ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению лабораторных, индивидуальных и самостоятельных работ по курсу «Грунтоведение»

для студентов, обучающихся по профилю 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» направления 130101 «Прикладная геология»

УДК 624.131(075.8)
ББК 26.3я73

Методические указания к выполнению лабораторных, индивидуальных и самостоятельных работ по курсу «Грунтоведение» для студентов, обучающихся по направлению 130101 «Прикладная геология» специализация 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» / сост. Крамаренко В.В.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 206 с.

УДК
624.131(075.8)
ББК 26.3я73

Методические материалы рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
«20» апреля 2015 г.

Рецензент
Доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
В.К. Попов

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2015
© Крамаренко В.В. составление, 2015

Методические указания к выполнению 1
ПРЕДИСЛОВИЕ.....5
ВВЕДЕНИЕ.....8
1. Методические указания к выполнению лабораторных, самостоятельных и индивидуальных работ.....9
1.1. Лабораторные работы 9
1.2. Самостоятельная работа 10
1.3. Индивидуальные задания 11
2. Визуальное определение и описание грунта 13
3. Определение гранулометрического (зернового) состава по ГОСТ 12536. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.....35
3.1. Определение гранулометрического (зернового) состава грунтов ситовым методом.....36
3.2. Определение гранулометрического (зернового) состава грунтов ареометрическим методом.....39
4. Определение степени разложения микроскопическим методом по ГОСТ 10650 Торф. Методы определения степени разложения. Технические условия.....43
4.1. Определение степени разложения микроскопическим методом.....43
4.2. Определение степени разложения методом сокращенного ситового анализа 44
5. Определение ботанического состава остатков растений-торфообразователей и степени разложения торфа по его ботаническому составу по ГОСТ 28245. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения 46
5.1. Определение ботанического состава остатков растений-торфообразователей 46
5.2. Определение степени разложения торфа по его ботаническому составу 49
6. Определение зольности торфа по ГОСТ 11306. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности.....50
6.1. Метод определения зольности торфа и торфяной продукции топливного назначения. 50
6.2. Метод определения зольности торфяной продукции сельскохозяйственного и природоохранного назначения. 50
7. Определение массовой доли органического вещества в торфяных и оторфованных горизонтах почв гравиметрическим методом определения по ГОСТ 26213. Почвы. Методы определения органического вещества и ГОСТ 27784 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв .51
8. Определение растительных остатков по ГОСТ 23740. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ 53
9. Определение влажности грунта по ГОСТ 5180. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик 55
9.1. Определение влажности методом высушиванием до постоянной массы 56
9.2. Определение гигроскопической влажности высушиванием до постоянной массы 56
9.3. Определение суммарной влажности мерзлого грунта 57
9.4. Определение влажности на границе раскатывания методом раскатывания в жгут 58
9.5. Определение границы раскатывания (пластичности) методом прессования.....59
9.6. Определение влажности на границе текучести методом пенетрации конуса 61
10. Определение влаги торфа по ГОСТ 11305. Торф и продукты его переработки. Методы определения влаги и ГОСТ 19723-74. Торф. Метод определения содержания влаги в залежи 62
10.1. Определение массовой доли влаги в лабораторных пробах [2] 62
10.2. Определение массовой доли влаги в аналитических пробах [2] 62
10.3. Определения массовой доли влаги ускоренным методом [2].....63
10.4. Определение содержания влаги в залежи [6].....64
11. Определение плотности грунтов по ГОСТ 5180. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик 65
11.1. Определение плотности грунта.....66
11.2. Определение плотности сухого грунта.....67
11.3. Определение плотности грунта методом взвешивания в воде 68
11.4 Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости.....69
11.5 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом.....70
11.6 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом с нейтральной жидкостью.....72
11.7 Определение плотности частиц засоленных грунтов в воде 73
12. Определение плотности песчаного грунта в рыхлом и плотном состояниях по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов 74
13. Определение насыпной плотности по ГОСТ 9758. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний 75

14. Определение максимальной плотности и оптимальной влажности грунта по ГОСТ 22733. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности 76
15. Определение плотности горной породы по ГОСТ 30629. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний 84
15.1. Определение плотности и пористости горной породы 84
15.2. Определенияе истинной плотности пикнометрическим методом 85
15.3. Определения истинной плотности ускоренным методом 86
16. Определение плотности горных пород денситометром 87
17. Определение характеристик размокаемости грунтов 88
18. Определение коэффициента фильтрации грунтов по ГОСТ 25584. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации 90
18.1 Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов 91
18.2 Определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов 96
19. Определение высоты капиллярного поднятия [25] 101
20. Определению характеристик свободного набухания грунтов по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 102
21. Определение показателей усадки грунта по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. 105
22. Определение угла естественного откоса песчаных грунтов 107
22.1. Определение угла естественного откоса на приборе УВТ-3 по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства.производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов 107
22.2. Определение угла естественного откоса на малом приборе УВТ 107
22.3. Определение угла естественного откоса на приборе УВТ-3М 108
23. Определение коэффициента выветрелости по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов 110
24. Определение истираемости в полочном барабане по ГОСТ 8269. 0–97* Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний 112
25. Определение удельного электрического сопротивления грунта и средней плотности катодного тока по ГОСТ 9.602. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии 114
26. Определение биокоррозионной агрессивности грунта по ГОСТ 9.602. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии 124
27. Определение липкости грунтов в приборе Охотина 125
28. Определения показателей деформационных свойств по испытаниям в условиях компрессионного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 127
29. Определение показателей деформационных свойств по ГОСТ Р 54477. Грунты Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве 137
30. Определение показателей деформационных свойств методом релаксации напряжений (МРН) согласно СТО 60284311-003-2012. Грунты. Метод компрессионных испытаний грунтов в режиме релаксации напряжений 142
31. Определение показателей набухания в компрессионном приборе по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 147
32. Определение показателей суффозионного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 149
33. Определение показателей просадочности грунта по ГОСТ 23161. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности 155
34. Определение показателей прочностных свойств методом испытания на срез по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 163
35. Определение показателей прочностных свойств по ГОСТ Р 54476. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве. 172
36. Определение предела прочности на одноосное сжатие по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 177
37. Определение показателей механических свойств методом трехосного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости 180
38. Определение предела прочности при одноосном растяжении по ГОСТ 21153.3. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении 193
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 195
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 196
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 199

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания освещают в основном лабораторные методы изучения состава, физических, физико-механичских свойвств грунтов и горных пород и составлены на основе действующих нормативных документов, ГОСТ, а также руководств, методических указаний и др.

Темы лабораторных работ охватывают объем соответствующий образователной программе дисциплины «Грунтоведение» с учетом требований СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания (таблица) для строительства и возможностей лабораторной базы под которую и составлены данные указания.

Таблица. Виды основных лабораторных определений физико-механических свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях

Виды работ по СП 47.13330.2012					
Лабораторное определение или испытание	**Грунты**				Метод определения
	Скальные	**Крупнообломочные**	**Песчаные**	**Глинистые**	
Лабораторные испытания. Общие положения	+	+	+	+	По ГОСТ 30416
Гранулометрический состав	–	+	+	С	По ГОСТ 12536
Природная влажность	С	С	+	+	По ГОСТ 5180
Плотность	+	+	+	+	По ГОСТ 5180
Плотность частиц грунта	–	+	+	+	По ГОСТ 5180
Границы текучести и раскатывания	–	С (заполнителя)	–	+	По ГОСТ 5180
Компрессионное сжатие	–	С	С	+	По ГОСТ 12248
Сопротивление срезу (прочность)	–	С	С	+	По ГОСТ 12248
Трехосное сжатие	–	С	С	+	По ГОСТ 12248
Коррозионная активность	–	–	С	С	–
Примечание: 1) "+" – определения выполняют, "–" – не выполняют, "С" – выполняют по дополнительному заданию, 2) определения специфических грунтов выполняют в соответствии с национальными и межгосударственными стандартами.					

Виды работ по ГОСТ 30416-2012			
Характеристика грунта		**Метод определения**	**Область применения метода**
Влажность	Влажность, в т.ч. гигроскопическая	Высушивание до постоянной массы	Все грунты
	Суммарная влажность	Средней пробой	Мерзлые грунты со слоистой и сетчатой криогенной текстурой
	Влажность границы текучести	Пенетрация конусом	Глинистые грунты
	Влажность границы раскатывания	Раскатывание в жгут	Глинистые грунты
		Прессование	Глинистые грунты
	Оптимальная влажность	Метод лабораторного определения максимальной плотности	Все грунты, кроме органо-минеральных, органических и содержащих частицы крупнее 20 мм
Плотность	Плотность грунта	Режущим кольцом	Грунты, легко поддающиеся вырезке или не сохраняющие свою форму без кольца, сыпучемерзлы и с массивной криогенной текстурой
		Взвешивание в воде парафинированных образцов	Глинистые немерзлые грунты, склонные к крошению или трудно поддающиеся вырезке
		Взвешивание в нейтральной жидкости	Мерзлые грунты
	Плотность сухого грунта	Расчетный	Все грунты
	Плотность частиц грунта	Пикнометрический с водой	Все грунты, кроме засоленных и набухающих
		Пикнометрический с нейтральной жидкостью	Засоленные и набухающие грунты
		Двумя пикнометрами	Засоленные грунты
	Максимальная плотность грунта	Метод лабораторного определения максимальной плотности	Все грунты кроме органо-минеральных, органических и содержащих частицы крупнее 20 мм

Продолжение таблицы

Характеристика грунта		Метод определения	Область применения метода
Состав	Гранулометрический (зерновой) состав	Ситовой без промывки водой	Пески с крупностью зерен от 10 до 0,5 мм
		Ситовой с промывкой водой	Пески с крупностью зерен от 10 до 0,1 мм
		Ареометрический	Глинистые грунты
	Гранулометрический и микроагрегатный состав	Пипеточный	Глинистые грунты
	Содержание растительных остатков	Выделение сухим или мокрым способом	Пески и глинистые грунты
	Содержание гумуса	Оксидометрический после удаления хлоридов	Пески и глинистые грунты, содержащие менее 10% гумуса
		Сухое сжигание после удаления карбонатов	Пески и глинистые грунты, содержащие более 10% гумуса
Водо-прони-цаемость	Коэффициент фильтрации	При постоянном градиенте напора	Пески и глинистые грунты
Деформи-руемость немерзлых грунтов	Модуль деформации; коэффициент поперечной деформации	Дренированное испытание при трехосном сжатии	Все дисперсные грунты
	Коэффициент сжимаемости; модуль деформации	Компрессионное сжатие	Все дисперсные грунты
	Коэффициент фильтрационной и вторичной консолидации		Глинистые, органо-минеральные и органические грунты
	Структурная прочность		Глинистые и органо-минеральные грунты
	Относительная просадочность при заданном давлении	Компрессионное сжатие по схеме "одной кривой"	Глинистые грунты и пески пылеватые (просадочные разности)
	Относительная просадочность при различных давлениях и начальное просадочное давление	Компрессионное сжатие по схеме "двух кривых"	
	Относительное набухание при различных давлениях и давление набухания	Компрессионное сжатие	Глинистые набухающие грунты
	Относительная усадка (по высоте, диаметру, объему)	При свободной трехосной деформации	
	Относительное суффозионное сжатие при заданном давлении	Компрессионное сжатие по схеме "одной кривой"	Засоленные (содержащие легко- и среднерастворимые соли) пески (кроме гравелистых), супеси и суглинки
	Относительное суффозионное сжатие при различных давлениях и начальное давление суффозионного сжатия	Компрессионное сжатие по схеме "трех кривых"	
Прочность немерзлых грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие	Одноосное сжатие	Полускальные грунты и глинистые водонасыщенные грунты, сохраняющие форму без кольца
	Сопротивление недренированному сдвигу	Неконсолидированно-недренированное испытание при трехосном сжатии	Глинистые, органо-минеральные и органические водонасыщенные грунты в нестабилизированном состоянии
	Угол внутреннего трения; удельное сцепление	Консолидированно-недренированное испытание при трехосном сжатии	Все дисперсные грунты
		Консолидированно-дренированное испытание при трехосном сжатии	
	Сопротивление срезу; угол внутреннего трения; удельное сцепление	Одноплоскостной консолидированно-дренированный срез	Пески (кроме гравелистых и крупных); глинистые и органо-минеральные грунты
		Одноплоскостной неконсолидированный быстрый срез	Глинистые и органо-минеральные водонасыщенные грунты с I_L>0.5

Продолжение таблицы

Характеристика грунта		Метод определения	Область применения метода
Прочность и деформи-руемость мерзлых грунтов	Коэффициент сжимаемости	Компрессионное сжатие	Глинистые пластично-мерзлые грунты
	Коэффициент оттаивания; коэффициент сжимаемости при оттаивании	Компрессионное сжатие	Пески (кроме гравелистых), глинистые и заторфованные грунты
	Предел прочности на одноосное сжатие; модуль линейной деформации; коэффициент поперечного расширения; коэффициент нелинейной деформации; коэффициент вязкости для сильнольдисты грунтов	Одноосное сжатие	Пески (кроме гравелистых и заторфованных), глинистые грунты (кроме заторфованных)
	Предельно длительное значение эквивалентного сцепления	Испытание шариковым штампом	Пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты с содержанием органического вещества не более 10%
	Сопротивление срезу по поверхности смерзания	Одноплоскостной срез	Пески (кроме гравелистых), глинистые грунты с содержанием органического вещества не более 10%
Прочность оттаива-	Угол внутреннего трения; удельное сцепление	Одноплоскостной срез по поверхности мерзлого грунта	Пески мелкие и пылеватые, глинистые и органо-минеральные грунты

Методические указания помогут студентам получить навыки определения и описания грунтов, умения организовывать, проводить и обрабатывать лабораторные испытания, правильно осуществлять выбор видов, методов и объемов работ для решения конкретных задач при составлении программ изысканий, технических заданий, а также при написании отчетов.

ВВЕДЕНИЕ

Грунтоведение – наука о грунтах, научное направление инженерной геологии, исследующее состав, состояние, строение и свойства грунтов и сложенных ими грунтовых массивов, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе развития земной коры под влиянием совокупности всех природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человечества [1].

Объектом изучения грунтоведения являются любые горные породы, почвы, осадки, искусственные геологические образования, рассматриваемые как грунты, и слагаемые ими грунтовые массивы верхней части разреза земной коры.

Предметом исследования грунтоведения являются знания о грунтах, их составе, состоянии, строении и свойствах, закономерностях их формирования и пространственно-временного изменения.

Грунтом, согласно ГОСТ 25100 [12], называются любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Грунты используют в качестве: материала для возведения насыпей, основания зданий и сооружений, а также как строительный материал. *В первом случае* наибольший интерес представляют физические свойства грунтов; гранулометрический состав, пластичность, естественная влажность, плотность, фильтрация, а также ряд показателей получаемых при искусственном уплотнении и размокаемости грунтов, получаемых в лабораторных условиях. *Во втором случае* кроме показателей физических свойств грунтов, при определении их несущей способности, большую роль играют механические свойства, в основном сопротивление сдвигу и сжимаемость. Показатели механических свойств могут быть получены как в лабораторных условиях (при испытании монолитов грунта с ненарушенной структурой), так и в полевых условиях, при испытаниях грунтов в массиве, с применением штампов, прессиометров, дилатометров, установок статического и динамического зондирования, крыльчаток, и др. *В третьем случае* основными факторами, влияющими на устойчивость строительного материала, являются динамические воздействия транспорта, длительное влияние ряда климатических факторов, а также технологические свойства материала, влияющие на прочность получаемых изделий. Основными критериями при оценке *песчаных грунтов* как строительного материала являются: гранулометрический состав, содержание пылевато-глинистых фракций и скорость фильтрации. Для крупнообломочных грунтов, помимо вышеперечисленных показателей, производят оценку механической прочности фракций крупнее 5 мм (износ в полочном барабане, дробимость и морозостойкость). Пригодность скальных пород определяют по сопротивлению одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии.

Получаемые в ходе лабораторных, а также полевых исследований результаты определения показателей состава и свойтсв грунтов являются исходными данными для расчетов оснований, для проектирования сооружений инженерной защиты, земляных работ и принятия окончательных проектных решений при подготовке, экспертизе, согласовании и утверждении проектной документации.

1. Методические указания к выполнению лабораторных, самостоятельных и индивидуальных работ

1.1. Лабораторные работы

Лабораторные работы составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических знаний по дисциплине «Грунтоведение» и формирование и профессиональных навыков.

Выполнение лабораторных работ осуществляется в лаборатории «Грунтоведение и механика грунтов» кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ студентом или бригадой под контролем преподавателя.

Перечень лабораторных работ, условия допуска студентов к лабораторным испытаниям, требования к структуре отчета, порядок защиты лабораторных работ доводится до сведения студентов в начале семестра. Преподаватель может изменять порядок и темы некоторых лабораторных работ, давать индивидуальные задания студентам, а также выносить на самостоятельную подготовку лабораторные испытания не вошедшие в объемы аудиторных занятий.

Отчёты по лабораторным работам выполняются на листах формата А4, текст набирается шрифтом Times New Roman кеглем 12, строчным, без выделения, с выравниванием по ширине; абзацный отступ должен быть одинаковым и равен по всему тексту 1,0 см; строки разделяются одинарным интервалом; поля страницы: верхнее и нижнее не менее 20 мм, левое не менее 30 мм, правое не менее 10 мм; полужирный шрифт не применяется. Разделы и подразделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений; нумеровать их следует арабскими цифрами; номер подраздела включает номер раздела и порядковый номер подраздела, разделенные точкой; после номера раздела и подраздела в тексте точку не ставят; разделы и подразделы должны иметь заголовки; заголовки разделов и подразделов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая; если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой; переносы слов в заголовках не допускаются. Страницы работ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работ; номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки, титульный лист входит в общую нумерацию страниц; номер страницы на титульном листе не проставляют.

Содержание отчета по лабораторной работе

1. Цель работы
2. Краткие теоретические сведения об определяемых показателях состава / физических свойств / физико-механических свойств грунтов (перечислить и дать определение));
3. Задачи:
   - изучить методику проведения работ по определению показателей (указать получаемые характеристики);
   - подобрать приборы, оборудование, реактивы;
   - изучить техническую документацию оборудования (указать какого конкретно);
   - изучить требования промбезопасности при работе с оборудованием;
   - получить навыки работ по определению показателей (перечислить);

– познакомится с требованиями нормативных документов к точности получаемых результатов;

4. Методика испытаний (указать ГОСТ № … / Рекомендации … / Методические указания … / Руководство … и др.);
5. Приборы и оборудование (перечислить);
6. Ход работы (кратко: подготовка к испытаниям, проведение испытаний, обработка результатов);
7. Журнал результатов определения показателей;
8. Графики (если требует методика);
9. Анализ полученных результатов и их соответствие требованиям нормативных документов;
10. Вывод (кратко изложить результаты работы, отметить (если есть) несоответствие полученных результатов требованиям нормативов, выяснить причины недоработок).
11. Область применения полученых результатов.

Студент допускается к выполнению лабораторных работ после инструктажа по технике безопасности, что подтверждается его росписью в Журнале по технике безопасности.

Студент допускается к выполнению лабораторных работ при наличии заранее подготовленного шаблона отчета (п.1-7, 11 вышеприведенного содержания работы, включая заготовку журнала) и после опроса, путём определения степени готовности студента к выполнению лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ студентами, не получившими «допуск» и пропустивших лабораторные работы без уважительной причины проводится, в сроки, установленные преподавателем.

Студентами самостоятельно проводятся расчеты и обработка результатов, их анализ, на основании которых составляются заключительные выводы.

Отчет должен быть сдан на проверку перед началом следующей работы. При необоснованной задержке сдачи отчета баллы за лабораторную работу снижаются.

1.2. Самостоятельная работа

Под самостоятельной работой студентов (СРС) понимают совокупность всей самостоятельной деятельности, включая аудиторную работу на лекциях и лабораторных занятиях, при выполнении контрольных работ и др. В Федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования на внеаудиторную работу отводится более половины времени отведенной на изучение дисциплины «Грунтоведение». Содержание аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов определяется в соответствии с рекомендуемыми видами учебных заданий, представленными в рабочей программе учебной дисциплины.

Цель самостоятельной работы заключается в том, чтобы студенты стремились к поиску и получению новой информации, необходимой для решения инженерных задач, интеграции знаний применительно к области инженерных изысканий, к осознанию ответственности за принятие своих профессиональных решений; были способны к самообучению и постоянному профессиональному самосовершенствованию.

Основными формами занятий по изучению дисциплины является

самостоятельная и аудиторная работа студента над учебной, справочной и нормативной литературой. Последовательность изучения тем, вынесенных на самостоятельную проработку, рекомендуется согласовывать с рабочей программой. Студент может дополнить список использованной литературы источниками, не представленными в списке рекомендованн**ых** и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельное изучение дисциплины следует начинать с проработки методических рекомендаций, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Студентам рекомендуется получить в библиотеке учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

– изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и интерактивных технологий;

– самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной нормативной, учебной и научной литературы;

– закрепление теоретического материала при проведении лабораторных работ, выполнение проблемно-ориентированных индивидуальных заданий.

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний, а также на развитие практических умений. Это работа с литературными и нормативными источниками, которая проверяется во время тестирования и контрольных работ. Текущая СРС включает следующие виды работ:

– работа студентов с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме;

– подготовка к выполнению проверочных и контрольных работ;

– изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;

– изучение теоретического материала к лабораторным занятиям;

– подготовке к зачету и экзамену.

В ходе лекционных занятий при конспектировании учебного материала, студенту необходимо обращать внимание на формулировки, раскрывающие содержание показателей, явлений и процессов.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. ***В качестве обязательных требований*** к **СРС** по курсу «Грунтоведение» предусматривается знание студентами классификаций ГОСТ 25100 (1 и 2 ПРИЛОЖЕНИЯ) и методов проведения лабораторных работ приведенных в данных методических указаниях.

1.3. Индивидуальные задания

Индвивидуальные задания – одна из форм самостоятельной работы студентов, способствующая углублению знаний и получению навыков самостоятельной работы, умения собирать, обобщать, анализировать, систематизировать, классифицировать, логически обрабатывать; сравнивать, сопоставлять материал.

В качестве индивидуальных заданий предлагаются следующие виды работ:

1. Поготовка словаря.
2. Подготовка и проведение лабораторного занятия.

3. Разработка рекламного буклета, брошюры, учебного посабия.
4. Выступление-презентация.
5. Подготовка реферата.
6. Подготовка научной статьи.

Темы индивидуальных работ предлагаются преподавателем (или согласовываются с ним). Основой предлагаемых индивидуальных заданий наиболее заинтересованных и работоспособных студентов будет творческий проект или учебно-исследовательская работа (УИРС). На начальных стадиях представляющие собой обзор и систематизацию материалов по заданной тематике в виде рефератов, затем самостоятельное планирование исследовательской работы, опробование и проведение лабораторных испытаний с последующей обработкой и анализом полученых результатов.

2. Визуальное определение и описание грунта

Полевая и лабораторная документация служит основанием для составления исходных геологических документов, а также для последующих обобщений и выводов, необходимых для проектирования сооружений. Поскольку качество окончательных инженерно-геологических материалов зависит от качества первичных документов, документации должно быть уделено самое серьезное внимание. Первичная документация может быть признана полноценной только в том случае, если она осуществлена достаточно подробно и по определенно принятой системе. Записи в журнале следует выполнять простым карандашом средней твердости. Стирать и подчищать записи воспрещается. Неправильная запись зачеркивается (так, чтобы можно было прочесть зачеркнутое) [33].

Существенное значение при документировании имеет правильное определение и описание грунта. Важнейщим чувством для инженер-геолога является осязание – ощущение грунта, его фактуры – гладкости или шероховатости, соотношения частиц, его состояния – пластичность, липкость, влажность, твердость и т.д.. Правильное умение определить цветовую гамму, точно назвать оттенки, определить яркость цвета помогут выявить изменчивость или однородность состава. К сожалению, у нас грунты не подразделяются по цвету, хотя его переходы говорят о смене обстановки формирования грунта и его свойств.

Возраст и генезис имеют большое значение для правильной оценки несущей способности и строительных свойств грунтов. При затруднениях в правильной возрастной характеристике можно ограничиться грубым подразделением (четвертичные, коренные, аллювиальные), оставив более дробное расчленение на стадию окончательной камеральной обработки.

Ниже приводится фрагмент из «Указаний по полевой документации инженерно-геологических и поисково-разведочных работ при изысканиях автомобильных дорог» [33], позволяющий определить и описать наиболее распространенные грунты.

ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ [33]**.** Основной особенностью, объединяющей глинистые грунты, является их пластичность, а также способность к потере устойчивости и возникновению различного рода деформаций, в зависимости от изменения влажности грунта и действующих на него нагрузок.

Глинистые грунты подразделяют на три основных разновидности: глины, суглинки и супеси. Наименования разновидностей глинистых грунтов определяются содержанием фракций и числом пластичности.

Состояние их в зависимости от влажности определяется понятием «консистенция». Консистенция выражается отвлеченными цифровыми показателями в долях единицы.

Определение консистенции производится тремя различными способами: визуальным; расчетным и с применением специального портативного прибора – микропенетрометра.

Визуальный способ дает возможность непосредственного определения консистенции без числовых значений. В зависимости от числового значения В для глин и суглинков, устанавливается следующая консистенция: твердая, полутвердая, тугопластичная, мягкопластичная, текучепластичная и текучая. Для супесей – твердая, пластичная и текучая. При определении консистенции прибором – микропенетрометром числовое значение коэффициента консистенции получают путем несложных расчетов, с использованием показаний этого прибора.

Пластичность глинистых грунтов в полевых условиях определяется по способности их во влажном состоянии раскрываться на шнуры, различной длины и диаметров. При этом сухие грунты обязательно смачивают водой. Выделение основных типов грунтов производят при наличии следующих признаков:

Глина – при растирании в ладонях рук окатывается в шнур диаметром до 0,5 мм, песчинок не ощущается, остатки глинистой массы втираются в кожу. Прилипший к ладоням грунт, после высыхания, при встряхивании не осыпается.

Суглинок – при растирании на ладонях скатывается в шнур диаметром не менее 1–2 мм; ощущается присутствие песчинок, которые при рассматривании в лупу не всегда заметны. Прилипший к ладоням грунт после высыхания, при встряхивании частично осыпается.

Супесь – при растирании на ладонях рук образует короткие, толстые катыши или рассыпается, ощущается большое количество песчинок, которые явно различимы в лупу. Прилипший к ладоням грунт посла высыхания, почти полностью осыпается.

Консистенция определяется по деформациям, происходящим в грунте при ударах молотком, сжатии ладонями рук, вдавливании пальцев и ногтей, а также скорости растекания грунта в водонасыщенном состоянии по наклонной плоскости.

При этом для определения консистенции глин и суглинков руководствуются следующими признаками:

Твердая консистенция – порода по ощущениям сухая, при ударе молотком разбивается на куски, которые при сжатии рассыпаются, при растирании грунт выделяет пыль. Ноготь большого пальца вдавливается в породу с трудом.

Полутвердая консистенция – порода по ощущению слабо влажная, при ударах молотком и растирании кусков рассыпается. Ноготь большого пальца вдавливается в породу без особого труда.

Тугопластичная – порода влажная, большие кускиразминаются с трудом, вырезанный из нее брусочек до излома заметно изгибается, палец при легком усилии оставляет заметный отпечаток, но вдавливается лишь при сильном нажатии.

Мягкопластичная – порода сильно влажная, куски разминаются легко; при лепке принимает любые формы, но сохраняет их непродолжительное время; палец вдавливается легко на глубину нескольких сантиметров.

Текучепластичная – порода мокрая, разминается от легкого прикосновения пальцев, при лепке не держит приданную ей форму, сильно прилипает к рукам, не раскатывается в шнур без подсыпки.

Текучая – порода водонасыщенная, способна течь по наклонной поверхности толстым слоем (языком).

Для супесей существует три формы консистенции, при которых грунт рассыпается, не образуя катышей (***твердая***), сминается, образует катыши (***пластичная***) и растекается по наклонной плоскости (***текучая***).

Так как консистенция грунтов зависит от их влажности, то эти две характеристики должны быть увязаны при описании грунтов. Нельзя давать противоречивые характеристики, например, «маловлажный» и «мягкопластичный».

Под включениями понимаются встречающиеся в грунте инородные тела, генетически не связанные с процессом его формирования. К включениям относятся обломки скальных пород, растительные и животные остатки, продукты деятельности человека (в культурном слое).

При описании включений обломков скальных грунтов (щебня, гравия и

валунов) нужно указать их петрографический состав, размеры обломков (от и до), процентное содержание.

Ископаемые остатки животных и растений позволяют судить о возрасте пород, поэтому при установлении их наличия, в буровом журнале записывают глубину, на которой они обнаружены, а само ископаемое осторожно упаковывают и кладут в ячейку ящика или хранят отдельно.

Наличие растительных остатков также отмечают при описании грунтов, при этом указывают их содержание (большое количество или незначительное).

Новообразованиями называются скопления и выделения различных веществ в порах и полостях грунта, образовавшиеся в результате физико-химических процессов.

Наличие тех или иных новообразований в грунте позволяет вскрывать идущие в нем процессы, а также судить о физико-механических свойствах и степени устойчивости грунта.

По химическому составу наиболее широко распространены следующие виды новообразований:

1. Новообразования из углекислой извести (CaCO3) имеют белый и грязно-белый цвет; часто встречаются в лессовых грунтах и черноземах в виде:

а) налетов,

б) кристаллов,

в) сети переплетающихся жилок, носящих название «лжегрибницы»,

г) «белоглазки», представляющие собой бесформенные пятна размерами 1–3 кв. см,

д) «журавчиков» или «дутиков», представляющих собой конкреции или стяжения углекислой извести различной прочности, формы и величины («дутики», в отличие от «журавчиков», пустотелые).

Наличие карбонатных солей в грунтах распознается по вскипанию от соляной кислоты (HCl), при этом пользуются 10 % раствором последней.

После опробования образца грунта соляной кислотой, в буровом журнале отмечают степень вскипания (слабо вскипает, бурно вскипает). Если грунт не вскипает, то в журнале отмечают: не вскипает.

2. Скопления легкорастворимых хлоридов и сульфатов натрия, кальция и магния (NaCl, CaCl, $MgCl_2$,Na_2SO_4· $10H_2O$ и др.) в виде белых налетов, крапинок; прожилок.

3. Новообразования из гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) в виде белых налетов, пятен, прожилок, кристаллов. Гипс, в противоположность извести, не вскипает от соляной кислоты. При проведении ногтем на поверхности кристалла гипса остается глубокая черта. Эти новообразования так же как и легкорастворимые соли характерны для засоленных почв.

4. Новообразования из водной окиси железа ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) бурого, ржавого и красного цвета встречаются в виде налетов, пленок, языков, прожилок, зерен, бобовин и прочих стяжений, а также прослоек.

Иногда конкреции водной окиси железа накапливаются в большом количестве, образуя прослойки болотной руды.

5. Соединения закиси железа (FeO) наблюдаются в виде сизых пленок, зеленовато-серых или синевато-серых пятен и разводов, буреющих на воздухе. Наличие новообразований как из водной окиси железа, так и из закиси железа свидетельствуют о близости грунтовой воды и о циркуляции ее в тех слоях, где

наблюдаются указанные новообразования. Верхняя граница этих слоев должна в первом случае отмечаться, как горизонт ожелезнения, во второй – как горизонт оглеения.

6. Выделения и скопления органических веществ имеют обычно вид темно-бурых или черных пятен, примазок, корочек, карманов и языков, заполняющих промежутки между структурными агрегатами или покрывающие их грани в виде темных, глянцевых налетов.

Цвет мелкоземистых пород зависит, в основном, от присутствия в них трех групп химических веществ:

а) перегнойных веществ, придающих грунту черные и серые цвета;

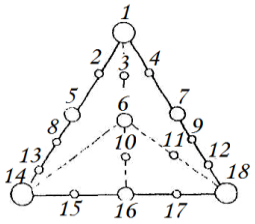
б) соединения водной окиси железа ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$), придающих грунту красную, желтую и оранжевую окраску;

в) кремнекислоты (SiO_2), углекислой извести ($CaCO_3$), каолина ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H2O$) и гидратов алюминия, имеющих белый цвет.

Различное сочетание этих трех групп химических веществ обуславливает большое разнообразие цветов и оттенков грунта.

Основными цветами являются: красный, черный и белый; промежуточными: а) оранжевый, желтый, светло-желтый; б) коричневый, светло-каштановый, каштановый, темно-каштановый; в) белесый, светло-серый, серый, темно-серый; г) светло-бурый, бурый, темно-бурый; красно-бурый, палевый.

Для определения цвета образца грунта рекомендуется пользоваться треугольником цветов, приведенным на рис. 2.1.



Обозначения цвета грунта: 1 – серый; 2 – темно-каштановый; 3 – темно-бурый; 4 – темно-серый; 5 –каштановый; 6 – бурый; 7 – серый; 8 – светло-каштановый; 9 – светло-серый; 10 – светло-бурый; 11 – палевый; 12 – белесоватый; 13 – коричневый; 14 – красный; 15– оранжевый; 16 – желтый; 17 – светло–желтый; 18 - белый

Рис. 2.1. Треугольник цветов

В углах равностороннего треугольника помещены основные цвета (красный, черный, белый).

По сторонам треугольника нанесены цвета, получаемые от сочетания двух основных цветов. Внутри треугольника обозначены более сложные окраски, получаемые от смешения трех основных цветов.

При описании грунтов нужно тщательно следить за изменением окраски, так как оно свидетельствует о нарушении однородности грунтов, при этом следует иметь в виду, что цвет грунта зависит от степени влажности – при большей влажности он кажется более темным, при меньшей влажности более светлым. Поэтому цвет породы должен определяться одновременно с определением степени влажности.

Структурные особенности характеризуются сложением грунта, наличием слоистости, формой отдельности в естественном и разрыхленном состоянии, при описании фиксируют следы деятельности организмов, растений и циркулирующих водных растворов (новообразования).

По характеру сложения обычно выделяют 4 типа: очень плотное, плотное, средней плотности, рыхлое.

Для определения характера и размеров пор прибегают к терминам:

микропористый с диаметром пор менее 1 мм и макропористый с порами более 1 мм. При макропористом строении указывают приблизительные размеры пор в мм и прибегают к термину «лессовидный грунт» и «лёсс».

Слоистость глинистых грунтов не отличается разнообразием форм, поэтому обычно фиксируют наличие ее или отсутствие (слоистый, неслоистый). В сомнительных случаях прибегают к термину неяснослоистый.

Формы структурных отдельностей глинистых грунтов также немногочисленны. Характерными в естественном залегании является глыбовая, комковатая, ореховатая, зернистая, столбчатая призматическая, плитчатая, пластинчатая и чешуйчатая формы.

Является обязательным фиксирование количества, формы и размеров ходов землероев, а также твердых, мягких и порошкообразных новообразований.

Минералогический состав глинистых грунтов, в первую очередь устанавливают по степени карбонатности породы, путем воздействия на нее 10 % раствора соляной кислоты. При вскипании, в зависимости от интенсивности последнего, добавляют термин слабо карбонатная, карбонатная или сильно карбонатная.

В зависимости от присутствия солей, цементирующего вещества или каких-либо минералов (слюда, каолин) при описании применяют термины: засоленный, загипсованный, окремнелый, слюдистый, каолинизированный. При этом отмечают степень засоления или цементации и количество минеральных примесей. Например, слабозасоленный, засоленный, сильнозасоленный или слабослюдистый, слюдистый, сильнослюдистый. Определение минерального состава глин производят и по косвенным признакам, цвету, степени набухания и характеру суспензии.

Светлые тона окраски, сильное разбухание образцов, а также студенистая суспензия свидетельствуют о наличии большого количества монтмориллонита и склонности грунтов к сложным деформациям.

Основные признаки для визуального определения различных номенклатурных разновидностей глинистых грунтов в полевых условиях приведены в табл. 2.1.

Описание глинистых грунтов производят сжато, с указанием основных особенностей породы и соблюдением следующей системы изложения:

а) наименование породы,

б) консистенция,

в) цвет,

г) сложение,

д) структурные особенности, слоистость,

е) включения крупнообломочного материала,

ж) новообразования.

Например:

1. 0,00–0,60 м – супесь пылеватая, щебенистая, твердая, светло-бурая, сильно карбонатная, слюдистая, с гнездами гумуса (0,5-3 см), плотная, мелкокомковатая, слабо засоленная. В южной и западной стенках наблюдаются ходы землероев эллипсовидной формы.

