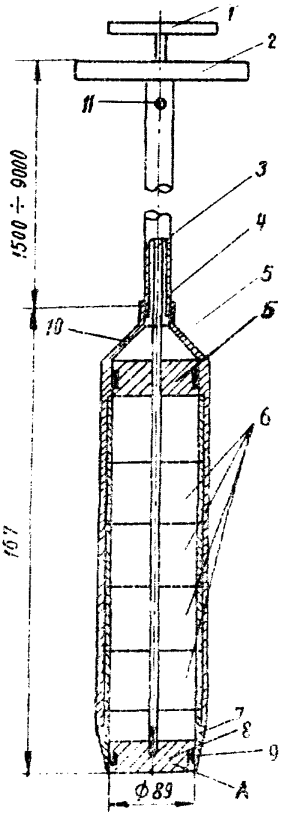


Рис. 10. Поршневой грунтонос конструкции Белдорнии для отбора проб слабых грунтов:
1-рукоятка поршневой штанги; 2-рукоятка наружной штанги; 3-поршневая штанга; 4-наружная штанга; 5-корпус; 6-кольца; 7-запирающее кольцо; 8-поршень; 9-сальник; 10,11-отверстие

няют при отборе монолитов без бурения скважин в болотных грунтах низкой плотности (на болотах П типа) и с бурением скважин, если плотность грунта высокая.

Грунтонос (см.рис.10) состоит из корпуса, сменных колец, башмака, поршня с сальником, наружной и поршневой штанг.

Башмак с режущими кромками навинчивается на корпус, он служит для облегчения задавливания и удержания колец. К верхней части корпуса крепится наружная штанга с рукоятхой. В наружной штанге свободно двигается поршневая штанга, перемещающая поршень внутри корпуса. Штанги изготовляют из газовых труб.

В конусной части корпуса имеется отверстие для удаления воздуха и жидкого шлама при движении поршня вверх. Для удержания поршня в фиксированном положении в штангах имеются отверстия для пальцев.

Грунтонос ставят в вертикальное положение (поршень занимает положение А, см.рис.10) и задавливают на намеченную глубину, вынимают палец, отсоединяя

этим поршневую и наружную штанги. Затем, давя на рукоятку наружной штанги, задавливают грунтонос до тех пор, пока поршень не займет положение Б (см.рис. 10). После этого поршневая и наружная штанги стопорятся и поднимают грунтонос. Выпадению монолита препятствует образовавшийся вакуум между поршнем и образцом (монолитом).

После поднятия грунтоноса рассоединяют поршневую и наружную штанги, свинчивают запирающее кольцо и поршнем выдавливают монолит с кольцами. Осторожно, чтобы не нарушить естественную структуру грунта, разрезают, отделяя все пять колец друг от друга, ножом. Затем кольца с монолитами закрывают плотно крышками или слоем парафина и отправляют для исследования в лабораторию.

Монолиты из скважин отбирают аналогичным образом.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛАБОЙ ТОЛЩИ МЕТОДОМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Метод зондирования грунтов основан на том, что грунты в зависимости от их структурных особенностей, состава и состояния оказывают различное сопротивление прониканию зонда с рабочим наконечником, имеющим обычно форму конуса. При зондировании глубина погружения наконечника всегда превышает его высоту.

Применительно к болотным грунтам наиболее удобен метод статического зондирования, так как для вдавливания зонда в торфяную залежь достаточно усилия 20–80 кгс и эту операцию могут осуществлять 1–2 человека.

Зондирование позволяет получать непрерывную информацию о строении залежи по глубине, наличии слабых слоев, что не всегда удается при обычном бурении.

В результате статического зондирования можно уточнить деление слабой толщи на расчетные слои, предварительно выполненное при бурении по визуальным признакам. При этом использование зондирования позволяет в пределах визуально однородных слоев выделить расчетные слои, однородные по физико-механическим свойствам.

Для зондирования болотных грунтов рекомендуется применять пенетрометр П–4 конструкции Калининского политехнического института.

Пенетрометр П–4 (рис.11) включает конусный наконечник, состоящий из двух частей: стержня для оценки трения штанг о грунт; соединительной штанги с прива-

ренными переходниками; упор и рукоятку, витую пружину и индикатор часового типа.

Штанги прибора П-4 и штанги сдвигометра крыльчатки СК-8 взаимозаменяемы.

Задавливают конус в грунт вручную. Оператор на определенных глубинах фиксирует показание индикатора Δl. Скорость вдавливания должна быть умеренной и по возможности стабильной ($\approx$1,5-2,5 см/сек).

Усилие зондирования определяют по формуле

$$p = \frac{\Delta l - \Delta l_{тр}}{n}, \qquad (20)$$

где Δl – общее показание индикатора;

$\Delta l_{тр}$ – показание индикатора без конуса (для учета трения);

n – постоянная характеристика упругой пружины.

Для учета возможного трения штанг о грунт (которое иногда имеет место при большой глубине зондирования, например, из-за кривизны штанг и т.п.) следует перед каждым последующим погружением зонда слегка приподнять прибор (на 20-30 мм). Тогда стержень выдвинется из конуса. При последующем погружении в пределах этих 20-30 мм индикатор будет фиксировать только величину трения штанг по грунту.

Тарировка прибора и правила его эксплуатации изложены в инструкции, прилагаемой к прибору.

Объективным показателем статического зондирования является удельное сопротивление зондированию Q, равное отношению усилия зондирования p к квадрату высоты конического наконечника $h^2_{кон}$

$$Q = \frac{p}{h^2_{кон}} \text{ кгс/см}^2. \qquad (21)$$

В некоторых случаях не исключается возможность выражения зондировочных испытаний в виде величин условного среднего давления по основанию конического на-

конечника (удельного лобового сопротивления зондированию)

$$\sigma = \frac{P}{\pi r^2} \text{ кгс/см}^2, \qquad (22)$$

где r - радиус основания наконечника.

Для однородных связных грунтов удельное сопротивление зондированию обладает свойством инвариантности, т.е. не зависит от величины усилия зондирования. Условие инвариантности при зондировании нарушается, если диаметр конического наконечника пенетрометра равен диаметру штанги $d_{кон} = d_{ш}$ Поэтому испытания грунтов зондированием необходимо выполнять наконечниками, диаметр которых не менее чем в 1,6 раз превышает диаметр штанги.

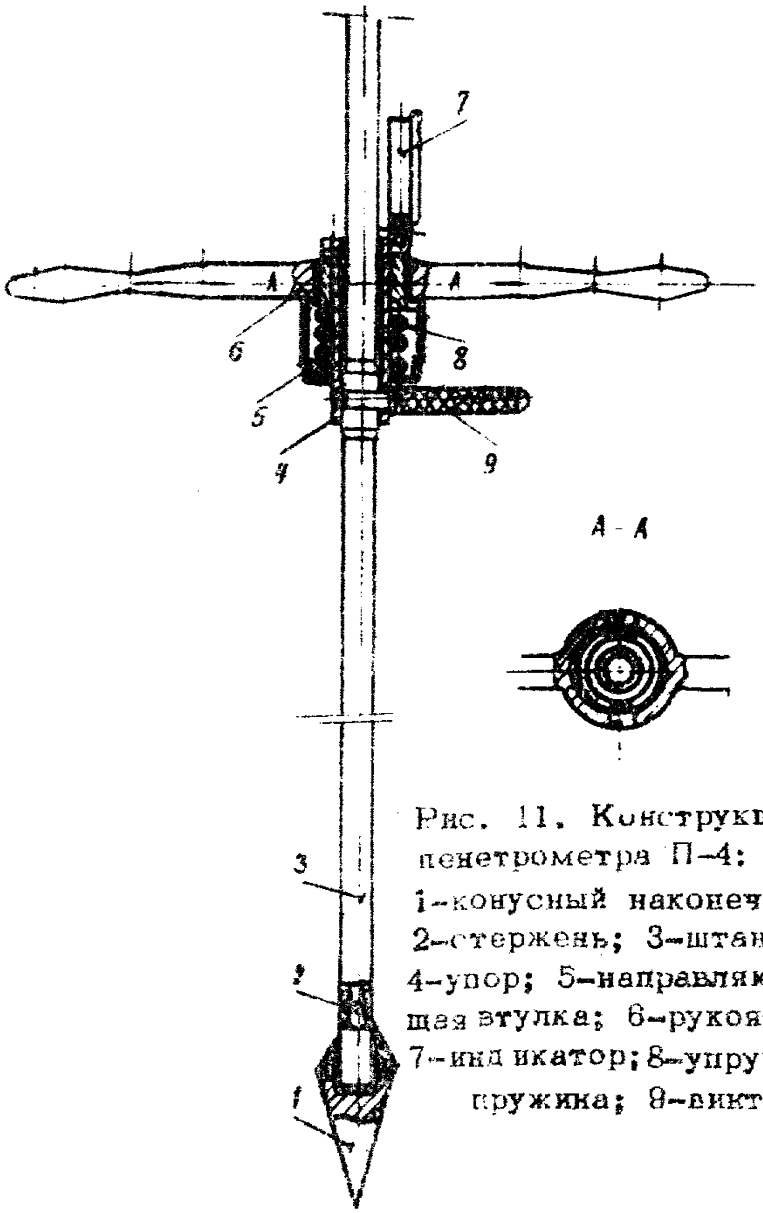


Рис. 11. Конструкция пенетрометра П-4: 1-конусный наконечник; 2-стержень; 3-штанга; 4-упор; 5-направляющая втулка; 6-рукоятка; 7-индикатор; 8-упругая пружина; 9-винт

В соответствии с условием инвариантности геометрические размеры самого наконечника

практически не влияют на результаты испытаний. Однако с целью стандартизации испытаний на практике рекомендуется пользоваться конусными наконечниками с углом при вершине 30°, высотой 100 и 70,7 мм.

Принцип инвариантности удельного сопротивления зондированию обеспечивает объективный контроль за точностью и достоверностью испытаний. Для этого выполняют два контрольных испытания с наконечниками различной высоты.

При испытаниях зондовый пенетрометр следует погружать плавно со скоростью 1,5–2,5 см/сек. По ходу погружения регистрирует сопротивление вдавливанию и глубину погружения через каждые 10–20 см и во всех случаях, когда наблюдается изменение усилия вдавливания. В последнем случае отсчеты по индикатору снимают через интервалы равные (0,5–1,0) $h_{кон}$ глубины погружения конуса. Погружение зонда прекращают только для наращивания штанг.

Методика определения удельного сопротивления зондированию

По результатам испытаний первоначально строят график зондирования (рис.12,а), который выражает зависимость усилия зондирования от глубины погружения конуса и является основой для построения эпюры, выражающей зависимость удельного сопротивления зондированию от глубины (рис.12,б).

Построение эпюры зондирования представляет некоторые трудности, поэтому ниже, на основе анализа закономерностей взаимодействия конуса с грунтом, приведены простые признаки объективной интерпретации результатов статического зондирования болотных грунтов (по В.Ф.Разоренову).

1. В поверхностном слое грунта ($h \leq h_{кон}$) наблюдается начальный участок 0–1 (участок пенетрации),

характеризуемый параболическим очертанием кривой (рис.12,а), вогнутой к оси абсцисс. При глубине погружения наконечника, превышающей его высоту $h > h_{кон}$, площадь поперечного сечения наконечника считается неизменной, поэтому дальнейшее увеличение усилия в связных и, в частности, в болотных грунтах, в пределах однородного слоя остается постоянным и поэтому удельное сопротивление зондированию не изменяется.

Удельное сопротивление зондированию на участке

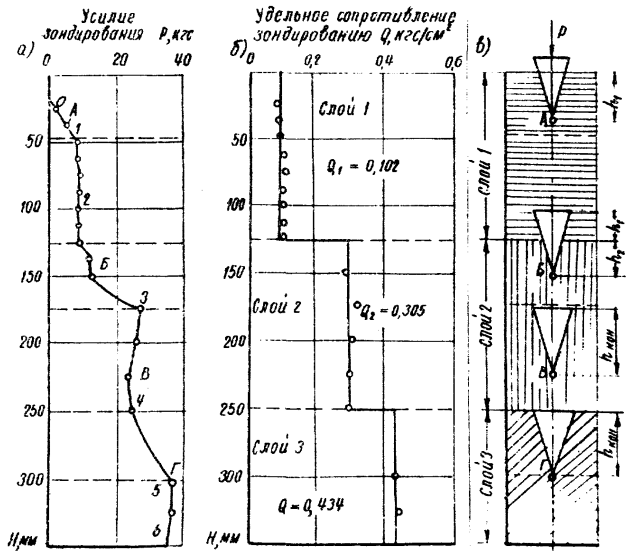


Рис. 12. Статическое зондирование болотного грунта: а–график; б–эпюра; в–схема

1-2 графика (см.рис.12,а) определяют по формуле

$$Q_1 = \frac{P}{h^2_{кон}} . \qquad (23)$$

Для параболического участка 0-1 для однородного грунта величина Q_1 должна соответствовать величине удельного зондирования на участке 1-2. Для проверки этого положения пенетрационную часть кривой зондирования (участок 0-1) необходимо перестроить в координатах "усилие зондирования P – квадрат глубины погружения наконечника h^2". Удельное сопротивление пенетрации определяется как тангенс угла наклона определяющей прямой к оси ординат

$$Q_1 = \frac{P}{h^2} . \qquad (24)$$

2. В промежутке между двумя однородными слоями с различными физико-механическими свойствами грунтов всегда отчетливо наблюдается переходный участок, равный высоте конического наконечника и характеризуемый параболическим очертанием кривой.