2. 0,60–1,30 м – суглинок лессовидный, легкий пылеватый, полутвердый, желтовато-серый, карбонатный с мелкими кристаллами гипса, макропористый (преобладают поры 3–4 мм), имеет столбчатую отдельность с включением мелкогощебня до 15 %. Наблюдаются мелкие журавчики извести и редкие пятна ожелезнения.

3. 1,80–2,20 – глина пылеватая до глуб.1,6 тугопластичная, ниже мягкопластичная, темно-бурая, слабо слюдистая, плотная,крупнокомковатая, с редким крупным щебнем до 10%. До глуб. 1,6 с пятнами ожелезнения и мелкими железистыми конкрециями, ниже слабо оглеенная.

2.1 Таблица визуальных методов определения мелкоземистых грунтов [33]

№№ пп	Наименование грунта	Полевые методы определения грунтов					Ориентировочные физико-механические свойства	
		Ощущение при растирании грунта на ладони руки	Вид в лупу и простым глазом	Состояние грунта		Скатывание шнура в рабочем состоянии	Песчаных частиц в %	Пластичность, высота опасного капиллярного поднятия, водопоглощение и др.
				сухого	влажного			
1	**Песчаный**	Ощущение песчаной массы. Глинистых частиц не чувствуется, рыхлая несцементированная масса	Видны только песчаные частицы	Цементация отсутствует, сыпучий грунт	Непластичен и нелипок	Не скатывается в шнур	Частиц более 0,1 мм более 75 %	Непластичен, высота капиллярного поднятия 0,2-0,3 м. Хорошо водопроницаем
2	**Песчано-пылеватый**	При растирании на ладони руки оставляет много пылеватых частиц	Видно преобладаение песчаных частиц	Сыпучее	То же	То же	Частиц более 0,1 мм менее 75 %	Нёпластичен, высота капиллярного поднятия 0,3-0,6 м; водопроницаемость удовлетворительная
3	**Супесчаный**	Преобладают крупные песчаные частицы; комочки раздавливаются без труда	Песчаные частицы преобладают над глинистыми и пылеватыми	Комья легко рассыпаются от давления руки и при подкидывании на лопате	То же	Шнур скатать не удается	Песчаных частиц от 2 до 0,25 мм больше 50 %	Число пластичности менее 7. Высота капиллярного поднятия 0,3-0,6 м. Водопроницаемость удовлетворительная
4	**Супесчаный пылеватый**	Преобладают мелкие частицы	То же	Цементации нет	Непластичен	Трудно скатывается в шнур, который распадается на кусочки диам. 3-5 мм	Песчаных частиц от 2 до 0,05 мм - 50 %	Число пласт. менее 7, высота капиллярного поднятия 0,5-0,8 м, водопроницаемость удовлетворит.
5	**Супесь тяжелая пылеватая**	При растирании получается впечатление сухой муки	Песка мало, пылеватых частиц много	Цементации нет. Комья непрочные и легко рассыпаются	Легко переходит в плывунное состояние	Шарик при сотрясении легко растекается в лепешку с выделением на поверхности капиллярной воды. В шнур почти не	Песчаных частиц 2-0,05 мм менее 20 %	Число пластичн. менее 7, высота капиллярного поднятия 0,8-1,5 м. Водопроницаемость незначительная
6	**Суглинистый**	При растирании чувствуются песчаные частицы, комочки легко раздавливаются	Ясно видно присутствие песчинок на фоне тонкого порошка	При раздавливании требуется известное усилие. При ударе молотком рассыпается в мелочь	Пластичность и липкость слабые	Длинного шнура не получается. Шнур толстый и короткий	Песчаных частиц больше - 40 %	Число пластичности от 7 до 12, высота капиллярного поднятия 1,0-1,3 м. Водопроницаемость плохая

№№ пп	Наименование грунта	Полевые методы определения грунтов					Ориентировочные физико-механические свойства	
		Ощущение при растирании грунта на ладони руки	Вид в лупу и простым глазом	Состояние грунта		Скатывание шнура в рабочем состоянии	Песчаных частиц в %	Пластичность, высота опасного капиллярного поднятия, водопоглощение и др.
				сухого	влажного			
7	**Легко суглинистый пылеватый**	Песка при растирании мало. Комочки раздавливаются легко	Видны тонкие пылеватые частицы	Комья и куски не тверды, под ударом молотка рассыпаются на мелкие кусочки	Пластичный, липкий	Длинного шнура не получается, так как он рвется на кусочки диаметром 8 мм	Песчаных частиц менее - 40 %	Число пластичности от 7 до 12, высота капиллярного поднятия 1,5-2,0 м. Водопроницаемость очень плохая
8	**Тяжело суглинистый**	При растирании в сухом состоянии чувствуется в глинистой массе присутствие песка. Комочки раздавливаются с трудом	То же, ясно видно присутствие песчинок на фоне тонкого порошка	То же	То же, но в большей степени	При раскатывании дает длинный шнур диам. 1-2 мм. Шарики при сдавливании в лепешку трескаются пополам	Песчаных частиц больше 40 %	Число пластичности от 12 до 17. Капиллярное поднятие 1,5-2,0 м. Водопроницаемость очень плохая
9	**Суглинист. тяжелый пылеватый**	При растирании в сухом состоянии песок почти не чувствуется. Комочки раздавливаются с трудом	Видны тонкие пылеватые частицы	То же	То же	То же	-	Число пластичности от 12 до 17. Капиллярное поднятие 1,5-2,0 м. Водопроницаемость плохая
10	**Глинистый**	При растирании в сухом состоянии песчаных частиц не чувствуется. Комочки раздавливаются с большим трудом	Однородная глинистая тонкопорошковатая масса	Твердый в кусках, при ударе молотком колется на отдельные комья	Сильно пластичный, липкий и мажущийся	При раскатывании дает прочный длинный шнур диам. 0,5 мм. Легко скатывается в шарик, при скатывании его в лепешку не трескается	-	Число пластичности 17-27. Капиллярное поднятие 2,0 и более м. Грунт водонепроницаемый
11	**Глинистый жирный**	То же	То же	Очень твердый в кусках, при ударе молотком колется на отдельные комья	Сильно пластичный, мелкий, мажущийся	То же	-	Число пластичности более 27, капиллярное поднятие 2 м и более. Грунт водонепроницаемый

ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ [33]**.** Песчаные грунты состоят из несвязанных или слабо связанных между собой зерен, основная масса которых имеет размеры от 2 до 0,1 мм.

Основной особенностью песков является изменение их свойств, в зависимости от зернового состава и степени влажности. Важнейшими показателями при оценке их строительных свойств являются: крупность, однородность и водопроницаемость. Номенклатурные наименования отдельных разностей и вместе с тем крупность песчаных грунтов определяют в зависимости от суммарного содержания фракций >2 мм, 2–0,5мм, 2–0,25 и 2–0,1 мм.

Состояние песчаных грунтов зависит от степени их влажности. Определение этого показателя производят двумя способами: визуальным и расчетным.

Всего при визуальной оценке выделяют пять состояний грунта: сухой, маловлажный, влажный, очень влажный и водонасыщенный.

1. сухие песчаные грунты – обладают влажностью до 3 %, неуплотняются, нуждаются в сильном увлажнении, несущая способность максимальная.

2. **маловлажные** – обладают влажностью 3–8 %, плохо уплотняются, нуждаются в доувлажнении, несущая способность близка к максимальной.

3. **влажные** – обладают влажностью 8–15 %, хорошо уплотняются, несущая способность близка к максимальной.

4. сильно влажные – обладают влажностью более 15 %; плохо уплотняются, нуждаются в просушке, степень влажности проверяется расчетным методом.

5. **водонасыщенные** – при легком сжатии выделяют воду, при рыхлении переходят в текучее состояние.

Расчетное определение степени влажности в числовом выражении производят с учетом насыщения пор грунта водой. При этом используют данные лабораторных испытаний, включающие: естественную влажность, удельный вес и пористость или коэффициент пористости грунтов.

Степень влажности выражается в долях единицы и составляет:

для малой степени водонасыщенности песков от 0,0 до 0,5

для средней степени водонасыщенных от 0,5 до 0,8

для водонасыщенных от 0,8 до 1,0

Расчетное определение степени влажности производят в основном для определения несущей способности песков. Для определения этого показателя в полевых условиях достаточно иметь данные о естественной влажности и объемном весе грунта.

Водопроницаемость грунтов характеризуется коэффициентом фильтрации, выражающимся в метрах в сутки и сантиметров в секунду.

Определение коэффициента фильтрации производится как в полевых, так и в лабораторных условиях. При значительном дебите воды для определения этой величины в полевых условиях, требуется производство специальных работ (откачки или нагнетания).

Характерные значения коэффициента фильтрации, м/сутки

- тяжелый суглинок – <0,05
- легкий суглинок –0,05–0,01
- супесь –0,10–0,50
- песок пылеватый – 0,5–1,0
- песок мелкий – 1,0–5,0
- песок средней крупности –2,0–5,0
- песок крупный – 5,0–20,0
- гравий -> 20

Важными показателями для определения свойств песчаных грунтов является минералогический состав. Косвенным показателем величины угла внутреннего трения служит угол естественного откоса.

В полевых условиях определение основных свойств песчаных грунтов производят визуально, с применением простейших вспомогательных средств (нож, лупа, миллиметровая и фильтровальная бумага, капельница с 10 % раствором соляной кислоты).

Зерновой состав песков, в смысле отнесения их к существующим номенклатурным разностям, при достаточном опыте легко устанавливается по

зрительным впечатлениям и осязанию на ощупь. Лица, начинающие производственную деятельность, а также в сомнительных случаях, используют обычную миллиметровую бумагу или шаблон для определения крупности зерна (рис. 2.2) и трафарет (рис. 2.3).

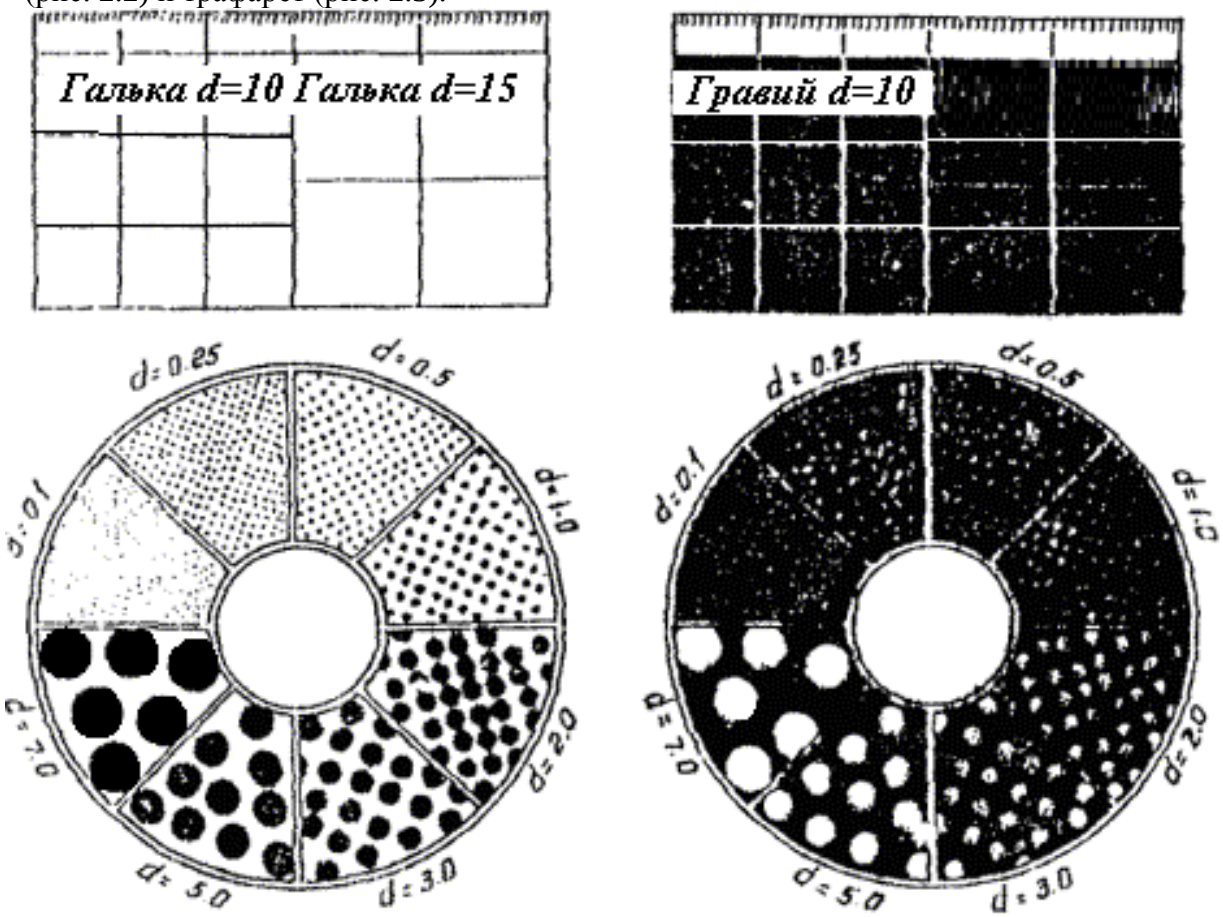


Рис. 2.2. Шаблоны для определения крупности зерна темных и светлых пород

Степень влажности песков в градациях, приведенных выше, устанавливают по осязанию, зрительным впечатлениям и следам, оставленным на фильтровальной бумаге.

Водопроницаемость песков, в большинстве случаев определяют по косвенным признакам в зависимости от крупности и одномерности зерна, а также содержания пылевато-глинистых фракций. Чем крупнее и однороднее зерна, и меньше содержание пылевато-глинистых фракций, тем выше коэффициент фильтрации.

Цвет песчаных грунтов устанавливают по зрительным ощущениям и с применением сравнительного эталона.

Плотность песчаного грунта устанавливают по усилиям, затрачиваемым на его разрыхление шанцевым инструментом или буровыми наконечниками. По плотности грунты делятся: на рыхлые, средней плотности, плотные.

Повышенная плотность грунта иногда может явиться следствием цементации песков аморфными цементами (глинистым, известковистым) или легкорастворимыми солями. В этих случаях помимо плотности указывают степень цементации (слабая, сильная) и состав цемента.

Степень окатанности определяют при помощи лупы по форме зерен. Наиболее распространенны: угловатая, полуокатанная и хорошо окатанная формы.

Типами слоистости, наиболее характерными для песков, являются: горизонтальная, косая и волнистая. При наличии горизонтальной слоистости прибегают к терминам слоистый и тонкослоистый.

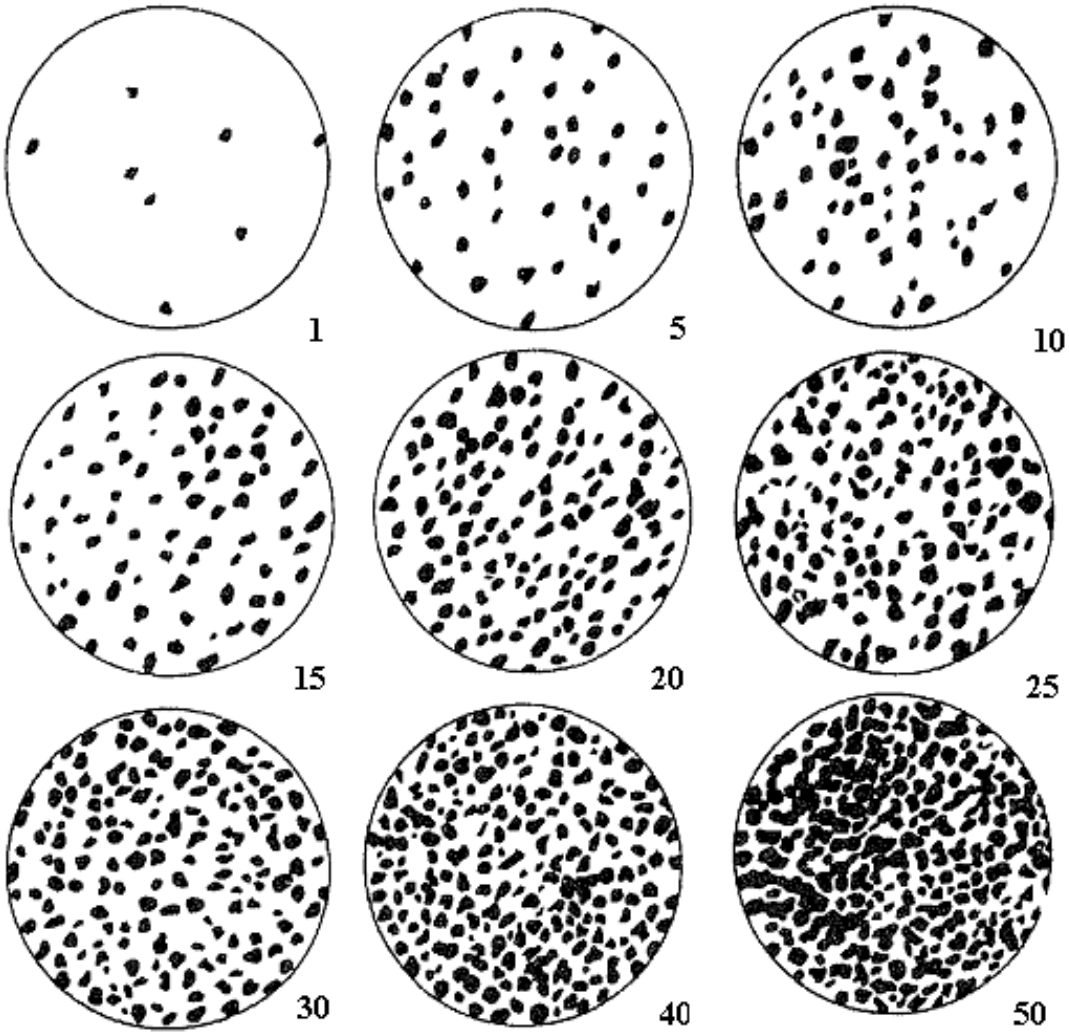


Рис. 2.3. Вспомогательные таблицы трафареты М.В. Швецова для определения процентного состава составляющих компонент грунта

Крупные включения характеризуют по форме, крупности, процентному содержанию их в песчаной массе и петрографическому составу. Форму и размер обломков определяют одним термином: гравий (дресва, мелкий щебень), галька (щебень), валуны (глыбы). Процентное содержание и петрографический состав указывают по глазомерному определению. Определение состава обломков дают обобщенно, с указанием господствующей петрографической разности.

Остатки флоры и фауны фиксируют путем описания их общего вида, без подробных палеонтологических определений.

Определение состава новообразований производят согласно методике, изложенной в разделе «глинистые грунты».

Минералогический состав песчаных грунтов определяют ориентировочно при помощи лупы и воздействия 10 % раствора соляной кислоты. При этом указывают степень карбонатности, преобладающий петрографический состав зерен и характер минеральных примесей, в основном слюды. В зависимости от преобладающего

минералогического состава различают следующие разновидности песков: кварцевые, кварцево-полевошпатовые, кварцево-слюдистые, глауконитовые и карбонатные.

Описание песчаных грунтов рекомендуется производить, придерживаясь следующей системы:

а) наименование грунта

б) влажность

в) цвет

г) минералогический состав

д) степень загрязнения

ж) плотность

и) слоистость

к) включения крупнообломочного материала

л) фауна (флора)

м) новообразования

Например: 0,20 – 1,50 м Песок средней крупности, влажный, светло-серый, кварцево-полевошпатовый, слабо загрязненный, рыхлый, хорошо окатанный, тонкослоистый, с включением гравий и гальки известняков до 20 %. Встречаются редкие мелкие раковины. С глубины 0,9 м сильно ожелезнен.

КРУПНООБЛОМОЧНЫЕ ГРУНТЫ [33]**.** Крупнообломочные грунты состоят из обломков скальных пород, пространство между которыми заполнено глинистым, суглинистым, супесчаным и песчаным грунтом, либо не заполнено вовсе. Виды крупнообломочных грунтов определяют по признакам согласно табл. 1.

По размерам и форме обломков, а также их петрографическому составу крупнообломочные грунты в большинстве своем неоднородны.

При сильном уплотнении и наличии цементирующего вещества, обеспечивающего жесткую связь между обломками, они именуются: гравелитами, конгломератами, брекчиями, агломератами и приобретают свойства скальных грунтов.

Основной особенностью крупнообломочных грунтов является изменение их свойств в зависимости от размера и петрографического состава слагающего их материала, а также состава и пластичности заполнителя.

В дорожной классификации выделено два вида крупнообломочных грунтов: дресвяные (гравийные) с преобладающими размерами фракций 2 –10 мм и щебенистые (галечниковые), содержащие более 50% фракций крупнее10 мм.

Учитывая, что содержание фракций различных размеров в составе обломочного материала может быть примерно одинаковым, допускаются смешанные наименования грунтов, например: гравий и галька, щебень, дресва и т.п.

Наиболее важными показателями для определений состояния крупнообломочного материала являются: петрографический состав слагающих его обломков, тип и консистенция заполнителя, а также плотность породы в целом. Для гравия, гальки и валунов играет роль степень окатанности и форма обломков.

По степени окатанности обычно различают:

а) неокатанный угловатый материал

б) слабоокатанный материал неправильной формы, с притупленными углами и ребрами

в) полуокатанный материал незавершенной формы, с сильно сглаженными углами и ребрами, а также неясноочерченными гранями с плоской поверхностью.

г) хорошо окатанный материал, правильной формы, с гладкой, часто отшлифованной поверхностью.

Хорошо окатанные обломки имеют чаще всего сферическую (эллипсовидную) форму.

Перечисленные определения в полевой обстановке выполняют визуально.

Содержание преобладающих по размеру фракций устанавливают глазомерно с предварительным обмером наиболее характерных «эталонных» обломков складным метром или рулеткой.

При определении пластичности и консистенции заполнителя применяют методы, изложенные в разделе «глинистые грунты». При этом достаточно установления типа заполнителя (песок, супесь, суглинок, глина), без детализации разновидности грунта.

Определение петрографического состава отдельных обломков производят с применением методов используемых для определения состава скальных пород.

При затруднениях в определении петрографических разностей обломочного материала обязательно указывают группу скальных пород, к которой они относятся (изверженные, метаморфические, осадочные). Содержание господствующих петрографических разностей устанавливают после определения состава обломков, глазомерно.

Плотность грунта определяют по усилиям, затрачиваемым на его разрушение с выделением: рыхлых слабослежавшихся и плотнослежавшихся разностей.

В случаях предполагаемого применения крупнообломочных пород как строительного материала для изготовления дорожных изделий и смесей, визуальное определение дополняется полным или частично полевым грохочением, а также петрографической разборкой, специально отобранных проб.

Описание крупнообломочных грунтов рекомендуется производить в следующем порядке:

1. Щебень крупный и средний, с тугопластичным суглинистым заполнителем до 85 %, слабослежавшийся. Преобладают неокатанные обломки известняков и песчаников, до 10 % обломков сильно разрушены.

2. Галька и гравий с валунами (100–150 мм) до 10 %, заполнитель супесь твердая до 40 %, плотно слежавшиеся. Преобладают хорошо окатанные обломки изверженных и метаморфических пород (граниты, кварциты), зерен лещадной формы до 5 %.

СКАЛЬНЫЕ ПОРОДЫ [33]**.** В практике инженерно-геологических работ из состава скальных пород выделяют полускальные породы, представляющие собой сильно уплотненные и отвердевшие осадочные образования, не подвергавшиеся процессам перекристаллизации. К полускальным породам относятся: аргиллиты, мергели, опоки, мел, песчаники с глинистым цементом и т.п.

Основными критериями для оценки скальных пород при дорожном строительстве являются: степень устойчивости их при механическом разрушении (давлении, дроблении, истирании, сверлении), морозостойкость, а также способность к размоканию или потере прочности при водонасыщении.

Для полускальных пород основными критериями является их механическая прочность в состоянии естественной влажности и после водонасыщения.

Все эти свойства в конкретном выражении устанавливают лишь в результате лабораторных испытаний отобранных проб.

При полевых работах помимо визуального описания скальной (полускальной)

породы определяют элементы её залегания, глубину и строение зоны выветривания, характер отдельностей, степень трещиноватости и основные направления трещин.

Перед началом полевых инженерно-геологических работ геолог обязан изучить картографические и литературные источники, содержащие сведения об основных группах и разновидностях скальных пород и грунтов, распространенных в данном районе. Поэтому работа инженера-геолога в большинстве случаев сводится не к определению видов скальных пород как таковых, а скорее к изучению особенностей строения и состояния их заранее известных или предполагаемых разновидностей.

При визуальном определении разновидности скальной породы основное внимание обращают на: строение породы, твердость, окраску, состав основных породообразующих минералов, взаимодействие с раствором соляной кислоты, растворимость в воде и объемный вес.

Важным критерием является также форма залегания. В качестве вспомогательных средств используют лупу, геологический молоток, напильник, стальной нож или иглу, куски стекла и кварца, а также 10 % раствор соляной кислоты.

Перечисленные средства помогают ориентировочно установить минеральный состав породы, определить ее строение и твердость в целом, а также выделить карбонатные и не карбонатные разности пород.

После установления разновидности скальной породы, т.е. ее наименования, производят описание ее окраски, структурных и текстурных особенностей, прочности и степени выветривания, характера отдельности и трещиноватости.

Окраска скальных пород обусловлена цветом минералов, входящих в состав породы и в какой-то мере определяет состав слагающих ее компонентов. Различают породы, имеющие светлую окраску и породы темной окраски. К светлым окраскам относятся: белая, светлосерая, желтая, розовая и красноватая.

К темным: серая, темно-серая, зеленовато-серая, темно-зеленая, черная.

Структурные и текстурные особенности, определяющие в совокупности сложение горной породы, являются неодинаковыми для различных групп скальных пород и зависят в основном от условий их образования. При этом под структурой понимают особенности горной породы, зависящие от формы и величины ее составных частей (зерен, кристаллов), а под текстурой особенности, зависящие от их взаимного расположения.

При описании магматических пород различают следующие виды структур:

а) зернистую – подразделяющуюся по крупности зерна на:

крупнозернистую – диаметр зерен >5 мм

среднезернистую – 1–5 мм

мелкозернистую < 1 мм

б) порфировую, отличающуюся наличием крупных зерен на фоне однородной массы более мелких зерен.

в) стекловатую или скрытокристаллическую – где состав минералов и зернистость визуально неразличимы, излом породы гладкий, блестящий.

По текстурным признакам для магматических пород выделяют однородную (массивную), неоднородную(полосчатую) и пористую текстуры.

Массивная текстура характеризуется равномерным распределением составных частей в массе породы. Полосчатая текстура отличается неравномерным распределением составных частей в массе породы, поэтому порода состоит как бы

из слоев различного минералогического состава или различной зернистости. Пористая текстура присуща некоторым видам излившихся магматических пород (кислого состава) и характеризуется наличием многочисленных микропор и пустот.

Присущей изверженным и в то же время метаморфическим образованиям является гнейсовидная (сланцеватая) текстура, характеризующаяся параллельным расположением призматических и чешуйчатых минералов.

Структуры осадочных образований различны для пород обломочного и органогенно-химического происхождения (понятие структуры для обломочных пород довольно расплывчато).

Например, структура крупнообломочных скальных пород обычно определяется их наименованием: конгломерат или брекчия. Для песчаников основным критерием является зернистость: крупнозернистый, среднезернистый, мелкозернистый. Для полускальных пород глинистого состава, как-то аргиллит и мергель, это понятие не имеет существенного значения.

Для пород органогенного или химического происхождения существует ряд типично выраженных структур, из которых наиболее распространенными являются: зернистая, органогенная, обломочная, и оолитовая (шарики > 1 мм).

Понятие текстура для комплекса осадочных пород является единым и имеет прямую связь с понятием слоистость.

Основными текстурами являются:

а) беспорядочная – характеризующаяся полным отсутствием ориентировки частиц слагающих породу;

б) слоистая – определяемая по ориентированному в одном направлении расположению частиц с выделением следующих ее разновидностей: микрослоистая,плойчатая и чешуйчатая и т.д.

в) флюидальная – характеризующаяся правильным потокообразным расположением кристаллов породы, напоминающая как бы застывшую текучую массу.

Крепость или прочность скальных пород зависит с одной стороны от их минералогического состава и сложения, а с другой стороны от степени выветривания, в связи с чем однотипные разности пород могут быть различными по прочности. Поэтому при документации, наряду с прочностью указывают степень выветривания породы.

В полевых условиях крепость скальных пород определяют путем раскалывания их геологическим молотком, а также нанесением штрихов (царапин) ногтем, стеклом, стальным ножом или иглой. В первом случае критериями для определения крепости являются усилия, затрачиваемые на раскалывание, звук при ударе, а также количество и размеры обломков, образующихся от разрушающих усилий. Во втором – наличие и глубина штриха, а также усилия, затрачиваемые на его нанесение.

По крепости выделяют:

а) очень крепкие скальные породы; при ударах раздается звонкий звук, молоток отскакивает, скол происходит в виде мелкого каменного отщепа, порода оставляет штрихи на стекле и стали;

б) крепкие скальные породы, при ударах звук несколько приглушенный, откол одиночных кусков происходит после нескольких сильных ударов, штрихи остаются после царапания ножом, куски породы оставляют штрих на стекле;

в) скальные породы средней крепости, при ударах звук глухой, раскол

происходит при одиночных сильных ударах, с образованием нескольких крупных кусков и небольшого количества мелкой крошки, царапаются ножом, но не царапаются ногтем;

г) слабые скальные породы, при легких одиночных ударах порода раскалывается на мелкие куски, с образованием больших количеств каменной крошки, царапается ногтем.

Степень выветривания скальных пород определяют:

а) по состоянию наиболее легко разрушающихся минералов, составляющих породу (полевых шпатов) и изменению естественной окраски;

б) по характеру и интенсивности разрушения породы в естественном залегании или состоянию и выходу керна при буровых работах;

в) по крепости кусков породы или керна.

По степени разрушения горной породы при натурных наблюдениях выделяют следующие зоны:

а) монолитная или слабо выветрелая – где порода почти полностью сохранила свою естественную структуру окраску и трещиноватость. Характер отдельности не всегда ясен. Скол происходит по скрытым плоскостям. На изломах полевые шпаты характеризуются светлыми тонами окраски и матовым блеском. Количество помутневших зерен незначительно. Керн имеет правильную цилиндрическую форму, значительную длину и раскалывается с трудом. Выход керна 80–100%;

б) глыбовая или выветрелая, где порода сохраняет естественную структуру и четко выраженную систему трещин отдельности, осложненную трещинами выветривания, разбивающими массив на крупные неразобщенные глыбы. Отмечается резкое изменение окраски за счет окисления железистых минералов и частичного разложения полевых шпатов. На изломах зерна полевых шпатов неоднородны по степени помутнения. По трещинам отмечаются продукты разложения минералов. Столбики керна укорочены, часто с косым сколом чередующиеся с обломками неправильной формы. Выход керна 60–80 %. Керн и куски породы раскалываются по микротрещинам с образованием нескольких кусков;

в) мелкообломочная или сильно выветрелая, где порода либо разрушена до состояния, неоднородных по крепости, разобщенных глыб, щебня и дресвы, либо представлена слабыми разностями, сохраняющими следы первичной структуры, но легко рассыпающимися при ударах в дресву, мучнистую массу и щебень. Имеется примесь продуктов полного разложения минералов в виде гнезд и примазок глины. Керн получается в виде коротких цилиндров обломков неправильной формы, а также комков и рыхлой массы, состоящей из щебня, каменной крошки и глины. Выход керна 30–50 %;

г) полного разрушения или тонкого дробления, где первичные структурные связи полностью нарушены. Порода состоит либо из дресвы, мучнистой массы (карбонаты), либо из глинистого или песчаного грунта с примесью каменной крошки и мелкими кусочками слабого камня. Керна правильной формы получить не удается, при ударах по колонковой трубе, поступают либо деформированные куски грунта, либо рассыпчатая масса.

Характер отдельности и трещиноватость имеет большое значение как для инженерно-геологической оценки горной породы, так и для выбора наиболее эффективных приемов применения буровзрывных работ. Трещины возникают как при формировании горной породы, так и в процессе ее дальнейших изменений,

связанных с метаморфизмом и выветриванием. Поэтому при описании выделяют две основные группы трещин.

Первая из них, возникающая при охлаждении магматических пород или диагенезе осадочных отложений, имеет определенную систему и образует ряд крупных характерных отдельностей типичных для различных групп скальных пород.

В зависимости от формы выделяются:

1. Пластовая или плитчатая отдельность, разновидностью которой является матрацевидная. Эта форма присуща в основном глубинным магматическими осадочным породам.

2. Столбчатая отдельность, характеризуемая наличием вертикальных столбов-многогранников от шестиугольной до трехугольной конфигурации. Присуща в основном излившимся магматическим породам.

3. Шаровая отдельность, имеющая как бы ярусное строение и состоящая из глыб сферической конфигурации, иногда приближающихся по форме к шару. Присуща излившимся магматическим породам.

Отдельности создают как бы общий основной фон, подчеркивающий генетические особенности породы. Трещины, связанные с изменениями условий залегания скальных и полускальных пород после их формирования обычно расположены бессистемно и необразуют четко выраженных форм. При их изучении основными задачами является выявление преобладающих направлений трещин и системы трещиноватости.

Наиболее достоверные данные для получения обоих показателей трещиноватости могут быть получены при изучении естественных обнажений. Для документации трещиноватости выбирают наиболее характерные обнажения в зонах предполагаемого вскрытия скальных пород или по соседству с последними. На выбранных обнажениях, расчистках, обозначают площадку прямоугольного сечения и зарисовывают все трещины на миллиметровке в определенном масштабе. Величина площадки зависит от густоты трещин и может колебаться от 1 м^2 до 4 м^2. Замеряют элементы залегания скальной породы, азимуты и углы падения трещин. Трещины распределяют на несколько групп, например: до 5 мм, от 5 до 10 мм, от 10 до 30 мм и т.д. После этого замеряют, записывают и вычисляют среднюю мощность, среднюю длину каждой группы трещин. Определяют площадь каждой группы трещин в мм^2, которые суммируют. Сумму площадей трещин переводят в м^2. Коэффициент трещинной пустотности (КТП) определяют как частное от деления суммы площадей трещин на площадь участков (в) на котором проводились замеры. По степени сплошности массивы скальных грунтов подразделяют в соответствии с табл. 2.2. Для подразделения массива скального грунта по степени сплошности следует руководствоваться отношением l/a, где l – средняя длина трещин, a – среднее расстояние между трещинами. Показателем КТП следует пользоваться, если площадь естественного или искусственного обнажения (котлован, штольня и т.п.) не позволяет оценить реальные значения l и a.

Азимуты и углы падения трещин замеряют горным компасом. Результаты измерения заносят в таблицы. Измеряют все видимые невооруженным глазом трещины. Так как стенки трещин не всегда бывают достаточно раздвинутыми, при измерении элементов залегания удобно пользоваться тонкой пластинкой, которая легко вставляется в узкие щели трещин. Для этой цели может быть использован

треугольник, транспортир и т.п. При измерении элементов залегания трещин, особенно большой протяженности, следует учитывать их извилистость. В этом случае измеряют преобладающие значения азимутов ориентировок и углов падения трещин.

Таблица 2.2. Классификация трещин по КТП

Наименование массива по степени сплошности		Коэффициент трещинной пустотности КТП, %	Отношение l/a	Характеристика массива
Монолитный		$КТП < 0,1$	1,0	Массив не расчленен трещинами на отдельные блоки. Имеются немногочисленные трещины, которые редко пересекаются
Трещиноватый:	слаботрещиноватый	$0,1 \leq КТП \leq 0,5$	1,0–1,5	Массив не полностью расчленен трещинами на отдельные блоки. Между блоками имеются целики скального грунта
	среднетрещиноватый	$0,5 < КТП \leq 1,5$	1,5–2,5	
	сильнотрещиноватый	$1,5 < КТП \leq 3$	2,5–4,0	
Разборный		$КТП > 3$	4,0	Массив полностью расчленен трещинами на отдельные блоки. Трещины различных направлений многократно пересекаются

При описании трещиноватости устанавливают:

1. Происхождение трещин (тектонические, трещины выветривания и т.п.).
2. Направление трещин и угол их падения.
3. Ширина трещин.
4. Характер поверхности стенок трещин,(гладкие и ровные, шероховатые, бугристые, ступенчатые, со следами скольжения и т.д.)
5. Характер трещин – открытые или заполненные.
6. Состав породы заполняющей трещины. Характер заполнителя.
7. Форма (прямые, извилистые, ломаные, ветвистые и т.п.).
8. Густота сети трещин (количество на единицу площади).

Для более детальной количественной характеристики пользуются табл. 2.3–2.6 [12].

Таблица 2.3. Классификация трещин по расстоянию между скальными стенками

Разновидность трещин	Расстояние между скальными стенками трещины , см
Щели	>10
Широкие	10–1
Средней ширины	1–0,1
Узкие	0,1–0,01
Трещины-капилляры	<0,01

Таблица 2.4. Классификация трещин по длине

Разновидность трещин	Длина трещины , м
Разрывы	100
Длинные	100–10
Средней длины	10–1
Короткие	1–0,1
Микротрещины	0,1

Таблица 2.5. Классификация трещин по виду заполнителя

Разновидность трещин	Вид заполнителя трещины
Открытые	Наполнены газом или жидкостью
Заполненные	Полностью или частично заполнены дисперсным грунтом
Залеченные	Наполнены природным или искусственным скальным грунтом, цементирующим стенки

Таблица 2.6. Классификация трещин по макрошероховатости

Разновидность трещин	Макрошероховатость стенок	Механический тип трещины
Ровные	Выступы с наклоном менее 5°	Зеркала скольжения и притертые трещины скола
Волнистые	Выступы с наклоном от 5° до 30°	Трещины скола и отрыва, частично притертые
Волнистоступенчатые	Выступы с наклоном более 30°	Трещины отрыва и скола, не измененные смещением
Примечание: Кроме макрошероховатости, имеющей сантиметровую (до нескольких сантиметров) амплитуду выступов, на стенке трещины может быть микрошероховатость, которая осложняет поверхность макровыступов, создавая на ней волны высотой до 1,0 мм. Длинные трещины, кроме названных микро- и макрошероховатостей, могут иметь на стенках неровности третьего порядка с высотой выступов до нескольких дециметров.		

По показателю качества грунта RQD (Отношение общей длины сохранности керна более 10см к длине пробуренного интервала в скважине) скальные грунты подразделяют в соответствии с табл. 2.7.

Таблица 2.7. Классификация трещин по *RQD*

Качество скального грунта	Показатель качества *RQD* , %
Очень хорошее	$RQD > 90$
Хорошее	$90 \geq RQD \geq 75$
Среднее	$75 > RQD \geq 50$
Плохое	$50 > RQD \geq 25$
Очень плохое	$RQD < 25$

Запись наблюдений за трещинами следует непосредственно в поле сводить в табл. 2.8:

Таблица 2.8. Сводная таблица описания трещиноватости

№№ точек наблюдений	Состав и элементы залегания пород	Элементы ориентировки трещин			Описание поверхности трещин	Минерализация	Генезис трещин	Дополнительная характеристика
		азимут падения	азимут простирания	угол падения				
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.

Примеры описания отдельных видов скальных грунтов.

1. Гранит – розоватой окраски среднезернистый (диаметр зерен 2–3 мм) с массивной текстурой, крепкий (обломки разбиваются молотком с большим трудом). Состав: кварц, ортоклаз, темноцветные минералы неопознаны. Порода трещинами отдельности и выветривания разбита на глыбы. Коэффициент трещинной пустотности 0,05. Система главных трещин имеет ширину 4–6 мм, длину 600 мм.

2. Порфирит – темно-зеленой окраски с порфировыми выделениями плагиоклаза (размером до 3 мм) и темноцветного минерала (очевидно роговой обманки) с однородной текстурой, средней крепости (легко разбивается молотком). Порода трещинами отдельности и выветривания разбита на неправильные многоугольные обломки размером от 5 до 15 см. Размер трещин: ширина 4 мм, длина 50–150 мм. Коэффициент трещинной пустотности 0,1.

3. Гнейс – серой и красноватой окраски. Состав: полевой шпат, кварц и биотит. Порода имеет среднезернистую структуру и гнейсовидную текстуру (линейное расположение чешуек биотита). Порода очень крепкая, с большим трудом разбивается молотком. Отдельность – крупноглыбовая. Ширина трещин до 2

мм, длина до600 мм, коэффициент трещинной пустотности – 0,05.

4. Сланец хлоритовый – темно-зеленого цвета, состоящий из хлорита и кварца. Порода имеет мелкозернистую структуру и сланцеватую текстуру, непрочная, легко разбивается молотком. Отдельность – плитообразная. Ширина трещин до 3–4 мм, длина 200–300мм, коэффициент трещинной пустотности 0,2.

5. Аргиллит – желто-коричневого цвета тонкослоистый. Слои светлой окраски чередуются с более темными. Порода имеет специфический запах глины. На поверхности излома блестят кристаллики кубической формы пирита. Порода не крепкая – легко разбивается молотком. Трещинами разделена на плитки толщиной 2 см. Размер плиток 10×5 см. Легко и быстро выветривается с образованием еще более мелких плиточек.

Описание песчаника производят по двум его составляющим частям: зерну и цементу. Крупность зерен в песчанике определяют аналогично пескам, пользуясь измерительной лупой или прозрачной пластмассовой линейкой с нанесенной на ней миллиметровой сеткой. Цемент характеризуют составом и количественным соотношением с зернами породы. Состав основных видов цемента описывают по результатам следующих простейших определений:

а) известковый цемент – вскипает под действием соляной кислоты;

б) кварцевый цемент – очень твердый, стальной нож не царапает его поверхность;

в) глинистый цемент – размягчается в воде;

г) железистый цемент – имеет ржаво-бурую окраску.

По количественному соотношению с зернами песчаника цемент описывают как:

а) базальный – сцементированные зерна не соприкасаются друг с другом, как бы «плавают» в цементе;

б) контактовый – имеется только в местах соприкосновения зерен;

в) цемент пор – образуется при заполнении цементирующим веществом пор.

Пример описания: Песчаник среднезернистый, крепкий (разбивается молотком с большим трудом), на свежем изломе – светло-серый, зерна от 1 до 2 мм – кварцевые, более мелкие- полевошпатовые. Цемент кварцевый, плотный, не царапается ножом, текстура беспорядочная. Форма излома – раковистая. В обнажении у песчаника нечетко выражена столбчатая отдельность.

ТОРФ И ЗАТОРФОВАННЫЕ ГРУНТЫ [33]. Описание заторфованных грунтов и грунтов с примесью органических веществ выполняют в установленном порядке для песчаных и глинистых отложений с дополнительными сведениями о растительных остатках и перегное.

При описании болотных грунтов выделяют:

– лесной торф – цвет коричневый или черный, плотный, маловлажный, буровой наконечник погружается усилием двух человек, сильно пачкает руку, остатки трав и мхов отсутствуют иливстречаются в небольшом количестве. Встречаются пни.

– лесотопяной торф – цвет темный или серо-коричневый, средней плотности, влажности и степени разложения. Буровой наконечник погружается усилием одного человека. Встречаются остатки древесины, трав, мхов.

– топяной торф – моховые торфы светлые, травяные более темные, очень влажные. Буровой наконечник погружается под действием собственного веса. Древесные остатки либо отсутствуют, либо попадают единично.

– сапропель – цвет от черного до зеленоватого. Пластичная, жирная масса незначительной плотности, имеются включения неразложившихся остатков растений, в сухом состоянии приобретает значительную твердость.

Вода с остатками растений и жидкие образования. Неразложившиеся остатки трав и мхов находятся в воде во взвешенном состоянии. Жидкие образования имеют темную окраску, на горизонтальной поверхности растекаются подобно вязкой жидкости.

Пользуясь табл. 2.9, 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 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 (табл. 2.9).

Таблица 2.9. 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, светло-серый, имеются налипшие волокна
20 – 35	Сохранились, но определить затруднительно, часть, из них гумифицирована	Несколько пластичен, при сжатии в кулаке часть торта 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
Более 50	Мало заметны или почти совсем незаметны, преобладает гумифицированная масса	Большая часть полностью продавливается между пальцами, пачкает руку	Почти или совсем не отжимается	Черно-коричневый, хорошо сохраняет отпечатки пальцев.

Для оценки свойств и состояния торфов в практике используются классификации, где основными категориями являются:

– *типы* – выделяются по минерализации питающих залежь вод,

– *подтипы* – по степени увлажнения,

– *группы* – по содержанию в торфе остатков отдельных групп растений-торфообразователей,

– *виды* – по сочетанию преобладающих остатков растений.

Тип торфа *(peat type)* – высшая таксономическая единица классификации видов торфа, отражающая исходные условия торфонакопления по степени минерализации питающих вод. В зависимости от типа питания образуются олиготрофные или евтрофные группировки растительности и накапливаются верховые, переходные или низинные *торфа*.

Верховой торф *(high-moor peat)* – торф, образовавшийся из растительности олиготрофного типа, в ботаническом составе которого не более 10% остатков растительности евтрофного типа. Образуется он в условиях бедного минерального питания, чаще атмосферного с общей минерализацией вод до 20–30 мг/л, или за счет поверхностных вод с минерализацией до 40–60 мг/л.

Переходный торф *(transition-moor peat)* – торф, образовавшийся из растительности олиготрофного и евтрофного типов, в ботаническом составе которого более 10% остатков растительности этих типов. Для торфа *переходного типа* характерно несколько обедненное минеральное питание водами с минерализацией 60–80 мг/л. В торфе отмечаются остатки и низинных, и верховых растений, тем не менее, есть типичные представители переходного типа. Мощность залежи обычно небольшая.

Низинный торф *(low-moor peat)* – торф, образовавшийся из растительности евтрофного типа, в ботаническом составе которого не более 10 % остатков растительности олиготрофного типа. *Низинный торф* образуется в условиях богатого минерального питания, чаще поверхностными или подземными водами с минерализацией около 80–100 мг/л и более, в разнообразных условиях обводненности, начиная от болотных топей, кончая периодически увлажняемыми заболоченными лесами.

Подтип торфа *(peat subtype)* – таксономическая единица классификации видов торфа, отражающая соотношение основных растений-торфообразователей по их требованию к обильности водного питания. В каждом типе торфа различают три подтипа:

–лесной, в ботаническом составе которого древесных остатков от 40 до 100 %;

–лесо-топяной – от 15 до 35 %;

–топяной – не более 10 %.

Группа торфа *(peat group)* – таксономическая единица классификации видов торфа, выделяемая на основании соотношения в торфе остатков отдельных групп растений-торфообразователей. В каждом типе торфа различают 6 групп:

–древесная – в ботаническом составе которой древесных остатков от 40 до 100 %;

–древесно-травяная – древесных остатков от 15 до 35 %, травянистых растенийот 35 до 85 %;

–древесно-моховая – древесных остатков от 15 до 35 %, моховых от 35 до 65 %;

–травяная – древесных остатков не более 10 %, травянистых растенийот 65 до 100 %;

–травяно-моховая – древесных остатков не более 10%, травянистых растений-от 35 до 65%, моховых от 35 до 65 %;

– моховая – древесных остатков не более 10 %; моховых от 70 до 100 %.

Лесной подтип включает древесную группу, лесотопяной – древесно-моховую, древесно-травяную, топяной – травяную, моховую, травяно-моховую.

Вид торфа *(peat species)* – низшая таксономическая единица классификации торфа, характеризующаяся постоянным сочетанием преобладающих остатков отдельных видов растений-торфообразователей, отражающих исходные растительные ассоциации. Каждый фитоценоз, развивающийся в свойственных ему условиях среды, откладывает свой, присущий только ему вид торфа. Состав растительности на поверхности болот указывает на ботанический состав верхнего

слоя торфяной залежи, в этом заключается индикаторная роль растительного покрова.

Пример описания: торф черного цвета, низинный, лесной, древесной группы, березовый, плотный, маловлажный (при сжимании в руке выделяется несколько капель воды темно-коричневого цвета), малозольный, сильноразложившийся, масса продавливается через пальцы, на глубине 1,5 метра, встречены остатки древесины до 15 %.

МЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ. Согласно *Руководству по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов* [29] при описании мерзлых грунтов необходимы следующие сведения об их строении:

а) характеристика элементов криогенной текстуры горизонтов и слоев мерзлого грунта: форма ледяных включений (прослойки, линзы, гнезда и т.д.), их размер (толщина, протяженность, выдержанность по простиранию), характер залегания (горизонтально, косо, вертикально, равномерно или неравномерно), интервалы между ледяными включениями;

б) льдистость за счет ледяных включений: в случае слоистой криогенной текстуры с ледяными включениями толщиной более 10 *мм* необходимы данные непосредственных измерений их толщины и суммарной мощности на 1 *м* разреза; в случае сетчатой криогенной текстуры подсчет суммарной толщины ледяных включений производят по глубине и по простиранию разреза и относят к 1 $м^2$ его площади. Подсчет суммарной толщины ледяных включений производят для каждого горизонта или его части в случае, если мощность горизонта превышает 1–1,5 *м;*

в) характеристика минеральной или органоминеральной составляющей мерзлого грунта**:** размер и форма минеральных прослоек и отдельностей, литологический состав, цвет, гумусированность и содержание растительных остатков, оглеенность, включения и новообразования, текстурные признаки (слоистость, пористость, трещиноватость), характер залегания.

3. Определение гранулометрического (зернового) состава по ГОСТ 12536. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава

Общие положения. *Гранулометрический (зерновой) состав* грунта определяют по массовому содержанию в нем частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа. *Микроагрегатный состав грунта* опредепяют по массовому содержанию в нем водостойких микроагрегатов различной крупности, выраженному в процентах, по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой дня анапиза. Отбор образцов грунта для определения гранулометрического (зернового) и микроафегатного состава проводят по ГОСТ 12071. Гигроскопическую влажность определяют по ГОСТ 5180. Гранулометрический состав грунтов опредепяют методами, указанными в табл. 3.1.

Таблица 3.1. методы определения гранулометрического состава грунта

Наименование грунтов	Размер фракции грунта, мм	Метод определения	Разновидность метода определения
Песчаные, при выдепении зерен песка крупностью	от **10** до **0,5** мм	Гранулометрический (зерновой)	Ситовой без промывки водой
	от **10 до 0,1 мм**		Ситовой с промывкой водой
Глинистые	Менее **0,1**	Гранулометрич еский (зерновой)	Ареометрический
	<0.1	Гранулометрич еский (зерновой) и микроагрегатный составы	Пилеточный. Применяется только для специальных целей, предусмотренных заданием

Пробы грунта при разделении их на фракции подготовляют:

- для выделения частиц размером более 0,1 мм – растиранием грунта и растиранием с промывкой водой. Допускается растирать образцы грунта в растирочной машине, не вызывающей дробления частиц;
- для выделения частиц размером менее 0,1 мм – микроагрегатным (полудисперсным) способом: навеску грунта растирают, помещают в коническую колбу, заливают дистиллированной водой и кипятят с добавпением аммиака в течении 0,5–1 ч. После этого попученную суспензию переносят в цилиндр. Во избежании коогуляции в грунтовую суспензию в качестве стабилизатора добавляют пирофосфорнокислый натрий.

При определении гранулометрического (зернового) состава грунтов ситовым методом с промывкой водой применяют водопроводную ипи профильтрованную дождевую (речную) воду, а при определении гранулометрического (зернового) состава грунтов ареометрическим и пипеточным методом – дистиллированную воду.

Для опредепения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава грунтов, содержащих органические вещества, следует брать образцы естественной влажности и сложения.

Взвешивание проб грунта на технических весах следует проводить с погрешностью **до 0,01 г, а при массе проб грунта 1000 г и более взвешивание допускается проводить с погрешностью до 1 г.** Взвешивание на аналитических весах должно проводиться с погрешностью **до 0,001 г.** Результаты вычисления гранулометрического состава грунтов следует опредепять с погрешностью **до 0,1% [5].**

3.1. Определение гранулометрического (зернового) состава грунтов ситовым методом

Аппаратура и оборудование. Для определения гранулометрического (зернового) состава грунтов ситовым методом необходимы следующая аппаратура и оборудование: **сита размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм;** весы лабораторные; весы технические с относительной погрешностью взвешивания не более 0.1 %; ступка фарфоровая; пестик с резиновым наконечником; чашка фарфоровая; груша резиновая; кисточка; песчаная баня; шкаф сушильный. Стандартный комплект сит должен состоять из семи сит: с круглыми штамповыми отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1 мм и трех сит из медной или латунной сетки простого плетения с отверстиями квадратной формы размером 0,5; 0,25; 0,1 мм.

Подготовка к испытанию

Среднюю пробу для анализа следует отбирать методом квартования. Массу средней пробы принимают в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2. Минимальная масса образца, необходимая для просеивания, в зависимости от вида грунта

Диаметр частиц D, мм	Вид грунта	Минимальная масса образца, необходимая для просеивания, г
Свыше 10 5	Гравий (дресва)	2000
Свыше 2 1	С содержанием песчаных частиц	100
Свыше 0,5 0.25 До 0,1	С содержанием пылеватых и глинистых частиц	50

При выделении частиц крупностью от 10 до 0,5 мм гранулометрический состав определяется ситовым методом без промывки водой; при выделении частиц крупностью от 10 до 0,1 мм – с промывкой водой (обычно для глинистых песков).

Проведение испытания

Разделение грунта на фракции без промывки водой: доводя грунт до воздушно-сухого состояния, растирают комки в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Отбирают среднюю пробу грунта m_1 методом квартования и взвешивают на весах в соответствии с табл. 2.2.

Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надевают крышку. Отобранную пробу переносят на верхнее сито первого набора (диаметром отверстий от 10 до 0,5 мм), закрывают крышкой и просеивают с помощью легких боковых ударов падонями рук до полной сортировки грунта. При просеивании пробы массой более 1000 г грунт следует высыпать в верхнее сито в два приема. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыпают, начиная с верхнего сита, в ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на тех же ситах.

Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на пист выпадают частицы, то их высыпают на спедующее сито; просев продолжают до тех пор, пока частицы не перестанут выпадать на бумагу.

Если в образце нет крупных частиц, просеивание сквозь сито с размером отверстий 2 мм и более не проводят.

Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, необходимо взвесить $(m_ф)$ суммируют веса всех фракций грунта. Если полученная сумма веса всех фракций грунта превышает более чем на 1 % вес взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить.

Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их массе.

Разделение грунта на фракции с промывкой водой: подготовляют, отбирают и взвешивают пробу грунта.

Навеску помещают в фарфоровую ступку, смачивают водой и тщательно растирают пестиком с резиновым наконечником. Навеску частями переносят на сито диаметром отверстий 0,1 мм и отмучивают под струей воды. Отмучивание продолжается до тех пор. пока из сита не будет вытекать прозрачная вода. Оставшиеся на сите промытые частицы количественно переносят в заранее взвешенную фарфоровую чашку, выпаривают на песчаной бане и высушивают в сушильном шкафу при (105 ± 5) °С. Если грунт органо-минеральный, сушку проводят при температуре (70 ± 5) °С. Взвешивают чашку с грунтом.

Массу частиц грунта размером менее 0,1 мм следует определить по разности между весом средней пробы, взятой для анализа, и весом высушенной пробы грунта после промывки.

Грунт следует просеять сквозь набор сит. Полноту просеивания фракций грунта сквозь каждое сито следует проверять над листом бумаги.

Каждую фракцию грунта, задержавшуюся на ситах, следует взвесить отдельно ($д_ф$). Потерю грунта при просеивании разносят по фракциям пропорционально их массе.

Обработка результатов. Содержание в грунте каждой фракции A в % надлежит вычислять по формуле

$$A = \frac{m_ф}{m_1} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где $m_ф$ – масса данной фракции грунта, г; m_1 – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Результаты анализа регистрируют в журнале, в котором указывают процентное содержание в грунте фракций:

а) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5 и менее 0,5 мм – при разделении грунта без промывки водой;

б) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1 и менее 0,1 мм – при разделении грунта с промывкой водой.

Результаты анализа необходимо сопровождать указанием метода определения [5].

Для определения степени неоднородности C_u крупнообломочных и песчаных грунтов строят интегральную кривую гранулометрического состава.

При построении интегральной кривой в простом масштабе на оси абсцисс откладывают размеры частиц в миллиметрах, а на оси ординат – процентное содержание фракций. Для построения кривой однородности результаты анализов пересчитывают по совокупности фракций. Для этого, начиная с самой мелкой фракции, проценты суммируют до 100. Каждая из промежуточных цифр полученного ряда будет показывать суммарное процентное содержание в породе

фракций меньше определенного диаметра.

При построении интегральной кривой однородности в полулогарифмическом масштабе по оси ординат, показывают процентное содержание фракций по совокупности. По оси абсцисс показывают логарифмы диаметра частиц, точнее, размеры, пропорциональные логарифмам. Поэтому для построения шкалы по оси абсцисс необходимо выбрать основание этой шкалы, т.е. длину отрезка, соответствующего lg10. Если за основание шкалы принять отрезок длиной n см, то по оси абсцисс от начала координат через интервал n см делают граничные метки. В начале координат ставят число 0,001, а против каждой последующей метки соответственно 0,01; 0,1; 1; 10 и т. д. Если в составе породы тонкие фракции отсутствуют, то в начале координат ставят не 0,001, а 0,01 или 0,1, т. е. шкала может быть сдвинута влево.

Если lg 10=1 будет соответствовать длине n см, то логарифмы предыдущих чисел будут равны следующим длинам:

lg 2= 0,301 →0,301x n см
lg 3= 0,477 →0,477x n см
lg 4= 0,602 →0,602x n см
lg 5= 0,699 →0,699x n см
lg 6= 0,778 →0,778x n см
lg 7= 0,845 →0,845x n см
lg 8= 0,903→0,903x n см
lg 9= 0,954 →0,954x n см

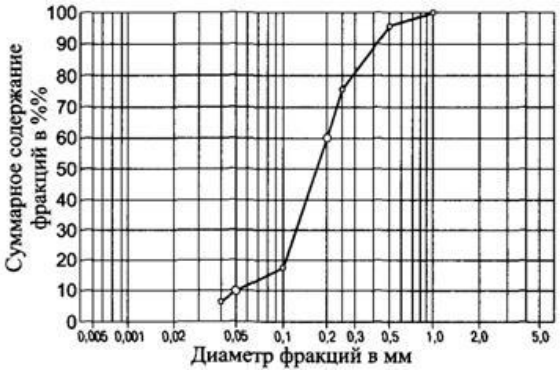
Откладывая длину вычисленных отрезков от начала координат и от каждой граничной метки вправо, на шкале абсцисс делают промежуточные метки, против которых ставят соответствующие числа: в первом интервале 0,002; 0,003; 0,004 и т. д., во втором интервале 0,02; 0,03; 0,04 и т. д., в третьем интервале 0,2; 0,3; 0,4 и т. д. Далее пересчитывают фракции по совокупности, на соответствующих ординатах точками отмечают процентное содержание фракций меньше определенного диаметра, точки соединяют плавной линией и получают кривую однородности в полулогарифмическом масштабе (табл. 3.3).

Наименования крупнообломочных и песчаных грунтов должны дополняться указанием о степени неоднородности их зернового состава C_u, определяемой по формуле:

$$C_u = d_{60} / d_{10}$$

где d_{60} – диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится (по весу) 60% частиц; d_{10} – диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится (по весу) 10% частиц.

Таблица 3.3. Пример построения кумулятивной кривой



Фракции, мм	Среднее содержание фракций	Суммарное содержание фракций
1 - 0,5	3,0	100,0
0,5 - 0,25	20,4	97,0
0,25 - 0,10	58,3	76,6
0,10 - 0,05	11,3	18,3
< 0,05	7,0	7,0

3.2. Определение гранулометрического (зернового) состава грунтов ареометрическим методом

Гранулометрический (зерновой) состав грунтов ареометрическим методом проводят путем измерения плотности суспензии ареометром е процессе ее отстаивания.

Аппаратура, оборудование, материалы и реактивы. Для определения гранулометрического состава грунтов необходимы следующие аппаратура, оборудование, материалы и реактивы: ареометр со шкалой 0,995 – 1 – 1,030 и ценой деления 0,001; набор сит с поддоном; сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1,0; 0,5; 0,25; 0,1 мм; весы; ступка и пест фарфоровые; пестик с резиновым наконечником; чашка фарфоровая; эксикатор с силикагель-индикатором; шкаф сушильный; колба коническая плоскодонная вместимостью 500 см^3; воронки диаметром порядка 4 и 14 см; цилиндр мерный вместимостью 1 л и диаметром (60 ± 2) мм; термометр с погрешностью до 0,5 °С; мешалка для взбалтывания суспензии; секундомер; промывалка; пипетка на 25 мл; обратный холодильник; 25 %-ный раствор аммиака; 4 %-ный или 6,7 %-ный пирофосфорнокислый натрий; баня песчаная.

Калибровка ареометра. ***Определение поправки на нулевое показание ареометра.*** Ареометр опускают в мерный цилиндр с дистиллированной водой температурой 20 °С и проводят отсчет плотности воды. Полученный отсчет принимают за единицу плотности. Разность между принятой единицей и замеренным отсчетом по ареометру равна поправке, которую вводят в расчет. Поправку прибавляют к каждому отсчету по шкале ареометра, если ареометр при проверке показывает менее 1,000, и вычитают, если ареометр показывает более 1,000. ***Определение поправки на высоту мениска.*** Поправку на высоту мениска вводят в расчет, если ареометр градуирован на заводе по нижнему краю мениска. Дня этого ареометр опускают в цилиндр с дистиллированной водой температурой 20 °С. Проводят отсчеты по нижнему и верхнему краям мениска. Разница между замеренными отсчетами и будет поправкой на высоту мениска. Поправку прибавляют к каждому отсчету по шкале ареометра при измерениях ппотности суспензии. Еспи ареометр градуирован по верхнему краю мениска, то поправка не требуется. ***Определение поправки на диспергатор.*** Ареометр опускают в мерный цилиндр с налитой 950 см^3 дистиллированной водой температуру 20 °С и проводят отсчет по верхнему краю мениска. Добавляют в цилиндр диспергирующее вещество. Затем доливают в цилиндр водой до 1 л, смесь взбалтывают, вторично опускают в нее ареометр и проводят отсчет по верхнему краю мениска. Разность между вторым и первым отсчетами будет поправкой на диспергатор. Поправку вычитают из каждого отсчета по шкале ареометра при замерах плотности суспензии.

Подготавливают, отбирают и взвешивают пробу грунта. Навеску грунта просеивают сквозь набор сит с размером отверстий 10; 5; 2; 1 мм с поддоном. Если в образце нет крупных частиц, просеивание сквозь сито с размером отверстий 2 мм и более не проводят. Взвешивают фракции грунта, задержавшиеся на ситах и прошедшие в поддон. Из органо-минеральных грунтов следует отбирать пробу грунта с естественной влажностью и структурой соответственно увеличив пробу.

Отбирают методом квартования среднюю пробу из грунта, прошедшего сквозь сито с размером отверстий 1 мм, и взвешивают ее. Масса средней пробы должна быть окопо 30 г. Одновременно с взятием средней пробы для определения

гранулометрического состава отбирают пробы грунта массой не менее 15 г для определения гигроскопической или природной влажности и плотности частиц.

В колбу емкостью 500 $см^3$ переносят навеску грунта, доливают 200 $см^3$ дистиллированной воды, добавляют в получившуюся суспензию 1 $см^3$ 25% раствора аммиака. Колбу следует закрыть пробкой с обратным холодильником или воронкой диаметром 4–5 см и кипятить суспензию в течении 30 минут – для супесей (песков) и 1 ч – для суглинков, глин (кипячение не должно быть бурным). После кипячения необходимо охладить суспензию до комнатной температуры.

Охлажденную до комнатной температуры суспензию необходимо спить в стекпянный цилиндр вместимостью 1 л сквозь сито с размером отверстий 0,1 мм, помещенное в воронку диаметром приблизительно 14 см. Оставшиеся на внутренней поверхности колбы частицы грунта следует тщательно смыть дистиллированной водой из промывалки на поверхность сита. Во избежание коагуляции в грунтовую суспензию в качестве стабилизатора добавляется 5 $см^3$ 4 %-ного или 6,7 %-ного пирофосфорно кислого натрия: 4 %-ного – из расчета на безводный пирофосфорнокислый натрий ($Na_4P_20_7$); 6,7 % – из расчета на водный пирофосфорнокислый натрий ($Na_4P_20_7$–$10H_2O$).

Задержавшиеся на сите частицы и агрегаты грунта смывают струей воды в фарфоровую чашку, где их тщательно растирают пестиком с резиновым наконечником или пальцем в тонком резиновом чехле. Сливают образовавшуюся в чашке взвесь в цилиндр сквозь сито размером отверстий 0,1 мм. Растирание осадка в чашке и сливание взвеси сквозь сито в цилиндр следует продолжать до полного осветления воды над частицами, оставшимися на дне чашки. Уровень воды в цилиндре не должен превышать отметку 1000 $см^3$.

Частицы грунта, задержавшиеся на сите, тщательно смывают водой из промывалки в фарфоровую чашку, выпаривают на песчаной бане, высушивают в сушильном шкафу при (105 ± 5) °С. Если грунт органический, сушку проводят при температуре (70 ± 5) °С до постоянной массы.

Высушенные до постоянной массы частицы грунта просеивают сквозь сита размером отверстий 0,5; 0,25 и 0,1 мм. Частицы грунта, прошедшие сквозь сито размером отверстий 0.1 мм. следует перенести в ципиндр с суспензией. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, взвешивают. Суспензию в мерном цилиндре доводят до объема 1000 $см^3$.

Проведение испытания. Суспензию взбалтывают мешалкой в течение 1 мин на всю глубину до полного взмучивания осадка со дна цилиндра, не допуская выплескивания суспензии и вспенивания. Определяют по табл. 3.3 время взятия отсчета по ареометру после окончания взбалтывания суспензии. Затем за **10–12 с** до замера плотности суспензии следует осторожно опустить в нее ареометр, который должен свободно плавать, не касаясь стенок и дна цилиндра, и взять отсчет по ареометру. Продолжительность взятия отсчета должна быть ***не более 10 с.***

Таблица 3.3 Время взятия отсчета по ареометру

Диаметр фракций зерен грунта, мм	Время от конца взбалтывания суспензии до замера ее плотности
Менее 0.05	1 мин
Более 0,01	30 мин
Более 0,002	11 ч

Для удобства работы с ареометром следует брать упрощенные отсчеты, т. е. в отсчете плотности суспензии на шкале ареометра отбросить единицу и перенести запятую на три знака вправо: в этом случае тысячные деления будут представлять

собой целые числа, а десятитысячные, которые берут на глаз, – десятые. Контроль за температурой суспензии необходимо осуществлять замером температуры с погрешностью до 0,5 °С в течение первых 5 мин (до начала опыта) и затем после каждого замера плотности суспензии ареометром. При температуре, отличающейся от 20 °С, к отсчетам по ареометру, следует внести поправку (табл. 3.4).

Таблица 3.4. Поправки к отсчету по ареометру

Температура суспензии, °С	Поправки к отсчету по ареометру *R*	Температура суспензии, °С	Поправки к отсчету по ареометру *R*	Температура суспензии, °С	Поправки к отсчету по ареометру *R*
10,0	–1,2	17,0	–0,5	24,0	+0,8
10,5	–1,2	17,5	–0,4	24,5	+0,9
11,0	–1,2	18,0	–0,3	25,0	+1,0
11,5	–1,1	18,5	–0,3	25,5	+1,1
12,0	–1,1	19,0	–0,2	26,0	+1,3
12,5	–1,0	19,5	–0,1	26,5	+1,4
13,0	–1,0	20,0	0,0	27,0	+1,5
13,5	–0,9	20,5	+0,1	27,5	+1,6
14,0	–0,9	21,0	+0,2	28,0	+1,8
14,5	–0,8	21,5	+0,3	28,5	+1,9
15,0	–0,8	22,0	+0,4	29,0	+2,1
15,5	–0,7	22,5	+0,5	29,5	+2,2
16,0	–0,6	23,0	+0,6	30,0	+2,3
16,5	–0,6	23,5	+0,7		

В отсчеты плотности суспензии необходимо внести поправки на нулевое показание ареометра, высоту мениска (если ареометр тарирован по нижнему мениску) и диспергатор.

Обработка результатов. Процентное содержание фракций грунта размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1 мм следует вычислить по формуле (3.1).

Массу абсолютно-сухой средней пробы грунта m_o в г, вычисляют с учетом поправки на гигроскопическую влажность при анапизе воздушно-сухих образцов:

$$m_0 = \frac{m_1}{1+0{,}01w},$$

где m_1 – масса средней пробы грунта в воздушно-сухом состоянии (или природной влажности), г; *W*– гигроскопическая (или природная) влажность, %.

Содержание фракций грунта размером более 0,5; 0,25 мм и 0,1 мм *X*, %, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_n}{m_0}(100-k)$$

где m_n – масса данной фракции грунта, высушенной до постоянной массы, г; m_0 – масса абсолютно сухой средней пробы грунта (взятой для ареометра), г; *К* – суммарное содержание фракции грунта размером более 1.0 мм, %.

По данным каждого замера ареометром вычисляют суммарное содержание всех фракций грунта менее данного диаметра грунта *X*, % по формуле:

$$\overline{R}_c = \frac{\rho_s - R_n}{(\rho_s - \rho_w m_0)}(100-k)$$

где R_n – показания ареометра с поправками; p_s – плотность частиц грунта, г/см^3; p_w – плотность воды, равный 1 г/см^3; m_0 – масса абсолютно-сухой средней пробы грунта, г; *К* – суммарное содержание фракции грунта размером более 1,0 мм, %.

Определив суммарное процентное содержание фракций грунта с помощью ареометра, вычисляют процентное содержание каждой фракции грунта. Содержание фракций от 0,05 до 0,01 мм вычиспяют по разности между процентным содержанием фракций менее 0,05 мм и менее 0,01 мм. Аналогично вычисляют процентное содержание фракций грунта 0,01– 0,002 мм и 0.002–0,001 мм.

Результаты анализа надлежит регистрировать в журнале (табл. 2.1), в котором указывают процентное содержание в грунте фракций размером более **10; 10–5; 5–2; 2–1; 1– 0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1; 0,1–0,05; 0,05–0,01; 0,01–0,002 и менее 0,002 мм**. а также методы подготовки грунта к анализу. Результаты анализа необходимо сопровождать указанием процентного содержания гигроскопической влажности и химического вещества, примененного для стабилизации суспензии [5].

ЖУРНАЛ

лабораторного определения гранулометрического (зернового) состава грунта

Показатели	Ситовой анализ						Ситовой анализ с промывкой водой				
	Фракции грунта, мм									Лабораторный номер образца_____	
	Более 10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	Менее 0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	Менее 0,1	Номер выработки и глубина отбора образца, м _____	
Масса пробы грунта, г										Дата определения_____19__г.	
Масса фракции грунта, г										Окончательный результат гранулометрического состава грунта	
Содержание фракции, %										Фракции, мм	Содержание, %
РЕЗУЛЬТАТЫ АРЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА										Более 10	
Ареометр № _____	Время замера	Время оттаивания суспензии от начала опыта	Упрощенный отсчет по ареометру без поправок	Температура суспензии, °С	Температурная поправка к отсчету по ареометру	Упрощенный отсчет с поправкой на стабилизатор и нулевое показание ареометра	Окончательный отсчет по ареометру	Содержание частиц, мм		10–5	
Колба № _____										5–2	
Объем цилиндра на 1000 мл										2–1	
Поправки на стабилизатор, нулевое показание ареометра___										1–0,5	
										0,5–0,25	
Проба воздушно-сухой или природной влажности _____, г										0,25–0,1	
										0,1–0,05	
Гигроскопическая или природная влажность _____, %										0,05–0,01	
										0,01–0,002	
Плотность частиц грунта _____, г/см^3		1 мин								Менее 0,002	
Способ подготовки _____		30 мин								Сумма	
Стабилизатор _____		3 ч									

Исполнитель_____

(фамилия, имя, отчество, подпись)

Журнал проверил «_____»_____20____г._____

(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

4. Определение степени разложения микроскопическим методом по ГОСТ 10650 Торф. Методы определения степени разложения. Технические условия

4.1. Определение степени разложения микроскопическим методом

Общие сведения. Сущность метода заключается в определении относительной площади, занятой бесструктурной частью при рассмотрении тонкого разжиженного слоя торфа на предметном стекле через микроскоп с увеличением 56–140´. При этом за 100% принимают площадь, занятую бесструктурной частью и растительными остатками. Площадь, занятую бесструктурной частью, выражают в процентах и принимают за показатель степени разложения. Ткани, сохранившие клеточную структуру, принимают за растительные остатки.