Переходный участок возникает в результате прохождения конуса через два слоя одновременно.

Удельное сопротивление зондированию на этом участке (участок 2-3) определяют по формуле

$$Q = \frac{P - Q_1 \left(h^2_{кон} - h^2_2 \right)}{h^2_2} , \qquad (25)$$

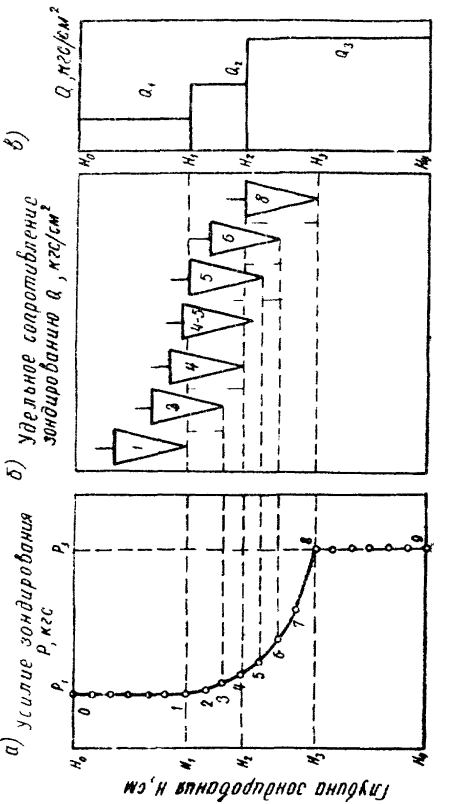
где Q_1 – удельное сопротивление зондированию на участке 1-2;

$h_2 < h_{кон}$ – глубина погружения наконечника во второй слой (рис.12,в).

Параболическая зависимость проявляется немедленно вслед за погружением острия наконечника во второй слой и заканчивается, когда основание наконечника совпадает с границей между слоями (см.рис.12,б, позиция 3).

3. Если в пределах глубины зондирования прослойка грунта меньше высоты конического наконечника (рис.13,б), то наконечник одновременно проходит через два слоя (верхний слой и прослойку), затем через три слоя (верхний, прослойку и нижний) и, наконец, – снова через два слоя – прослойку и нижний слой.

Соотношения между удельными сопротивлениями зондированию Q_1 и Q_2 и, соответственно, Q_2 и Q_3 устанавливают из условия инвариантности удельных сопротивлений зондированию Q_1 , Q_2 , Q_3 в границах соответствующих однородных слоев по методике В.Ф.Разоренова. При наличии прослойки толщина переходной зоны $H_3 - H_1 = h_{сл} + h_{кон}$.



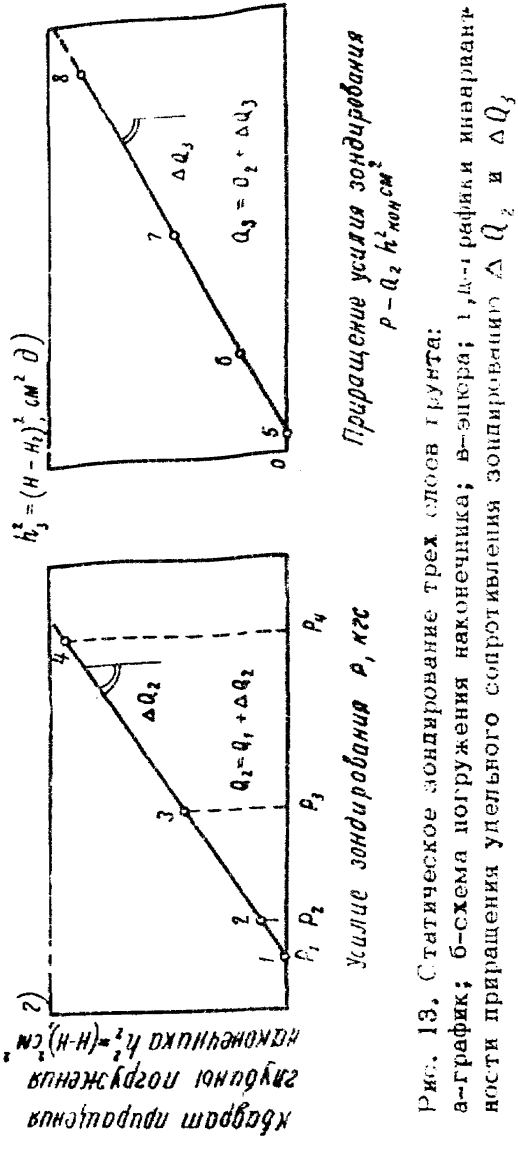


Рис. 13. Статическое зондирование трех слоев грунта:
а-график; б-схема погружения наконечника; в-эпюра; г,д-графики инвариантности приращения удельного сопротивления зондированию ΔQ_2 и ΔQ_3

(рис.13,а). Для определения Q_2 рассматривается интервал погружения наконечника от позиции 1-4 (см.рис.13,б). При этом зависимость (25) с учетом соотношения $P_1 = Q_1 h_{кон}^2$ (см. рис.13,а) преобразуется

$$Q_2 = Q_1 + \Delta Q_2, \qquad (26)$$

где

$$\Delta Q_2 = \frac{P - P_1}{h_2^2}. \qquad (27)$$

Нижняя граница прослойки выявляется из условия $H_3 - H_1 = h_{сл} + h_{кон}$ откуда $H_2 = H_1 + h_{сл}$ или $H_2 = H_3 - h_{кон}$. Отметку нижней границы прослойки контролируют по графику в координатах $(P - P_1) - h_2^{2''}$, где легко наблюдается нарушение инвариантности (пунктирная часть графика выше точки 4 на рис.13,г).

Для сокращения вычислений по оси абсцисс откладывают не разность $P - P_1$, а непосредственно усилия зондирования P_1, P_2, P_3

и т.д. (см.рис.13,г). При этом имеется в виду, что начало координат графика инвариантности ΔQ_2 обязательно находится на оси абсцисс в точке с абсциссой P_1.

После вычисления ΔQ_2 и Q_2 приступают к вычислению удельного сопротивления зондированию Q_3. При этом удобно рассматривать только второй характерный интервал погружения наконечника от позиции 5 до позиции 8, т.е. $h_3 = H - H_2$ (см.рис.13,б).

В этом случае, аналогично предыдущему

$$Q_3 = Q_2 + \Delta Q_3 , \tag{28}$$

где $$\Delta Q_3 = \frac{P - Q_2 h_{кон}^2}{h_3^2} . \tag{29}$$

Схема графика инвариантности ΔQ_3 изображена на рис.13,д. Отметим, что значения $P_2 = Q_2 h_{кон}^2$ непосредственно в испытаниях не являются, так как $h_{сл} = h_{кон}$

Если в реальных условиях после позиции 8 (см.рис. 13,д) следует обычный режим зондирования $P_3 = Const$, то результаты расчетов обязательно контролируются условиями сходимости результатов

$$Q_3 = Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 ; \tag{30}$$

$$Q_3 = \frac{P_3}{h_{кон}^2} . \tag{31}$$

Точное значение Q_3 определяется по формуле (31). Небольшое расхождение в значениях ΔQ_2 и ΔQ_3 распределяется пропорционально этим значениям.

В качестве примера на рис.14 приведены график и эпюра статического зондирования одного из б о л о т Белоруссии. Зондировали пенетрометром П-4 с коническим наконечником высотой $h_{кон}$ =10 см с углом при вершине 30°. При этом было обнаружено несколько прослоек 4,5,6,7,11,12 толщиной от 10 до 40 см.

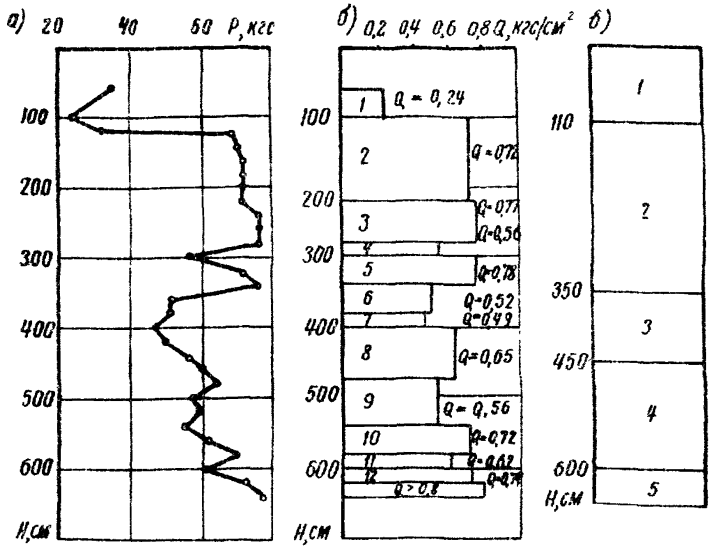


Рис. 14. Пример обработки результатов статического зондирования болотных грунтов:

а–график; б–эпюра; в–геологический разрез; 1–торф древесно-осоковый; 2–торф тростниковый; 3–сапропель; 4–мергель; 5–песок мелкий

ИСПЫТАНИЕ ГРУНТОВ НА СДВИГ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ЗАЛЕГАНИЯ

Измеряют максимальный крутящий момент, возникающий при срезе грунта во время вращения в нем крестообразной лопасти, помещенной в грунт.

Для массовых испытаний при зондировании торфяных залежей пластов сапропелей и илов рекомендуется использовать прибор сдвигомер-крыльчатку конструкции Калининского политехнического института СК-8 или сдвигомер-крыльчатку Белдорнии.

Сдвигомер-крыльчатка СК-8

Измерительную головку (рис.15) надевают на переходник, в отверстие переходника и упора завинчивают стопорный винт. Затем при помощи рукояток крыльчатку задавливают целиком в грунт.

Перед поворотом измерительной головки проверяют положение стрелки индикатора и циферблат устанавливают на нуль. После указанных операций и проверки вертикального положения штанги обеими руками измерительную головку поворачивают по часовой стрелке. По мере роста угла поворота отклонения стрелки индикатора возрастают. В процессе поворота следят за стрелкой индикатора до тех пор, пока не прекратится ее отклонение и не начнется спад. Положение стрелки, соответствующее началу ее обратного движения, представляет собой искомое значение. Его записывают в журнал Обычно грунт разрушается при углах поворота от 20° до 60°.

Влияние трения по штангам учитывают следующим образом. После задавливания крыльчатки до заданной глубины прибор слегка поднимают (на 10–15 мм) при помощи ручек. При этом лопасти отключатся от штанг. Далее поворачивают штанги и фиксируют по индикатору усилие по преодолению трения штанг о грунт.

После этого штанги опускают, приводят в зацепление с крыльчаткой; далее осуществляют поворот с включенной крыльчаткой.

По окончании испытания прибор извлекают из грунта. Для отвинчивания штанг можно использовать стопорный винт. При задавливании и извлечении прибора необходимо следить за вертикальным положением штанги.

Если при задавливании и повороте крыльчатки встречаются пни или камни, необходимо извлечь при-



Рис. 15. Конструкция крыльчатки СК – 8:
1–крыльчатка; 2,3, 6–штанга; 4–бронзовая втулка; 5–рукоятка; 7–упор; 8; 9–винт; 10–пластина; 11–стопорный винт; 12–индикаторная головка

бор из грунта и попытаться задавить прибор в другом месте.

Применяющиеся крыльчатки имеют следующие размеры:

H=100 мм, D_1=54 мм и D_2=75 мм.

Сдвигомер-крыльчатка СК-8 Белдорнии

Прибор (рис.16) состоит из трех основных узлов: рабочего наконечника (крыльчатки), комплекта штанг и динамометрического устройства (рис.17).