Аппаратура, материалы, реактивы и растворы: микроскоп с увеличением свыше 56, плитка электрическая или горелка газовая, пробоотборник или ложка, пипетка 2-го класса точности, пинцет, иглы препаровальные, чаша фарфоровая диаметром 100 – 150 мм, ступка фарфоровая с пестиком, сито диаметром 100 – 250 мм с сеткой № 025К, стекла предметные размером 60´90 мм, стекла покровные размером 24´24 мм, масло иммерсионное, груша резиновая, кислота соляная, раствор с массовой долей 10 %, кислота серная техническая, раствор с массовой долей 5 %, натрия гидроокись, натр едкий технический или калия гидрат окиси технический по, растворы с массовой долей 5 и 10 %. *Метиловая синь или чернила фиолетовые (синие).*

Подготовка пробы торфа с массовой долей общей влаги 65% и более. От пробы берут для анализа 50–100 см^3 торфа, перемешивают, разравнивают его на пластиковом или полиэтиленовом листе слоем 3–5 мм. Из подготовленного слоя пробоотборником или ложкой набирают в 10–12 точках, равномерно расположенных по площади, порцию торфа объемом 0,5 см^3 и помещают на предметное стекло.

При наличии в торфе карбонатов для их разрушения на отобранную порцию капают пипеткой раствор соляной кислоты с массовой долей 10%. Если торф вскипает, то обрабатывают всю порцию, помещенную на предметное стекло.

Подготовка пробы торфа с массовой долей общей влаги менее 65%. Часть пробы помещают в фарфоровую чашу (количество торфа берут из расчета, что после набухания торф заполнит чашку на 2/3–3/4 ее объема), и заливают раствором гидроокиси натрия или калия с массовой долей 5%. Через 24 ч торф тщательно перемешивают, комки разминают и, если он остается комковатым, добавляют еще указанного раствора и перемешивают до получения однородной кашицеобразной массы. При более сухом торфе и для ускорения подготовки пробы его измельчают в ступке. Около 5 см^3 торфа помещают в фарфоровую чашу и заливают раствором гидроокиси натрия или калия с массовой долей 5%. Чашу с торфом ставят на электрическую плитку и нагревают в вытяжном шкафу, помешивая стеклянной палочкой до размягчения твердых комков и получения однородной кашицеобразной массы, затем чашу с торфом охлаждают до комнатной температуры. Порцию торфа для анализа отбирают ложкой. От каждой пробы для анализа готовят препарат на трех предметных стеклах. Помещенную на предметное стекло порцию торфа разбавляют водой до состояния текучести, тщательно перемешивают иглами и распределяют по стеклу частицы торфа тонким равномерным по толщине слоем. Препарат должен быть прозрачным настолько, чтобы сквозь него проступала

белизна бумаги, подложенной под него на расстоянии 50–100 мм. Сухая зона, отделяющая рабочую зону препарата от края стекла, должна быть шириной около 10 мм. Чтобы более четко вдеть образец добавляется метилен синий или чернила.

Проведение испытания под микроскопом. Предметное стекло с приготовленным препаратом кладут на столик микроскопа. Препарат рассматривают при увеличении 56–140´, следя за тем, чтобы частицы не перемещались по стеклу. На каждом предметном стекле рассматривают путем его перемещения десять полей зрения и определяют в процентах площадь, занятую бесструктурной частью относительно всей площади, занятой препаратом.

Обработка результатов. По полученным на каждом предметном стекле значениям степени разложения определяют **среднее арифметическое из тридцати отсчетов, округляя полученный результат до 5%.** Абсолютное допускаемое расхождение между результатами определений, проводимых разными исполнителями по одной пробе торфа, не должно превышать **10%.**

Для торфа с зольностью 15 % и более в полученные значения степени разложения вносят поправки путем их уменьшения в соответствии с табл. 4.1.

Таблица 4.1. Поправки к степени разложения торфа

Зольность торфа, %	Поправка к степени разложения торфа, %
До 15	–
Св. 15 до 25	2
» 25 » 35	3
» 35 » 45	4
» 45 » 55	5

При определении степени разложения торфа проводят **четыре параллельных определения из одной и той же пробы торфа**. Погрешность определения степени разложения торфа указана в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Погрешность определения степени разложения торфа

Массовая доля общей влаги, %	Погрешность определения. %, при степени разложения торфа		
	До 30 % включ.	Св. 30 до 50 % включительно	Св. 50 %
65 и более	**±2**	**±3**	**±5**
Менее 65	**±3**	**±5**	**±5**

4.2. Определение степени разложения методом сокращенного ситового анализа

Подготовка пробы для сокращенного ситового анализа. От пробы берут навеску торфа массой 15 г, помещают её в стеклянный стакан вместимостью 200–250 мл, заливают 150–200 мл дистиллированной воды и ***замачивают в течение суток***. В параллельно взятой навеске такой же массы определяется сухое вещество торфа. Перед началом анализа содержимое стакана переносят в колбу вместимостью 800–1000 мл, пробу заливают до половины объема водой. Водой смывают частицы торфа со стенок стакана в колбу. Колбу закрывают резиновой пробкой и встряхивают в течение 3 мин до получения однородной суспензии.

При использовании механических встряхивающих устройств, время обработки пробы увеличивают до 10 мин.

Проведение анализа. Суспензию сливают через сито диаметром 10 см с высотой бортика 8 см и сеткой с ячейками 0,25 мм. Остаток на сите промывают вертикальными колебательными движениями в течение 6–10 мин в кристаллизаторе с водопроводной водой, заменяя воду с периодичностью 1 мин и сливая промывные воды до отсутствия в промывной воде мути. Остаток на сите промывают колебательными движениями дополнительно в другом кристаллизаторе – с

дистиллированной водой. Промытый остаток переносят в чашку Петри; оставшиеся частицы полностью смывают с наружной стороны сита дистиллированной водой в чашку Петри. Производят выпаривание и сушку содержимого чашек Петри ведут при температуре **145–150 °С** методом ускоренного определения влажности торфа. Показатель содержания фракций размером менее 250 мкм (в %) рассчитывают по сухому веществу параллельно взятой навески m_c и сухому веществу остатка на сите $m_{ост}$ по формуле

$$p_{250} = \frac{100(m_c - m_{ост}}{m_c},$$

где m_c – массовая доля сухого вещества в навеске, г; $m_{ост}$ – массовая доля сухого вещества в остатке на сите, г. Затем по табл. 4.3 находят степень разложения торфа [1].

Таблица 4.3. Степень разложения торфа

P_{205}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	4,8	5,2	5,5	5,8	6,1	6,5	6,8	7,2	7,6	7,9
20	8,3	8,7	9,1	9,5	9,9	10,3	10,5	10,7	11,5	11,9
30	12,3	12,8	13,3	13,8	14,3	14,8	15,3	15,8	16,3	16,8
40	17,3	17,8	18,3	18,9	19,5	20,1	20,7	21,3	21,9	22,5
50	23,1	23,7	24,3	25,0	25,7	26,4	27,1	27,8	28,5	29,5
60	29,9	30,6	31,3	32,0	32,8	33,6	34,4	35,2	36,0	36,8
70	37,6	38,4	39,3	40,2	41,1	42,0	42,9	43,8	44,7	45,6
80	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,5
90	56,5	57,6	58,7	59,8	60,9	62,0	63,2	64,4	65,6	66,8

Весовой метод согласно Методическим указаниям по инженерно-геологическому обследованию болот при изысканиях автомобильных и железных дорог: 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 = 105^0 и взвешивают. Степень разложения определяют по формуле

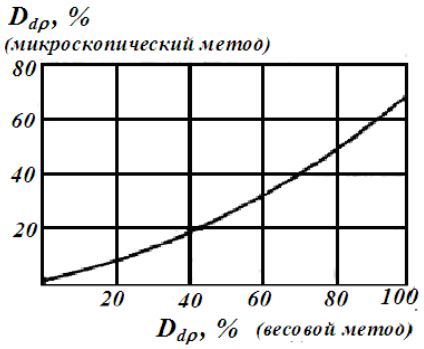


Рис. 4.1. Приближенный пересчет степени разложения, определеного весовым методом на степень разложения по микроскопическому методу

$$D_{dp} = 100 - \frac{100a}{b},$$

где D_{dp} – степень разложения, %; a – вес сухого волокна из отмученной навески; b – вес сухого торфа неотмученной навески.

Под степенью волокнистости следует понимать содержание в твердой фазе торфа волокнистых остатков размером более 0,25 мм, выраженное в процентах от объема твердой фазы. Если степень разложения устанавливают микроскопическим способом, то степень волокнистости можно вычислить по формуле $B = 100 – D_{dp}$.

При необходимости пересчет степени разложения определенным весовым методом, на степень разложения по микроскопическому методу приближенно может быть осуществлен с помощью графика (рис. 4.1) [26].

5. Определение ботанического состава остатков растений-торфообразователей и степени разложения торфа по его ботаническому составу по ГОСТ 28245. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения

5.1. Определение ботанического состава остатков растений-торфообразователей

Общие сведения. Сущность метода заключается в определении при помощи микроскопа количественного соотношения в процентах остатков растений-торфообразователей, слагающих растительное волокно в пробе, освобожденной от гумуса. По ботаническому составу при помощи «ключа» определяют тип. группу и вид торфа.

Аппаратура, материалы, реактивы и растворы: микроскоп с увеличением свыше 56, плитка электрическая или горелка газовая, пробоотборник или ложка, пипетка 2-го класса точности, пинцет, иглы препаровальные, чаша фарфоровая диаметром 100 – 150 мм, ступка фарфоровая с пестиком, сито диаметром 100 – 250 мм с сеткой № 025К, стекла предметные размером 60´90 мм, стекла покровные размером 24´24 мм, масло иммерсионное, груша резиновая, кислота соляная, раствор с массовой долей 10 %, кислота серная техническая, раствор с массовой долей 5 %, натрия гидроокись, натр едкий технический или калия гидрат окиси технический по, растворы с массовой долей 5 и 10 %. *Метиловая синь или чернила фиолетовые (синие).*

Подготовка к испытанию

Подготовка пробы с влагой более 65 . От пробы берут для анализа 50 – 100 см^3 торфа и разравнивают его на пластиковом или полиэтиленовом листе слоем 3 – 5 мм. Из подготовленного слоя пробоотборником или ложкой набирают в точках, равномерно расположенных по площади, порцию торфа объемом около 5 см3, помещают на сито и промывают ее струей воды до тех пор, пока вода под ситом станет прозрачной. Промытое волокно маленькими порциями пинцетом переносят на предметное стекло, распределяют иглами тонким прозрачным слоем.

Подготовка пробы с влагой менее 65 %

От приготовленной пробы берут порцию объемом около 5 см3, помещают на сито и промывают ее струей воды до тех пор, пока вода под ситом станет прозрачной. Промытое волокно маленькими порциями пинцетом переносят на предметное стекло, распределяют иглами тонким прозрачным слоем.

От каждой пробы для анализа готовят препарат на трех предметных стеклах.

Если волокно имеет характерную желто-коричневую окраску, то на него при помощи пипетки капают раствором серной кислоты с массовой долей 5% до исчезновения окраски. Затем пипеткой добавляют воду и разравнивают препарат иглами до получения тонкого прозрачного слоя.

При анализе сфагновых мхов часть промытой пробы для препарата предварительно окрашивают метиловой синью или чернилами.

При анализе древесных и травянистых остатков для большего просветления добавляют пипеткой несколько капель раствора гидроокиси натрия или калия с массовой долей 10 %.

Проведение испытания. Предметное стекло с приготовленным препаратом кладут на столик микроскопа и рассматривают при увеличении 56 – 140´.

При анализе пыльцы растений, анатомического строения остатков древесины и сфагновых мхов пользуются увеличением 400´ и более. При этом применяют

стандартные предметные и покровные стекла, а также иммерсионное масло, которое наносят на покровное стекло.

Ботанический состав торфа устанавливают путем определения количественного соотношения между растительными остатками Волокно растений-торфообразователей, видимое под микроскопом, по занимаемой в поле зрения площади принимают за 100 %.

При анализе путем перемещения предметного стекла на каждом препарате просматривают до десяти полей зрения.

Обработка результатов. По каждому полю зрения записывают название встречающихся растений и ставят против них процент занимаемой площади с округлением до 5 %. Если остатки растений встречаются в количестве менее 5 %, то их отмечают знаком «ед» – единично. Для каждого растения-торфообразователя определяют среднее арифметическое по всем полям зрения одного образца с округлением до 5 %. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [16].

ЖУРНАЛ

определения ботанического состава и степени разложения торфа

№ п/п	Дата	Номер пробы	Ботанический состав, %	Степень разложения *R*, %	Вид торфа
		1	Осока нитевидная – 40 Осока двутычиночная – 20 Осока бутыльчатая – 15 Осока топяная – ед. Хвощ – 5 Сфагнум централе – 10 Сфагнум варнсторфии – 10	27	Осоковый низинный
		2	Сфагнум магелланикум – 50 Сфагнум ангустифолиум – 35 Сфагнум фускум – ед. Пушица – 5 Кора сосны и древесины – 10	14	Магелланикум

Абсолютное допускаемое расхождение между определениями ботанического состава, проводимыми разными исполнителями в одной пробе, не должно превышать 5 % по растениям-торфообразователям, определяющим вид торфа.

Принадлежность растительных остатков к определенному виду растения устанавливают по **Атласу растительных остатков в торфах.**

После определения ботанического состава при помощи «ключа» находят тип, группу и вид исследуемого торфа по Классификациям видов торфа и торфяных залежей рис. 5.1 или по ГОСТ 21123 Торф. Термины и определения [8].

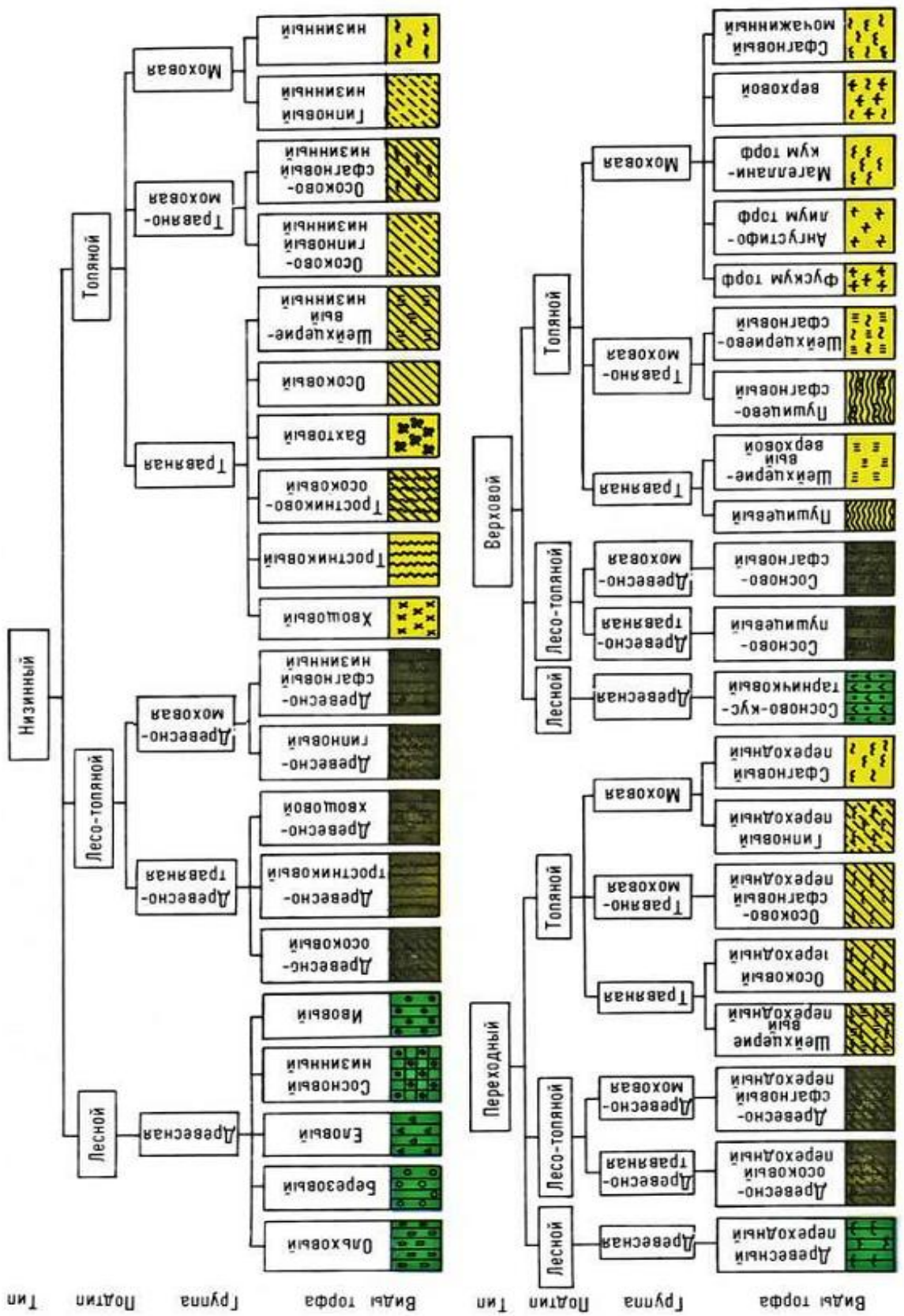


Рис. 5.1. Классификация видов торфа по С.Н. Тюремнову [32]

5.2. Определение степени разложения торфа по его ботаническому составу

Общие сведения. Сущность метода заключается в отмывании торфа от гумуса, просмотре растительных остатков под микроскопом с установлением их номенклатуры и количественного соотношения в процентах и определением степени разложения торфа по табл. 5.1 как суммы величин степени разложения, образующейся от каждого растения-торфообразователя в соответствии с процентом его участия в ботаническом составе испытуемой пробы. Рекомендуется при поисково-оценочных работах на ранних стадиях разведки месторождений.

Проведение испытания. Определяют ботанический состав испытуемой пробы торфа согласно ГОСТ 28245.

Обработка результатов. Результаты анализа ботанического состава торфа, в котором доля участия каждого растения выражена в процентах, группируют и располагают в последовательности, приведенной в табл. 5.2: мхи (сфагновые верховые, сфагновые низинные, гипновые); травянистые (шейхцерия, осоки, тростник, вахта, пушица, другие травянистые); древесные (все, кроме сосны, сосна). Для каждого растения определяют величину степени разложения торфа, соответствующую проценту его участия в ботаническом составе. Сумма степеней разложения всех растений будет искомой степенью разложения. Для кустарничковых степень разложения принимают по графе 10.

Таблица 5.1. Определение величины степени разложения торфа

Содержание растительных остатков в ботаническом составе торфа	Степень разложения торфа										
	Мхи			Травянистые						Древесные	
	сфагновые верховые	сфагновые низинные	гипновые	шейхцерия	осоки	тростник	вахта	пушица	другие травянисты е	все, кроме сосны	сосна
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	0,7	0,9	1,1	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	1,7	2,2	2,7
10	1,3	1,7	2,3	2,9	2,9	3,5	3,5	4,0	3,4	4,4	5,4
15	2,0	2,5	3,5	4,3	4,3	5,6	6,3	7,0	5,5	7,5	8,6
20	2,6	3,3	4,6	5,7	5,7	7,8	9,2	10,3	7,7	11,0	11,8
25	3,3	4,1	5,8	7,1	7,1	9,9	12,0	13,8	10,0	14,5	15,0
30	3,9	4,9	7,0	8,5	8,5	12,0	14,8	17,3	12,2	18,1	18,1
35	4,6	5,7	8,3	9,9	9,9	14,2	17,7	20,3	14,4	20,9	21,3
40	5,2	6,5	9,6	11,3	11,3	16,3	20,5	23,0	16,5	23,9	24,5
45	5,9	7,4	10,9	12,8	12,8	17,9	21,7	24,8	18,0	25,6	26,9
50	6,5	8,3	12,2	14,3	14,3	19,4	23,0	26,5	19,5	27,3	29,4
55	7,2	9,2	13,5	15,8	15,8	21,0	24,2	28,1	21,0	29,0	31,9
60	7,8	10,0	14,8	17,2	17,2	22,5	25,4	29,7	22,4	30,7	34,3
65	8,5	10,9	15,9	18,7	18,7	24,1	26,7	31,2	23,9	32,4	36,8
70	9,1	11,8	16,9	20,2	20,2	25,6	27,9	32,6	25,3	34,1	39,3
75	5,3	12,7	17,9	21,6	21,6	27,2	29,1	34,0	26,7	35,8	41,8
80	5,7	13,5	18,9	23,1	23,1	28,7	30,4	35,2	28,1	37,5	44,2
85	6,0	14,4	19,8	24,6	24,6	30,3	31,6	36,5	29,5	39,2	46,7
90	6,4	15,3	20,8	26,1	26,2	31,8	32,8	37,7	30,9	40,9	49,2
95	6,7	16,2	21,8	27,5	27,8	33,4	34,1	38,9	32,3	42,6	51,6
100	7,1	17,0	22,7	29,0	29,4	34,9	35,3	40,2	33,8	44,3	54,1

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами определений, проводимых разными исполнителями по одной пробе, не должно превышать 10 %.

Пример: Торф древесно-осоковый. Состав: мхи гипновые – 15 %, осоки – 50 %, древесина лиственных – 35 %. По таблице (графы 4, 6 и 11) определяем степень разложения для растений: гипновых мхов – 3,5 %, осок – 14,3 %, древесных – 20,9 %. Получаем 3,5 + 14,3 + 20,9=38,7 %, округляем до целого – 39 % [16].

6. Определение зольности торфа по ГОСТ 11306. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности

6.1. Метод определения зольности торфа и торфяной продукции топливного назначения. Тигли с навесками торфа закрывают крышками и ставят на под холодной или нагретой до температуры 200–250 °С муфельной печи (под печи заполняют тиглями не более чем на половину), закрывают дверцу. Через 15 мин открывают дверцу, снимают крышки с тиглей и нагревают печь до температуры (800±25) °С и продолжают прокаливание в закрытой муфельной печи до полного озоления нелетучего остатка в течение 3 ч. После прокаливания тигли с золой вынимают из муфельной печи, охлаждают на асбестовом листе 5 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Для контроля тигли с зольным остатком дополнительно прокаливают в течение 40 мин при температуре (800±25) °С. После охлаждения и взвешивания определяют изменение массы. Если изменение массы в сторону уменьшения или увеличения будет менее 0,005 г, то для расчета принимают последнюю массу. При уменьшении массы на 0,005 г и более тигли с зольным дополнительно прокаливают в течение 40 мин до тех пор, пока разность в массе при двух последовательных взвешиваниях будет менее 0,005 г. Взвешивания проводят с точностью до 0,0002 г.

6.2. Метод определения зольности торфяной продукции сельскохозяйственного и природоохранного назначения. Тигли с навесками торфа закрывают крышками и ставят на под холодной или нагретой до температуры 200–250°С муфельной печи (под печи заполняют тиглями не более чем на половину), закрывают дверцу. Через 15 мин открывают дверцу, снимают крышки с тиглей и постепенно в течение 1 ч нагревают печь до температуры (525±25) °С. При этой температуре продолжают прокаливание закрытой муфельной печи до полного озоления нелетучего остатка (до прекращения искрения) в течение 3 ч. Наблюдение ведут через смотровое отверстие. После прокаливания тигли с золой вынимают из муфельной печи, охлаждают на асбестовом листе в течение 5 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Несгоревшие частицы дополнительно выжигают. Для этого в тигли добавляют несколько капель горячей дистиллированной воды температурой более 90 °С или 3%-ного раствора H_2O_2 и повторно прокаливают при температуре (525±25) °С в течение 1 ч, охлаждают в эксикаторе и взвешивают с точностью до 0,001 г.

Таблица 6.1 Расхождение результатов испытаний

Зольность	Расхождение результатов испытаний, проводимых, %	
	в одной лаборатории	в разных лабораториях
До 8,0	0,3	0,5
От 8,0 до 20,0	0,5	0,8
Более 20,0	1,0	1,5

Предел допускаемых значений от 0,2 до 1,5% при доверительной вероятности Р =0,9. Если расхождение между результатами двух параллельных определений превышает допускаемые значения, проводят третье, и за окончательный результат принимают среднее арифметическое двух наиболее близких определений в пределах допустимых расхождений. Если результат третьего определения находится в пределах допускаемых расхождений, то за окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов трех определений. **Вычисление результатов испытания проводят до второго десятичного знака [3].**

7. Определение массовой доли органического вещества в торфяных и оторфованных горизонтах почв гравиметрическим методом определения по ГОСТ 26213. Почвы. Методы определения органического вещества и ГОСТ 27784 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв

Общие сведения. Метод основан на определении потери массы пробы после прокаливания при температуре 525 °С. Массовую долю зольности торфяных, оторфованных и других органических горизонтов почв в процентах вычисляют по ГОСТ 27784. Стандарт устанавливает метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв при проведении почвенного, агрохимического, мелиоративного обследования угодий и контроля за состоянием почв. Суммарная относительная погрешность метода, выражаемая коэффициентом вариации, составляет 6 % при зольности 10 % и 3 % при зольности свыше 10 %.

Образцы почвы доводят до воздушно-сухого состояния. Масса воздушно-сухой пробы должна быть не менее 1 кг. Почву измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм до тех пор, пока вся почва не пройдет через сито, тщательно перемешивают, методом квартования отбирают 150 – 200 г и помещают в коробку или банку. Приступая к анализу, всю почву из банки высыпают на лист стекла, пластмассы или полиэтиленовой пленки, распределяют тонким слоем не более 1 см, затем не менее чем из 5 мест отбирают пробы шпателем или ложечкой. Масса анализируемой пробы – от 3 до 5 г.

Для проведения анализа применяют: шкаф сушильный с автоматическим регулированием температуры (105 ± 2) °С; печь муфельную с электрическим обогревом и с автоматическим регулированием температуры (525 ± 25) °С; тигли фарфоровые, обеспечивающие вмещение пробы массой 3–5 г; весы лабораторные 2–го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г; измельчитель почвенных и растительных проб, обеспечивающий измельчение до 5 мм; сито с отверстиями диаметром 5 мм с поддоном и крышкой; щипцы тигельные; эксикатор; перчатки термозащитные; кальций хлористый; воду дистиллированную; водорода перекись, 3 %-ный раствор.

Чистые, сухие пронумерованные тигли прокаливают в муфельной печи при температуре (525 ± 25) °С, охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием с погрешностью не более 0,001 г. Проводят повторное прокаливание и взвешивание до установления постоянной массы. Если расхождение между результатами взвешиваний не превышает 0,005 г, прокаливание заканчивают. Тигли хранят в эксикаторе с хлористым кальцием, периодически проверяя их массу.

Анализируемые пробы торфяных и оторфованных горизонтов почв помещают в предварительно взвешенные фарфоровые тигли с таким расчетом, чтобы почва занимала не более 2/3 объема тигля, взвешивают их с погрешностью не более 0,001 г, помещают в холодный сушильный шкаф и нагревают его до 105 °С. Содержание влаги в пробах определяют по ГОСТ 19723.

Тигли с пробами почв, высушенными при (105 ± 2) °С до постоянной массы, ставят в холодную муфельную печь и постепенно доводят температуру до 200 °С. При появлении дыма печь отключают и дверцу приоткрывают. В течение 1 ч постепенно доводят температуру в муфельной печи до 300 °С. После прекращения появления дыма печь закрывают, температуру в муфельной печи доводят до (525 ± 25) °С и тигли прокаливают в течение 3 ч.

Тигли с зольным остатком вынимают из муфельной печи, закрывают их крышками и ставят в эксикатор. Охлажденные до комнатной температуры тигли взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

Несгоревшие частицы почвы дополнительно выжигают. Для этого в тигли добавляют несколько капель горячей дистиллированной воды температурой более 90 °С или 3 %-ного раствора перекиси водорода и повторно прокаливают при температуре (525 ± 25) °С в течение 1 ч, охлаждают в эксикаторе и взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

После охлаждения и взвешивания оценивают изменение массы зольного остатка. Если изменение массы в сторону уменьшения или увеличения будет менее 0,005 г, то анализ заканчивают и для расчета принимают наименьшее значение массы. При уменьшении массы на 0,005 г и более тигли с зольным остатком прокаливают дополнительно. Прокаливание заканчивают, если разность в массе при двух последовательных взвешиваниях будет менее 0,005 г.

Массовую долю зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв (D_{as}), в процентах, вычисляют по формуле

$$D_{as} = 100\frac{(m - m_1)}{m_2},$$

где m – масса тигля с зольным остатком, г; m_1 – масса пустого тигля, г; m_2 – масса сухой почвы, г.

Допускаемые расхождения между результатами повторных определений от их среднего арифметического при выборочном статистическом контроле и доверительной вероятности $P = 0{,}95$ составляют, в процентах:

- **16,8 – при зольности 10 %;**
- **8,4 – при зольности свыше 10 %.**

Массовую долю органического вещества в процентах вычисляют по формуле

$$I_R = (100 - D_{as}),$$

где m – массовая доля зольности, % [14, 15].

8. Определение растительных остатков по ГОСТ 23740. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ

Общие сведения. Для определения содержания органических веществ в грунте надлежит установить раздельно количество растительных остатков и гумуса. Растительные остатки следует выделить из грунта сухим или мокрым способом, после чего определить их количество.

Растительные остатки надлежит выделить из средней пробы грунта воздушно-сухого состояния и определить их количество в процентах.

Оборудование: баня песчаная или водяная, весы, воронка, груша резиновая, лупа, мешалка, нож, пинцет, сита с сетками проволочными ткаными № 1 и 0,25, стекло органическое листовое, цилиндр, ступка фарфоровая и пестик с резиновым наконечником,термометр с погрешностью измерений до 0,5 °С, ткань суконная или шерстяная (кусочек), чашки фарфоровые, шкаф, шпатель, эксикатор по с кальцием хлористым 2-водным.

Подготовленный грунт надлежит тщательно перемешать и отобрать методом квадратов среднюю пробу не менее 25 г. Одновременно следует отобрать пробу для определения гигроскопической влажности.

Взятую пробу необходимо поместить на стекло с подложенной под него бумагой (для фона). Растительные остатки следует тщательно отбирать (под лупой), раздавливая комочки грунта пинцетом (сухой способ). Для ускорения процесса удаления растительных остатков из грунта следует пользоваться неэлектризованной пластинкой из органического стекла, а при больших количествах растительных остатков применять отмучивание их в водопроводной воде (мокрый способ).

Сухую пластинку из органического стекла необходимо натереть кусочком шерстяной или суконной ткани и быстро провести ее над грунтом, распределенным тонким слоем на стекле или бумаге, следя, чтобы к пластинке не притягивались вместе с растительными остатками глинистые частицы. Пластинку следует держать примерно на 5 см выше слоя грунта.

Для отмучивания растительных остатков среднюю пробу грунта следует высыпать в заранее взвешенную фарфоровую чашку, взвесить, смочить водой, и слегка растереть пестиком с резиновым наконечником так, чтобы не повредить растительные остатки. Затем следует отмутить песок, для чего грунт заливают водой, перемешивают и сливают верхний слой с глинистыми частицами сквозь сито с сеткой № 1 в течение 5 – 8 с в большую фарфоровую чашку, следя, чтобы на сито не попал песок. Операцию необходимо повторять до полной отмывки песка в чашке.

Растительные остатки на сите следует отмыть от глинистых частиц и перенести во взвешенную фарфоровую чашку. Прошедшие сквозь сито глинистые частицы следует в чашке взболтать дать им возможность осесть, а растительные остатки, прошедшие сквозь сито с сеткой № 1, слить через сито с сеткой № 0,25 в другую чашку.

Растительные остатки, оставшиеся на ситах с сетками № 1 и 0,25, следует соединить в одной чашке, а воду выпарить на бане. Все прошедшие через сито частицы грунта следует из чашки перенести в цилиндр и проверить полноту выделения растительных остатков.

Для проверки чистоты выделения растительных остатков из грунта рекомендуется оставшийся в фарфоровой чашке глинистой осадок перенести

методом декантации через сито с сеткой № 0,25 в цилиндр (рис. 8.1) и долить его водой до метки. Затем следует измерить температуру воды, взболтать перенесенный в цилиндр грунт мешалкой в течение 1 мин и слить через верхний штуцер во взвешенную фарфоровую чашку 100 миллиметровый слой суспензии через интервал времени, указанный в зависимости от температуры в табл. 8.1.

Таблица 8.1 Интервал времени слива суспензии

Плотность частиц, г/см^2	Температура °С								
	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
	Время падения частиц 0,005 мм на глубину более 10 см								
2,45	1 ч 49′33"	1 ч 42′22"	1ч 36′	1 ч 30′5"	1 ч 24′52"	1 ч 19′54"	1 ч 15′31"	1 ч 11′15"	1 ч 7′28"

Через нижний штуцер слить нижний слой суспензии в другую чашку, если на стенках цилиндра остались растительные остатки, собрать их пальцем и добавить к растительным остаткам, оставшимся на сите. Собранные в чашках суспензии выпаривать на бане и каждую фракцию проверить на чистоту выделения растительных остатков. Оставшиеся в процессе выпаривания на стенках чашек растительные остатки следует собрать с помощью пластинки из органического стекла и добавить к выделенным ранее растительным остаткам.

Выделенные песчаные, глинистые частицы и растительные остатки следует высушить в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 100 – 105 °С и взвесить с погрешностью не более 0,01 г.

Количество растительных остатков $I_{ост}$ в процентах следует вычислить по формуле

$$I_{ост} = 100\, m_{so} / m_s,$$

где m_{so} – масса сухих растительных остатков, г; m_s – масса сухого грунта, г.

Для пересчета воздушно-сухой навески на сухую применяют коэффициент

$$k=(100- w_g)/100,$$

где w_g – гигроскопическая влажность, % [11].

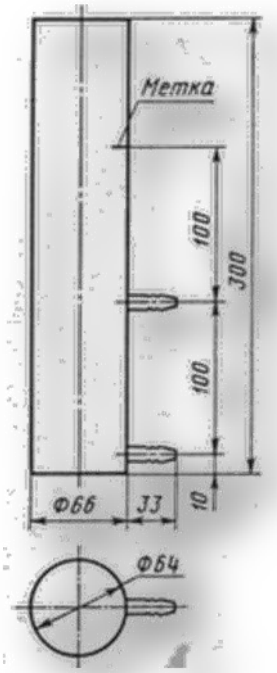


Рис. 8.1. Цилиндр для проверки полноты выделения растительных остатков

9. Определение влажности грунта по ГОСТ 5180. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

Общие положения. Среди методов определения влажности наибольшее распространение получил весовой метод, ставший стандартным: влажность грунта определяется высушиванием до постоянной массы при температуре 105 °С. Этим методом выполняются исследования грунтов для различных видов строительства на всех стадиях изысканий, за исключением тех случаев, когда грунты содержат значительное количество растительных остатков. Для того, чтобы избежать окисления некоторых органических веществ во время сушки, требуется температуры сушки ниже, чем обычные (105±5) ºС, например (50±2,5) °С, при которых может не произойти удаление всей воды. Для определения подходящей температуры сушки может понадобиться проведение пробных экспериментов. Для глинистых грунтов для определения влажности на границе текучести и раскатывания применяются предварительные процедуры перед высушиванием грунта (табл. 9.1).

Таблица 9.1. Методы определения влажности грунта

Определяемая характеристика грунта	Метод определения	Грунты (область применимости метода)
Влажность, в том числе гигроскопическая	Высушивание до постоянной массы	Все грунты
Суммарная влажность	Средней пробой	Мерзлые слоистой и сетчатой криогенной текстуры
Влажность границы текучести	Пенетрация конусом	Пылевато-глинистые
Влажность границы раскатывания	Раскатывание в жгут	То же
	Прессование	То же

Физические характеристики следует определять не менее чем для двух параллельных проб, отбираемых из исследуемого образца грунта. Значение характеристик вычисляют как среднеарифметическое из результатов параллельных определений. Если разница превышает допустимую, количество определений следует увеличить.

Подготовка к испытаниям и определение плотности мерзлых грунтов должны проводиться в помещении с отрицательной температурой воздуха на не подвергавшихся оттаиванию образцах. Перед испытаниями образцы должны быть выдержаны при заданной отрицательной температуре не менее 6 ч. Допустимая разница Δ результатов параллельных определений дана в табл. 9.2.

При обработке **влажность вычисляют до 30% – с точностью до 0,1%, влажность 30% и выше – с точностью до 1% [19].**

Погрешность измерения массы (взвешивания) не должна превышать:

при массе от 10 до 1000 г ... 0,02 г

" " от 1 до 5 кг ... 5 г

Таблица 9.2. Допустимая разница Δ результатов параллельных определений

	Влажность грунта *w*, %				
	1–5	**> 5–10**	**> 10–50**	**> 50–100**	**> 100**
Δ, %	**0,2**	**0,6**	**2,0**	**4,0**	**5,0**

9.1. Определение влажности методом высушиванием до постоянной массы

Влажность грунта следует определять как отношение массы воды, удаленной из грунта высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного грунта.

Подготовка к испытаниям. Пробу грунта для определения влажности отбирают массой **15–50 г**, помещают в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный стаканчик и плотно закрывают крышкой.

Проведение испытаний. Пробу грунта в закрытом стаканчике взвешивают.

Стаканчик открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают до постоянной массы при температуре (105 ± 2)°С. Загипсованные грунты высушивают при температуре (80 ± 2)°С.

Песчаные грунты высушивают в течение **3 ч**, а остальные – в течение **5 ч**.

Последующие высушивания песчаных грунтов производят в течение **1 ч,** остальных – в течение **2 ч.**

Загипсованные грунты высушивают в течение **8 ч**. Последующие высушивания производят в течение **2 ч**.

После каждого высушивания грунт в стаканчике охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием до температуры помещения и взвешивают. Высушивание производят до получения разности масс грунта со стаканчиком при двух последующих взвешиваниях не более **0,02 г.**

Если при повторном взвешивании грунта, содержащего органические вещества, наблюдается увеличение массы, то за результат взвешивания принимают наименьшую массу.

Обработка результатов. Влажность грунта *w*, %, вычисляют по формуле

$$w = 100\frac{m_1 - m_0}{m_0 - m},$$

где m – масса пустого стаканчика с крышкой, г; m_1 – масса влажного грунта. со стаканчиком и крышкой, г; m_0 – масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой, г. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме. *Допускается выражать влажность грунта в долях единицы [19].*

ЖУРНАЛ

определения влажности грунта

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Номер стаканчика	Масса стаканчика с крышкой m, г	Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г	Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г		Влажность w, %	
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

9.2. Определение гигроскопической влажности высушиванием до постоянной массы

Для определения гигроскопической влажности пробы массой **10–20 г** отбирают способом квартования из грунта в воздушно-сухом состоянии растертого, просеянного сквозь сито с сеткой **№ 1** и *выдержанного открытым не менее 2ч при данной температуре и влажности воздуха.* Пробу грунта в стаканчике взвешивают и сушат [19].

9.3. Определение суммарной влажности мерзлого грунта

Подготовка к испытаниям. Образец мерзлого грунта со слоистой или сетчатой криогенной текстурой массой **1–3 кг** (имеющий не менее трех ледяных и минеральных прослоек каждого направления) помещают в предварительно высушенную, взвешенную и пронумерованную тару. Допускается оттаивание образцов грунта в плотно завязанных полиэтиленовых пакетах во время транспортирования и хранения.

Проведение испытаний. Образец грунта в таре взвешивают, дают ему оттаять и доводят до однородного состояния, близкого к границе текучести для пылевато-глинистых грунтов, или полного водонасыщения для песчаных грунтов, перемешивая его металлическим шпателем и добавляя дистиллированную воду или осторожно сливая избыток воды после ее осветления.

Грунт в таре вновь взвешивают и отбирают из него пробы для определения влажности перемешанного грунта.

Обработка результатов. Суммарную влажность w_{tot}, %, мерзлого грунта вычисляют по формуле

$$w_{tot} = \frac{m_3 - m_2}{m_4 - m_2}(100 + w) - 100,$$

где m_2 – масса тары, г: m_3 – масса образца грунта (с тарой), г; m_4 – масса перемешанного грунта (с тарой), г; w – влажность перемешанного грунта, %. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [19].

ЖУРНАЛ

определения суммарной влажности мерзлого грунта методом средней пробы

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Номер тары	Масса тары m_2, г	Масса образца грунта с массой тары m_3, г	Масса перемешанного грунта и тары m_4, г	Номер стаканчика	Масса стаканчика с крышкой m, г	Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой m_1, г	Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г		Влажность перемешанного грунтаw, %		Влажность грунта w_{tot}, %
												1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

9.4. Определение влажности на границе раскатывания методом раскатывания в жгут

Границу раскатывания (пластичности) следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3–10 мм.

Проведение испытаний. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают, берут небольшой кусочек и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке до образования жгута диаметром 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром 3 мм. Раскатывать следует, слегка нажимая на жгут, длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут не начинает распадаться по поперечным трещинам на кусочки длиной 3–10 мм.

Кусочки распадающегося жгута собирают в стаканчики, накрываемые крышками. Когда масса грунта в стаканчиках достигнет 10–15 г, определяют влажность. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме. Допустимая разница Δ результатов параллельных определений приведена в табл. 9.3 [19].

Таблица 9.3. Допустимая разница Δ результатов параллельных определений

	Влажность грунта на границе раскатывания w_p, %	
	до 40	**40 и более**
Δ, %	**2,0**	**4,0**

ЖУРНАЛ

определения границ текучести и раскатывания пылевато-глинистых грунтов

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Граница текучести						
					Номер стаканчика	Масса стаканчика с крышкой m, г	Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой m_1, г	Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г		Граница текучести w_L, %	
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Продолжение

Граница раскатывания							Число пластичности I_p, % $I_p = w_L - w_p$	Примечания
Номер стаканчика	Масса стаканчика с крышкой m, г	Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой m_1, г	Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г		Граница раскатывания w_p, %			
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя		
13	14	15	16	17	18	19	20	21

9.5. Определение границы раскатывания (пластичности) методом прессования

Границу раскатывания допускается определять как влажность грунтовой пасты, устанавливающуюся после прессования ее в контакте с целлюлозой (фильтровальной бумагой) под давлением 2 МПа (20 кгс/см^2) до завершения водоотдачи грунта.

Аппаратура. ***Устройство для определения границы пластичности образца (УОН)*** предназначено для лабораторного определения влажности границы раскатывания (пластичности) грунта методом прессования по ГОСТ 5180. Изделие состоит из устройства осевого нагружения, штампа, семи дисков и шаблона для формирования образца (рис. 9.1 и 9.2). Изделие при проведении испытаний обеспечивает одновременное уплотнение шести образцов грунта диаметром 50 мм и толщиной 2 мм. Вертикальная нагрузка создается избыточным давлением воздуха.

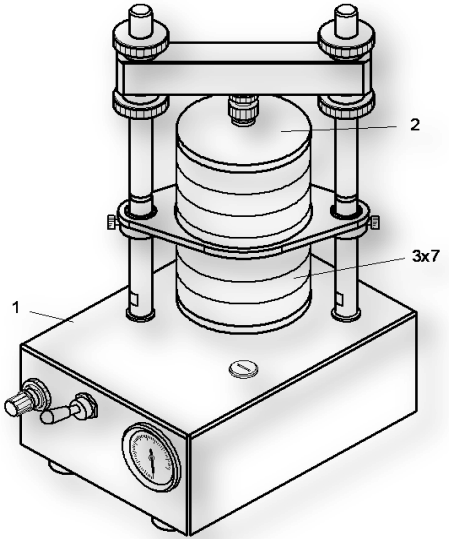


Рис. 9.1. Устройство для определения границы пластичности образца 1 – усройство осевого нагружения; 2 – штамп; 3 – диск

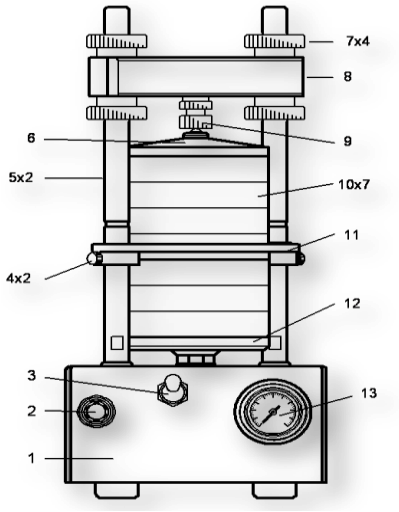


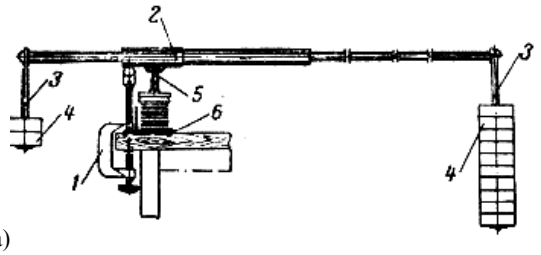
Рис. 9.2. 1 – основание УОН; 2 – регулятор; 3 – переключатель, 4, 9 – винт, 5 – стойка; 6 – штамп; 7 – гайка, 8 – балка; 10 – диск; 11 – фиксирующее кольцо; 12 – столик; 13 – индикатор

Рама предназначена для передачи механического воздействия от механизма создания вертикальной нагрузки на испытываемый образец грунта и состоит из двух стоек и закрепленной на них при помощи четырех гаек балки. В нижней части балки расположено винтовое отверстие, в которое ввертывается винт. Основание изделия состоит из корпуса и механизма создания вертикальной нагрузки.

Механизм создания вертикальной нагрузки предназначен для создания осевой (вертикальной) нагрузки на образец и состоит из пневматического цилиндра и органов управления (переключателя, регулятора и индикатора). Регулятор предназначен для настройки при выпуске из производства вертикальной нагрузки величиной 2 МПа, создаваемой пневматическим цилиндром. Регулятор при использовании изделия не применяется. Столик, закрепленный на штоке пневматического цилиндра, предназначен для установки дисков с образцами. На передней панели корпуса основания изделия расположены: переключатель для сброса вертикальной нагрузки; регулятор; индикатор наличия давления. На задней панели корпуса основания изделия расположен фитинг «*пневмосеть* 0,6 МПа» для подключения изделия к сети избыточного давления (магистрали). При установке

переключателя в верхнее положение, воздух из сети питания сжатым воздухом поступает в пневмоцилиндр. Давление, созданное в пневмоцилиндре, воздействуя на поршень, вызывает перемещение штока со столиком и установленным на столике дисками с образцами. Рама и штамп остаются неподвижными, вследствие этого происходит вертикальное сжатие (прессование) образцов дисками. Наличие давления контролируется по индикатору [34].

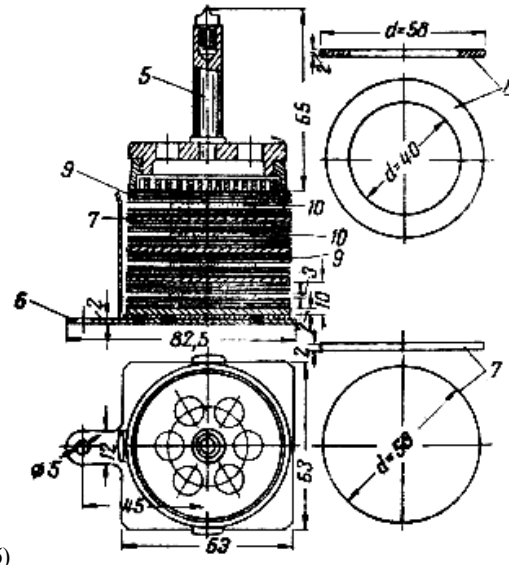
Прибор из лаборатории Литвинова (рис. 9.3) также позволяет получить влажность грунта на границе раскатывания.



а)

Условные обозначения:

а) схема установки прибора, б) детали прибора; 1– зажимное устройство, 2 – рычажный пресс, 3 – подвеска, 4 – гиря, 5 – поршень со штоком, 7 – металлический диск, 8 – оский металлический шаблон, 9 – пакет бумажных фильтров, 10 – образец грунта.



б)

Рис. 9.3. Прибор для определения влажности на границе раскатывания лаборатории Литвинова

Проведение испытаний. Шаблон толщиной 2 мм с отверстием 5 см укладывают на хлопчатобумажную ткань и заполняют грунтовой пастой. Избыток пасты срезают ножом вровень с поверхностью шаблона. Шаблон удаляют, а полученный образец покрывают сверху такой же тканью. Снизу и сверху подготовленного образца укладывают по 20 листов фильтровальной бумаги размером 9х9 см. Подготовленный образец помещают между деревянными или металлическими пластинками и создают с помощью пресса давление на образец 2 МПа (20 кгс/см^2) в течение 10 мин.

Затем проводят контроль завершения водоотдачи грунта. Для этого снимают давление пресса, вынимают образец и, удалив фильтровальную бумагу и ткань, сгибают образец пополам. Границу раскатывания считают достигнутой, если образец на сгибе дает трещину. При отсутствии трещины определение повторяют на новой порции пасты, увеличив длительность прессования на 10 мин по сравнению с длительностью предыдущего испытания. Повторные прессования повторяют до тех пор, пока не будет достигнута граница раскатывания грунта.

По достижении границы раскатывания сразу определяют влажность *образца методом высушивания до постоянной массы*.

Для контроля применимости метода для грунтов, поступающих в лабораторию, не менее 20% общего числа образцов из каждого инженерно-геологического элемента следует испытывать параллельно методом раскатывания. Метод прессования допускается применять только при получении сопоставимых результатов контрольных определений [19].

9.6. Определение влажности на границе текучести методом пенетрации конуса

Границу текучести следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается поддействием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм.

Подготовка к испытаниям. Для определения границы текучести используют монолиты или образцы нарушенного сложения, для которых требуется сохранение природной влажности. Для грунтов, содержащих органические вещества, границу текучести определяют сразу после вскрытия образца. Для грунтов, не содержащих органических веществ, допускается использование образцов грунтов в воздушно-сухом состоянии.

Образец грунта природной влажности разминают шпателем в фарфоровой чашке или нарезают ножом в виде тонкой стружки (с добавкой дистиллированной воды, если это требуется), удалив из него растительные остатки крупнее 1 мм, отбирают из размельченного грунта методом квартования пробу массой около 300 г и протирают сквозь сито с сеткой № 1. Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее 2 ч.

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии растирают в фарфоровой ступке или в растирочной машине, не допуская дробления частиц грунта и одновременно удаляя из него растительные остатки крупнее 1 мм, просеивают сквозь сито с сеткой № 1, увлажняют дистиллированной водой до состояния густой пасты, перемешивая шпателем, и выдерживают в закрытом стеклянном сосуде. Для удаления избытка влаги из образцов илов производят обжатие грунтовой пасты, помещенной в хлопчатобумажную ткань между листами фильтровальной бумаги, под давлением (пресс, груз). Грунтовую пасту из илов не допускается выдерживать в закрытом стеклянном сосуде. Добавлять сухой грунт в грунтовую пасту не допускается.

Проведение испытаний. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают шпателем и небольшими порциями плотно (без воздушных полостей) укладывают в цилиндрическую чашку к балансирному конусу. Поверхность пасты заглаживают шпателем вровень с краями чашки. Балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, подводят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось пасты. Затем плавно отпускают конус, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса. Погружение конуса в пасту в течение 5 с на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

При погружении конуса в течение 5 с на глубину менее 10 мм, грунтовую пасту извлекают из чашки, присоединяют к оставшейся. пасте, добавляют немного дистиллированной воды, тщательно перемешивают ее и повторяют операции.

При погружении конуса за 5 с на глубину более 10 мм грунтовую пасту из чашки перекладывают в фарфоровую чашку, слегка подсушивают на воздухе, непрерывно перемешивая шпателем и повторяют операции. По достижении границы текучести из пасты отбирают пробы массой **15–20 г** для определения влажности. Допустимая разница результатов параллельных определений дана в табл. 9.4 [19].

Таблица 9.4. Допустимая разница Δ результатов параллельных определений

	Влажность грунта на границе текучести w_L, %	
	до 80	**80 и более**
Δ, %	**2,0**	**4,0**

10. Определение влаги торфа по ГОСТ 11305. Торф и продукты его переработки. Методы определения влаги и ГОСТ 19723-74. Торф. Метод определения содержания влаги в залежи

10.1. Определение массовой доли влаги в лабораторных пробах [2]

Подготовка к испытанию. Лабораторную пробу торфа с частицами размером **не более 3 мм**, подготовленную по ГОСТ 5396, перемешивают в открытой банке или полиэтиленовом пакете шпателем или ложкой, после чего берут в предварительно взвешенные стаканчики навески торфа массой 5–10 г в зависимости от степени его разложения.

Навеску берут специальным челноком на всю глубину слоя торфа в банке или ложкой на разной глубине банки или пакета из двух-трех мест. Навески торфа взвешивают в стаканчиках вместе с крышками. Лабораторную пробу торфяных грунтов, торфяных удобрений или другой торфяной продукции высыпают на противень, разравнивают ровным слоем и делят по ГОСТ 11304 решеткой на девять равных частей, из которых ложкой по частям набирают навеску массой 5–10 г.

Проведение испытания. Сушильный шкаф должен быть предварительно прогрет до температуры 105–110 °С. Каждый стаканчик с торфом ставят на свою крышку и помещают в сушильный шкаф на среднюю полку и сушат в течение 2,5–4 ч. Допускается ставить крышки на нижнюю полку. Затем стаканчики с торфом вынимают из шкафа, закрывают крышками, охлаждают на керамической плитке, асбестовом или металлическом листе до комнатной температуры и взвешивают. После взвешивания навески проводят контрольное подсушивание в течение 30 мин и определяют потерю массы, если потеря не превышает 0,01 г, испытание заканчивают и для вычисления принимают последнюю массу. При потере массы более 0,01 г производят последующие контрольные подсушивания, каждое в течение 30 мин до тех пор, пока разность в массе двух последовательных взвешиваниях не будет превышать 0,01 г или когда последнее контрольное подсушивание даст увеличение массы. *При увеличении массы для расчета принимают ее предпоследнее значение*. Все взвешивания производят с точностью до **0,01 г**. Начало отсчета времени каждой сушки ведут с того момента, когда температура в шкафу, понизившаяся при установке стаканчиков в шкаф, снова достигнет 105–110 °С. Основной метод применяют при инвентаризации торфяной продукции, для расчетных целей по топливному торфу и при возникновении разногласий в определении содержания влаги [2].

10.2. Определение массовой доли влаги в аналитических пробах [2]

Подготовка к испытанию. Аналитическую пробу торфа с частицами размером **не более 0,28 мм**, приготовленную по ГОСТ 11303, перемешивают в открытой банке шпателем или ложкой, после чего берут в предварительно взвешенные стеклянные стаканчики навески торфа массой 1,5–2 г на разной глубине из двух-трех мест. Взвешивание навесок торфа в стаканчиках производят вместе с крышками.

Проведение испытания. Стаканчики с навесками торфа помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до 105-110 °С, и сушат при этой температуре в течение 2 ч. Вынутые из шкафа стаканчики закрывают крышками, ставят на керамическую плитку, асбестовый или металлический лист и охлаждают не менее 5 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Продолжительность каждого контрольного подсушивания устанавливается 30 мин. Навески торфа контрольно подсушивают до тех пор, пока разность в массе при двух

последовательных взвешиваниях не будет превышать 0,001 г, или до увеличения массы. Все взвешивания производят с точностью 0,0002 г [2].

10.3. Определения массовой доли влаги ускоренным методом [2]

Подготовка к испытанию. Лабораторную пробу торфа, с размером частиц не более 3 мм перемешивают в банке (полиэтиленовом пакете) шпателем или ложкой. Затем на разной глубине из двух-трех мест ложкой отбирают и помещают в предварительно взвешенные стаканчики навески торфа массой 5–6 г. Взвешивание навесок торфа в стаканчиках производят вместе с крышками. Все взвешивания производят с погрешностью не более 0,01 г. Перед началом испытаний сушильный шкаф нагревают до 165–170°С.

Проведение испытания. Стаканчики с навесками торфа помещают на среднюю полку сушильного шкафа каждый под свою крышку. Допускается ставить крышки на нижнюю полку. После этого регулятор температуры переключают на 145–150 °С. Навески сушат в течение 30 мин с момента достижения устойчивой температуры 145–150 °С, а при влажности торфа более 55% – в течение 45 мин.

По окончании высушивания стаканчики с навесками вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышками и охлаждают на керамической плитке, асбестовом или металлическом листе до комнатной температуры и взвешивают.

Обработка результатов. Массовую долю влаги в лабораторной пробе *($w^л$)* и аналитической пробе *(w^a)* в процентах вычисляют по формуле

$$, w^л(w^a) = 100\frac{m - m_1}{m},$$

где m – масса навески торфа до сушки, г; m_1 – масса навески после сушки, г.

Определение массовой доли влаги производят параллельно в двух навесках основным и ускоренным методами для расчетных целей и инвентаризации. Для расчетных целей торфяной продукции для сельского хозяйства и при инвентаризации определение проводят параллельно на двух навесках, **а для текущего учета и профилактики допускается по одной навеске.**

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений в пределах допускаемых расхождений. Допускаемые расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать значений величин, указанных в табл. 10.3. Если расхождения между результатами двух параллельных определений превышает приведенное значение величины, производят третье определение и за окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов **двух наиболее близких определений в пределах допускаемых расхождений.** Если результат третьего определения находится в пределах допускаемых расхождений по отношению к результатам каждого из двух предыдущих определений, то за окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов трех определений. **Вычисление результатов испытаний производят до второго десятичного знака, окончательные результаты округляют до первого десятичного знака [2].**

Таблица 10.3. Допускаемые расхождения между результатами

Расхождение между результатами испытаний (%), проводимых			
в одной лаборатории (по одной лабораторной или аналитической пробе) для проб с размером частиц		в разных лабораториях (по дубликатам одной лабораторной или аналитической пробы) для проб с размером частиц	
3 мм	**0,28 мм**	**3 мм**	**0,28 мм**
0,5	**0,2**	**1,0**	**0,3**

10.4. Определение содержания влаги в залежи [6]

Общие сведения. Методика распространяется на торф, отобранный из залежи торфяных месторождений, и устанавливает метод определения содержания влаги.

Аппаратура и оборудование: шкаф сушильный с электрическим обогревом и терморегулятором, обеспечивающим устойчивую температуру 105–110°С, и с дополнительными отверстиями для естественной вентиляции; стаканчики алюминиевые вместимостью 50–70 см^3 с крышками; весы лабораторные;шпатель, ложку, щипцы.

Подготовка к испытанию. Из пробы торфа, отобранной по ГОСТ 17644 и усредненной вручную без применения мясорубки, шпателем берут две навески массой 15–20 г и помещают в стаканчики, закрывают крышками и взвешивают.

Взвешенные стаканчики с навесками открывают, ставят в крышки и помещают в ненагретый сушильный шкаф.

Стаканчики с крышками должны быть пронумерованы, высушены и взвешены.

Проведение испытания. Сушильный шкаф, загруженный стаканчиками с торфом, включают в электросеть. Сушку навески производят не менее 4,5 ч. Отсчет времени начинают производить в тот момент, когда температура в сушильном шкафу достигнет 105°С.

Затем стаканчики с торфом вынимают из шкафа, закрывают крышками, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

После взвешивания стаканчики с торфом подвергают контрольному высушиванию в течение 1 ч, затем снова охлаждают и взвешивают. Контрольные высушивания повторяют до получения постоянной массы навески.

Массу навески считают постоянной, если разность в массе при двух последовательных взвешиваниях не превышает 0,02 г, или когда последнее взвешивание даст увеличение массы.

Для расчета принимают последнюю массу навески или предпоследнюю, если последнее взвешивание даст увеличение массы. Все взвешивания производят с погрешностью не более ±0,01 г.

Контрольное подсушивание навесок торфа одновременно с основной сушкой других навесок в одном сушильном шкафу не допускается.

Обработка результатов. Содержание влаги (w) в процентах вычисляют по формуле:

$$w = 100\frac{m - m_1}{m},$$

где m – масса навески до сушки, г; m_1 – масса навески после сушки, г.

Подсчет результатов производят с погрешностью не более 0,1% и округляют до 1%. Определение производят параллельно в двух навесках. Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 1,0%. При получении результатов с расхождением более 1,0% определение повторяют [6].

11. Определение плотности грунтов по ГОСТ 5180. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

Общие положения. Характеристики плотности следует определять не менее чем для двух параллельных проб, отбираемых из исследуемого образца грунта. Значение характеристик вычисляют как среднеарифметическое из результатов параллельных определений. Если разница превышает допустимую, количество определений следует увеличить. Метод определения характеристики выбирают в зависимости от свойств грунта в соответствии с табл. 11.1.

Таблица 11.1. Методы определения характеристик плотности

Определяемая характеристика грунта	Метод определения	Грунты (область применимости метода)
Плотность грунта	Режущим кольцом	Легко поддающиеся вырезке или не сохраняющие свою форму без кольца, сыпучемерзлые и с массивной криогенной текстурой
	Взвешивание в воде парафинированных образцов	Пылевато-глинистые немерзлые, склонные к крошению или трудно поддающиеся вырезке
	Взвешивание в нейтральной жидкости	Мерзлые
Плотность сухого грунта	Расчетный	Все грунты
Плотность частиц грунта	Пикнометрический с водой	Все грунты, кроме засоленных и набухающих
	То же, с нейтральной жидкостью	Засоленные и набухающие
	Метод двух пикнометров	Засоленные

При обработке результатов испытаний плотность вычисляют с точностью до 0,01 г/см [19].

Погрешность измерения массы (взвешивания) не должна превышать:

при	**массе**	**от**	**10**	**до**	**1000 г**	**...**	**0,02 г**
"	**"**	**от**	**1**	**до**	**5 кг**	**...**	**5 г**

11.1. Определение плотности грунта

Оборудование: кольца-пробоотборники, нож с прямым лезвием, весы лабораторные с гирями, лопатка плоская, штангенциркуль, пресс винтовой, насадка для вдавливания колец, пластинки гладкие (стекло, металл и т. д.) вазелин технический, щипцы тигельные. При обработке результатов испытаний плотность вычисляют с точностью **до 0,01 г/см^3.** Погрешность измерения массы **не должна превышать при массе от 10 до 1000 г ..... 0,02 г от1 до 5 кг ..... 5 г.**

Кольца-пробоотборники (табл. 11.2) изготовляют из стали с антикоррозионным покрытием или из других материалов, не уступающих по твердости и коррозионной стойкости. Кольца нумеруют, измеряют внутренний диаметр и высоту с погрешностью не более **0,1 мм** и взвешивают. По результатам измерений вычисляют объем кольца с точностью **до 0,1 см³**. Пластинки с гладкой поверхностью (из стекла, металла и т. д.) нумеруют и взвешивают.

Таблица 11.2. Характеристики режущих колец пробоотборников

Наименование и состояние грунтов	Толщина стенки, мм	Диаметр внутрен-ний d,мм	Высота h	Угол заточки наружного режущего края
Немёрзлые пылевато-глинистые грунты	1,5–2,0	≥50	0,8 d≥ h >0,3 d	Не более 30˚
Немёрзлые и сыпучие-мёрзлыепесчаные грунты	2,0–4,0	≥70	d≥ h>0,3 d	То же
Мерзлые пылевато-глинистые грунты	3,0–4,0	≥80	h= d	45˚

Ход работы. Кольцо-пробоотборник смазать с внутренней стороны тонким слоем вазелина или консистентной смазки. Верхнюю зачищенную плоскость образца грунта выровнять, срезая излишки грунта ножом, установить на ней режущий край кольца и винтовым прессом или вручную через насадку слегка вдавить кольцо в грунт, фиксируя границу образца для испытаний. Затем грунт снаружи кольца обрезать на глубину 5–10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1–2 мм больше наружного диаметра кольца. Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом пресса или насадки насаживать кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов. После заполнения кольца грунт подрезать на 8–10 мм ниже режущего края кольца и отделить его. Грунт, выступающий за края кольца, срезать ножом, зачистить поверхность грунта вровень с краями кольца и закрыть торцы пластинками.

При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов вдавить в него и удалить грунт вокруг кольца. Затем зачистить поверхность грунта, накрыть кольцо пластинкой и подхватить его снизу плоской лопаткой.

Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают.

Плотность грунта определяется отношением массы образца грунта к его объему. Данную характеристику следует определять **не менее** чем для двух параллельных проб, отбираемых из исследуемого образца грунта.

Обработка результатов. Плотность грунта ρ, г/см ^{3}, вычисляют по формуле:

$$\rho = (m_1 – m_0 – m_2)/V,$$

где m_1 – масса грунта с кольцом и пластинками , г; m_0 – масса кольца , г; m_2 – масса пластинок , г; V – внутренний объем кольца , см ^{3}. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме. Допустимая разница результатов параллельных определений дана в табл. 11.3 [19].

Таблица 11.3. Допустимая разница результатов Δ параллельных определений

	Плотность грунта, ρ,гм/см³	
	Песчаные грунты	Пылевато-глинистые грунты
Δ ,г/см³	0,04	0,03

ЖУРНАЛ

определения плотности грунта методом режущего кольца

№№п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер [illegible]	Глубина отбора образца грунта,	Номер кольца	Номер пластинок		Масса кольца с грунтом и пластинками m_1,	Масса кольца m_0, г	Масса пластинок, г		Масса грунта, г	Объем грунта V, см^3	Плотность грунта ρ, г/см^3	
						верхней	нижней			верхней	нижней			образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

11.2. Определение плотности сухого грунта

Плотность сухого грунта ρ_d, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_d = m_c/V,$$

где m_c – масса сухого грунта, г/см^3; V – внутренний объем кольца, см ^{3}.

Для определения плотности сухого грунта расчетным методом предварительно определяют влажность грунта и его плотность при этой влажности. Плотность сухого грунта ρ_d, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_d = \rho/(1 + 0{,}01w),$$

где ρ – плотность грунта, г/см^3; w – влажность грунта, % [19].

Формулы для расчета характеристик грунтов

Справочное пособие для обработки материалов инженерно-геологических изысканий. М: ДАР/ВОДГЕО, 2005. - 94 с.

	ρ_s	ρ	ρ_d	n	e	w	w_{sat}
ρ_s		$\frac{\rho}{(1+w)(1-n)}$	$\frac{\rho_d}{1-n}$	$\frac{\rho_d}{1-n}$	$\rho_d(1+e)$	$\frac{S_r l}{w}$	$\frac{e}{w_{sat}}$
ρ	$\rho_s(1-n)(1+w)$		$\rho_d(1+w)$	$\rho_s(1-n)+n$ при $S_r = 1$	$\frac{\rho_s(1+w)}{1+e}$	$\frac{S_r n(1+w)}{w}$	$\frac{n(1+w_{sat})}{w_{sat}}$
ρ_d	$\rho_s(1-n)$	$\frac{\rho}{1+w}$		$\frac{n}{w_{sat}}$ при $S_r = 1$	$\frac{\rho_s}{1+e}$	$\frac{\rho}{1+w}$	$\frac{\rho_s(\rho-1)}{\rho_s-1}$ при $S_r = 1$
n	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_s}$	$1-\frac{\rho}{\rho_s(1+w)}$	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_s}$		$\frac{e}{1+e}$	$1-\frac{\rho}{\rho_s(1+w)}$	$\frac{w_{sat}\rho_s}{1+w_{sat}\rho_s}$
e	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_d}$	$\frac{\rho_s(1+w)}{\rho}-1$	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_d}$	$\frac{n}{1-n}$		$\frac{\rho_s(1+w)}{\rho}-1$	$\rho_s w_{sat}$ при $S_r = 1$
w	$\frac{\rho}{\rho_s(1-n)}-1$	$\frac{\rho-\rho_d}{\rho_d}$	$\frac{\rho-\rho_d}{\rho_d}$	$\frac{\rho}{\rho_s(1-n)}-1$	$\frac{\rho(1+e)}{\rho_s}-1$		$\frac{\rho_s-\rho}{\rho_d(\rho-1)}$ при $S_r=1$
w_{sat}	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_s\rho_d}$	$\frac{n}{\rho-n}$	$\frac{\rho_s-\rho_d}{\rho_s\rho_d}$	$\frac{n}{\rho_d}, \frac{n}{(1-n)\rho_s}$	$\frac{e}{\rho_d(1+e)}$	$\frac{e}{\rho_s}$	
S_r	$\frac{w\rho(1-n)}{n}$	$\frac{w\rho}{n(1+w)}$	$\frac{w\rho_d}{n}$	$\frac{w\rho_d}{n}$	$\frac{w\rho_s}{e}$	$\frac{w\rho_s}{e}$	$\frac{w}{w_{sat}}$

Плотность грунта, взвешенного в воде: $\rho' = (\rho_s - 1)(1-n) = \frac{\rho_s - 1}{1+e} = \frac{\rho_d(\rho_s - 1)}{\rho_s}$,

Для упрощения в некоторых формулах не проставлена $\rho_w \approx 1$ г/см^3 .

11.3. Определение плотности грунта методом взвешивания в воде

Подготовка к испытаниям. Вырезают образец грунта объемом не менее 50 см^3 и придают ему округлую форму, срезая острые выступающие части. Образец обвязывают тонкой прочной нитью со свободным концом длиной 15–20 см, имеющим петлю для подвешивания к серьге весов. Парафин, не содержащий примесей, нагревают до температуры 57 – 60 °С.

Проведение испытаний. Обвязанный нитью образец грунта взвешивают. Образец грунта покрывают парафиновой оболочкой, погружая его на 2–3 с в нагретый парафин. При этом пузырьки воздуха, обнаруженные в застывшей парафиновой оболочке, удаляют, прокалывая их и заглаживая места проколов нагретой иглой. Эту операцию повторяют до образования плотной парафиновой оболочки.

Охлажденный парафинированный образец взвешивают. Затем парафинированный образец взвешивают в сосуде с водой (рис. 11.1, а). Для этого над чашей весов устанавливают подставку для сосуда с водой так, чтобы исключить ее касание к чаше весов или снимают подвес с чашей с серьги, уравновесив весы дополнительным грузом. К серьге коромысла подвешивают образец и опускают в сосуд с водой. Объем сосуда и длина нити должны обеспечить полное погружение образца в воду и образец не должен касаться дна и стенок сосуда (рис. 11.1, б).

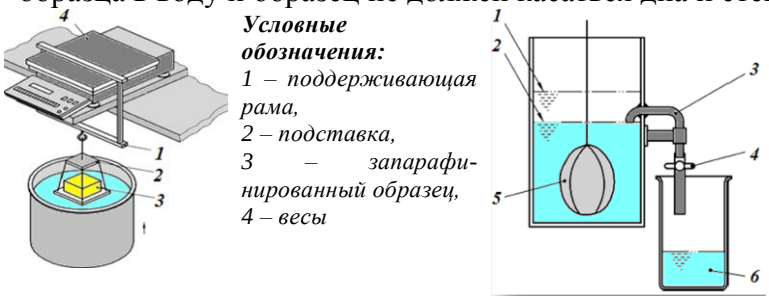


Рисунок 11.1. а) взвешивание образца на электронных весах, б) погружение образца в жидкость

Допускается применять **метод обратного взвешивания.** На чашу циферблатных весов устанавливают сосуд с водой и взвешивают его. Затем в жидкость догружают образец, подвешенный к штативу, и вновь взвешивают сосуд с водой и погруженным в нее образцом.

Взвешенный образец вынимают из воды, промокают фильтровальной бумагой и взвешивают для проверки герметичности оболочки. Если масса образца увеличилась более чем на 0,02 г по сравнению с первоначальной, образец следует забраковать и повторить испытание с другим образцом.

Обработка результатов. Плотность грунта ρ, г/см^3 вычисляют по формуле,

$$\rho = \frac{m \rho_p \rho_w}{\rho_p (m_1 - m_2) - \rho_w (m_1 - m)},$$

где m – масса образца грунта до парафинирования, г; m_1 – масса парафинированного образца грунта, г; m_2 – результат взвешивания образца в воде – разность масс парафинированного образца и вытесненной им воды, г; ρ_p – плотность парафина, принимаемая равной 0,900 г/см^3; ρ_w – плотность воды при температуре испытаний, г/см^3.

Плотность парафина следует уточнять для каждой партии парафина. Плотность воды, следует принимать в зависимости от температуры.

При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m\rho_p\rho_w}{\rho_p(m_4 - m_3) - \rho_w(m_1 - m)},$$

где m_3 – масса сосуда с водой, г; m_4 – масса сосуда с водой и погруженным в нее парафинированным образцом, г. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [19].

ЖУРНАЛ

определения плотности грунта методом взвешивания в воде парафинированных образцов

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца грунта	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Масса, г				Плотность, ρ, г/см^3	
					грунта до парафинирования	парафинированного грунта	парафинированного грунта в воде	контрольное взвешивание парафинированного грунта	образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

11.4 Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости

Подготовка к испытаниям. Подготовка к испытаниям и определение плотности мерзлых грунтов должны проводиться в помещении с отрицательной температурой воздуха на не подвергавшихся оттаиванию образцах. Перед испытаниями образцы должны быть выдержаны при заданной отрицательной температуре не менее **6 ч.**

Образец грунта и нейтральная жидкость (керосин, лигроин и др.) должны иметь отрицательную температуру. Образец грунта отбирают округлой формы массой **100–150 г** и обвязывают нитью. Для грунтов с сетчатой или слоистой криогенной структурой масса образца может быть увеличена. Определяют плотность нейтральной жидкости ареометром при температуре испытания.