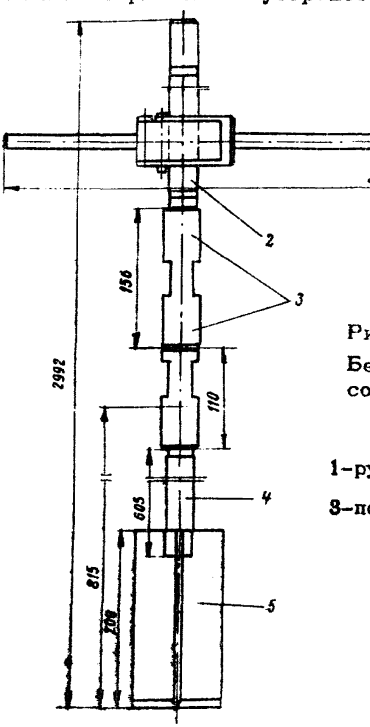


Рис. 16. Лопастной прибор Белдорнии для определения сопротивления сдвигу торфяных грунтов:

1-рукоятка; 2-верхняя штанга; 3-полумуфта; 4-нижняя штанга; 5-лопасть

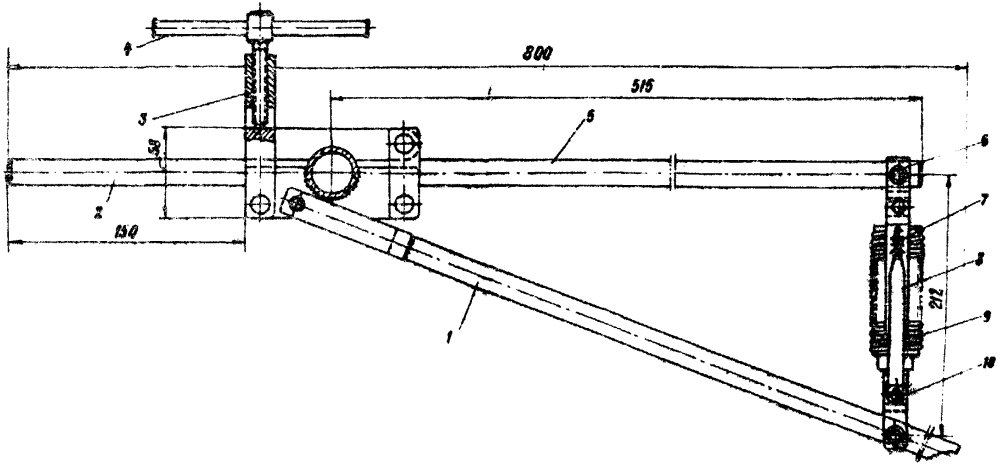


Рис. 17. Динамометрическое устройство:

1-рычаг в сборе; 2-труба; 3-вилка; 4-вороток; 5-рукоятка; 6-серьга;

7 - шкала; 8-указатель; 9-пружина; 10-стержень

Прибор комплектуется двумя крыльчатками одинаковой высоты (100 мм), но с различными диаметрами 54 и 75 мм. Четырехлопастная крыльчатка является сварной деталью, состоящей из металлических лопастей толщиной 2,5 мм, приваренных к штанге. Для облегчения процесса задавливания и извлечения крыльчатки из грунта верхние и нижние торцы лопастей затачивают. Длина наконечника в сборе (с крыльчаткой и полумуфтой) – 500 мм.

Крыльчатку навинчивают на стандартные штанги ручного бура с конусными резьбовыми соединениями. Диаметр штанг – 34 мм. Рабочая длина штанги в комплекте к прибору составляет 2 м.

Динамометрическое устройство (см. рис. 17), предназначенное для создания и измерения крутящих моментов, включает пружинный динамометр, ведущий рычаг, ведомый рычаг.

Пружинный динамометр состоит из одной пружины, шкалы и указателя. Пружинка шарнирно крепится между ведомым и ведущими рычагами. В комплект к прибору входят три пружины, усилие на растяжение которых составляет соответственно 30–40 и 50 кгс.

Ведущий рычаг свободно вращается на оси. Ведомый рычаг жестко укреплен на штанге независимо от ведущего рычага. Рычаги связаны только пружинным динамометром.

В качестве ведомого рычага можно использовать жимки от бурового комплекта. Ведомый рычаг служит также для задавливания штанг с крыльчаткой в торф и их извлечения после окончания испытаний. Благодаря наличию зажимного устройства, он легко перемещается по штанге вместе со всем динамометрическим устройством и может устанавливаться на любой высоте в процессе работы.

Величину деформации пружины определяют указатель и шкала.

Крыльчатка ЦНИИС

На небольших участках обследования, когда верхние слои слабой толщи осушены и уплотнены или перекрыты пластами более плотных и прочных грунтов и уплотнены их весом, что требует больших усилий при задавливании крыльчатки и без бурения невозможно, целесообразно применять лопастной прибор конструкции ЦНИИС (рис.18) Испытания этим прибором ведут в скважинах.

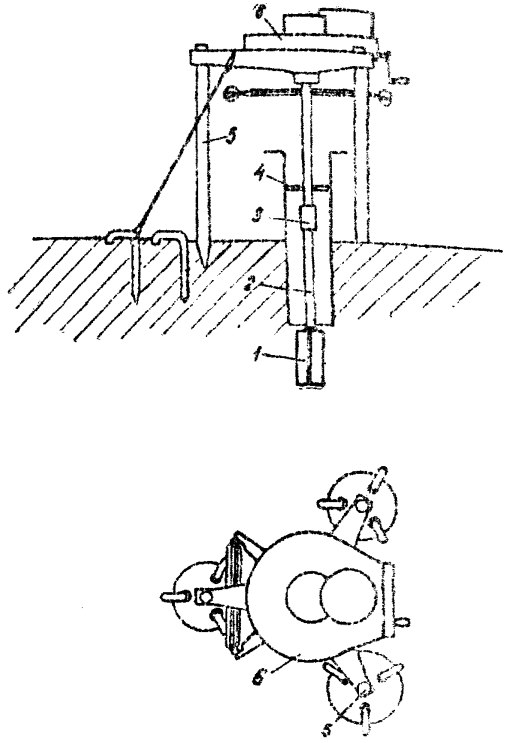


Рис. 18. Лопастной прибор конструкции ЦНИИС: 1-лопасть; 2-штанга; 3-соединительная муфта; 4-центрирующая муфта; 5-стойка прибора; 6-головка

Бурение скважины заканчивают выше отметки очередного испытания с таким расчетом, чтобы крыльчатка при испытании находилась ниже забоя скважины не менее чем на 5D (D - ширина лопастей крыльчатки),

Крыльчатку, опущенную на забой скважины на штангах, вдавливают в грунт до заданной отметки, вращают с помощью головки, установленной над устьем скважины и соединенной штангами. Вращая крыльчатку со скоростью 0,1-0,2° в сек, срезают грунт и фиксируют значения максимального крутящего момента. Затем производят 2-3 полных оборота крыльчатки и фиксируют крутящий момент, соответствующий прочности грунта нарушенной структуры на сдвиг.

По окончании испытания на заданной глубине прибор снимают, крыльчатку и штанги извлекают, а скважину углубляют для испытания.

Для вычисления сопротивления грунта сдвигу в измеренный крутящий момент вносят поправку из тарировочной таблицы прибора.

Лопастной прибор конструкции ЦНИИС комплектуют крыльчатками четырех размеров

D, мм	H,мм
55	110
75	150
75	200
100	200

Обработка результатов испытаний

По результатам испытаний вычисляют сопротивляемость грунта сдвигу, именуемую условным сцеплением $C_{усл}$,

$$C_{усл} = \frac{M_{кр}}{K}, \qquad (32)$$

где $M_{кр}$ - значение крутящего момента, устанавливаемого по тарировочной кривой (по оси ординат откладываются показания индикатора $\Delta\ell$, а по оси абсцисс - $M_{кр}$) в зависимости от значения $\Delta\ell = \Delta\ell_{пол} - \Delta\ell_{тр}$;

$\Delta l_{тр}$ – максимальное число делений при отклонении стрелки индикатора в процессе поворота штанг без крыльчатки (при необходимости учета трения грунта о штанги);

$\Delta l_{поя}$ – показания индикатора (максимальное число делений) в процессе поворота крыльчатки в грунте ненарушенной структуры;

K – постоянная прибора, определяемая по выражениям:

$K_1=\frac{\pi D^2}{2}\left(\frac{D}{6}+H\right)$ – при повороте крыльчатки у поверхности толщи или на дне скважины (при срезе одной торцевой поверхностью крыльчатки);

$K_2=\frac{\pi D^2}{2}\left(\frac{D}{3}+H\right)$ – при срезе в толще грунта обеими торцевыми поверхностями крыльчатки;

H, D – высота и диаметр крыльчатки.

Результаты испытаний представляют в виде эпюр изменения сопротивляемости сдвигу по глубине (рис.19).

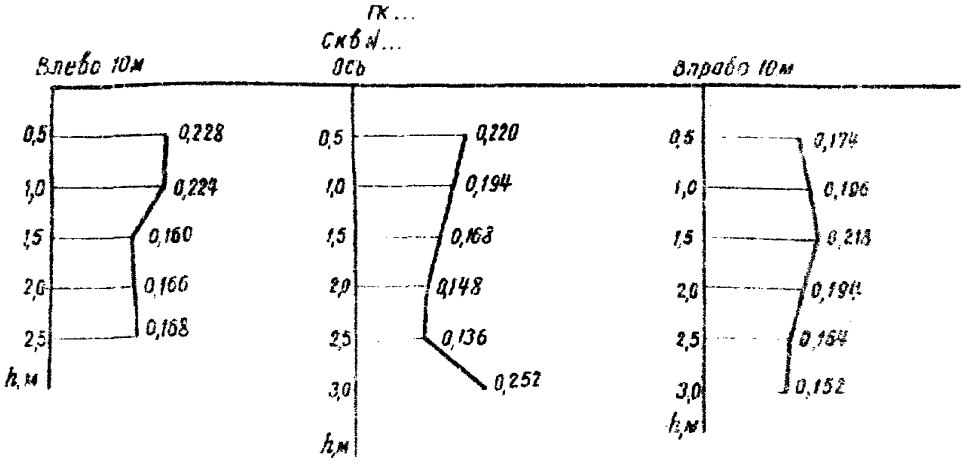


Рис. 19. Эпюра изменения сопротивления сдвигу по глубине

Количество точек испытаний по глубине назначают с учетом слабой толщи и особенностей ее геологического строения.

Обычно испытания проводят через 0,5–1,0 м по глу-

бине (пп. 5.8, 5.18 настоящих "Методических указаний"), при этом в каждом слое мощностью не менее 1 м следует назначать не менее трех точек по глубине в пределах одной скважины.

ВЫДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СЛОЕВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Предварительно слабую толщу разделяют на отдельные расчетные слои на основе геологического разреза, получаемого по результатам бурения с визуальной оценкой грунтов по качественным признакам. Для уточнения границ выделенных слоев и дальнейшей детализации расчленения толщи необходимо использовать данные статического зондирования (см.приложение 3), а также всю совокупность полученных данных о свойствах грунтов в пределах слабой толщи.

С этой целью на геологический разрез наносят кривые удельного сопротивления зондированию, сопротивляемости сдвигу по крыльчатке и основные показатели состава и состояния грунтов (рис.20). В качестве последних для болотных грунтов целесообразно использовать природную влажность.

После выделения расчетных слоев по полученным графикам определяют расчетные значения физико-механических свойств грунтов в пределах того или иного слоя, оценивают однородность выделенных расчетных слоев с точки зрения инженерно-геологических свойств грунтов этих слоев и при необходимости уточняют их границы.

Обработку материалов начинают с построения для выделенного расчетного слоя графиков рассеяния показателей физико-механических свойств грунта.

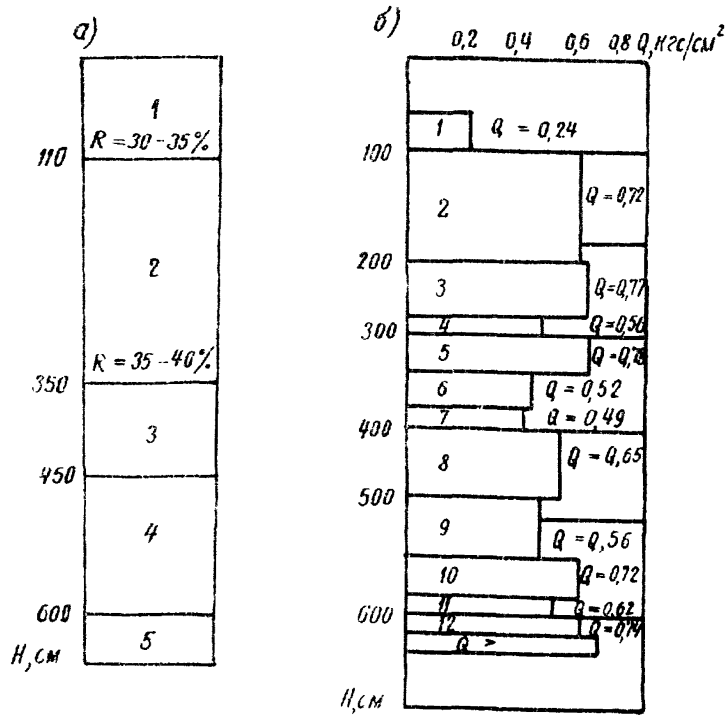


График рассеяния имеет одну ось, на которой в произвольно выбранном, но удобном для нанесения точек масштабе, нанесена шкала обрабатываемого показателя свойств (рис.21).

Графическая обработка показателей и методы математических расчетов разбираются на примере обработки сопротивления сдвигу торфов по результатам испытаний крыльчаткой на одном из болот (табл.12). Частные значения сопротивления сдвигу торфа показаны на графике точками (рис.21,а).