Проведение испытаний. Обвязанный нитью образец грунта взвешивают. Затем образец взвешивают, погрузив его в нейтральную жидкость.

Обработка результатов. Плотность грунта ρ, г/см^3 вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl} m/(m - m_1),$$

где m – масса образца (до погружения), г; m_1 – результат взвешивания образца в нейтральной жидкости – разность масс образца и вытесненной им жидкости, г; ρ_{nl} – плотность нейтральной жидкости при температуре испытаний, г/см^3.

При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl} m/(m_4 - m_3),$$

где m_3 – масса сосуда с нейтральной жидкостью, г, m_4 – масса сосуда с нейтральной жидкостью и погруженным в нее образцом, г [19].

11.5 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом

Плотность частиц грунта определяется отношением массы частиц грунта к их объему.

Подготовка к испытаниям. Образец грунта в воздушно-сухом состоянии размельчают в фарфоровой ступке, отбирают методом квартования среднюю пробу массой **100–200 г** и просеивают сквозь сито с сеткой **№ 2**, остаток на сите растирают в ступке и просеивают сквозь то же сито.

Из перемешанной средней пробы берут навеску грунта из расчета **15 г** на каждые 100 см^3 емкости пикнометра и высушивают до постоянной массы. Навеску заторфованного грунта или торфа следует отбирать из средней пробы из расчета **5 г** сухого грунта на каждые **100** мл емкости пикнометра, которая в этом случае должна быть не менее **200** см^3.

Допускается использовать грунт в воздушно-сухом состоянии, определив его гигроскопическую влажность.

Дистиллированную воду следует прокипятить в течение 1 ч и хранить в закупоренной бутыли.

Проведение испытаний. Пикнометр, наполненный на $^1/_3$ дистиллированной водой, взвешивают. Затем через воронку всыпают в него высушенную пробу грунта и снова взвешивают. Массу сухого грунта m_0 определяют как разность результатов двух взвешиваний.

Пикнометр с водой и грунтом взбалтывают и ставят кипятить на песчаную баню. Продолжительность спокойного кипячения (с момента начала кипения) должна составлять: для песков и супесей – **0,5 ч**, для суглинков и глин – **1 ч**.

После кипячения пикнометр следует охладить и долить дистиллированной водой до мерной риски на горлышке, а если пикнометр с капилляром в пробке – до шейки пикнометра.

Пикнометр охлаждают до комнатной температуры в ванне с водой. Температуру пикнометра определяют по температуре воды в ванне, измеряемой с точностью до ±0,5 °С термометром, расположенным в средней части ванны между пикнометрами.

После охлаждения пикнометра следует поправить положение мениска воды в нем, добавляя из капельницы дистиллированную воду. В пикнометре с мерной риской низ мениска должен совпадать с ней. Возможные капли воды выше риски удаляют фильтровальной бумагой. Пикнометр с капилляром доливают примерно до середины шейки пикнометра, закрывают пробку и удаляют выступившую из капилляра воду фильтровальной бумагой. Проверяют отсутствие пузырьков воздуха под пробкой и при их наличии вновь доливают воду.

Пикнометр вытирают снаружи и взвешивают.

Далее выливают содержимое пикнометра, ополаскивают его, наливают в него дистиллированную воду до риски и выдерживают в ванне с водой при той же температуре. При большом количестве испытаний следует заранее определить объемы пикнометров (до мерной риски) и их массы с водой при различных температурах, находящихся в интервале температур испытаний. Объем пикнометра $V_п$, см^3, вычисляют по формуле

$$V_п = (m_2' - m_п) / \rho_w',$$

где m_2' – масса пикнометра с дистиллированной водой (или нейтральной жидкостью) при температуре тарировки, г; $m_п$ – масса пустого пикнометра, г; ρ_w' – плотность воды (или нейтральной жидкости) при той же температуре, г/см^3.

Массу пикнометра с дистиллированной водой или нейтральной жидкостью m_2, г, при температуре испытаний вычисляют по формуле

$$m_2 = m_п + \rho_w V_п,$$

где ρ_w ¾ плотность воды (или нейтральной жидкости) при температуре испытаний.

Обработка результатов. Плотность частиц грунта ρ_s, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_s = \rho_w m_0/(m_0 + m_2 - m_1),$$

где m_0 – масса сухого грунта, г; m_1 – масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания, г; m_2 – масса пикнометра с водой при той же температуре, г; ρ_w – плотность воды при той же температуре, г/см^3.

В случае использования грунта в воздушно-сухом состоянии m_0 вычисляют по формуле

$$m_0 = m/(1 + 0{,}01 w_g),$$

где m – масса пробы воздушно-сухого грунта, г; w_g – гигроскопическая влажность грунта, %.

Таблица 11.4. Плотность воды при различных температурах

Температура, °С	Плотность, г/см^3	Температура, °С	Плотность, г/см^3
0–12	1,000	24–27	0,997
12–18	0,999	29–30	0,996
19–23	0,998	31–33	0,995

Допустимая разница результатов параллельных определений дана в табл. 11.5.

Таблица 11.5. Допустимая разница результатов Δ параллельных определений

	Плотность частиц грунта ρ_s, г/см^3	
	До 2,75	**2,75 и более**
Δ, г/см^3	**0,02**	**0,03**

Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [19].

ЖУРНАЛ

определения плотности частиц грунта пикнометрическим методом

№№п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца, м	Номер пикнометра	Масса, г					Температура воды, (керосина), °С	Плотность частиц грунта ρ_s, г/см^3	
						пикнометра, заполненного водой (керосином) на $^1/_3$ его емкости	пикнометра, заполненного водой (керосином) на $^1/_3$ его емкости и грунтом	пикнометра с водой (керосином) и грунтом	пикнометра с водой (керосином)	сухого грунта		образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

11.6 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом с нейтральной жидкостью

Подготовка к испытаниям. Подготовку пробы грунта производят вышеприведенным способом.

Нейтральная жидкость (например, керосин) должна быть обезвожена и профильтрована. Керосин обезвоживают путем взбалтывания его с силикагелем, прокаленным в муфельной печи при температуре 500 °С в течение 4 ч. Силикагель берут из расчета 250 г на 1 л керосина.

Плотность керосина после обезвоживания и очистки должна быть установлена с помощью ареометра.

Проведение испытаний. Испытания проводят в соответствии с вышеприведенными указаниями применяя обезвоженный керосин вместо дистиллированной воды и вакуумирование вместо кипячения: степень разряжения при вакуумировании следует определять по началу выделения пузырьков воздуха; вакуумирование следует продолжать до прекращения выделения пузырьков, но не менее 1 ч. При всех взвешиваниях температура керосина должна быть постоянной, в пределах ±1 °С.

Обработка результатов. Плотность частиц засоленного или набухающего грунта ρ_s, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_s = \rho_{nl} m_0/(m_0 + m_2 - m_1),$$

где m_0 – масса сухого грунта, г; m_1 – масса пикнометра с керосином и грунтом, г; m_2 – масса пикнометра с керосином, г; ρ_{nl} – плотность керосина при температуре испытания, г/см^3. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [19].

ЖУРНАЛ

определения плотности грунта методом взвешивания образца в нейтральной жидкости

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Масса, г		Температура жидкости, °С	Плотность нейтральной жидкости ρnl, г/см3	Плотность ρ, г/см3	
					образца в воздухе	образца в нейтральной жидкости			образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

11.7 Определение плотности частиц засоленных грунтов в воде

Подготовка к испытаниям. Подготовку пробы грунта производят вышеприведенным способом.

Проведение испытаний. Пикнометр, наполненный на 1/3 дистиллированной водой, взвешивают. Затем через воронку всыпают в него высушенную пробу грунта и снова взвешивают. Пикнометр с водой и грунтом взбалтывают и ставят кипятить на песчаную баню. Продолжительность спокойного кипячения (с момента начала кипения) должна составлять: для песков и супесей – **0,5 ч**, для суглинков и глин – **1 ч**. После кипячения пикнометр следует охладить и долить дистиллированной водой до мерной риски на горлышке, а если пикнометр с капилляром в пробке – до шейки пикнометра.

Пикнометр охлаждают до комнатной температуры в ванне с водой. Температуру пикнометра определяют по температуре воды в ванне, измеряемой с точностью до +/– 0,5 град. С термометром, расположенным в средней части ванны между пикнометрами.

С помощью резиновой груши следуют осторожно отсасывать осветленную жидкость из верхней части пикнометра в малый пикнометр, объем которого не должен превышать 60–80% объема основного пикнометра, Положение мениска в малом пикнометре устанавливают по риске чтобы низ мениска совпадал с ней, добавляя в него по каплям осветленный солевой раствор из большого пикнометра, при этом не допуская взмучивания осадка в большом пикнометре.

Малый пикнометр с жидкостью следует вытереть насухо и взвесить.

Солевой раствор из малого пикнометра и суспензию из большого пикнометра выливают, прополаскивают их дистиллированной водой, наливают дистиллированную воду и выдерживают в ванне с водой. После охлаждения пикнометра следует поправить положение мениска воды в нем, добавляя из капельницы дистиллированную воду. В пикнометре с мерной риской низ мениска должен совпадать с ней. Возможные капли воды выше риски удаляют фильтровальной бумагой. Пикнометр с капилляром доливают примерно до середины шейки пикнометра, закрывают пробку и удаляют выступившую из капилляра воду фильтровальной бумагой. Проверяют отсутствие пузырьков воздуха под пробкой и при их наличии вновь доливают воду. Пикнометр вытирают снаружи и взвешивают

Обработка результатов. Плотность частиц засоленного грунта ρ_{sz}, г/см^3 вычисляют по формуле

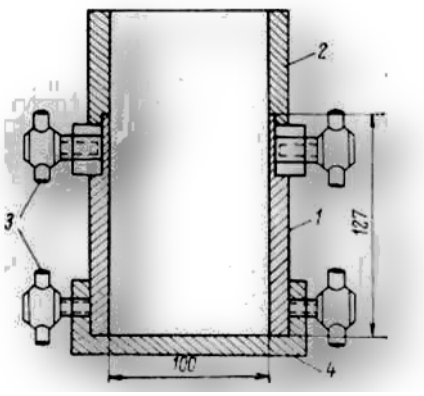
$$\rho_{sz} = M_0 \Big/ \left(\frac{M_3 + M_0 - M_2}{\rho_w} + \frac{(m_4 - m_3)(M_3 - M_1)}{\rho_z (m_3 - m_1)} \right),$$

где M_0 – масса грунта в пикнометре, г; M_1 – масса большого пикнометра (пустого), г; M_2 – масса большого пикнометра с водой и грунтом, г; M_3 – масса большого пикнометра с водой, г; m_1 – масса малого пикнометра (пустого), г; m_3 – масса малого пикнометра с водой, г; m_4 – масса малого пикнометра с солевым раствором, г; ρ_z – плотность растворимых солей (допускается принимать ρ_z = 2,20 г/см^3); ρ_w – плотность воды при температуре испытания, г/см^3 [19].

12. Определение плотности песчаного грунта в рыхлом и плотном состояниях по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов

Общие сведения. Настоящая методика распространяется на песчаные грунты и устанавливает метод лабораторного определения плотности грунта в рыхлом и плотном состояниях. Плотность грунтов в рыхлом и плотном состояниях следует определять как отношение масс грунтов в названых состояниях к их объемам. Определение плотности песчаного грунта проводят на воздушно-сухих грунтах. Взвешивания производят с точностью ± 0,01 г.

Определение плотности грунта в каждом состоянии проводят с двух кратной повторностью.



Условные обозначения:
1 – стакан; 2 – насадка; 3 – зажимные винты; 4 – съемное основание.

Рис. 12.1. Стакан для уплотнения грунта

Аппаратура. Весы лабораторные, стакан для уплотнения грунта (СУГ), состоящий из металлического стакана объемом 250 см ^{3} (внутренний диаметр 60 мм) с насадкой, колотушка деревянная или вибростол, расссев, воронка конусообразная, сито с сеткой № 5, линейка металлическая негнущаяся.

Подготовка к испытанию. Песчаный грунт просеивают через сито с сеткой № 5. Отбирают среднюю пробу песчаного грунта.

Проведение испытания. Взвешивают пустые, сухие стаканы. Для получения рыхлого состояния грунта заполняют стакан песком через воронку. Стебель воронки держат на расстоянии 10–20 мм от поверхности грунта в стакане.

Для получения плотного состояния грунта стакан заполняют песком порциями при постоянном постукивании колотушкой о стенки стакана.

Для получения плотного состояния грунта при наличии механизма уплотнение производят на вибростоле.

Избыток грунта при полном заполнении стаканов удаляют линейкой вровень в краями стаканов.

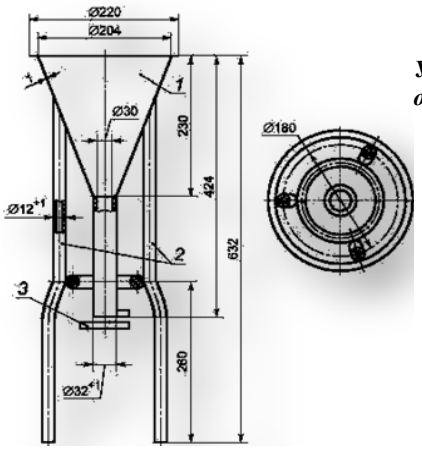
Взвешивают стаканы с грунтом [28].

Обработка результатов. Соответствие ГОСТ 5182.

13. Определение насыпной плотности по ГОСТ 9758. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний

Общие сведения. Насыпную плотность определяют по массе и объему высушенной до постоянной массы пробы, насыпанной в мерный сосуд, без уплотнения, с заданной высоты.

Средства испытания Весы для статического взвешивания с ценой деления не более 1 г или лабораторные весы, комплект мерных цилиндрических сосудов, сушильный электрошкаф, металлическая линейка, совок, воронка (рис. 13.1)



Условные обозначения:
1 – воронка;
2 – опоры;
3 – заслонка

Рис. 13.1. Воронка для засыпки пористого песка в мерный сосуд:

Подготовка пробы. Отбирают лабораторную пробу заполнителя испытуемой фракции (смеси фракций) объемом 5–40 л в зависимости от размера фракции (табл. 13.1) и высушивают до постоянной массы.

Проведение испытания Лабораторную пробу (табл. 13.1) насыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с высоты 100 мм от его верхнего края до образования над верхом сосуда конуса, который удаляют металлической линейкой вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают. Пористый песок насыпают в мерный сосуд через воронку. Размеры мерного сосуда для испытания заполнителя в лабораторных условиях в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя принимают по табл. 13.1.

Таблица 13.1. Размеры мерного сосуда заполнителя

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Объем мерного сосуда, л	Размер сосуда, мм	
		Диаметр	Высота
5 и менее	1	108	108,5
10	2	137	136,5
20	5	185	186,5
40	10	234	233,8
70	10	234	233,8

Обработка результатов. Насыпную плотность заполнителя , кг/м , вычисляют с точностью до 10 кг/м^3 (для пористого песка марок по насыпной плотности 250 и менее – до 1 кг/м^3) по формуле

$$\rho_н = \frac{m_1 - m_2}{V},$$

где m_1 – масса мерного сосуда с заполнителем, кг; m_2 – масса мерного сосуда, кг; V – объем мерного сосуда, м.

Предельное допустимое расхождение между результатами двух испытаний должно быть не более 5%. Насыпную плотность заполнителя рассчитывают как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний, при проведении которых каждый раз используют новую пробу заполнителя. Для пористого песка марок по насыпной плотности 250 и менее среднеарифметическое значение рассчитывают по результатам трех испытаний [21].

14. Определение максимальной плотности и оптимальной влажности грунта по ГОСТ 22733. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

Общие положения. Метод стандартного уплотнения заключается в установлении зависимости плотности сухого грунта от его влажности при уплотнении образцов грунта с постоянной работой уплотнения и последовательным увеличением влажности грунта. Для испытания грунта используют образцы грунта нарушенного сложения, отобранные из горных выработок (шурфов, котлованов, буровых скважин и т.п.), в обнажениях или в складируемых массивах предполагаемого для использования в сооружениях грунта.

Число последовательных испытаний грунта при увеличении его влажности должно **быть не менее пяти,** а также достаточным для выявления максимального значения плотности сухого грунта по графику стандартного уплотнения. Допустимое расхождение между результатами параллельных определений, полученными в условиях повторяемости, выраженное в относительных единицах, не должно превышать **для максимального значения плотности сухого грунта 1,5 %, для оптимальной влажности – 10 %.** Если расхождения превышают допустимые значения, следует проводить дополнительное испытание.

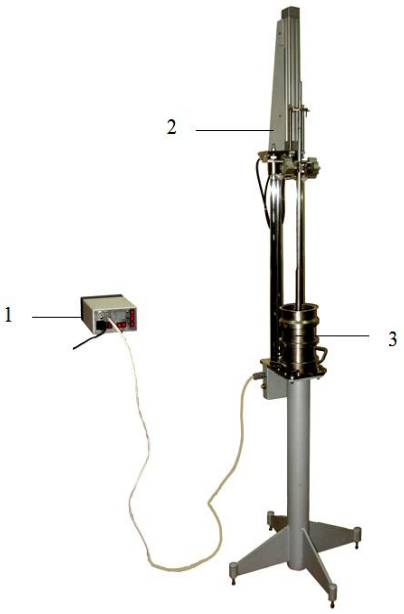
Приборы и оборудование: В состав установки для испытания грунта методом стандартного уплотнения должны входить: устройство для механизированного или ручного уплотнения грунта падающим с постоянной высоты грузом; форма для образца грунта. Конструкция устройства для уплотнения грунта должна обеспечивать падение груза массой (2500 ± 25) г по направляющей штанге с постоянной высоты (300 ± 3) мм на наковальню диаметром (99,8–0,2) мм. Отношение массы груза к массе направляющей штанги с наковальней должно быть не более 1,5. При механизированном способе уплотнения в состав устройства должен входить механизм подъема груза на постоянную высоту и счетчик числа ударов. Форма для образца грунта должна состоять из цилиндрической части, поддона, зажимного кольца и насадки. Цилиндрическая часть формы должна иметь высоту (127,4 ± 0,2) мм и внутренний диаметр (100,0 + 0,3) мм. Временное сопротивление металла цилиндрической части формы должно быть не менее 400 МПа. Цилиндрическая часть формы может быть цельной или состоящей из двух разъемных секций. Установка должна размещаться на жесткой горизонтальной плите (бетонной или металлической) массой не менее 50 кг. Отклонение поверхности от горизонтали не должно быть более 2 мм/м.

В состав прибора стандартного уплотнения (ПСУ) производства ООО «НПП Геотек» входят: блок управления (БУ); механизм подъемно-сбросной (МПС); форма для формирования образца грунта с поршнем (рис. 14.1).

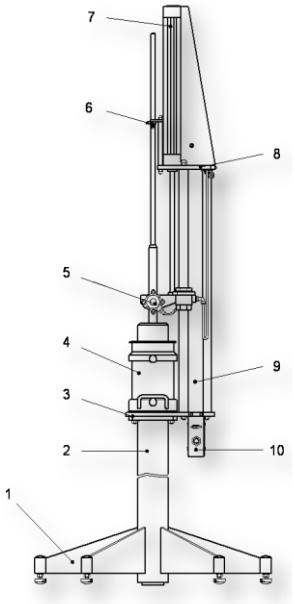
БУ предназначен для управления механизмом подъемно–сбросным. БУ выполнен в виде ящика, который крепится с помощью DIN-рейки (рис.14.1) к стене на расстоянии не менее 2,5 м от МПС. БУ обеспечивает преобразование напряжения переменного тока 220 В в напряжение постоянного тока (24 ± 2) В для питания пневматических распределителей МПС и генерацию управляющего сигнала для управления пневматическим распределителем. На передней панели БУ размещены: кнопки управления «ПУСК», «СТОП»; кнопки задания количества ударов «х1», «х10», «х40»; цифровая индикация количества ударов; разъем «Х2» для подсоединения МПС; светодиодный индикатор наличия электропитания.На боковой

панели БУ размещен сетевой блок с вилкой для подключения к сети питания 220 В и переключателем сетевого питания.

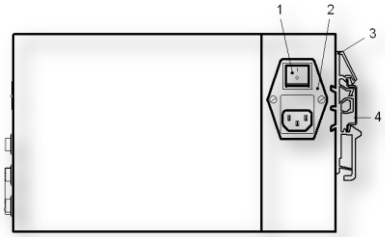
МПС представляет собой устройство, осуществляющее за счет энергии сжатого воздуха подъем и сброс груза по направляющей с постоянной высоты 300 мм на наковальню поршня, осуществляющего уплотнение грунта. В состав МПС входит станина, столик, платформа, подъемный пневмоцилиндр, зажимный механизм, направляющие стойки по которым движется зажимный механизм, блок пневмораспределителей, прижим, фиксатор. Опорный столик служит для установки формы с образцом грунта, на столике расположен фиксатор для крепления формы для образца грунта. Пневмоцилиндр установлен на платформе и закреплен винтами. Зажимный механизм закреплен на стойке и предназначен для захвата и удержания груза. Прижим предназначен для фиксации направляющей штанги поршня. На блоке пневмораспределителей расположены разъем «Х1»» для подсоединения МПС к БУ и фитинг «ПНЕВМОСЕТЬ 0,6 МПа» для подсоединения к источнику избыточного давления (рис. 14.1).

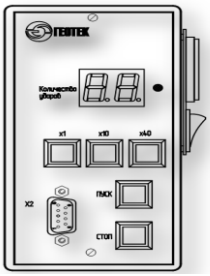


Условные обозначения:
1 – блок управления,
2 – механизм подъемно-сбросной,
3 – форма для формирования образца грунта с поршнем



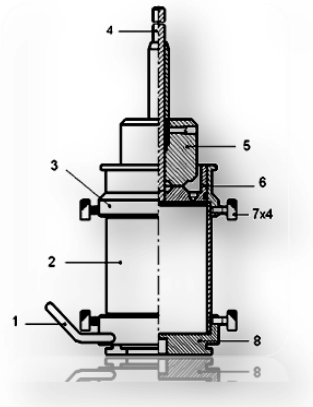
Условные обозначения:
1 – опора – 5 шт.;
2 – станина;
3 – столик;
4 – форма;
5 – зажимный механизм;
6 – прижим;
7 – пневматический цилиндр;
8 – платформа;
9 – направляющая стойка,
10 – блок пневмораспределителей





Блок управления

Условные обозначения:
1 – переключатель;
2 – сетевой блок;
3 – крепеж DIN рейки;
4 – DIN рейка



Форма для формирования образца грунта с поршнем

Условные обозначения:
1 – ручка;
2 – обойма;
3 – направляющее кольцо;
4 – поршень;
5 – груз;
6 – наковальня;
7 – винт;
8 – поддон

Рис. 14.1. Прибор стандартного уплотнения производства ООО «НПП Геотек» [34]

Форма состоит из поддона, направляющего кольца, обоймы, поршня и груза (рис. 14.1). Поршень состоит из направляющей штанги и наковальни, штанга ввинчена в наковальню.

Работа ПСУ осуществляется следующим образом. С БУ по кабелю поступает сигнал на пневмораспределитель, управляющий подъемным пневмоцилиндром. В верхней части пневмоцилиндра возникает давление, под воздействием которого происходит перемещение поршня цилиндра в нижнее положение. Нижнее положение поршня фиксируется датчиком положения. Вместе с поршнем цилиндра перемещается зажимный механизм, который закреплен на штоке цилиндра.

После достижения поршнем пневматического цилиндра нижнего положения БУ подает сигнал на пневмораспределитель. Воздух под давлением поступает в пневмоцилиндры зажимного механизма. Зажимные кулачки зажимного механизма, поджимаются и зажимают груз, фиксируя его.

После фиксации груза БУ подает сигнал на поднятие груза на пневмораспределитель. Поршень подъемного пневматического цилиндра перемешается в верхнее положение, перемещая за собой зажимный механизм с зафиксированным грузом. Верхнее положение фиксируется датчиком положения.

После достижения поршнем верхнего положения БУ подает сигнал на сброс груза. Груз падает с верхнего положения и ударяет по наковальне поршня, воздействие от которой передается на уплотняемый образец грунта.

Цифровая индикация БУ отображает оставшееся количество ударов. После отработки заданного числа ударов зажимный механизм МПС возвращается в исходное (верхнее) положение, груз остается внутри формы.

Меры безопасности по работе с изделием. К работе с изделием должен допускаться персонал, ознакомившийся с данным документом и прошедший инструктаж по электробезопасности. ВНИМАНИЕ: в изделии используется опасное для жизни напряжение переменного тока 220 В! Запрещается: эксплуатировать изделие без заземления. Заменять предохранитель и открывать корпус блока управления без полного отключения от электросети. Касаться руками движущихся частей при работающем изделии – опасность раздавливания [34].

При испытании грунта методом стандартного уплотнения применяют следующие средства измерения, ***вспомогательное оборудование и инструменты***: весы для статического взвешивания на 2–5 кг среднего класса точности; весы лабораторные на 0,2–1,0 кг 4-го класса точности; линейка длиной не менее 300 мм; цилиндры мерные вместимостью 100 мл и 50 мл с ценой деления не более 1 мл по; чашки металлические для испытаний вместимостью 5 л; стаканчики для взвешивания ВС-1 с крышками; устройство растирочное или ступка фарфоровая с пестиком; шкаф сушильный; набор сит с диаметром отверстий 20, 10 и 5 мм; эксикатор Э-250; шпатель металлический; нож лабораторный с прямым лезвием длиной не менее 150 мм. Лабораторные весы должны обеспечивать взвешивание грунта и формы в процессе испытания **с погрешностью ±1 г.**

Подготовка пробы грунта. Необходимая для подготовки пробы грунта масса образца грунта нарушенного сложения при естественной влажности должна быть не менее **10 кг** при наличии в грунте частиц крупнее 10 мм и не менее **6 кг** – при отсутствии частиц крупнее 10 мм.

Представленный для испытания образец грунта нарушенного сложения высушивают при комнатной температуре или в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния. Высушивание в сушильном шкафу несвязных минеральных

грунтов допускается производить при температуре не более 100 °С, **связных – не более 60 °С**. В процессе сушки грунт периодически перемешивают.

Размельчают агрегаты грунта (без дробления крупных частиц) в растирочном устройстве или в фарфоровой ступке.

Грунт взвешивают (m_p) и просеивают через сита с отверстиями диаметром 20 мм и 10 мм. При этом вся масса грунта должна пройти через сито с отверстиями диаметром 20 мм.

Взвешивают отсеянные крупные частицы (m_k).

Если масса частиц грунта крупнее 10 мм составляет 5 % и более, дальнейшее испытание проводят с пробой грунта, прошедшего через сито **10 мм**. Если масса частиц грунта крупнее 10 мм составляет менее 5 %, производят дальнейшее просеивание грунта через сито с отверстиями диаметром **5 мм** и определяют содержание частиц крупнее 5 мм. В этом случае дальнейшее испытание проводят с пробой грунта, прошедшего через сито 5 мм.

Из отсеянных крупных частиц отбирают пробы для определения их влажности w_k и средней плотности частиц ρ_k по ГОСТ 8269.0. Из грунта, прошедшего через сито, отбирают пробы для определения его влажности в воздушно-сухом состоянии wg по ГОСТ 5180.

Из отсеянных крупных частиц отбирают пробы для определения их влажностии средней плотности частиц. Из грунта, прошедшего через сито, отбирают пробы для определения его гигроскопической влажности. Вычисляют содержание в грунте крупных частиц *К*, %, с точностью 0,1 % по формуле:

$$K = \frac{m_k(1+0{,}01w_g)}{m_p(1+0{,}01w_k)}100,$$

где m_k – масса отсеянных крупных частиц, г; w_g – влажность просеянного грунта в воздушно-сухом состоянии, %; m_p – масса образца грунта в воздушно-сухом состоянии, г; w_k – влажность отсеянных крупных частиц, %.

Допускается проводить весь цикл испытаний с использованием одной отобранной пробы. При испытании грунтов, содержащих частицы, легко разрушающиеся при уплотнении, отбирают несколько отдельных проб. В этом случае каждую пробу испытывают только один раз.

Помещают отобранную пробу в металлическую чашку для испытаний.

Рассчитывают количество воды *Q*, г, для доувлажнения отобранной пробы до влажности первого испытания по формуле:

$$Q = \frac{m_p^1}{(1+0{,}01w_k)}0{,}01(w_1 - w_g)$$

где m'_p – масса отобранной пробы, г; w_1 – влажность грунта для первого испытания, назначаемая по табл. 14.1, %; w_g – влажность просеянного грунта в воздушно-сухом состоянии, %.

Таблица 14.1. Влажность грунта для первого испытания

Грунты	Влажность w_1 грунта для первого испытания, %
Песок гравелистый, крупный и средней крупности	4
Песок мелкий и пылеватый	6
Супесь, суглинок легкий	6–8
Суглинок тяжелый, глина	10–12

В отобранную пробу грунта вводят рассчитанное количество воды за несколько приемов, перемешивая грунт металлическим шпателем.

Переносят пробу грунта из чашки в эксикатор или плотно закрываемый сосуд и выдерживают ее при комнатной температуре не менее 2 ч для несвязных грунтов и не менее 12 ч – для связных грунтов.

Подготовка установки для испытания. Взвешивают цилиндрическую часть формы (т). Устанавливают цилиндрическую часть формы на поддон, не зажимая ее винтами. Устанавливают зажимное кольцо на верхний бортик цилиндрической части формы. Зажимают цилиндрическую часть формы попеременно винтами поддона и кольца. Протирают внутреннюю поверхность формы ветошью, смоченной керосином, минеральным маслом или техническим вазелином. Устанавливают собранную форму на плиту основания. Проверяют соосность направляющей штанги и цилиндрической части формы и свободный ход груза по направляющей штанге.

Проведение испытания. Испытание проводят, последовательно увеличивая влажность грунта испытываемой пробы. При первом испытании влажность грунта должна соответствовать значению, установленному в табл. 1. При каждом последующем испытании влажность грунта следует увеличивать на 1 – 2 % для несвязных грунтов и на 2 – 3 % – для связных грунтов.

Количество воды для увлажнения испытываемой пробы определяют по формуле (2), принимая в ней за w_g и w_1 соответственно влажности при предыдущем и очередном испытаниях.

Испытание пробы грунта проводят в следующем порядке:

– переносят пробу из эксикатора в металлическую чашку и тщательно перемешивают;

– загружают в собранную форму из пробы слой грунта толщиной 5–6 см и слегка уплотняют рукой его поверхность. Производят уплотнение 40 ударами груза по наковальне с высоты 30 см, зафиксированной на направляющей штанге. Аналогичную операцию производят с каждым из трех слоев грунта, последовательно загружаемых в форму. Перед загрузкой второго и третьего слоев поверхность предыдущего уплотненного слоя взрыхляют ножом на глубину 1–2 мм. Перед укладкой третьего слоя на форму устанавливают насадку;

– после уплотнения третьего слоя снимают насадку и срезают выступающую часть грунта заподлицо с торцом формы. Толщина выступающего слоя срезаемого грунта не должна быть более 10 мм.

Образующиеся после зачистки поверхности образца углубления вследствие выпадения крупных частиц заполняют вручную грунтом из оставшейся части отобранной пробы и выравнивают ножом.

Взвешивают цилиндрическую часть формы с уплотненным грунтом (m_i) и вычисляют плотность грунта ρ_i, г/см^3, по формуле:

$$\rho_i = \frac{m_i - m_c}{V},$$

где m_i – масса цилиндрической части формы с уплотненным грунтом, г; m_c – масса цилиндрической части формы без грунта, г; V – вместимость формы, см^3.

Извлекают из цилиндрической части формы уплотненный образец грунта. При этом из верхней, средней и нижней частей образца отбирают пробы для определения влажности грунта (w_i) по ГОСТ 5180.

Извлеченный из формы грунт присоединяют к оставшейся в чашке части пробы, измельчают и перемешивают. Размер агрегатов не должен превышать наибольшего размера частиц испытываемого грунта.

Повышают влажность. После добавления воды грунт тщательно перемешивают, накрывают влажной тканью и выдерживают не менее 15 мин для несвязных грунтов и не менее 30 мин – для связных грунтов.

Второе и последующие испытания грунта следует проводить в соответствии с 2–4.

Испытание следует считать законченным, когда с повышением влажности пробы при последующих двух испытаниях происходит последовательное уменьшение значений массы и плотности уплотняемого образца грунта, а также когда при ударах происходит отжатие воды или выделение разжиженного грунта через соединения формы.

Обработка результатов. По полученным в результате последовательных испытаний значениям плотности и влажности грунта вычисляют значения плотности сухого грунта ρ_{di}, г/см^3, с точностью 0,01 г/см^3 по формуле

$$\rho_{di} = \rho_i / (1 + 0{,}01 w_i)$$

где ρ_i – плотность грунта, г/см^3; w_i – влажность грунта при очередном испытании, %.

Строят график зависимости изменения значений плотности сухого грунта от влажности рис. 14.2. По наивысшей точке графика для связных грунтов находят значение максимальной плотности ($\rho_{d\ max}$) и соответствующее ему значение оптимальной влажности (w_{opt}).

Для несвязных грунтов график стандартного уплотнения может не иметь заметно выраженного максимума. В этом случае значение оптимальной влажности принимают на 1,0 % – 1,5 % менее влажности w_i, при которой происходит отжатие воды. Значение максимальной плотности принимают по соответствующей ей ординате. При этом 1,0 % принимают для песков гравелистых, крупных и средней крупности; 1,5 % – для мелких и пылеватых песков. Если в грунте содержались крупные частицы, которые перед испытанием были удалены из пробы, то для учета влияния их состава корректируют установленное значение максимальной плотности сухого грунта $\rho'_{d\ max}$ по формуле

$$\rho'_{d\max} = \frac{\rho_{d\max}\rho_k}{\rho_k - 0{,}01K(\rho_k - \rho_{d\max})},$$

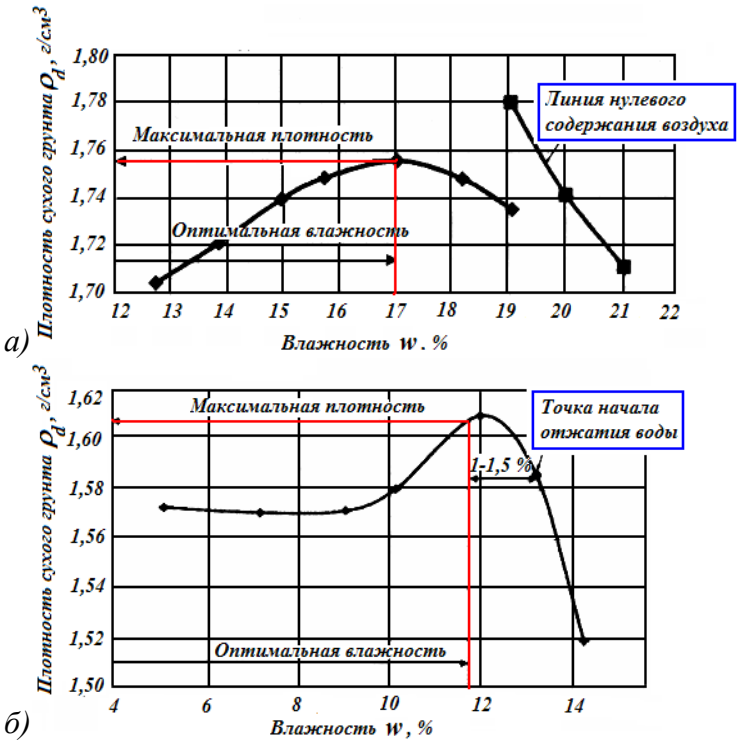


Рис. 14.2. Образец графического оформления результатов испытания грунта методом стандартного уплотнения
а) связных и б) несвязных грунтов

где p_k – плотность крупных частиц, г/см^3; K – содержание крупных частиц в грунте, %.

Значение оптимальной влажности грунта w'_{opt}, %, определяют по формуле

$$w'_{opt} = 0{,}01\ w_{opt}(100 - K).$$

Для контроля правильности испытания связных грунтов строят «линию нулевого содержания воздуха», показывающую изменение плотности сухого грунта от влажности при полном насыщении его пор водой (рис. 14.2).

Пары чисел ρ_{di} и w_i для построения «линии нулевого содержания воздуха» при плотности частиц грунта ρ_s определяют, задаваясь значениями влажности, по формуле

$$\rho_{di} = \frac{\rho_s}{1 + 0{,}01 w_i \rho_s \dfrac{1}{\rho_w}},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, определяемая по ГОСТ 5180, г/см^3; ρ_w – плотность воды, равная 1 г/см^3 [9].

Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

испытания грунта методом стандартного уплотнения

№ испытания	Определение плотности				Определение влажности						Плотность сухого грунта, г/см^3 (по 1)
	Масса, г			Плотность грунта, г/см^3	№ стаканчика для взвешивания	Масса, г			Влажность w, %		
	формы m_c	формы с уплотненным грунтом m_i	уплотненного грунта $m_i - m_c$			пустого стаканчика	стаканчика с влажным грунтом	стаканчика с сухим грунтом	абсолютная	средняя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ОБЪЕКТ _____

Место отбора грунта _____

Глубина отбора грунта (м) _____ мощность слоя грунта (м) _____

Разновидность грунта _____

Дата отбора _____

Масса пробы грунта, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 20 мм (после размельчения) m_p, г _____

Данные по остатку на сите частиц (после просеивания пробы):

а) масса крупных частиц m_k, г ____

б) влажность крупных частиц w_k, % ____

в) средняя плотность крупных частиц ρ_k, г/см^3 _____

г) содержание крупных частиц в грунте K, % _____

Влажность прошедшего через сито грунта w_g, % _____

Масса отобранных для испытания проб грунта m_p, кг _____

Максимальная плотность сухого грунта $\rho_{d\,max}$, г/см^3 _____

Оптимальная влажность грунта w_{opt}, % _____

Максимальная плотность сухого грунта с учетом частиц крупнее 5 или 10 мм $\rho'_{d\ max}$, г/см^3 _____

Оптимальная влажность грунта с учетом частиц крупнее 5 или 10 мм w'_{opt}, % _____

Дата испытания _____ (начало) _____ (конец)

Методика ускоренного определения оптимальной влажности грунта согласно «Методическим рекомендациям по ускоренному определению оптимальной влажности и максимальной плотности глинистых грунтов при сооружении земляного полотна автомобильных дорог».

Подготовка грунта к определению оптимальной влажности W_o по ускоренной методике аналогична подготовке грунта к определению влажности на границе текучести по ГОСТ 5180-84. Для испытаний можно использовать часть той же пробы, что и при определении предела пластичности полученной грунтовой пасты формуют с помощью специального шаблона в виде кольца (рис. 14.3, см. п. 9.5) образец грунта толщиной 1-2 мм и диаметром 50 мм. Готовый образец вынимают из шаблона, укладывают в марлевую рубашку (марля в один слой), помещают между пачками (10-20 слоев каждая) фильтровальной бумаги, а затем - между двумя металлическими пластинами диаметром 60 мм (рис. 14.4).

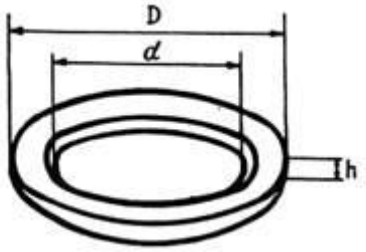


Рис. 14.3. Металлический шаблон для изготовления образца грунта: D = 60 мм, d = 50 мм, h = 2 мм

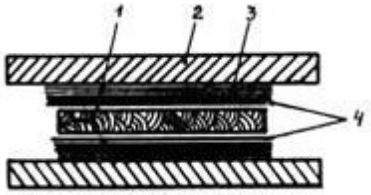


Рис. 14.4. Схема загружения образца грунта: 1- образец, изготовленный по шаблону; 2 - металлическая пластина D = 60 мм, h = 2 мм; 3 - фильтровальная бумага; 4 - слой марли

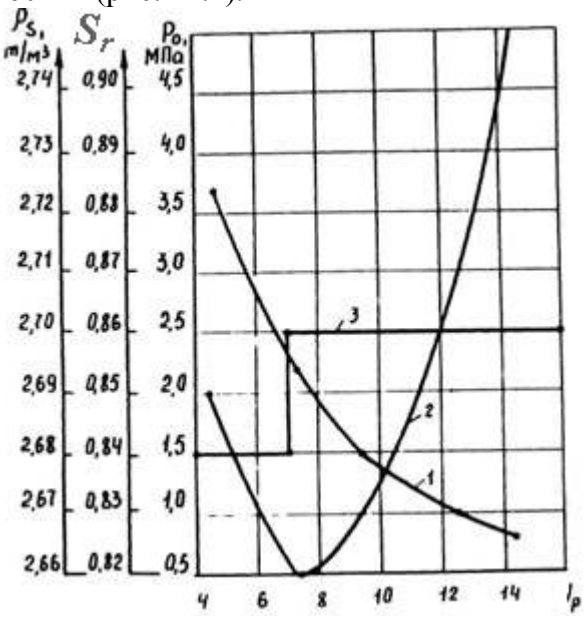


Рис. 14.5. Зависимость нагрузки P_o (1), остаточного коэффициента водонасыщения S_r (2) и плотности частиц грунта ρ_s (3) от числа пластичности I_p

Подготовленный таким образом образец пометают под пресс любой конструкции с точностью фиксации нагрузки до 0,05 МПа. К образцу прикладывают статическую нагрузку P_o, определяемую в зависимости от числа пластичности грунта I_p по рис. 14.5 (кривая 1) и выдерживают в течение 5 мин. После разгрузки пресса образец вынимают и определяют его влажность весовым методом, которая принимается за оптимальную W_o.

Ускоренное определение максимальной плотности грунта. Для определения максимальной плотности ρ_{max} предварительно в зависимости от числа пластичности грунта I_p по рис. 14.5 устанавливают значения остаточно го коэффициента водонасыщения грунта $\boldsymbol{S_r}$ (кривая 2) и плотности частиц грунта ρ_s (кривая 3). Последнюю величину определяют по графику при отсутствии результатов прямого испытания.

Значение максимальной плотности грунта ρ_{max} вычисляют по формуле

$$\rho_{max} = \frac{W_o}{S_r \rho_w} + \frac{1}{\rho_s},$$

где ρ_w – плотность воды

15. Определение плотности горной породы по ГОСТ 30629. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний

Общие положения. Образцы должны быть идентичными во время отбора от горной породы, а также во время их транспортирования, хранения и перед проведением испытаний.

Подготовка пробы. Образцы для испытания изготавливают цилиндрической или кубической формы. Грани образцов, к которым прикладывают нагрузку, должны быть обработаны на шлифовальном станке. Отклонение от плоскостности опорных граней образцов не должно быть более 0,1 мм на 100 мм длины диаметра или наибольшего ребра образца. Отклонение от перпендикулярности опорных граней не должно быть более 0,5 мм на 100 мм длины образующей цилиндра или высоты образца. Линейные размеры образцов измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух измерений параллельных ребер, лежащих в плоскости одной грани.

Диаметр образцов цилиндрической формы вычисляют как среднеарифметическое значение результатов четырех измерений двух взаимно перпендикулярных диаметров на каждом основании цилиндра. Высоту образцов цилиндрической формы вычисляют как среднеарифметическое значение результатов измерений четырех диаметрально расположенных образующих цилиндра. Высоту образца кубической формы вычисляют как среднеарифметическое значение измерений четырех вертикальных ребер.

Площадь нижней или верхней грани образца кубической формы вычисляют по среднеарифметическому значению длин каждой пары параллельных ребер данной грани. Площадь каждого из оснований образца цилиндрической формы вычисляют по среднеарифметическому значению двух взаимно перпендикулярных диаметров. Площадь поперечного сечения образца вычисляют как среднеарифметическое значение площадей нижнего и верхнего оснований цилиндрического образца или площадей нижней и верхней граней кубического образца. Результат определения площади записывают с точностью до второго знака после запятой.

Объем образца определяют как произведение площади основания на высоту. Результат определения объема записывают с точностью **до второго знака после запятой.** Взвешивание образцов производят с погрешностью до 0,1 % массы, если нет других указаний.

15.1. Определение плотности и пористости горной породы

Плотность горной породы характеризуют параметрами средней и истинной плотности. *Среднюю плотность* определяют путем измерения массы единицы объема образцов горной породы с порами. *Истинную плотность* определяют путем измерения массы единицы объема измельченной и высушенной породы без пор. *Пористость* определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений средней и истинной плотности.

Плотность определяют на пяти образцах идентифицированной горной породы в следующей последовательности:

– маркируют каждый отобранный образец, присваивая ему порядковый номер;

– определяют среднюю плотность каждого промаркированного образца и вычисляют среднеарифметическое значение средней плотности горной породы;

– определяют истинную плотность каждого промаркированного образца и вычисляют среднеарифметическое значение истинной плотности горной породы.

Определение средней плотности

Средства контроля и вспомогательное оборудование: весы настольные циферблатные или лабораторные, шкаф сушильный, щетка металлическая.

Порядок подготовки к испытанию. Среднюю плотность определяют на пяти образцах кубической или цилиндрической формы. Каждый образец очищают щеткой от рыхлых частиц, пыли и высушивают до постоянной массы.

Порядок проведения испытания. Высушенные до постоянной массы образцы взвешивают, измеряют и определяют их объем.

Обработка результатов испытания. Среднюю плотность ρ_0, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V},$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см^3.

Среднюю плотность горной породы вычисляют как среднеарифметическое значение результатов определения средней плотности пяти образцов.

15.2. Определенияе истинной плотности пикнометрическим методом

Средства контроля и вспомогательное оборудование: пикнометр вместимостью 100 мл, весы настольные циферблатные или лабораторные, стаканчик для взвешивания или чашка фарфоровая, ступка чугунная или фарфоровая, эксикатор, кислота серная концентрированная, кальций хлористый безводный, шкаф сушильный, баня песчаная или водяная, дробилка щековая лабораторная или мельница лабораторная, щетка металлическая, сито № 0125.

Порядок подготовки к испытанию. Для испытания используют образцы, на которых определялась средняя плотность. Каждый промаркированный образец очищают щеткой от пыли, измельчают до крупности 5 мм, затем перемешивают и полученную пробу квартованием сокращают до 150 г. Затем эту пробу вновь измельчают до крупности менее 1,25 мм, перемешивают и сокращают до 30 г. Приготовленную таким образом пробу измельчают в порошок в фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры над концентрированной серной кислотой или безводным хлоридом кальция, после чего отвешивают две навески массой по 10 г каждая (m).

Порядок проведения испытания. Каждую навеску высыпают в чистый высушенный пикнометр и наливают дистиллированную воду в таком количестве, чтобы пикнометр был заполнен не более чем на половину своего объема. Пикнометр в слегка наклонном положении ставят на песчаную или водяную баню и кипятят его содержимое 15–20 мин для удаления пузырьков воздуха. Пузырьки воздуха могут быть удалены также путем выдерживания пикнометра под вакуумом в эксикаторе. После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают (m_2). Освобождают пикнометр от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой комнатной температуры и вновь взвешивают (m).

Обработка результатов испытания. Истинную плотность ρ, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m\rho_e}{m + m_1 - m_2}$$

где m – масса навески порошка, высушенного до постоянной массы, г; $\rho_в$ – плотность воды, равная 1 г/см^3; m_1 – масса пикнометра с дистиллированной водой, г; m_2 – масса пикнометра с навеской и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г.

За результат принимают среднеарифметическое значение пяти параллельных испытаний.

15.3. Определения истинной плотности ускоренным методом

Средства контроля и вспомогательное оборудование. Прибор Ле-Шателье (рис. 15.1), весы настольные циферблатные или лабораторные, стаканчик для взвешивания или фарфоровая чашка, эксикатор, шкаф сушильный, кислота серная, хлористый кальций (хлорид кальция) безводный, сито с размером отверстий 5 мм, щетка металлическая.

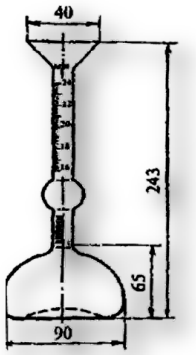


Рис. 15.1. Прибор Ле-Шателье

Порядок подготовки к испытанию. Подготовленную пробу высыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или безводным хлоридом кальция. После этого отвешивают две навески массой по 50 г каждая (m).

Порядок проведения испытания. Прибор заполняют водой до нижней нулевой отметки, уровень воды определяют по нижнему мениску. Каждую навеску через воронку прибора высыпают небольшими равномерными порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определяемый по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 мл.

Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг его вертикальной оси. Остаток навески, не вошедший в прибор, взвешивают с погрешностью до 0,01 г (m_1).

Обработка результатов испытания. Истинную плотность ρ, г/см^3, вычисляют по формуле

$$\rho_0 = \frac{m - m_1}{V},$$

где m – масса высушенной навески, г; m_1 – масса остатка, г; V – объем воды, вытесненной порошком, см^3.

За результат принимают среднеарифметическое значение пяти параллельных испытаний.

Определение пористости

Пористость горной породы определяют на основании предварительно установленных значений истинной и средней плотности горной породы.

Величину пористости $V_{пор}$, %, вычисляют по формуле

$$V_{пор} = V_{пор} = (1 - \frac{\rho_0}{\rho})100,$$

где ρ_0 – средняя плотность горной породы, г/см^3; ρ – истинная плотность горной породы, г/см^3 [18].

16. Определение плотности горных пород денситометром

Общие сведения. Для плотных скальных и полускальных горных пород, пористость которых мала (доли процента или 1–2 %), плотность можно определять без парафинирования с помощью специального прибора – денситометра.

Оборудование: Основной частью этого прибора (рис. 16.1) является коромысло 1, которое вращается на оси в шариковых подшипниках. К правому плечу коромысла при помощи подвеса 5 подвешивают образец или чашку для образца 6. К левому плечу подвешивают чашку 10 с уравновешивающим грузом. На коромысле жестко укреплен указатель 3 шкалы плотности прибора 2. В нерабочем состоянии коромысло фиксируется стопорным винтом 4. Плотность на этом приборе определяется с точностью до 0,01 г/см^3. На площадке 8 штатива 9 крепится подъемный механизм 7 с сосудом для воды. При подготовке прибора к работе необходимо проверить балансировку коромысла. Нормально оно должно оставаться в безразличном равновесии при разных положениях стрелки. Балансировку производят перемещением гаек на коромысле, как и на обычных рычажных весах.

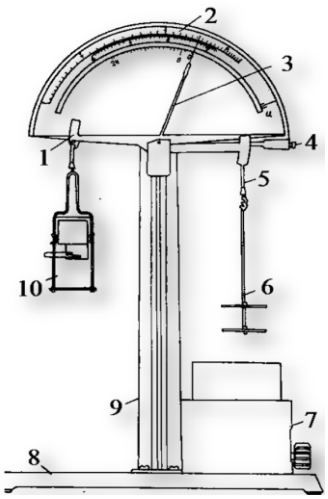


Рис. 16.1. Денситометр: 1 – коромысло 2 – шкалы плотности, 3 – указатель, 4 - стопорный винт, 5 – подвес, 6 – чашка, 8 – площадка, 9 – штатив

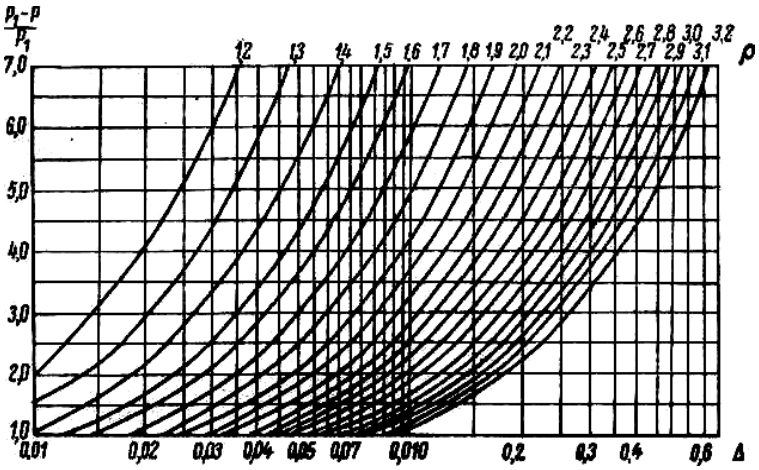


Рис. 16.2. Номограмма для определения поправки на парафинирование при определении плотности горных пород. ρ' – плотность образца с парафином, г/см3; *p* – масса образца в воздухе; p_i – масса запарафиннрованного образца в воздухе; А – поправка [25]

Последовательность определения. Образец горной породы массой от 50 до 300 г подвешивают на нитке к подвесу *5* правого плеча коромысла. На чашку *10* левого плеча коромысла кладут гири или дробь, чтобы указатель *3* установился на индекс «И» шкалы плотности.

Образец полностью погружают в стакан с водой и по шкале *2* читают значение плотности горной породы с точностью до 0,01 г/см^3. Если плотность породы определяется по запарафинированному образцу, следует вводить поправку на парафинирование, которую определяют по номограмме (рис. 13.2). Для каждой пробы породы, как и при других методах, следует производить два параллельных определения. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [25].

ЖУРНАЛ

определения плотность горной породы денситометром

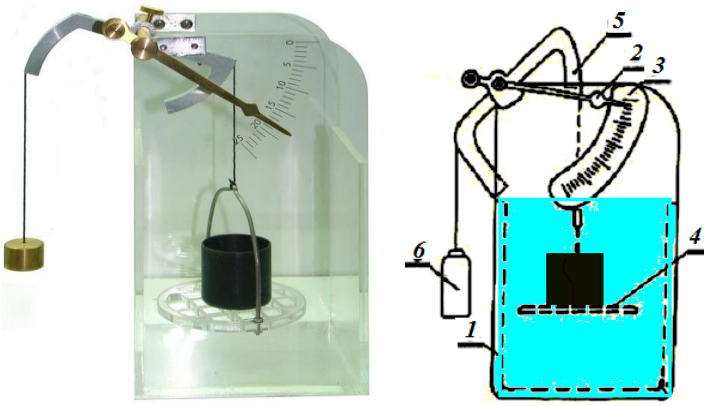
Лабораторный номер	Номер испытаний	Плотность, г/см^3		Примечание
		отдельного образца	средняя	
1	2	3	4	5

17. Определение характеристик размокаемости грунтов

Общие сведения. Настоящая методика распространяется на пылевато-глинистые грунты и устанавливает метод лабораторного определения размокаемости.

Для определения размокаемости грунтов применяют подземную воду, взятую на месте отбора образца. Допускается применение водопроводной воды.

Аппаратура. Прибор ПРГ-2 (рис. 17.1., нож, пресс для вырезки образцов, вазелин технический.



Условные обозначения:
1 – корпус;
2 – стрелка;
3 – шкала;
4 – сетка;
5 – рычаг;
6 – противовес

Рис. 17.1. Прибор для определения размокаемости грунта

Подготовка к испытанию. Для определения размокания грунта ненарушенной структуры грунтоотборником из монолита грунта вырезают цилиндры диаметром и высотой 30 мм (или кубики 30х30х30 мм). Отбирают пробу на влажность по ГОСТ 5180.

При определении размокания грунта нарушенной структуры высушенный на воздухе грунт размельчают и просеивают через сито с сеткой № 05. Просеянный грунт заливают водой и приготавливают тесто такой консистенции, при которой оно не прилипает к рукам при раскатывании. Из приготовленного теста грунтоотборником вырезают образцы так же, как из монолита грунта.

Проведение испытания. Вырезанный образец грунта ставят на сетку прибора с отверстиями в 1 см, и опускают в ванну прибора, наполненную водой.

Помещенные в воду образцы начинают размокать.

Наблюдают за образцом и делают записи в журнале в следующие промежутки времени: **1; 30 мин, 1; 6; 24; 48 ч,** применяя термины из табл. 17.1 и 17.2. При описании характера размокания образца приводят описание формы, размеры частиц (крупные, мелкие комочки, чешуйки, пыль), последовательность их распада.

Процент распада грунта в любой момент времени рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{H - H_p}{H} \cdot 100\ \%,$$

где P – распад грунта, %; H – начальная числовая отметка; H_p – числовая отметка в процессе размокания.

Скорость размокания определяется:

$$V_p = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{1}{m_0}.$$

где Δm – потеря массы образца, m_0 – исходная масса.

Таблица 17.1. Критерии размокания грунта

Время размокания образца	Характер размокания
Полностью за 1 мин	Мгновенное
Более 80–90 % объема за 30 мин	Очень быстрое
Более 50 % объема за 1 ч	Быстрое
Более 50 % объема за 6 ч	Медленное
Менее 25 % объема за 24 ч	Очень медленное
Менее 10 % объема за 48 ч	Практически неразмокающий грунт

Таблица 17.2. Описание поведения помешенного в воду образца грунта

Термин	Описание грунта после 24 ч размоканияв воде	Степень
Устойчивый	Изменений нет	1
Достаточно устойчивый	Образовалось несколько трещин или поверхность образца слегка крошится	2
	Образовалось много трещин, крошится на мелкие куски, поверхность образца сильно крошится	2
Неустойчивый	Образец распадается или почти вся поверхность образца крошится	4
	Образец переходит в суспензию или распадается до песка	5

Опыт считается законченным, если образец размокнет и упадет через сетку на дно сосуда или долгое время будет сохранять свое состояние без изменений. Если образец не размокнет через 48 ч, проводится его описание и испытание прекращают. Некоторые слабые породы не распадаются сразу после извлечения из воды, а только после высушивания [28].

18. Определение коэффициента фильтрации грунтов по ГОСТ 25584. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

Общие положения. Коэффициентом фильтрации называют скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации. Коэффициент фильтрации определяют на образцах ненарушенного (природного) сложения или нарушенного сложения заданной плотности. Для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов нарушенного сложения следует применять образцы, высушенные до воздушно-сухого состояния.

Максимальный размер частиц песчаных грунтов не должен превышать 0,5 внутреннего диаметра прибора для определения коэффициента фильтрации.

Коэффициент фильтрации песчаных грунтов определяют при постоянном заданном градиенте напора с пропуском воды сверху вниз или снизу вверх, при предварительном насыщении образца грунта водой снизу вверх.

Для насыщения образцов грунта и фильтрации применяют грунтовую воду с места отбора грунта или воду питьевого качества. В случаях, устанавливаемых программой исследований, допускается применять дистиллированную воду.

Образцы грунта взвешивают на лабораторных весах с погрешностью ±0,01 г.

Результаты определения коэффициента фильтрации должны сопровождаться данными о гранулометрическом составе по ГОСТ 12536, влажности, плотности частиц, плотности сухого грунта, границе текучести и раскатывания по ГОСТ 5180, степени влажности и коэффициенте пористости.

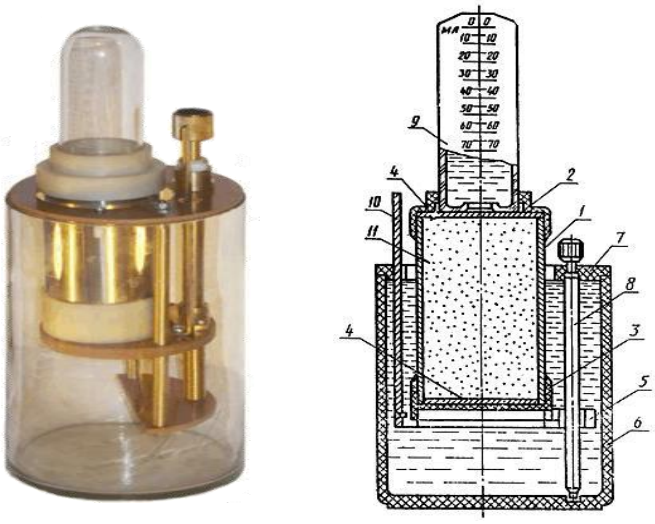
Количество частных определений коэффициента фильтрации для каждого инженерно-геологического элемента (слоя грунта) должно составлять не менее шести.

Количество частных определений коэффициента фильтрации грунта допускается уменьшать при наличии одноименных определений в материалах предыдущих испытаний, выполненных на той же площадке для того же инженерно-геологического элемента.

Нормативные значения коэффициента фильтрации для каждого инженерно-геологического элемента (слоя грунта) устанавливают методом статистической обработки результатов частных определений по ГОСТ 20522. Расчетные значения коэффициента фильтрации следует принимать равными нормативным [13].

18.1 Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Оборудование и приборы. В комплект оборудования для определения коэффициента фильтрации должны входить: прибор КФ-00М (рис. 18.1); лабораторные общего назначения; термометр с погрешностью измерения не более 0,5 °С; секундомер; нож из нержавеющей стали с прямым лезвием; лопатка; пресс винтовой; пластины плоские с гладкой поверхностью (из стекла, плексигласа или металла). В состав прибора КФ-00М, должны входить: фильтрационная трубка, состоящая из прямого полого цилиндра внутренним диаметром 56,5 мм и высотой 100 мм с заостренными краями, перфорированного дна с отверстиями размером (2х2) мм (или диаметром 2 мм) и муфты с латунными сетками, мерного стеклянного баллона объемом 140 см^3 и высотой 110–115 мм со шкалой объема фильтрующейся жидкости; телескопическое приспособление для насыщения грунта водой и регулирования градиента напора, состоящее из подставки, подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0 до 1 ценой деления 0,02; корпус с крышкой. Цилиндр, планка со шкалой градиентов напора, сетки, подъемный винт должны изготавливаться из некоррозирующегося металла.



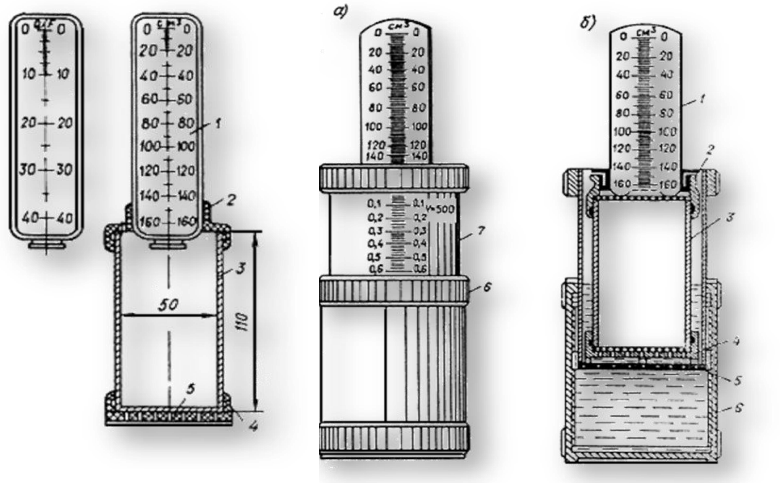
Условные обозначения:
1 – цилиндр; 2 – муфта; 3 – перфорированное дно; 4 – латунная сетка; 5 – подставка; 6 – корпус; 7 – крышка; 8 – подъемный винт; 9 – стеклянный баллон со шкалой объема фильтрующейся жидкости; 10 – планка со шкалой градиентов напора; 11 – испытуемый образец грунта

Рис. 18.1. Общий вид и конструкция прибора КФ–00М

Для определения коэффициента фильтрации допускается применять приборы, конструкция которых подобна КФ–00М (КФ–01, ПКФ–3 Союздорнии, ФВ–3). Согласно РД 34 15.073–91[27], трубка СПЕЦГЕО предназначена для лабораторного определения коэффициента фильтрации песчаных и глинистых грунтов. В трубке СПЕЦГЕО имеется возможность вести испытания грунтов естественного сложения, что особенно важно для глинистых грунтов и вести испытания грунтов при постоянном градиенте, что важно для песчаных грунтов. Трубка СПЕЦГЕО (рис. 18.2) состоит из мерного цилиндра 1 и металлической фильтрационной трубки 3, снабженной крышками – верхней 2 и нижней 4. Мерный цилиндр 1 – стеклянный, объемом 150–180 см^3, имеет суженное горлышко, соединяется с металлической трубкой через верхнюю крышку 2. На одной стороне мерного цилиндра 1 нанесена шкала. Фильтрационная трубка 8 представляет собой полый цилиндр диаметром 50–60 мм и длиной 110–120 мм. При испытаниях фильтрационную трубку наполняют породой. Верхнюю крышку 2 одним краем плотно надевают на трубку 3, а другим на мерный цилиндр. Чтобы крышка плотно

надевалась на трубку 3 и цилиндр 1, внутри нее имеются резиновые прокладки. Нижняя крышка 4 латунная, снабжена дырчатым донышком 5 и покрыта сеткой.

Усовершенствованная модель трубки СПЕЦГЕО – КФЗ предложена Д. И. Знаменским (рис. 18.2). Она дополнительно снабжена специальным винтовым телескопическим приспособлением, которое служит для насыщения породы водой и позволяет вести испытания ее на фильтрацию при любом постоянном градиенте в пределах от 0 до 1. Телескопическое приспособление состоит из наружного стакана 6, имеющего внутреннюю резьбу, и внутреннего стакана 7 с решеткой 5, имеющего в основании наружную резьбу. На корпусе стакана 7 имеется шкала для измерения напорного градиента от 0 до 1 с ценой деления 0,2. В усовершенствованной модели прибора мерный цилиндр 1 имеет поплавок (на рис. не показан) с двумя клапанами: верхний не дает воде вытекать из цилиндра до его установки в приборе, а нижний автоматически регулирует уровень воды в приборе над испытуемой породой. При испытаниях песков нарушенного сложения на трубку 3 надевают нижнюю крышку 4 и затем через верх наполняют ее песком. Затем на трубку надевают верхнюю крышку 2 и устанавливают ее в батарейную банку. По массе загруженного песка в трубку 3 и ее объему вычисляют плотность сухого песка. При отсутствии специального задания коэффициент фильтрации песков следует определять при самом плотном и самом рыхлом сложении. В батарейную банку, где установлена фильтрационная трубка с грунтом, наливают воду и насыщают грунт водой снизу вверх. Приливание воды в банку производят небольшими порциями с остановками, чтобы насыщение происходило постепенно. При испытаниях песков их насыщение водой лучше производить в процессе наполнения ими трубки. Для этого ее устанавливают в батарейную банку и постепенно наполняют песком, при этом воду в банку приливают в таком количестве, чтобы слой воды в ней не превышал слоя песка в трубке. После того как вода появится в трубке над грунтом, насыщение ее заканчивают и приступают к испытаниям на фильтрацию.



Условные обозначения:
а) общий вид; *б)* в рабочем положении, в резерве; *1* - мерный цилиндр; *2* – верхняя крышка; *3* – трубка; *4* – нижняя крышка; *5* – дырчатое донышко; *6* – наружный стакан; *7* – внутренний стакан.

Рис. 18.2. Трубка СПЕЦГЕО (слева) и ее усовершенствованная модель – КФЗ (справа) [27]

При работе с усовершенствованным прибором СПЕЦГЕО наполнение фильтрационной трубки 3грунтом производят способом, описанным выше, а насыщение водой – с помощью телескопического приспособления. Для этого в наружный стакан 6 наливают воды примерно на треть его высоты, а внутренний стакан 7 вывинчивают вверх до отказа. На дно стакана 7 устанавливают

фильтрационную трубку 3 и медленно с остановками его завинчивают, опуская в нижнее положение для насыщения грунта водой до появления пленки воды на ее поверхности.

Приподнимают фильтрационную трубку над батарейной банкой и закрепляют на штативе (или вывинчивают внутренний стакан 7 с фильтрационной трубкой вверх до отказа). Затем заполняют водой мерный цилиндр 1 и, быстро опрокинув его, укрепляют в верхней крышке 2 так, чтобы горлышко цилиндра опиралось непосредственно на грунт. В таком виде мерный цилиндр работает как мариоттов сосуд, автоматически поддерживая над грунтом постоянный уровень воды в 1–2 мм. Как только этот уровень вследствие просачивания воды через грунт понизится, в мерный цилиндр прорывается пузырек воздуха и вытекает соответствующее количество воды. Этим достигается постоянство напорного градиента, равного в обычной трубке единице, так как в данном случае напор равен пути фильтрации. В усовершенствованной трубке, если стакан 7 вывернуть вверх не до отказа, а частично оставить его затопленным в воде, то напорный градиент будет меньше единицы (см. шкалу на стакане 7), так как путь фильтрации, как и в обычной трубке, будет равен длине фильтрационной трубки, а напор – расстоянию от пленки воды над грунтом до уровня воды в наружном стакане 6 [27].

Если в мерный цилиндр прорываются крупные пузырьки воздуха, это свидетельствует о том, что горлышко трубки отстоит на значительном расстоянии от поверхности грунта. В этом случае цилиндр необходимо опустить глубже и добиться, чтобы в него равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

По достижении указанных условий отмечают по шкале уровень воды в мерном цилиндре 1, пускают секундомер и по прошествии определенного времени t (50–100 с для более водопроницаемых и 250–500 с для менее водопроницаемых грунтов) замечают второй уровень воды в мерном цилиндре 1, что дает возможность определить расход воды Q_f, профильтровавшейся через грунт за время t (с). Коэффициент фильтрации при этом будет равен

$$K = V_w / (t \cdot A), \text{ см/с},$$

где V_w – общее количество профильтровавшейся воды, см^3, за время t, с; A – площадь поперечного сечения металлической трубки, см^2.

Из формулы видно, что величина V_w / A может быть заранее вычислена. Для этой цели на мерном цилиндре имеется вторая шкала, соответствующая различным отношениям V_w / A. Пользование этой шкалой сводит к минимуму вычисления коэффициента фильтрации.

Для получения средней величины коэффициента фильтрации повторяют замеры расхода воды при различных понижениях уровня воды в мерном цилиндре за время t (с). При работе с усовершенствованной трубкой опыт повторяют при данном градиенте два-три раза.

Подготовка к испытанию. К испытанию грунт следует подготавливать в следующей последовательности: песок и воду, предназначенные для определения коэффициента фильтрации, выдерживают в лаборатории до выравнивания их температуры с температурой воздуха; из корпуса прибора извлекают фильтрационную трубку и разбирают ее; заполняют цилиндр испытываемым грунтом; в корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до совмещения отметки градиента напора на планке с верхним краем крышки корпуса; устанавливают цилиндр с грунтом на подставку и вращением подъемного винта медленно погружают в воду, содержащуюся в корпусе, до

отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживают постоянный уровень воды у верхнего края корпуса; помещают на образец грунта латунную сетку, одевают на цилиндр муфту, вращением подъемного винта опускают фильтрационную трубку в крайнее нижнее положение и оставляют на 15 мин.

Заполнение цилиндра испытываемым грунтом ненарушенного сложения выполняют в следующем порядке. Заранее взвешенный цилиндр ставят заостренным краем на выровненную поверхность грунта и винтовым прессом (или рукой) слегка вдавливают его в грунт, обозначая границы будущего образца для проведения испытаний; грунт у заостренного края цилиндра (с внешней его стороны) срезают острым ножом в виде столбика диаметром на 0,5–1 мм больше диаметра цилиндра и высотой примерно 10 мм. Одновременно, по мере срезания грунта, легким надавливанием пресса постепенно надвигают цилиндр на грунт, не допуская перекоса, до полного заполнения цилиндра. В грунт, из которого не удается вырезать столбик, цилиндр вдавливают; верхний торец образца грунта зачищают ножом вровень с краями цилиндра и накрывают заранее взвешенной пластинкой; подхватывают цилиндр с грунтом снизу лопаткой, перевертывают его, зачищают нижний торец образца грунта вровень с краями цилиндра и также накрывают заранее взвешенной пластинкой; взвешивают цилиндр с образцом грунта и покрывающими его пластинками; определяют плотность по ГОСТ 5180;

Надевают на цилиндр с образцом грунта дно с латунной сеткой, покрытой кружками марли. Заполнение цилиндра грунтом нарушенного сложения выполняют в следующем порядке: на цилиндр надевают дно с латунной сеткой, покрытой кружком марли; наполняют цилиндр грунтом, через верх слоями толщиной 1–2 см; необходимую массу грунта (m) в граммах вычисляют по формулам:

$$m = V\rho, \text{ или } m = V\frac{1+w}{1+e}\rho_s,$$

где V – объем цилиндра, см^3; p – заданная плотность, г/см^3; w – влажность грунта, доли единицы; p_s – плотность частиц грунта, г/см^3; e – коэффициент пористости.

Если грунт массой m не укладывается в цилиндр, то его уплотняют трамбованием. Заполнение цилиндра испытываемым грунтом в предельно рыхлом и предельно плотном состоянии выполняют в следующем порядке: цилиндр с дном и латунной сеткой, покрытой кружком марли, взвешивают; для получения образца в предельно рыхлом состоянии цилиндр заполняют грунтом, насыпая его с высоты 5–10 см без уплотнения, в предельно плотном состоянии – слоями толщиной 1–2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием; зачищают поверхность образца грунта вровень с краями цилиндра и взвешивают цилиндр с грунтом; определяют плотность грунта по ГОСТ 5180.