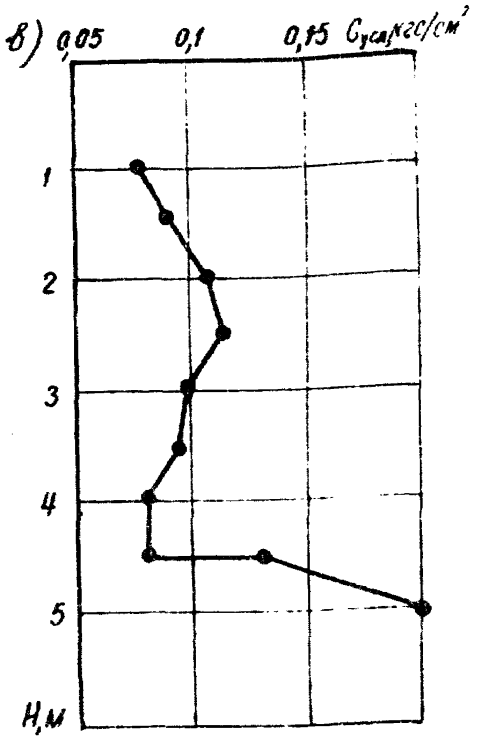


Рис. 20. Графики изменения по глубине удельного сопротивления зондированию и сопротивляемости сдвигу по крыльчатке:
а–геологический разрез; б–удельное сопротивление зондированию; в–сопротивляемость сдвигу; 1–торф древесно-осоковый; 2–торф тростниковый; 3–сапропель; 4–мергель; 5–песок мелкий

График рассеяния служит основой для построения полигона распределения (рис.21,б) показателей в частотах или частостях. Ось графика рассеяния делят на 8–10 равных по величине интервалов (классов) с таким расчетом, чтобы в каждый интервал (за исключением крайних) попали точки, т.е. чтобы не было пустых классов. Число точек, попавших в отдельные классы, носит название "частоты". Частоты выписывают в специальную графу (рис.21,а) над графиком рассеяния. Точки попавшие на границы классов, делятся поровну и при под-

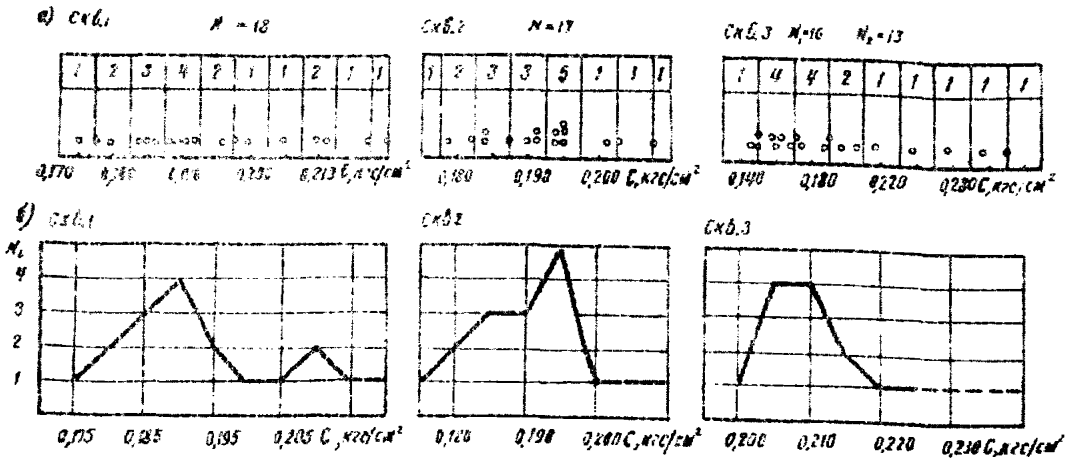


Рис. 21. Пример статистической обработки показателей физико-механических свойств болотных грунтов:
а- графики рассеяния; б-полигон распределения

счетах частот разносятся по соседним классам, а в случае нечетного их количества "лишнюю" точку следует отнести в класс, тяготеющий к центру графика рассеяния.

Сумма частот должна быть равна количеству определений обрабатываемого показателя; она записывается над графиком рассеяния.

Точкам, попавшим в один класс, присваивают одинаковые значения, равные среднему значению данного класса.

При построении полигона распределения частоты наблюдений данного показателя откладывают напротив середины интервалов и полученные точки соединяют прямыми (рис.21,б). Для удобства "полигон распределения" строят ниже графика рассеяния.

Четко выраженный максимум в центре полигона распределения и закономерное симметрическое изменение показателя в обе стороны от максимума свидетельствует о нормальном законе распределения (законе Гаусса) показателей свойств грунтов. При резком нарушении симметрии графика распределения необходимо проводить

Таблица 12

Местоположение, км +	№ поперечника	Глубина, м	Сопротивление сдвигу болотного грунта в скважинах по испытаниям крыльчаткой, кгс/см^2			
			С - 1	С - 2	С - 3	
1037+275	2	0,2	0,150	0,154	0,161	
		0,3	0,180	0,178	0,171	
		0,4	0,231	0,236	0,215	
		0,5	0,265	0,260	0,268	
		0,6	0,242	0,248	0,272	
		0,7	0,230	0,240	0,293	
		0,8	0,252	0,260	0,281	
		0,9	0,240	0,241	0,254	
		1,0	0,220	0,210	0,285	
		1,1	0,217	0,195	0,277	(2)
		1,2	0,186	0,184	0,217	
		1,3	0,178	0,175	0,206	
		1,4	0,180	0,184	0,189	
		1,5	0,188	0,182	0,175	
		1,6	0,190	0,194	0,187	
		1,7	0,184	0,191	0,238	
		1,8	0,196	0,196	0,171	
		1,9	0,191	0,190	0,169	
		2,0	0,196	0,194	0,164	
		2,1	0,185	0,187	0,196	
		2,2	0,175	0,195	0,292	(3)
		2,3	0,189	0,179	0,157	
		2,4	0,211	0,201	0,160	
		2,5	0,205	0,191	0,147	
		2,6	0,210	0,203	0,256	(1)
		2,7	0,230	0,235	0,268	
		2,8	0,234	0,241	0,240	
		2,9	0,237	0,242	0,248	
		3,0	0,250	0,269	0,237	

Примечание: 1. Жирной чертой выделены границы слоев.

2. Цифры в скобках - номера точек на графике рассеяния (рис.21,а).

проверку нормальности распределения. Однако много - численные проверки показывают, что распределение показателей свойств грунта, за редким исключением, подчиняется закону нормального распределения, и отклонения от него свидетельствуют об ошибках, допущенных при выделении единообразных инженерно-геологических слоев.

Дальнейшая обработка результатов заключается в оценке однородности слоя с точки зрения данной характеристики (оценка разброса значений рассматриваемой характеристики); в установлении значения, характеризующего всю совокупность экспериментально получен - ных результатов определения этой характеристики (нормативное значение) и в установлении расчетного значения рассматриваемого показателя.

Обработку можно вести подробным или упрощенным способом в зависимости от конкретных условий.

Подробный способ обработки результатов и определение расчетных значений характеристик

1. Определение числовых характеристик статистического распределения

Любое значение искомого показателя, вычисленное на основе ограниченного числа опытов, всегда содержит элемент случайности. В качестве оценки истинного значения измеряемой величины при нормальном законе распределения принимают среднее арифметическое значение результатов измерений

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \qquad (33)$$

где $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение;

$x_1, x_2 \cdots, x_n$ – частные значения измеряемой величины;

n – число измерений.

Для ускорения вычислений $\bar{x}$ используют график рассеяния. В этом случае среднее арифметическое значение показателя вычисляют упрощенным методом по формулам

$$\bar{x} = h d_n + a \; ; \tag{34}$$

$$d_n = \frac{\sum_{i}^{m} N_i d_i}{N} \; ; \tag{35}$$

$$d_i = \frac{x_i - a}{n} \; , \tag{36}$$

где a – условная средняя величина, близкая к $\bar{x}$. Обычно за a принимают середину какого-либо интервала вблизи от центра распределения;

h – ширина интервалов;

x_i – среднее значение показателя в i-ом интервале;

d_i – количество интервалов между x_i и a_i ;

m – количество интервалов (классов) на графике рассеяния;

N_i – частота в i-ом интервале;

N – сумма частот, которая равна общему числу измерений данного показателя.

Среднее арифметическое значение рассчитывают под полигоном распределения в следующей последовательности:

1) выбирают в качестве условного начала a среднюю точку одного из интервалов вблизи от центра распределения;

2) вычисляют отклонение d_i от условного начала;

3) умножают отклонение каждого интервала d_i на частоту N_i с учетом знаков (N_i, d_i);

4) находят алгебраическую сумму $\Sigma N_i d_i$

5) делят эту сумму на общую сумму частот и получают поправку d_n, выраженную в терминах интервалов;

6) определяют величину среднего арифметического $\bar{x}$ по формуле (34).

Для контроля повторно вычисляют среднее арифметическое при другом значении условного среднего a, взятого в соседнем интервале.

Вторая важная статистическая характеристика - мера рассеяния показателей относительно среднего арифметического значения. При одном и том же значении последнего может быть совершенно различный разброс данных. О степени неоднородности грунта по какому-либо показателю дают представление характеристики рассеяния: среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации. Чем больше значения этих характеристик, тем разнороднее грунт по данному показателю.

Среднее квадратичное отклонение σ для ограниченного числа опытных данных вычисляют по следующей формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(x_i - \bar{x})^2 N_i}{N-1}}, \qquad (37)$$

где m - число интервалов;

N_i - частота в i том интервале;

x_i - среднее значение показателя в i- том интервале.

Квадрат среднего квадратичного отклонения σ_2 называется дисперсией. Для облегчения вычисления σ можно воспользоваться условной средней a и расчетами, выполняемыми при вычислении среднего арифметического $\bar{x}$. В этом случае дисперсию вычисляют по формуле

$$\sigma^2 = (\mu_2 - \mu_1^2)\, h^2 \, \frac{N}{N-1}, \qquad (38)$$

где μ_1, μ_2 - условные начальные моменты, равные

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^{m} N_i d_i}{N} = d_n ; \qquad (39)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=1}^{m} N_i d_i^2}{N} , \qquad (40)$$

h – ширина интервала;
N – число измерений.

Пример вычисления среднего арифметического и среднего квадратичного отклонения (см.рис.21) приведен в табл.13.

Чтобы оценить относительную степень изменчивости показателя, среднее квадратичное отклонение сопоставляют со средним арифметическим значением. Такой показатель относительной изменчивости называется коэффициентом вариации и представляет собой отношение среднего квадратичного отклонения к среднему арифметическому значению, выраженное в процентах

$$K_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\% . \qquad (41)$$

В практике исследования болотных грунтов обычно считают, что при $K_\sigma \leq 20\%$ грунт по прочностным показателям является однородным, а при $K_\sigma > 20\%$ – неоднородным.

Среднее квадратичное отклонение σ является мерой рассеяния отдельного измерения. Очевидно, важнее знать, насколько может уклоняться от истинного значения x среднее арифметическое $\bar{x}$ наших измерений. Ошибку, допущенную при измерении среднего арифметического $\bar{x}$, можно определить по формуле

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} , \qquad (42)$$

где $\sigma_{\bar{x}}$ – средняя квадратичная ошибка серии измерений (ошибка среднего арифметического).

Таблица 13

1) Вычисления характеристик статистического распределения

скв. 1

№ класса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частоты N_i	1	2	3	4	2	1	1	2	1	1
Отклонение d_i	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
$N_i d_i$	-2	-2	0	4	4	3	4	10	6	7
$N_i d_i^2$	4	2	0	4	8	9	16	100	36	49

$\Sigma N_i d_i = 34$; $a = 0{,}185$; $h = 0{,}005$; $d_n = \frac{34}{18} = 1{,}89$; $d' = 1{,}89 \times 0{,}005 = 0{,}009$; $\bar{x}_1 = 0{,}185 + 0{,}009 = 0{,}194$; $\Sigma N_i d_i^2 = 228$;

$\mu_1 = \frac{34}{18} = 1{,}89$; $\mu_2 = \frac{228}{18} = 12{,}7$; $\sigma_1^2 = (12{,}7 - 1{,}89^2) \cdot 0{,}005^2 \times \frac{18}{18-1} = 0{,}000235$; $\sigma_1 = 0{,}015$; $K_в = \frac{0{,}015}{0{,}194} \cdot 100 = 7{,}7\%$;

$K_{\bar{x}} = \frac{7{,}7}{\sqrt{18}} = 1{,}8\%$.

скв.2

№ класса	1	2	3	4	5	6	7	8
Частоты N_i	1	2	3	3	5	1	1	1
Отклонение d_i	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
$N_i d_i$	-3	-4	-3	0	5	2	3	4
$N_i d_i^2$	9	8	3	0	5	4	9	10

$\Sigma N_i q_i = 4$ $a = 0{,}190$; $h = 0{,}005$ $d_n = \frac{4}{17} = 0{,}236$

$d = 0{,}235 \cdot 0{,}005 = 0{,}0001$, $\bar{x}_2 = 0{,}190 + 0{,}0008 = 0{,}89$ $\Sigma N_i d_i^2 = 54$,

Продолжение табл. 13

$\mu_1 = \frac{4}{17} = 0{,}235$; $\mu_2 = \frac{54}{17} = 3{,}17$; $\sigma_2^2 = (3{,}17 - 0{,}235^2) \times$

$\times 0{,}005^2 \frac{17}{17-1} = 0{,}000077$; $\sigma_2 = 0{,}009$; $K_\beta = \frac{0{,}009}{0{,}190} \cdot 100 = 4{,}7\%$;

$K_{\bar{x}} = \frac{4{,}7}{\sqrt{17}} = 1{,}1\%$

скв.3

№ класса	1	2	3	4	5	6
Частоты N_i	1	4	4	2	1	1
Отклонение d_i	– 2	– 1	0	1	2	3
$N_i d_i$	– 2	– 4	0	2	2	3
$N_i d_i^2$	4	4	0	2	4	9

$\Sigma N_i d_i = 1$; $a = 0{,}18$; $h = 0{,}02$; $d_n = \frac{1}{13} = 0{,}077$; $a' =$

$= 0{,}077 \cdot 0{,}02 = 0{,}002$; $\bar{x}_3 = 0{,}180 + 0{,}002 = 0{,}182$; $\Sigma N_i d_i^2 = 23$;

$\mu_1 = 0{,}077$; $\mu_2 = \frac{23}{13} = 1{,}77$; $\sigma^2 = (1{,}77 - 0{,}077^2) \frac{13}{12} \cdot 0{,}02^2 =$

$= 0{,}00077$; $\sigma = 0{,}028$; $K_\beta = \frac{0{,}028}{0{,}182} \cdot 100 = 15{,}4\%$; $K_{\bar{x}} = \frac{15{,}4}{\sqrt{13}} =$

$= 4{,}25\%$; $N_2 = 16$; $K_\beta = 23{,}5\%$

2) Определение расчетных показателей

Средневзвешенное значение сопротивления сдвигу и дисперсии слоя на поперечнике

$$\bar{x}_{ср} = C_н = \frac{\frac{1}{0{,}000235} \cdot 0{,}194 + \frac{1}{0{,}000077} \cdot 0{,}19 + \frac{1}{0{,}00077} \cdot 0{,}182}{\frac{1}{0{,}000235} + \frac{1}{0{,}000077} + \frac{1}{0{,}00077}} =$$

$$= \frac{4250 \cdot 0{,}194 + 13000 \cdot 0{,}19 + 1300 \cdot 0{,}182}{4250 + 13000 + 1300} = 0{,}19 \text{ кгс/см}^2$$

$$\sigma_{ср}^2 = \frac{18 \cdot 0{,}000235 + 17 \cdot 0{,}000077 + 13 \cdot 0{,}00077}{18 + 17 + 13} = 0{,}00032;$$

$$\sigma_{ср} = 0{,}018 \text{ кгс/см}^2;$$

Средневзвешенное значение коэффициента вариации сопротивления сдвигу слоя

$$K_\beta = \frac{0{,}018}{0{,}190} 100 = 9{,}5\%$$

Зная среднее арифметическое и размер его ошибки, можно судить о достоверности вычисленного среднего значения $\bar{x}$ по величине показателя точности:

$$K_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 = \frac{\sigma}{\bar{x}\sqrt{N}} 100 \qquad (43)$$

Учитывая выражение (41), получим зависимость для определения показателя точности

$$K_{\bar{x}} = \frac{K_\beta}{\sqrt{N}} \cdot \qquad (44)$$

Точность вычисления среднего арифметического зависит от числа измерений (количества частных показателей).

Точность вычисления можно считать достаточной, если $K_{\bar{x}} \leq 15\%$.

2. Выявление и исключение грубых ошибок

Если серия из небольшого числа измерений содержит грубую погрешность – промах, то наличие этого промаха может сильно исказить как среднее значение измеряемой величины, так и границы доверительного

интервала. Поэтому из окончательного результата необходимо исключить этот промах. Обычно промах имеет резко отличающиеся от других измерений значение. Но пока не проверено, не является ли это отклонение следствием статистического разброса, определить это измерение как промах нельзя. Для определения грубых ошибок, полученных вследствие нарушенности структуры образцов, каких-либо включений, а в ряде случаев описок в журналах испытаний, можно использовать коэффициент вариации показателя.

При $K_в > 20\%$ выскакивающее значение следует подвергнуть анализу с целью выяснить, относятся ли они к грубым ошибкам измерений (промахам) или характеризуют другой слой.

В условиях нашего примера коэффициент вариации сопротивления сдвигу не выходит за пределы 20%, поэтому все измерения должны быть приняты при вычислении статистических характеристик. Результаты испытаний крыльчаткой (скв.3) в трех случаях выходят за доверительные пределы, в связи с чем их исключают и при расчете средних значений данного слоя не учитывают. Анализ показал, что точка 3 является промахом, а точки 1,2 относятся к другим слоям. Иначе результаты среднего значения сопротивления сдвигу и погрешности измерения будут искажены. В частности при учете выскакивающих значений получены следующие статистические характеристики прочности торфа:

$$\bar{x} = 0{,}201 \text{ кгс/см}^2; \quad \sigma_з = 0{,}047 \text{ кгс/см}^2$$

$$K_в = 23{,}5\%,$$

а после исключения выскакивающих значений

$$\bar{x} = 0{,}182 \text{ кгс/см}^2; \quad \sigma_з = 0{,}028 \text{ кгс/см}^2$$

$$K_в = 15{,}4\%,$$

т.е. $K_в \leq 20\%$, и слой торфа можно считать однородным по прочности.

Только при более или менее симметричном характере распределения значений изучаемого показателя отскоки можно не принимать в расчет. В противном случае следует выяснить причины отскоков: не относятся ли они к какому-либо пропущенному (не подвергнутому детальному исследованию) слою, имеющему важное значение для оценки устойчивости сооружения.

3. Числовые характеристики статистического распределения показателей болотных грунтов

а) Для однородного слоя в целом. Выше был рассмотрен вопрос определения статистических характеристик физико-механических показателей грунта, значения которых определены с одинаковой точностью (равноточные измерения). Применительно к грунтам это значит, что приведенные формулы можно использовать для вычисления характеристик статистического распределения того или иного показателя грунта, который получен по результатам испытаний образцов в пределах однородного слоя из одной выработки (скважины, шурфа).

Результаты испытаний грунтов, отобранных из нескольких выработок, нельзя считать равноточными в силу возможной неоднородности грунта по простиранию. В этом случае в качестве оценки истинного значения показателя грунта всего слоя принимают средневзвешенное значение

$$\bar{x} = \frac{p_1 \bar{x}_1 + p_2 \bar{x}_2 + \ldots + p_n \bar{x}_n}{p_1 + p_2 + \ldots + p_n} = \frac{\sum p_i \bar{x}_i}{\sum p_i}, \qquad (45)$$

где $p_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$ – веса измерений;

$\bar{x}$ – среднее взвешенное значение показателя для однородного слоя;

$\bar{x}_i$ – средние арифметические значения показателя отдельных выработок.

Средневзвешенное значение дисперсии однородного слоя определяют по формуле

$$\sigma_{ср}^2 = \frac{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2 + n_3\sigma_3^2}{n_1 + n_2 + n_3}, \qquad (46)$$

где n_1, n_2, n_3 – количество измерений показателя для отдельных скважин в пределах рассматриваемого слоя;

$\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$ – дисперсии соответствующих показателей.

В рассматриваемом примере средневзвешенное значение сопротивления сдвигу слоя в пределах попереч - ника равно:

$$\bar{x} = \frac{4250x0,194+1300x190+1300x0,182}{4250+13000+1300} = 0,190 \text{ кгс/см}^2,$$

где $\bar{x}_1 = 0,194$; $\bar{x}_2 = 0,190$ $\bar{x}_3 = 0,182$ кгс/см^2

$$P_1 = \frac{1}{\sigma_1^2} = 4250; \quad P_2 = \frac{1}{\sigma_2^2} = 13000; \quad P_3 = \frac{1}{\sigma_3^2} = 1300;$$

$$\sigma_{ср} = 0,018 \text{ кгс/см}^2; \quad K_\sigma = \frac{0,018}{0,19} \cdot 100 = 9,5\%.$$

Средневзвешенное значение показателей болотных грунтов по формуле (46) можно использовать как оценку истинного значения показателя механических свойств грунтов, характеризующих прочность (сопротивление сдвигу), деформативность (сжимаемость) и скорость уплотнения грунта во времени.

б) Для слоистой толщи в целом. Толща болотных грунтов, как правило, не бывает однородной, а состоит из нескольких слоев. Каждый слой характеризуется своими физико-механическими показателями.

В некоторых случаях возникает необходимость осреднять значения того или иного параметра для толщи в целом.

Опыт показывает, что с достаточной для практических целей точностью слоистую толщу можно характе-

ризовать общим средневзвешенным значением показателя, приписывая каждому значению $\bar{x}_{сл}$ в качестве веса его толщину H_i.

$$\bar{x}_{толщи} = \frac{H_1\bar{x}_{сл1} + H_2\bar{x}_{сл2} + \ldots + H_n x_{сл\,n}}{H_1 + H_2 + \ldots + H_n} = \frac{\Sigma H_i \bar{x}_{сл\,i}}{\Sigma H_i} \quad (47)$$

В качестве примера рассмотрим поперечный профиль болота, представленного тремя слоями: каждый слой характеризуется средневзвешенной плотностью (удельного веса скелета) торфа $\bar{\delta}_1$=0,14г/см³; $\bar{\delta}_2$=0,15г/см³; $\bar{\delta}_3$=0,16г/см³ и мощностью слоев H_1=1,8 м; H_2=1,2 м; H_3=1,6 м.

Средневзвешенное значение плотности торфяной толщи в целом определим по формуле (47)

$$\bar{\delta}_{толщи} = \frac{1,8x0,14+1,2x0,15+1,6x0,16}{1,8 + 1,2 + 1,6} = 0,15 \text{ г/см}^3.$$

4. Вероятностно - статистический метод назначения расчетных характеристик болотных грунтов

Для определения расчетных значений характеристик грунтов целесообразно применять непосредственно вероятностно-статистические методы определения расчетных характеристик, назначая надежность расчетных показателей (доверительную вероятность) в зависимости от категории автомобильной дороги.

Расчетные характеристики болотных грунтов определяют по формуле

$$x_р = x_н \pm \varepsilon_\alpha \,, \quad (48)$$

где $x_р$ – расчетное значение показателя;

$x_н$ – нормативное значение показателя;

ε_α – отклонение нормативного значения показателя от его истинного значения (половина ширины доверительного интервала);

$$\varepsilon_\alpha = \frac{t_\alpha \sigma}{\sqrt{N}}, \qquad (49)$$

t_α – коэффициент Стьюдента, определяемый по табл. 14 в зависимости от заданной доверительной вероятности (коэффициента надежности) α и числа измерений;

σ – среднее квадратичное отклонение;

N – число измерений.

При определении расчетных характеристик состава и состояния грунтов коэффициент надежности α назначают по табл.15 в зависимости от категории проектируемой дороги.

При определении расчетных значений прочностных характеристик грунтов (сцепление и угол внутреннего трения, сопротивляемость сдвигу по крыльчатке и т.п.) коэффициент надежности принимают равным 0,99 независимо от категории проектируемой дороги.

Из формулы (48) видно, что расчетное значение показателя зависит от заданного коэффициента надежности и будет принимать значения в интервале с доверительными границами $(\vartheta_н - \varepsilon_\alpha, \vartheta_н + \varepsilon_\alpha)$. В качестве расчетного значения следует принимать наименее выгодное значение показателя. Так, например, для сопротивления сдвигу следует принимать значение $\vartheta_н - \varepsilon_\alpha$, а для влажности $\vartheta_н + \varepsilon_\alpha$.

Пример 1. Определим расчетное сопротивление сдвигу: ℓ_n =0,19 кгс/см^2; σ =0,018 кгс/см^2; N =48.

Принимаем коэффициент надежности α =0,99; t_α =2,68 (по табл.14). По формуле (49) находим

$$\varepsilon_\alpha = \frac{t_\alpha \sigma}{\sqrt{N}} = \frac{2{,}68 \cdot 0{,}018}{\sqrt{48}} = 0{,}007 \text{ кгс/см}^2.$$

Доверительный интервал значений сопротивления сдвигу равен 0,19±0,007кгс/см^2 или 0,183÷0,197кгс/см^2. В качестве расчетного значения следует принять наименьшее значение, т.е. $\ell_{расч}$=0,183 кгс/см^2.

Таблица 14

Число измерений N	Значения t_α при коэффициенте надежности α				
	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
3	1,336	1,886	2,92	4,30	9,92
4	1,250	1,638	2,35	3,18	5,84
5	1,190	1,533	2,13	2,77	4,60
6	1,156	1,476	2,02	2,57	4,03
7	1,334	1,440	1,943	2,45	3,71
8	1,119	1,415	1,895	2,36	3,50
9	1,108	1,397	1,860	2,31	3,36
10	1,100	1,383	1,833	2,26	3,25
11	1,093	1,372	1,812	2,23	3,17
12	1,088	1,363	1,796	2,20	3,11
13	1,083	1,356	1,782	2,18	3,06
14	1,079	1,350	1,771	2,16	3,01
15	1,076	1,345	1,761	2,14	2,98
16	1,074	1,341	1,753	2,13	2,95
17	1,071	1,337	1,746	2,12	2,92
18	1,069	1,333	1,740	2,11	2,90
19	1,067	1,330	1,734	2,10	2,88
20	1,066	1,328	1,729	2,09	2,86
21	1,064	1,325	1,725	2,09	2,84
22	1,063	1,323	1,721	2,08	2,83
23	1,061	1,321	1,717	2,07	2,82
24	1,060	1,319	1,714	2,07	2,81
25	1,059	1,318	1,711	2,06	2,80
26	1,058	1,316	1,708	2,06	2,79
27	1,058	1,315	1,706	2,06	2,78
28	1,057	1,314	1,703	2,05	2,77
29	1,056	1,313	1,701	2,05	2,76
30	1,055	1,311	1,699	2,04	2,76
31	1,055	1,310	1,697	2,04	2,75
40	1,050	1,303	1,684	2,02	2,70
60	1,046	1,296	1,671	2,00	2,66
120	1,041	1,289	1,658	1,980	2,62
∞	1,036	1,282	1,645	1,960	2,58

Таблица 15

Категории дороги	I	II	III	IУ и ниже
Коэффициент надежности (доверительная вероятность)	0,95	0,90	0,80	0,70

Пример 2. Требуется определить расчетную влажность слабого грунта, используемого в качестве основания дорог III категории. Все расчеты характеристик статистического распределения приведены на рис.22.

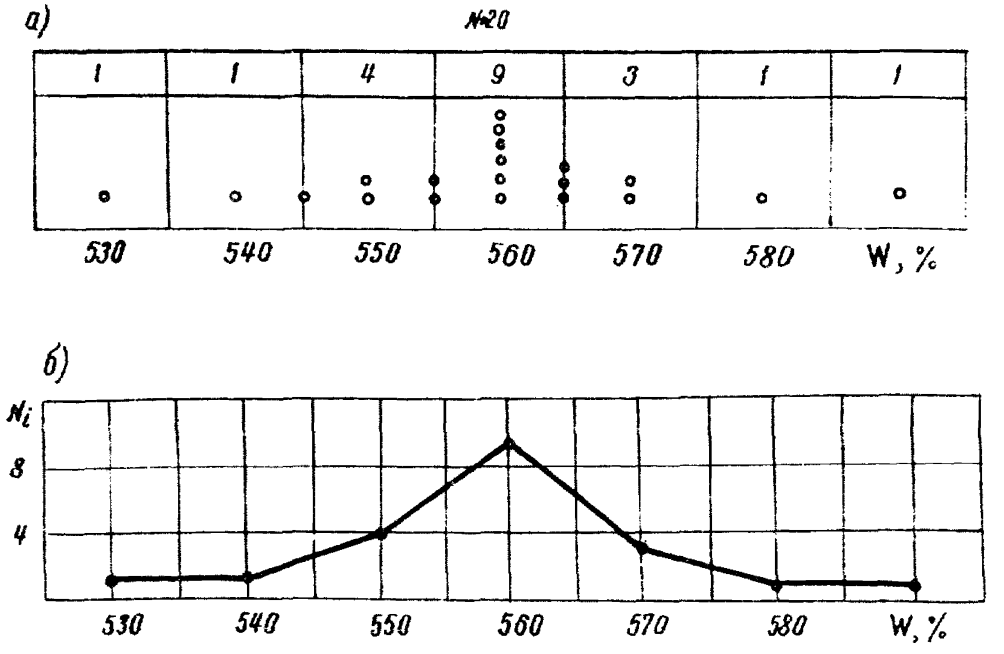


Рис. 22. Определение расчетной влажности болотных грунтов вероятностно-статическим методом:
а-график рассеяния; б-полигон распределения

Вычисление характеристик статистического распределения

Таблица 16

№ классов	1	2	3	4	5	6	7
Частоты N_i	1	1	4	9	3	1	1
Отклонение d_i	-2	-1	0	1	2	3	4
$N_i\ d_i$	-2	-1	0	9	6	3	4
$N_i\ d_i^2$	4	1	0	9	12	9	16

$\Sigma N_i d_i = 19$; $c = 550\%$; $h = 10\%$; $d_n = \frac{19}{20} = 0{,}95$; $d = 0{,}95 \cdot 10 = 9{,}5$; $\bar{x} = 550 + 9{,}5 = 559{,}5 \approx 560$; $\Sigma N_i d_i^2 = 48$; $\mu_1 = \frac{19}{20} = 0{,}95$; $\mu_2 = \frac{48}{20} = 2{,}40$; $\sigma_2 = (2{,}40 - 0{,}95^2) \cdot 10^2 \cdot \frac{20}{20-1} = 152$; $\sigma = 12{,}3 \approx 12$; $K_\beta = \frac{12}{560} \cdot 100 = 2{,}14\%$; $K_{\bar{x}} = \frac{2{,}14}{\sqrt{20}} = 0{,}48\%$.

Расчетная влажность:

$\alpha = 0{,}80$; $t_\alpha = 1{,}328$; $\varepsilon_\alpha = 4\%$; $W_{расч} = 564\%$;

$\alpha = 0{,}90$; $t_\alpha = 1{,}729$; $\varepsilon_\alpha = 5\%$; $W_{расч} = 565\%$;

$\alpha = 0{,}95$; $t_\alpha = 2{,}09$; $\varepsilon_\alpha = 6\%$; $W_{расч} = 566\%$

В результате этих расчетов получено:

$W_{пр} = 560\%$; $\sigma = 12\%$; $N = 20$. Для дороги Ш категории $\alpha = 0{,}80$, следовательно, $t_\alpha = 1{,}328$.

По формуле (49) определяем

$$\varepsilon_{\alpha=0{,}80} = \frac{1{,}328 \cdot 12}{\sqrt{20}} = 3{,}54 \approx 4\%$$

Доверительный интервал значений влажности равен 556÷564%. В качестве расчетного значения следует принять менее выгодное, т.е. $W_{расч} = 564\%$.

Принимая соответственно коэффициент надежности α=0,90 и α=0,95, получим следующие значения расчетной влажности

$$\varepsilon_{\alpha=0,90} = \frac{1,729 \cdot 12}{\sqrt{20}} = 5\%; \quad W_{расч} = 565\%;$$

$$\varepsilon_{\alpha=0,95} = \frac{2,09 \cdot 12}{\sqrt{20}} = 6\%; \quad W_{расч} = 566\%.$$

Определим расчетное значение влажности, предполагая, что нами испытано не 20, а 6 образцов. В этом случае получим

$$\varepsilon_{\alpha=0,80} = \frac{1,476 \cdot 12}{\sqrt{6}} = 7\%; \quad W_{расч} = 567\%;$$

$$\varepsilon_{\alpha=0,90} = \frac{2,02 \cdot 12}{\sqrt{6}} = 10\%; \quad W_{расч} = 570\%;$$

$$\varepsilon_{\alpha=0,95} = \frac{2,57 \cdot 12}{\sqrt{6}} = 13\%; \quad W_{расч} = 573\%.$$

Расчеты свидетельствуют о влиянии числа испытаний на размеры доверительного интервала. Чем меньше число измерений, тем больше доверительный интервал при данном коэффициенте надежности, одно из граничных значений которого принимают в качестве расчетного значения показателя.

Упрощенный способ обработки и определения расчетных значений показателей физико-механических свойств грунтов

При упрощенном способе слой считают однородным, если не менее 90% значений рассматриваемой характе-

ристики лежит в пределах условно устанавливаемых границ. Последние можно назначать, например, с учетом составленных таблиц физико-механических свойств (п.2.3. табл.2 настоящих "Методических указаний") для данного вида болотного грунта. Например, применительно к торфяным грунтам допустимый диапазон изменения природной влажности в однородном слое можно принять равным диапазону изменения влажности в пределах одной разновидности грунта (см.табл.2).

В качестве природной влажности определяют среднемедианное значение ее непосредственно по графику рассеяния (рис.23) и соответствующее экспериментальной точке, расположенной в середине ряда, считая снизу или сверху. Например, при 15 экспериментальных точках среднемедианное значение будет соответствовать восьмой точке, отсчитываемой снизу (или сверху). При четном количестве точек за среднемедианное принимают среднее значение между двумя точками в середине ряда. Например, при 16 точках среднее значение между 8 и 9 точками.

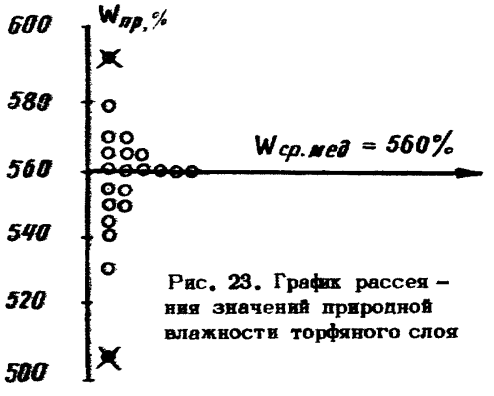


Рис. 23. График рассеяния значений природной влажности торфяного слоя

При определении среднемедианного значения графики рассеяния предварительно подвергают анализу и при наличии явно отскакивающих точек, их в расчет не принимают (если их не более 10% от общего количества точек).

Среднемедианное значение принимают за нормативную величину данной характеристики.

За расчетное значение данной характеристики принимают величину, зависящую от так называемой гарантированной частости $\Sigma_{гар}$ определяемой по графику (рис.24).

По величине $\Sigma_{гар}$ используя интегральный график накопленный частости (рис. 25), определяют расчетное значение характеристики.

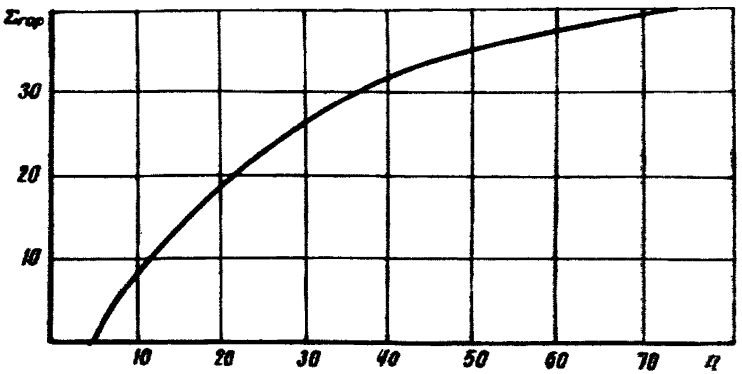


Рис. 24. Определение гарантированной частости $\Sigma_{гар}$ в зависимости от числа определений показателей физико-механических свойств грунтов n

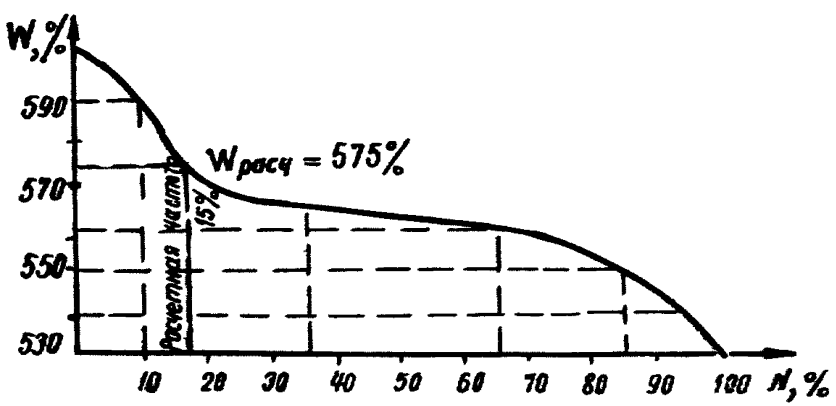


Рис. 25. График накопленной частости значений природной влажности торфяного слоя

При этом необходимо учитывать характер определяемого параметра, чтобы расчетное значение в одних случаях оказалось больше (влажность), а в других меньше (прочность) среднемедианного значения.

ОТБОР ОБРАЗЦОВ, ИХ УПАКОВКА, ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

Образцы грунтов отбирают из скважины (нарушенной или ненарушенной структуры) или из шурфов.

1. Образцы с ненарушенным сложением (монолиты) отбирают из буровых скважин в специальные жесткие гильзы, располагаемые внутри грунтоноса. Гильзы изготовляют из металла (жести) или из плотного картона, пропитанного парафином.

Открытые поверхности образца грунта закрывают крышками или марлей, пропитанной парафином. Перед изоляцией открытых поверхностей образца на верхнюю поверхность кладут этикетку, кроме того этикетка кладется на боковую поверхность в процессе парафинирования монолита.

Если гильза изготовлена из картона, то после отбора образца следует обернуть гильзу с образцом несколькими слоями марли и запарафинировать. Нарушенные образцы грунтов, в которых требуется сохранить естественную влажность, укладывают в металлические или пластмассовые банки (бюксы) с герметически закрывающимися крышками. Для сохранения влажности образца грунта горловинную часть банки, закрытую крышкой, следует запарафинировать. Для герметизации по стыку крышки бюкса с корпусом приклеивают также хлорвиниловую изоляционную ленту.

2. При заложении шурфов на поверхности земли намечают лопатой прямоугольник следующих размеров: 80x170 см – при отборе образцов с глубины 1–2 м и 40x60 см с глубины 50–70 см.

Затем по абрису прямоугольника копают яму так, чтобы не испортить "лицевой" стенки (одна из корот –

ких стенок); на противоположной стороне шурфа делают ступени. Воду, поступающую в шурф, удаляют.

Каждый заложенный шурф регистрируют в полевом журнале.

На лицевой стенке вырезают образцы грунта в форме прямоугольного параллелепипеда (15х15х20 см).

Образцы ненарушенной структуры отбирают непосредственно с лицевой стенки в форме параллелепипеда размером 20х20х30 см и сразу же помечают "Верх".

В целях сохранения естественной влажности монолиты на месте отбора немедленно изолируют от наружного воздуха (метод парафинирования).

Образец обматывают двумя слоями марли (пористый образец заворачивают в целлофан или полиэтиленовую пленку) и парафинируют. Первый слой парафина рекомендуется наносить щеткой, а затем образец несколько раз погружают в расплавленный парафин до тех пор, пока толщина оболочки парафина будет не менее 2–3мм; до завертывания образца в марлю на верхнюю его поверхность кладут этикетку, пропитанную парафином, второй экземпляр этикетки, смоченный парафином, наклеивают сверху запарафинированного образца.

В целях увеличения пластичности в парафин желательно добавлять воск (20–25% по весу), канифоль (5–10%) и минеральное масло (3–5%).

Для отбора монолитов в шурфах также применяют специальные металлические ящики (рис.26), которые состоят из металлического корпуса толщиной 1,5–2,0 мм, съемных крышек с уплотнительными прокладками и стяжных болтов.

К стенкам ящика приварены две ручки для удобства переноса и извлечения ящика с монолитом из шурфа.

Процесс отбора монолита. На устроенный выступ (на заданной глубине отбора) к узкой стенке шурфа ставится ящик, который задавливают в торфяной грунт таким образом, чтобы верх ящика оказался ниже поверхности грунта. Затем осторожно острым ножом или лопаткой

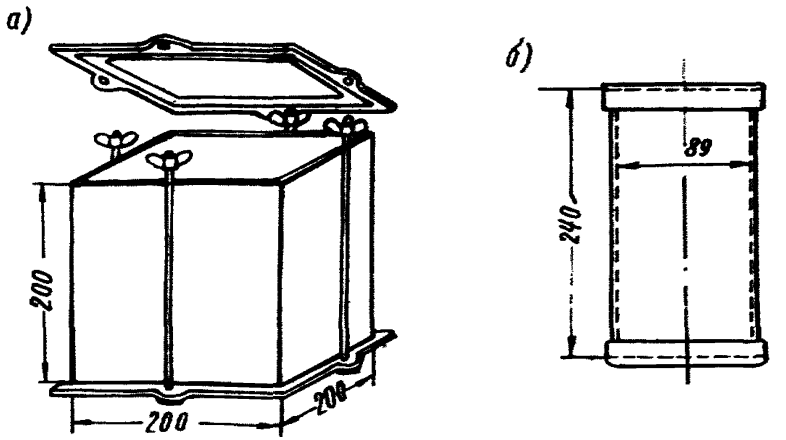


Рис. 26. Тара для образцов слабых грунтов:
а–ящик для отбора монолитов; б–цилиндр для от - бора монолитов

монолит с ящиком подрезают и извлекают из шурфа.Из - лишки торфа сверху и снизу срезают заподлицо со стенками ящика, кладут этикетку монолита и закрывают ящик крышками с уплотнительными прокладками.

Образцы грунтов для отправки в лаборатории, расположенные на значительном расстоянии от места отбо - ра образцов, упаковывают в деревянные ящики, вмещающие не более 30 кг. Образцы укладывают плотно,заполняя свободное пространство древесными опилками,стружками и т.п. Образцы хранят в помещении при темпера - туре воздуха не ниже 2°С и не выше $+20^{\circ}$С. При этом срок хранения, как правило, не должен превышать 30 дней, считая со дня отбора образца до производства лабораторных испытаний.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРФЯНОГО ОСНОВАНИЯ

При расчете земляного полотна на торфяном основании в некоторых случаях (см,п.5.20 и 5.28 настоящих "Методических указаний") необходимо иметь данные о следующих динамических характеристиках основания:

а) упругие характеристики - модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ ;

б) диссипативные характеристики (характеристики поглощения) - логарифмический декремент колебаний λ, коэффициент поглощения ψ или коэффициент демпфирования D ;

в) частоты собственных колебаний торфяного грунта в залежи.

Для определения динамических характеристик наиболее целесообразно использовать сейсмический метод возбуждением колебаний с помощью удара. По свободным затухающим колебаниям торфа в залежи, вызванных ударом, определяют частоту собственных колебаний и диссипативные характеристики, а по скорости распространения упругих волн в торфяной залежи - модуль упругости и коэффициент Пуассона.

1. Методика полевых испытаний

При проведении испытаний используется стандартная виброизмерительная и регистрирующая аппаратура,обычно применяемая при динамических испытаниях строительных конструкций (вибродатчики типа ВИБ-А,виброизмерительный комплект К-001 с вибродатчиками И 001 и др.; светолучевые осциллографы Н-700,К-12-22 и др.)

или сейсморазведочная аппаратура (сейсмостанции) СС-24-П, "Поиск-1-6/12 АСМ - ОВ" и др.).

Для записи продольных и поперечных волн в каждой точке наблюдения устанавливают по два вибродатчика (рис.27), из которых один ориентируется в вертикальной, а другой - в горизонтальной плоскости. Вибродатчики устанавливают по оси трассы с шагом 5 м и на расчетных поперечниках. Момент удара отмечают специальным вибродатчиком, установленным вблизи места удара.

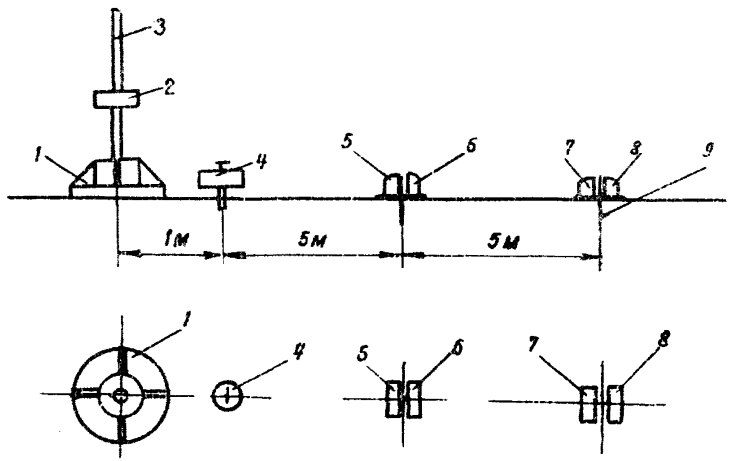


Рис. 27. Схема установки для возбуждения и регистрации колебаний торфяной залежи:
1-штамп; 2-груз; 3-направляющая; 4-вибродатчик отметки момента удара; 5,7-вертикальные вибродатчики; 6,8-горизонтальные вибродатчики; 9-свайка длиной 40 см

Возбуждение упругих волн и колебаний торфяной залежи производится ударным способом с помощью специальной установки (см.рис.27). Установка состоит из штампа, груза и направляющей. Вес груза 15-20 кг, высота сбрасывания 1,5-2,0 м. На каждой стоянке проводят три параллельных испытания.

2. Обработка результатов испытаний

1) Определение упругих параметров торфяной залежи. На осциллограмме колебаний (рис.28,а) отмечают моменты первых вступлений продольных и поперечных волн. Далее, пользуясь отметками времени, определяют время прихода волн к каждому вибродатчику. Эти данные выписывают над соответствующей виброграммой.

Скорость распространения упругих волн определяют по формуле

$$v = \frac{S}{t}, \qquad (48)$$

где t – время пробега волной расстояния S от места удара до вибродатчика (см.рис.27).

Модуль упругости торфяной залежи определяют по следующим формулам:

$$E = \frac{(1+\mu)\cdot(1+2\mu)}{(1-\mu)} \cdot \rho \cdot v_p^2 \qquad (49)$$

или

$$E = 2\,(1+\mu)\cdot \rho \cdot v_s^2, \qquad (50)$$

где $\rho = \frac{\delta}{g}$ – массовая плотность торфа;

δ – объемный вес скелета торфа;

g – ускорение силы тяжести;

v_p – скорость распространения продольных волн;

v_s – скорость распространения поперечных волн.

Коэффициент Пуассона μ находят по формуле

$$\mu = \frac{0{,}5-\gamma_v^2}{1-\gamma_v}, \qquad (51)$$

где $\gamma_v = \frac{v_s}{v_p}$ – отношение скоростей поперечных и продольных волн.

2) Определение частот собственных колебаний торфяного основания. При определении частот собственных

№ вибродатчика	Пикет, расстояние, м	Время первого вступления волны, сек
5	ПК2; S = 5	t_1=0,045
6	ПК2; S = 6	t_2=0,095
7	ПК3; S=10	t_3=0,088
8	ПК3; S=10	t_4=0,186
4	ПК1; S = 0	t_5= 0
Отметка времени		

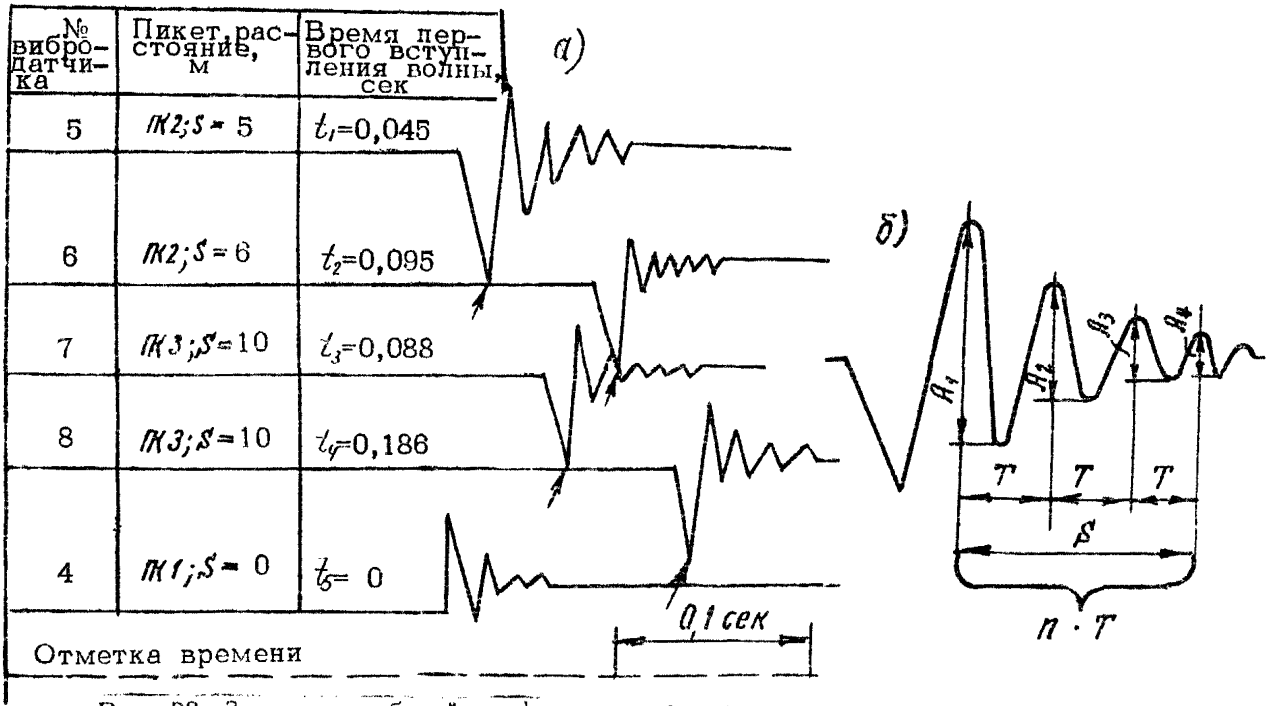


Рис. 28. Запись колебаний торфяного основания:
а–при определении скоростей распространения продольных и поперечных волн;
б–кривая собственных колебаний торфяной залежи, записанная датчиком 5, для определения частот колебаний и характеристик затухания

колебаний на осциллограмме (рис.28,б) выделяют участок с отчетливой записью и желательно с большим числом периодов колебаний. Частоту собственных колебаний определяют по формуле

$$\psi = \frac{1}{T} = \frac{v \cdot n}{S}, \qquad (52)$$

где ψ – частота колебаний, герц;

T – период колебаний, сек;

v – скорость движения бумаги в осциллографе, мм/сек;

S – длина участка осциллограммы, мм, содержащего n периодов колебаний.

Круговую частоту колебаний ω находят по формуле

$$\omega = 2\pi\psi \approx 6{,}28\,\psi \qquad (53)$$

3) Определение характеристик затухания колебаний торфяного основания (логарифмического декремента колебаний, коэффициента поглощения и коэффициента демпфирования) производится на том же участке осциллограммы, что и определение частоты собственных колебаний в следующей последовательности:

а) измеряют размахи (двойные амплитуды) A_i, причем размахи менее 5 мм измеряют с помощью лупы с нанесенной на ней сеткой. Двойные амплитуды измеряют как сумму двух соседних наибольших отклонений противоположного знака (см.рис.28,б);

б) вычисляют отношения размахов для каждого периода (отношение размаха, взятого в предыдущем периоде, к размаху последующего периода) по формулам

$$a_1 = \frac{A_1}{A_2}; \; a_2 = \frac{A_2}{A_3}; \; \ldots \; a_i = \frac{A_i}{A_{i+1}}. \qquad (54)$$

В качестве расчетного принимают среднее арифметическое значение a_{cp} величин отношения размахов

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_i}{i}. \qquad (55)$$

Зная $a_{ср}$, определяют логарифмический декремент λ, коэффициент поглощения ψ и коэффициент демпфирования D по следующим формулам:

$$\lambda = \ln a_{ср} ; \tag{56}$$

$$\psi = 2\lambda ; \tag{57}$$

$$D = \frac{\lambda}{\sqrt{4\pi^2 + \lambda^2}} . \tag{58}$$

Коэффициент демпфирования по формуле (58) вычисляют в предположении, что силы затухания пропорциональны скорости колебаний.

ПРИМЕРЫ ПРОСТЕЙШИХ РАСЧЕТОВ ОСАДКИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ НАСЫПИ

Анализ материалов инженерно-геологического обследования болот на различных этапах и, в частности, решение вопроса о целесообразности использования болотных грунтов в основании или проверка и уточнение ранее сделанных в этом отношении выводов иногда требует простейших инженерных расчетов уже на стадии изысканий. Необходимость в таких расчетах возникает также в тех случаях, когда заранее известно, что проектная нагрузка по тем или иным причинам будет превышать значения, положенные в основу разделения болотных грунтов на строительные типы (см.п.п. 3.1-3.5 настоящих "Методических указаний"), или значения прочностных параметров болотных грунтов лежат вблизи от граничных значений, положенных в основу указанного выше разделения болотных грунтов на типы. Другими словами потребность в таких расчетах на стадии изысканий возникает тогда когда нет уверенности в том, что в данном конкретном случае достаточно определить строительный тип болота и не нужна более детальная его оценка с определением типа основания по устойчивости.

Для этих целей можно использовать следующие простейшие (прикидочные) расчеты.

Определение конечной величины осадки

Принимая уровень грунтовых вод практически совпадающим с поверхностью болота и объемный вес грун-

та насыпи равным 2 т/м^3, осадку ориентировочно определяют по формуле

$$S = \frac{h_{расч}}{\frac{E_{ср}}{H_{расч}} - 0{,}001}, \qquad (59)$$

где $h_{расч}$ - расчетная толщина насыпи;

$E_{ср}$ - средневзвешенный штамповый модуль деформации слабой толщи, кгс/см2;

$H_{расч}$ - расчетная глубина болота (мощность слабой толщи).

Расчетную толщину насыпи $h_{расч}$ принимают равной рабочей отметке, но не менее 2,5 м.

Средневзвешенный модуль деформации вычисляют по формуле

$$E_{ср} = \frac{\Sigma H_i}{\Sigma \frac{H_i}{E_i}}, \qquad (60)$$

где H_i - мощность отдельного слоя;

E_i - модуль деформации этого слоя.

Расчетную глубину болота принимают в зависимости от отношения фактической глубины $H_{факт}$ к полуширине насыпи по средней линии $b_{ср}$

При $\frac{H_{факт}}{b_{ср}} < 1{,}5$ $\quad H_{расч} = H_{факт}$;

При $1{,}5 < \frac{H_{факт}}{b_{ср}} < 2{,}0$ $\quad H_{расч} = 0{,}9\, H_{факт} + 0{,}05\, b_{ср}$.

При $\frac{H_{факт}}{b_{ср}} < 1{,}5$ для расчета осадки можно использовать также формулу

$$S = 0{,}001\, e_{рср} \cdot H, \qquad (61)$$

где $e_{рср}$ - средний модуль осадки толщи

$$e_{рср} = \frac{\Sigma e_{pi} \cdot H_i}{\Sigma H_i}, \qquad (62)$$

H_i - мощность отдельного слоя, м;

e_{pi} – модуль осадки грунта в пределах этого слоя, мм/м, при нагрузке, равной расчетной нагрузке на поверхности основания (после завершения осадки).

Оценка устойчивости основания

Степень устойчивости основания при трапецеидальном очертании насыпи находят по коэффициенту безопасности, определяемому минимальным значением коэффициента стабильности

$$K_{без} = K_{стаб\,min} = \left(\frac{C_{усл}}{P_{расч} \cdot \beta_o} \right) min \,, \qquad (63)$$

где $C_{усл}$ – сопротивляемость сдвигу по крыльчатке на данном горизонте y;

β_o – параметр, устанавливаемый в зависимости от (относительной) глубины рассматриваемого горизонта y и параметров очертания поперечного сечения насыпи $\frac{2a}{B}$ по графику (рис.29).

$P_{расч}$ – расчетная нагрузка на основание.

Определение $K_{без}$ по формуле (63) проще всего выполнять графическим методом (рис.30). Для этого строят графики двух функций $C_{усл} = f_1(y_1)$ и $P_{расч} \cdot \beta_o = f_2(y)$ и график их отношения

$$K_{стаб} = \frac{f_1(y)}{f_2(y)} \,. \qquad (64)$$

Минимум $K_{стаб}$ определяет величину $K_{без}$.

В простейших случаях коэффициент безопасности можно оценить, пользуясь формулой

$$K_{без} = \frac{A_o \cdot C_{усл}}{P_{расч}} \,. \qquad (65)$$

Величина A_o зависит от мощности слабой т о л щ и (табл.17).

Устойчивость основания связана с интенсивностью отсыпки насыпи. Поэтому коэффициент безопасности определяют для двух крайних режимов отсыпки:

1) для быстрой (мгновенной) отсыпки насыпи на полную толщину (высота плюс осадка);

2) для медленной отсыпки, при которой нагрузка на основание остается практически постоянной и равной расчетной в результате того, что толщина наращивается лишь по мере осадки ее нижней части.

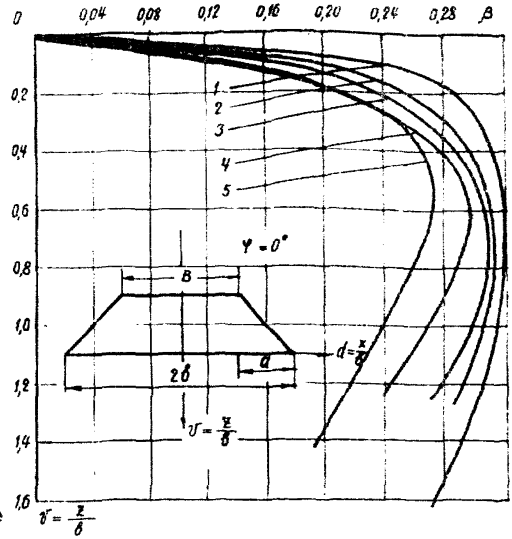


Рис. 29. Графики функции β при $\varphi = 0^{\circ}$: 1-$2b/\beta = 0{,}2$; 2-$2a/\beta = 0{,}8$; 3-$2a/\beta = 1{,}0$; 4-$2a/\beta = 3$; 5-$2a/\beta = 10$

В зависимости от расчетного режима отсыпки определяют по формуле (63) $K_{без}^{нач}$ или $K_{без}^{кон}$ -коэффициенты безопасности соответственно для режима быстрой и медленной отсыпки.

При определении $K_{без}^{нач}$ величину $P_{расч}$ устанавливают по выражению

$$P_{расч} = \gamma_н \cdot \left(h_{расч} + S\right), \qquad (66)$$

где $\gamma_н$ - объемный вес насыпи;

$h_{расч}$ - расчетная высота насыпи;

S - расчетная осадка.

При определении $K_{без}^{кон}$ величину $P_{расч}$ принимают:

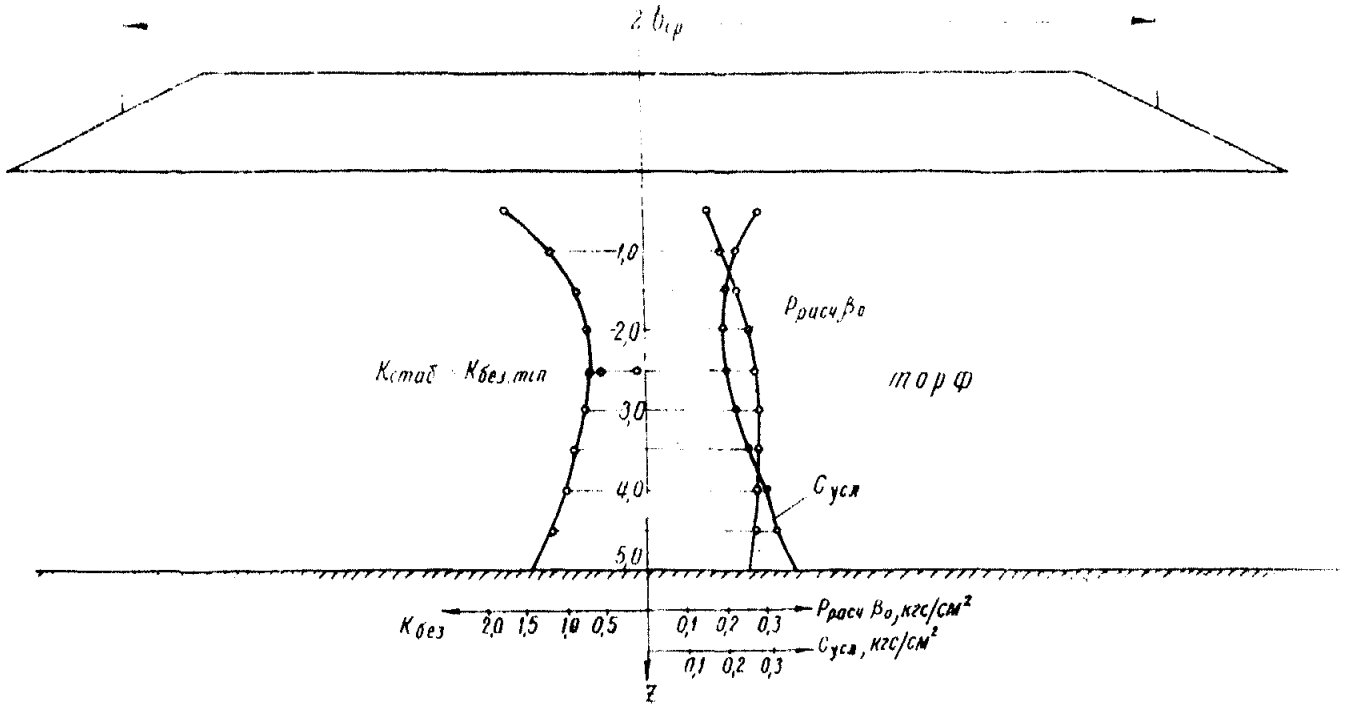


Рис. 30. Графический метод определения коэффициента безопасности

Таблица 17

Относительная мощность слабой толщи (в долях от полуширины насыпи по низу)	A_0
0,1	5,25
0,2	3,84
0,3	3,51
0,4	3 34
0,6 и более	3,23

$$p_{расч} = \gamma_н h_{расч} + (\gamma_н - 1) S. \quad (67)$$

По величине $K_{без}^{нач}$ и $K_{без}^{кон}$ предварительно устанавливают тип основания по устойчивости (табл.18).

Таблица 18

Типы слабых оснований

Тип основания	Определяющий признак	Характеристика устойчивости	Преобладающие деформации грунта наиболее опасного слоя	Возможность использования слабой толщи в качестве основания
1	$K_{без}^{нач} \geqslant 1$	Устойчивость обеспечена при любой скорости отсыпки насыпи	Сжатие	Можно использовать в качестве основания
II А	$K_{без}^{нач} < 1 \leqslant K_{без}^{кон}$	Устойчивость при быстрой отсыпке не обеспечена, но обеспечена при медленной отсыпке	При быстрой отсыпке сдвиг (выдавливание, выпор), при медленной – сжатие	Можно использовать в качестве основания при условии медленной отсыпки
II Б	$0,2 \leqslant K_{без}^{кон} < 1$	Для окончательного суждения о степени устойчивости необходимы лабораторные испытания	–	–
III	$K_{без}^{кон} < 0,2$	Устойчивость не может быть обеспечена ни при какой степени консолидации	Сдвиг (выдавливание, выпор)	В качестве основания использовать нельзя (необходимо удалить слабый слой)

ЛИТЕРАТУРА

1. Амарян Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов, "Недра" М., 1969

2. Евгеньев И.Е. Строительство автомобильных дорог через болота М., "Транспорт", 1968

3. Евгеньев И.Е., Яромко В.А. Обработка результатов инженерно-геологических изысканий при проектировании дорожных переходов через болота. Минск, 1973

4. Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах. М., Оргтрансстрой 1968

5. Материалы к первой Всесоюзной конференции по строительству на торфяных грунтах. Калинин, 1972, т.1,П

6. Труды Союздорнии, выпуски 24, 60, 64.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 2
Основные понятия 3
Болотные грунты 4
Типы оснований по устойчивости, строительные типы болот и болотных грунтов 14
Общие задачи инженерно-геологического обследования болот при изысканиях дорог. Состав работ. Отчетная документация 17
Порядок проведения инженерно-геологических обследований 21
Приложение 1. Определение основных показателей состава и состояния болотных грунтов 31
Приложение 2. Оборудование для отбора проб и монолитов болотных грунтов при инженерно-геологическом обследовании болот 44
Приложение 3. Исследование слабой толщи методом статического зондирования 50
Приложение 4. Испытание грунтов на сдвиг в условиях природного залегания 60
Приложение 5. Выделение расчетных слоев и определение расчетных значений физико-механических характеристик грунтов 69
Приложение 6. Отбор образцов, их упаковка, транспортировка и хранение. 93
Приложение 7. Экспериментальное определение динамических характеристик торфяного основания 96
Приложение 8. Примеры простейших расчетов осадки и устойчивости основания насыпи 102

Ответственный за выпуск

О.А.Ильина

Редактор Ж.П.Иноземцева

Корректор Т.М.Лебедева

Технический редактор А.В.Евстигнеева

Подписано к печати 6/УШ 1973г. Формат 60x84/16

Заказ 151-3 Тираж 500 7,0 печ.л. 4,9 усл.-изд.л.
Бесплатно + 1 вклейка

Ротапринт Союздорнии

УДК 625.111: 626.871 (083)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ БОЛОТ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, Союздорнии, М., 1973.

Включены описания всех видов работ, выполняемых на различных этапах обследований болот, в том числе полевых и лабораторных приборов, оборудования и методик испытаний, применяемых в процессе обследований. Значительно развиты и уточнены на основе последних данных таблицы физико-механических свойств болотных грунтов, введена их общая классификация по прочности в природном залегании.

Табл.-17, рис.- 30.

gost.e-ecolog.ru