Проведение испытания. Коэффициент фильтрации грунта определяют в следующем порядке: вращением подъемного винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на планке с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края. Испытания проводят при поэтапном увеличении значений градиента напора; замеряют температуру воды; заполняют мерный стеклянный баллон водой и, закрывая пальцем его отверстие, опрокидывают отверстием вниз, подносят возможно ближе к цилиндру с грунтом и, отнимая палец, быстро вставляют в

муфту фильтрационной трубки так, чтобы его горлышко соприкасалось с латунной сеткой, а в баллон равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо опустить ниже, добившись появления мелких пузырьков; отмечают время, когда уровень воды достигнет деления шкалы мерного баллона, отмеченного цифрой 10 (или 20) см^3, принимая это время за начало фильтрации воды. В дальнейшем фиксируют время, когда уровень воды достигнет соответственно делений 20, 30, 40, 50 (или 20, 40, 60, 80) см или других кратных значений. Производят четыре отсчета.

Обработка результатов. Коэффициент фильтрации $K_ф$ м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10 °С, вычисляют по формуле

$$K_ф = \frac{864 \cdot V_W}{A \cdot I \cdot T \cdot t_m},$$

где V_w – объем профильтровавшейся воды при одном замере, см^3; T – средняя продолжительность фильтрации (по замерам при одинаковых расходах воды), с; A – площадь поперечного сечения цилиндра фильтрационной трубки, см^2; I – градиент напора; T=(0,7+0,03$T_ф$) – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10°С, где t_w – фактическая температура воды при испытании, °С; 864 – переводной коэффициент (из см/с в м/сут)

Коэффициент фильтрации вычисляют до второй значащей цифры. Для расчета коэффициента фильтрации следует составлять таблицу расчетных данных для постоянного расхода воды из цилиндра определенной площади поперечного сечения при различных градиентах напора и температуре. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [13].

ЖУРНАЛ

лабораторного определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Организация (лаборатория)_____

Местоположение площадки _____

Глубина и дата отбора монолита грунта _____

Наименование прибора и краткие сведения о нем_____

Площадь поперечного сечения цилиндра А _____ см^2.

Объем цилиндра _____ см^3.

Дата проведения испытаний	Лабораторный номер образца грунта	Тип грунта	Сложение грунта	Влажность грунта, доли единицы	Масса, г			Плотность, г/см^3			Коэффициент пористости грунта
					цилиндра с грунтом	цилиндра	грунта	частиц грунта p_s	грунта p	сухого грунта p_d	

Продолжение

Время фильтрации		Объем профильтровавшейся воды V_w см^3	Температура воды T_w С°	Градиент напора I	Коэффициент фильтрации K_{10} м/сут	Примечание
отдельные замеры	среднее					

Руководитель лаборатории _____

Исполнитель _____

18.2 Определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов

Общие положения. Коэффициент фильтрации пылеватых и глинистых грунтов определяют при заданных давлении на грунт и переменном градиенте напора с пропуском воды сверху вниз или снизу вверх, при предварительном насыщении образца грунта водой снизу вверх без возможности его набухания.

Оборудование и приборы. В комплект оборудования для определения коэффициента фильтрации глинистых грунтов должны входить: компрессионно-фильтрационный прибор, позволяющий проводить испытания под нагрузкой при переменном напорном градиенте; весы лабораторные общего назначения; термометр с погрешностью измерения не более 0,5°С); секундомер; нож из нержавеющей стали с прямым лезвием; лопатка; пресс винтовой; пластины плоские с гладкой поверхностью (из стекла, плексигласа или металла).

В состав компрессионно-фильтрационного прибора должны входить: поддон с емкостью для воды и штуцером с боковой стороны; кольцо (цилиндр) для образца грунта с заостренным нижним краем; металлические фильтры, обеспечивающие свободное поступление воды к образцу и ее отвод; насадка (крышка) на кольцо; пьезометр диаметром 0,4 см (при быстрой фильтрации до 1 см, при медленной – 0,1–0,2 см), соединенный с прибором через штуцер и тройник; при наличии в приборе двух пьезометров диаметр их должен быть одинаковым; арретир – приспособление для предотвращения набухания образца грунта при его насыщении водой; индикатор с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образца грунта; механизм вертикальной нагрузки на образец.

Конструкция компрессионно-фильтрационного прибора должна обеспечивать: герметичность всех стыков прибора; отсутствие защемленных пузырьков воздуха; создание заданного градиента напора (до 100); подачу воды к образцу грунта снизу-вверх или сверху-вниз и отвод ее; центрированную передачу нагрузки на образец грунта; передачу на образец грунта давления ступенями; постоянство давления на каждой ступени; неподвижность кольца с грунтом при испытаниях; измерение вертикальных деформаций грунта с точностью 0,01 мм; нагрузку на образец, создаваемую фильтром, измерительным оборудованием и неуравновешенными деталями, не более **0,0025 МПа.**

Части прибора, соприкасающиеся с водой, должны быть изготовлены из некоррозирующегося материала.

Компрессионно-фильтрационные приборы необходимо тарировать не реже одного раза в год. Индикаторы должны подвергаться поверкам в соответствии с технической документацией.

Подготовка к испытанию. Воду и грунт, предназначенные для определения коэффициента фильтрации, выдерживают в лаборатории до выравнивания их температуры с температурой воздуха.

Приготавливают образец грунта, предварительно смазав внутреннюю поверхность кольца техническим вазелином. Заполнение цилиндра испытываемым грунтом ненарушенного сложения выполняют в следующем порядке: заранее взвешенный цилиндр ставят заостренным краем на выровненную поверхность грунта и винтовым прессом (или рукой) слегка вдавливают его в грунт, обозначая границы будущего образца для проведения испытаний; грунт у заостренного края цилиндра (с внешней его стороны) срезают острым ножом в виде столбика диаметром на 0,5–1 мм больше диаметра цилиндра и высотой примерно 10 мм.

Одновременно, по мере срезания грунта, легким надавливанием пресса постепенно надвигают цилиндр на грунт, не допуская перекоса, до полного заполнения цилиндра. В грунт, из которого не удается вырезать столбик, цилиндр вдавливают; верхний торец образца грунта зачищают ножом вровень с краями цилиндра и накрывают заранее взвешенной пластинкой; подхватывают цилиндр с грунтом снизу лопаткой, перевертывают его, зачищают нижний торец образца грунта вровень с краями цилиндра и также накрывают заранее взвешенной пластинкой; взвешивают цилиндр с образцом грунта и покрывающими его пластинками;

Из остатков срезанного грунта отбирают пробы для определения влажности по ГОСТ 5180.

При заполнении кольца грунтом необходимо учитывать, в каком направлении относительно природного напластования определяют коэффициент фильтрации.

На нижнюю и верхнюю поверхность грунта накладывают фильтровальную бумагу, смоченную водой и вырезанную по внутреннему диаметру кольца.

Заполняют поддон прибора водой до верхней поверхности металлического фильтра через пьезометр и ставят на фильтр кольцо с грунтом.

Металлический фильтр ставят на образец грунта и опускают винт арретира так, чтобы при насыщении водой образец не набухал.

В случае испытания грунта под нагрузкой закрепляют индикатор.

Образец грунта насыщают водой снизу вверх через пьезометр. Водонасыщение следует производить не менее 2 сут. для супесей, не менее 5 сут. для суглинков; продолжительность водонасыщения глин устанавливают заданием.

При степени влажности грунта более 0,98 водонасыщение можно не производить.

Заливают образец грунта водой (до краев насадки или верха крышки) и передают на образец заданное давление ступенями.

Значения ступеней давления и время их выдерживания назначают в соответствии с ГОСТ 12248. Если заданное давление равно p_{str} (соответствующее структурной прочности), то образец нагружают ступенями давления по 0,0025 МПа до начала сжатия по ГОСТ 12248.

Подготовка образцов глинистого грунта нарушенного сложения

1) Для подготовки образцов глинистых грунтов с заданными значениями плотности необходимо размять грунт пестиком с резиновым наконечником до исчезновения комков крупнее 2 мм и определить влажность грунта по ГОСТ 5180.

2) Массу грунта, которая в объеме кольца должна обеспечить заданное значение плотности, рассчитывают по формуле Если задано значение плотности сухого грунта (ρ_d), г/см^3, то массу грунта в объеме кольца рассчитывают по формуле

$$m=\rho_d(1+w)V,$$

3) Заполняют кольцо приготовленным грунтом необходимой массы.

Если вручную не удается уложить весь грунт, то применяют пресс.

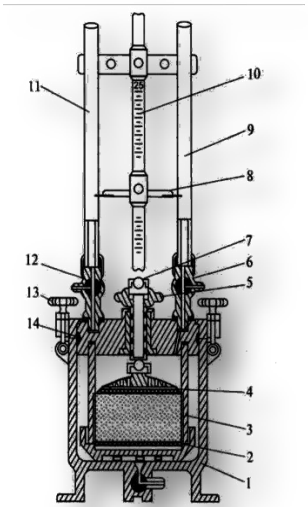
4) Накрывают торцы образца грунта кружками влажной фильтровальной бумаги.

Проведение испытания. Наливают воду в пьезометр и устанавливают начальный напор, соответствующий заданному градиенту напора.

Начальный напор равен высоте столба воды от постоянного ее уровня над образцом грунта до уровня в пьезометре.

В приборах, имеющих два пьезометра, соединенных с крышкой и поддоном, начальный напор равен разности уровней в пьезометрах (рис.18.4). В приборе ПВ

испытание можно вести по схеме «восходящего потока» (рис.18.4, *а)* и по схеме «нисходящего потока» (рис.18.4 б). При исследовании фильтрации в нисходящем потоке пьезометр, присоединенный к верхней части прибора, должен быть заполнен водой до верхней отметки, а пьезометр, присоединенный к нижней части, – до нижней отметки и наоборот. После полного насыщения породы водой приступают к испытаниям ее на фильтрацию.



Условные обозначения:
1 – корпус;
2 – нижний фильтр;
3 – кольцо с образцом грунта;
4 – нагрузочный штамп;
5 – полый винт;
6,12 – трехходовые краны;
7 – нагрузочный шток;
8 – указатель-движок для фиксации уровня воды в пьезометрах;
9, 11 – пьезометры;
10 – стойка;
13 – откидные болты;
14 – крышка.

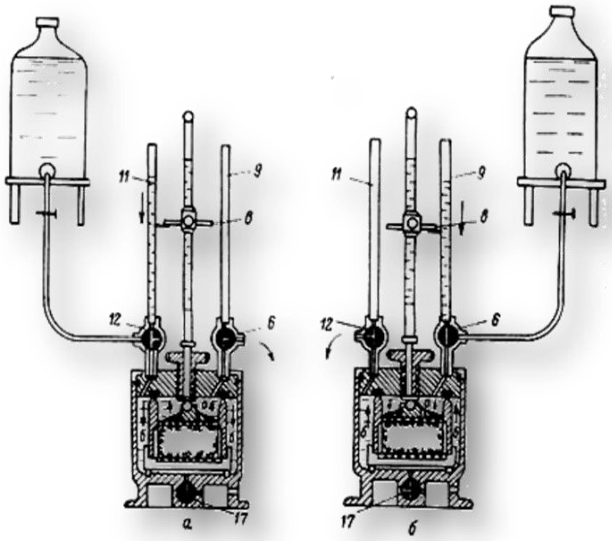


Рис. 18.2. Испытание по схеме «восходящего потока» и по схеме «нисходящеголотока» [25]

При испытании породы по схеме «восходящего потока» прибор подготавливают так, как показано на рис. 18.4, *а.* Кран *17* закрывают. Кран *6* открывают и на него надевают шланг для слива воды. Под шланг подставляют банку. К крану *12* шлангом подводят воду от бутыли с тубусом для периодического наполнения пьезометра водой при повторных испытаниях. После того как будет открыт кран *6* и из пьезометра *9* стечет вода, столб воды в пьезометре *11* создаст напор, под действием которого вода начнет фильтроваться из пьезометра в бьеф *б* и затем снизу вверх через породу. Для того чтобы измерить скорость фильтрации воды, ведут наблюдения за скоростью понижения уровня в пьезометре *11.* Отсчеты по пьезометру производят через определенные промежутки времени, но не реже двух раз в течение рабочего дня. Опыт в восходящем потоке повторяют два-три раза.

При испытании породы по схеме «нисходящего потока» прибор устанавливают так, как показано на рис. 18.4 б. Наблюдения за скоростью фильтрации воды в этом случае ведут по скорости понижения уровня воды в пьезометре *9*.

Испытания пород на фильтрацию в приборе ПВ можно производить как без предварительного уплотнения (но сдерживая набухание пород при их увлажнении), так и после уплотнения той или иной ступенью нагрузки.

После испытания породы на фильтрацию надо слить из прибора воду через краны *17, 12, 6,* а затем выполнять дальнейшие определения (влажности, плотности породы) и вычисления коэффициента фильтрации, как и при работе с компрессионно-фильтрационным прибором. Все наблюдения, выполненные в процессе опытов, и вычисления коэффициента фильтрации записывают в журнал. В графе «Примечание» журнала необходимо отмечать для каждого номера опыта, при каком (восходящем или нисходящем) потоке производилось испытание породы на фильтрацию.

Открывают кран (краны), соединяющий (соединяющие) пьезометр (пьезометры) с прибором, и отмечают время начала фильтрации воды.

Замеряют числа делений, на которые опустился (поднялся) уровень воды в пьезометре, через одинаковые промежутки времени и температуру воды с точностью до 0,5°С. Отсчеты по пьезометру производят в зависимости от скорости фильтрации. Промежутки времени отсчетов могут быть 5, 10, 15, 30 мин, 1 ч, при медленной фильтрации – два раза, в начале и конце рабочего дня. Производят не менее шести отсчетов.

Если уровень воды в пьезометре понижается на одно деление за время, превышающее 40 с, то следует заменить пьезометры на более тонкие трубки [25].

После испытания определяют влажность и плотность грунта по ГОСТ 5180.

Обработка результатов. Коэффициент фильтрации грунта *(K_{10})*, м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10°С, вычисляют по формуле

$$K_{10} = \left[\frac{\varphi(\frac{S}{H_0}}{t} \right] \frac{A_n}{A_к} \cdot \frac{h}{T} \cdot 864,$$

где S – наблюдаемоепадение уровняводы в пьезометре, отсчитанное от первоначального уровня, см; H_0 – начальный напор, см; $\varphi \frac{S}{H_0}$ – безразмерный коэффициент, определяемый по табл. 18.1; t – время падения уровня воды, с; A_n – площадь сечения пьезометра, см^2; $A_к$ – площадь кольца, см^2; h – высота образца грунта, равная высоте кольца, см; T=(0,7+0,$03T_ф$) – поправка для приведениязначения коэффициентафильтрациикусловиямфильтрации воды при температуре 10°С, где $T_ф$ – фактическая температура воды при опыте,°С; 864 – переводной коэффициент (из см/с в м/сут).

Для расчетов коэффициента фильтрации составляют вспомогательные таблицы, разделив формулу (2) на два множителя:

$$B = \left[\frac{\varphi(\frac{S}{H_0}}{t} \right], \text{ и } M = \frac{A_n}{A_к} \cdot \frac{h}{T} \cdot 864,$$

Рекомендуется составлять таблицы значений множителя 5 в зависимости от значения падения уровня воды в пьезометре и значений множителя М в зависимости от температуры воды при опыте.

Коэффициент фильтрации вычисляют для каждого отсчета по пьезометру. За коэффициент фильтрации образца грунта принимают среднее арифметическое отдельных вычисленных значений.

Коэффициент фильтрации выражают с точностью до второй значащей цифры.

Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [13].

ЖУРНАЛ

определения коэффициента фильтрации пылеватых и глинистых грунтов

Местоположение площадки _____

Глубина и дата отбора монолита грунта _____

Наименования прибора и краткие сведения о нем_____

Площадь поперечного сечения кольца $A_к$ _____ см^2,

высота кольца _____ см,

Площадь поперечного сечения пьезометра $A_п$ _____ см^2

Начальный напор H_0, см	Градиент напора I	Время начала фильтрации и отдельных замеров	Падение уровня воды в пьезометре S, см	Температура воды T_w, C^o	Коэффициент фильтрации K_{10}, м/сут	Среднее значение $K_{10,}$ м/сут	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Табл. 18.1. Значения $\frac{S}{H_0}$ и $\varphi\frac{S}{H_0}$

$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\frac{S}{H_0}$	$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\frac{S}{H_0}$	$\frac{S}{H_0}$	$\varphi\frac{S}{H_0}$
0,01	0,010	0,34	0,416	0,67	1,109
0,02	0,020	0,35	0,431	0,68	1,139
0,03	0,030	0,36	0,446	0,69	1,172
0,04	0,040	0,37	0,462	0,70	1,204
0,05	0,051	0,38	0,478	0,71	1,238
0,06	0,062	0,39	0,494	0,72	1,273
0,07	0,073	0,40	0,510	0,73	1,309
0,08	0,083	0,41	0,527	0,74	1,347
0,09	0,094	0,42	0,545	0,75	1,386
0,10	0,105	0,43	0,562	0,76	1,427
0,11	0,117	0,44	0,580	0,77	1,470
0,12	0,128	0,45	0,598	0,78	1,514
0,13	0,139	0,46	0,616	0,79	1,561
0,14	0,151	0,47	0,635	0,80	1,609
0,15	0,163	0,48	0,654	0,81	1,661
0,16	0,174	0,49	0,673	0,82	1,715
0,17	0,186	0,50	0,693	0,83	1,771
0,18	0,196	0,51	0,713	0,84	1,833
0,19	0,210	0,52	0,734	0,85	1,897
0,20	0,223	0,53	0,755	0,86	1,966
0,21	0,236	0,54	0,777	0,87	2,040
0,22	0,248	0,55	0,799	0,88	2,120
0,23	0,261	0,56	0,821	0,89	2,207
0,24	0,274	0,57	0,844	0,90	2,303
0,25	0,288	0,58	0,868	0,91	2,408
0,26	0,301	0,59	0,892	0,92	2,526
0,27	0,315	0,60	0,916	0,93	2,659
0,28	0,329	0,61	0,941	0,94	2,813
0,29	0,346	0,62	0,967	0,95	2,996
0,30	0,357	0,63	0,994	0,96	3,219
0,31	0,371	0,64	1,022	0,97	3,507
0,32	0,385	0,65	1,050	0,98	3,912
0,33	0,400	0,66	1,079	0,99	4,605

19. Определение высоты капиллярного поднятия [25]

Общие сведения. Определенно капиллярных свойств имеет большое практическое значение при инженерно-геологических изысканиях на дорожных пучинах, при изысканиях для мелиорации земель, для определения глубины заложения фундаментов, проектирования гидроизоляции и дренажей.

Оборудование: стеклянная трубка диаметром 2–3 см, длиной 80–100 см, подвязанная с одного конца марлей или сеткой; стеклянная банка. воронка; штатив.

Подготовка к испытанию. Привести испытуемые грунты в воздушно-сухое состояние.

Обвязать стеклянную трубку (предварительно проградуированную) диаметром 2–3 см и высотой 0,5–1 м с одного конца марлей и наполнить через воронку грунтом, слегка утрамбовывая последний легким постукиванием по трубке резиновым пестиком и концом трубки об упругую подушку.

Грунт загружать в трубку так, чтобы не происходило сортировки зерен, падающих внутри трубки. С этой целью присоединить к концу воронки резиновую трубку и вначале опустить ее на дно трубки, а затем, по мере загрузки, приподнимать кверху.

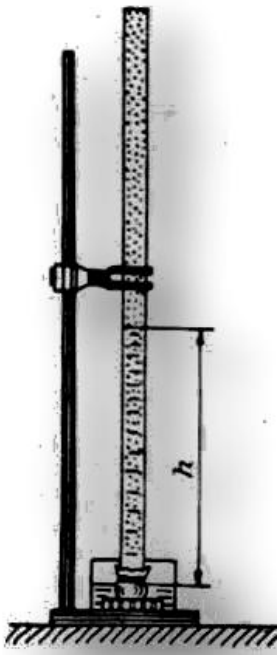


Рис. 19.1. Установка для определения высоты капиллярного поднятия воды

Последовательность определения. Укрепить наполненную песком трубку на штативе, опустив нижний конец ее в воду на 0,5–1 см (рис. 19.1). Указанный уровень необходимо поддерживать в течение всего опыта.

Заметив время погружения трубки в воду, следить за скоростью поднятия воды по окраске песка, изменяющейся вследствие увлажнения его поднимающейся водой. При неравномерном поднятии воды отсчеты брать по среднему уровню. Считать следует не от погруженного конца трубки, а от поверхности воды.

Высоту капиллярного поднятия воды в песках фиксируют в журнале через 5, 20, 30 мин и через часовые и суточные промежутки до окончания поднятия. Установившийся в песке уровень считают максимальной высотой капиллярного поднятия $h_к$. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [25].

ЖУРНАЛ

определений высоты капиллярного под нятия в песках

Время от начала опыта	Высота поднятия воды, мм	Время от начала опыта	Высота поднятия воды, мм
5 мин		3ч	
10 »			
20 »			
30 »			
1 ч			
2 »			

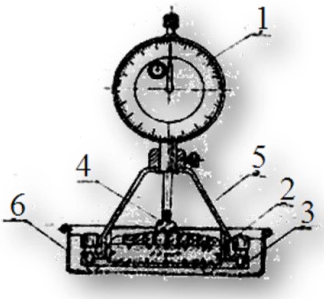
20. Определению характеристик свободного набухания грунтов по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

Общие сведения. Характеристики набухания определяют по результатам испытаний образцов грунта в приборах свободного набухания (ПНГ) при насыщении грунта водой или химическим раствором. Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образцы грунта природного сложения для испытаний свободного набухания, набухания под нагрузкой и усадки следует вырезать из одного монолита грунта. Свободное набухание определяют испытанием одиночного образца грунта.

Образец грунта для определения свободного набухания должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 50 мм и начальное отношение диаметра к высоте 2,5–3,0. Не допускается использовать для испытаний глинистые грунты, содержащие крупнообломочные включения размерами зерен более 5 мм.

Образцы грунта при испытании на набухание следует заливать грунтовой водой, взятой с места отбора грунта, водной вытяжкой или водой питьевого качества. В случаях, определяемых программой исследований, допускается применение дистиллированной воды и искусственно приготовленных растворов заданного химического состава. Испытание для определения характеристик набухания производят до прекращения поглощения образцом грунта воды (или раствора).

Оборудование. В состав прибора для определения свободного набухания грунтов (ПНГ) должны входить: основание прибора, рабочее кольцо, вкладыш-шаблон (для выдавливания части образца из рабочего кольца), обеспечивающий высоту образца в кольце не менее 10 мм, перфорированный верхний штамп, перфорированный поддон, ванночка для жидкости, устройство для измерения вертикальных деформаций образца грунта. Конструкция ПНГ должна обеспечивать: неподвижность рабочего кольца при испытании; подачу воды к образцу снизу и отвод ее; величину вертикального давления от штампа, измерительного оборудования, расположенного на нем, и других неуравновешенных деталей **не более 0,0006 МПа.** Все эти показатели могут быть получены при лабораторных испытаниях набухающих грунтов на приборах А.М. Васильева (рис. 20.1, 20.2), компрессионных приборах или в стабилометрах.



Условные обозначения:
1 – индикатор; 2 – режущее кольцо; 3 – перфорированный диск; 4 – поршень; 5 – соединительная скоба; 6 – ванночка

Рис. 20.1. Приборы для определения набухания грунтов (ПНГ) и схема прибора*:*

ПНГ производства ООО «НПП Геотек» включает основание, форма для образца, сосуд для жидкости, индикатор и вкладыш (рис. 20.2). Основание изделия

служит для крепления стойки и установки ванночки с формой. Стойка предназначена для установки кронштейна. В кронштейн устанавливается и фиксируется винтом индикатор. Измерительный стержень индикатора касается ручки перфорированного штампа (рис. 20.2). Форма предназначена для установки образца. Форма состоит из рабочего кольца внутренним диаметром (71,4 ± 0,1) мм, высотой (20 ± 0,1) мм, перфорированного штампа, перфорированного поддона и гильзы. Гильза обеспечивает неподвижность рабочего кольца при испытании. Перфорированный штамп предназначен для обеспечения равномерного набухания образца. Перфорированный поддон служит для подачи воды к образцу из сосуда снизу и отвод ее. Вкладыш (из комплекта инструмента и принадлежностей) предназначен для формирования образца в рабочем кольце высотой не менее 10 мм [34]. Образец грунта в кольце устанавливается в форму и помещается внутри ванночки.

Для тарировки ПНГ в рабочее кольцо следует заложить два бумажных фильтра, установить устройство для измерения вертикальных деформаций образца, замочить фильтры и зарегистрировать деформацию Δ. Для данной партии фильтров тарировочную поправку принимают как среднее арифметическое значение деформаций трех пар фильтров.

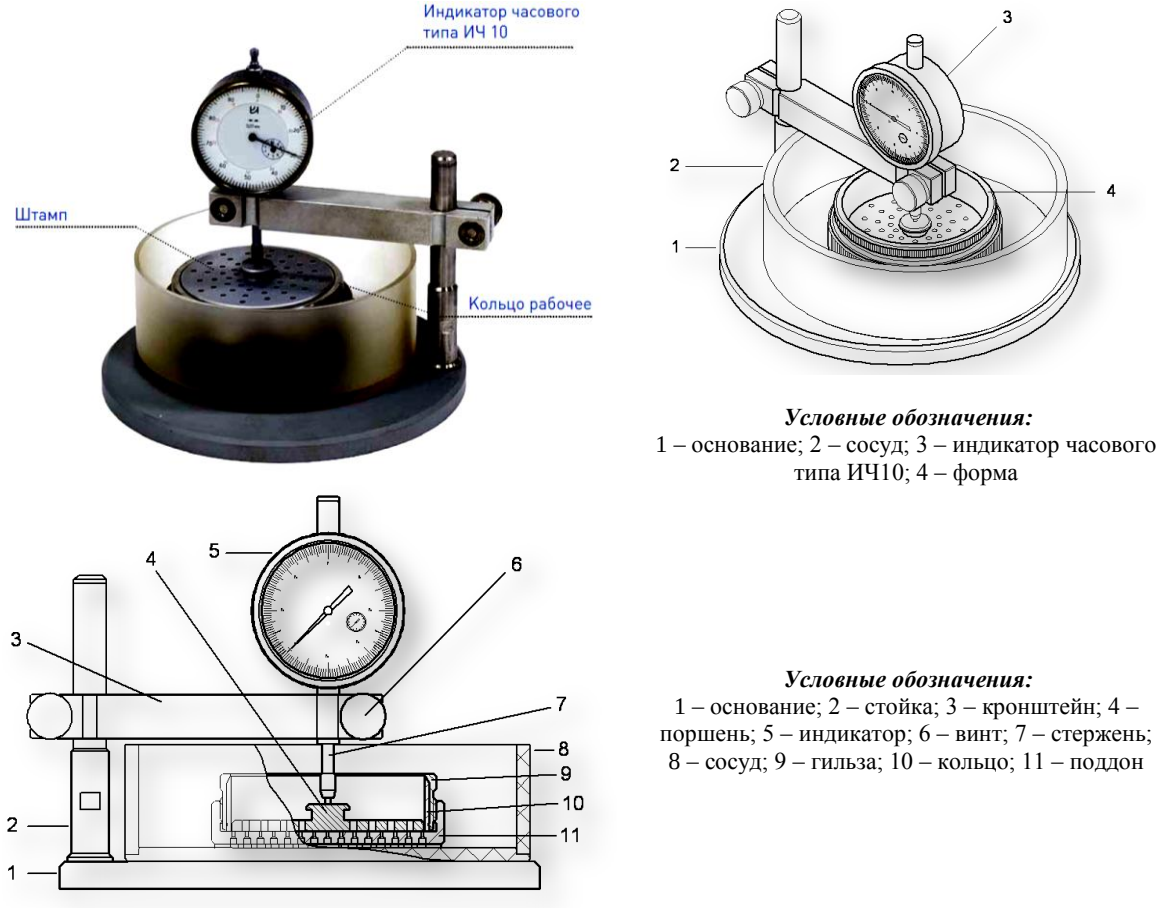


Рис. 20.2. Прибор для определения свободного набухания грунтов производства ООО «НПП Геотек» [34]

Подготовка к испытанию. При определении свободного набухания часть образца с помощью вкладыша – шаблона выдавливают из рабочего кольца и срезают ножом так, чтобы высота оставшегося образца была не менее 10 мм. Образец грунта в рабочем кольцепокрывают с двух сторон фильтрами и помещают

в ПНГ, устанавливают устройства для измерения вертикальных деформаций образцов, записывают начальные показания устройств.

Характеристики набухания глинистого грунта нарушенного сложения следует определять на образцах с заданнымизначениями плотности и влажности.

Проведение испытания. При определении свободного набухания в ПНГ подают жидкость снизу образца и регистрируют развитие деформаций во времени по показаниям индикаторов деформаций. После замачивания образцов регистрируют деформации через 5, 10, 30, 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций. В случае отсутствия набухания замачивание производят в течение трех суток.

За начало набухания следует считать относительную деформацию ε, превышающую 0,001. За критерий условной стабилизации деформаций свободного набухания грунтовследует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 ч.

После завершения набухания образца грунта необходимо: слить жидкость из прибора, кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить, произвести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце иопределить влажность грунта.

По результатам испытаний грунта в ПНГ вычисляют:

– *абсолютную деформацию грунта* (Δh), мм, как разность среднеарифметических значений конечных(n_i) и начальных (n_o) показанийиндикаторовдеформаций за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибораи фильтров при набухании Δ;

относительную деформацию образца $\varepsilon_{sw} = \Delta h / h_o$ с точностью 0,001, где h – начальная высота образца.

Записи производят в журнале по нижеприведенной форме [4].

–

ЖУРНАЛ

результатов испытаний набухания в ПНГ

Номер образца_____

Дата испытания	Время t_i, ч	Показание индикатора деформаций	Абсолютная деформация образца Δh_i, мм	Относительное свободное набухание ε	Примечание
1	2	3	3	4	5

21. Определение показателей усадки грунта по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

Испытания проводят для определения показателей, характеризующих изменение объема глинистых грунтов при высыхании (усадка). Определяют следующие характеристики усадки: усадка по высоте ε_h, диаметру ε_d и объему ε_v, влажность на пределе усадки w_y. Усадку грунта определяют в условиях свободной трехосной деформации образца при высыхании грунта.

Оборудование и приборы. рабочее кольцо компрессионного прибора внутренним диаметром не менее 70 мм и отношение диаметра к высоте должно составлять от 2,8 до 3,5, предметное стекло, покрытое тонким ровным слоем парафина; емкость с крышкой (стеклянный колпак или эксикатор) объемом не более 1 л для сушки образцов; штангенциркуль; микрометр.

Подготовка к испытанию. Для испытаний используют образцы ненарушенного сложения с природной влажностью или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образцы грунта природного сложения для испытаний свободного набухания, набухания под нагрузкой и усадки следует вырезать из одного монолита грунта.

Испытание для определения характеристик усадки проводят до полной потери грунтом влажности. При усадке испарение воды (или раствора) из образца грунта не должно вызывать образования на нем усадочных трещин. При испытании грунта на усадку образец грунта извлекают из кольца и помещают на предметное стекло, покрытое тонким ровным слоем парафина. Затем измеряют высоту в центре образца, а его диаметр – по трем, заранее размеченным направлениям. Результаты измерений записывают в журнал испытаний.

Попадание прямых солнечных лучей на образцы грунта во время испытаний усадки не допускается.

При определении характеристик усадки грунта нарушенного сложения следует применять образец грунта влажностью на 5 – 10 % превышающей влажность грунта на границе текучести. Грунт выдерживают в пустом эксикаторе в течение суток. Затем при помощи шпателя заполняют грунтом рабочее кольцо, внутренняя поверхность которого предварительно смазана тонким слоем технического вазелина. Образование пустот при подготовке образца не допускается.

Приготовленный образец на предметном стекле помещают под стеклянный колпак или в емкость с крышкой. За начальные размеры образца принимаются размеры кольца по высоте и внутреннему диаметру.

Проведение испытания. Испытание для определения усадки грунта проводят в три этапа.

На первом и втором этапах испытания измерение высоты, диаметра и массы образца грунта, помещенного в эксикаторе, проводят не реже двух раз в сутки и результаты заносят в журнал испытаний.

Критерием условного завершения испытания на первом этапе является отсутствие изменений в линейных размерах образцов в двух-трех последовательных измерениях.

На втором этапе сушку образца грунта проводят на воздухе.

Критерием условного завершения испытания на втором этапе, после пяти-шести измерений является отсутствие изменений в массе образца грунта.

На третьем этапе сушку образца грунта проводят в термостате при температуре (105 ± 2) °С в соответствии с требованиями ГОСТ 5180 до постоянной

массы и в конце испытания проводят контрольное измерение линейных размеров образца грунта.

Испытание для определения характеристик усадки – до полной потери им влажности. При усадке испарение воды (или раствора) из образца грунта не должно вызывать образования на нем усадочных трещин.

Обработка результатов. По результатам испытаний усадки вычисляют:

– объем грунта на каждый момент измерения по формуле

$$V_i = \frac{\pi d_i^2 h_i}{4},$$

где d_i – диаметр образца в момент измерения, определенный как среднеарифметическое значение измерений в трех направлениях, см; h_i – высота образца в момент измерения, см;

– влажность грунта на каждый момент измерения, вычисляемая по формуле

$$w = \frac{g_i - g}{g},$$

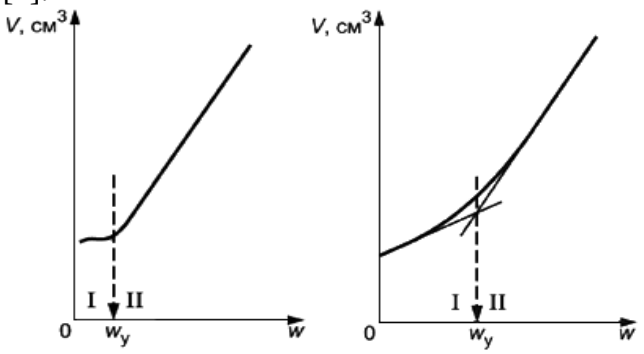
где g_i – масса образца грунта на момент измерения, г, g – масса образца сухого грунта, г,

– относительную усадку δ по высоте, диаметру и объему по формулам соответственно:

$$\delta_h = \frac{h - h_к}{h};\ \delta_d = \frac{d - d_к}{d};\ \delta_v = \frac{V - V_к}{V},$$

где h, d, V и $h_к$, $d_к$, $V_к$ – начальные и конечные значения высоты, диаметра, см, и объема образца грунта, см^3, соответственно.

По вычисленным значениям объема и влажности на каждый момент времени строят графики зависимости изменения объема образца от влажности $V = f(w)$ (рис. 21.1). За влажность на пределе усадки w_y принимают влажность, соответствующую точке перегиба графика $V = f(w)$). Допускается нахождение точки перегиба путем восстановления перпендикуляра к графику из точки пересечения касательных к двум ветвям кривой, соответствующим первому и второму этапам сушки образца [4].



I – первый этап сушки;
II – второй этап сушки;
w_y – влажность глинистого грунта на пределе усадки

Рис:21.1. Зависимость изменения объема образца грунта V при изменении влажности w в процессе усадки

ЖУРНАЛ

результатов испытаний на усадку

Дата испытания	Время, t ч	Масса образ ца, г	Влажность образца %	Высота образца, см	Диаметр образца, см				Объем образца, V см3	Относительная усадка образца			Примечание
					d_1	d_2	d_3	средний		по высоте δ_h	по диаметру δ_d	по объему δ_v	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

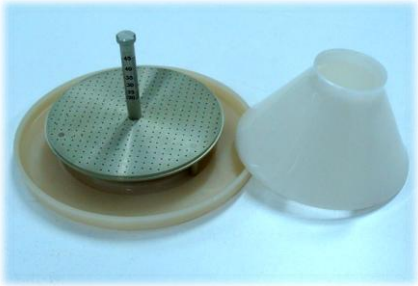
22. Определение угла естественного откоса песчаных грунтов

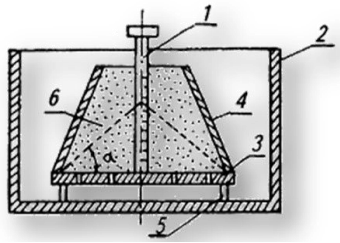
Общие сведения. Настоящая методика распространяется на песчаные грунты и устанавливает метод лабораторного определения угла естественного откоса. Методика не распространяется на песчаные грунты, содержащие более 3 % органических веществ. Углом естественного откоса называется предельный угол наклона откоса, при котором грунт находится в устойчивом состоянии

22.1. Определение угла естественного откоса на приборе УВТ-3 по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства.производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов

Угол естественного откоса песчаных грунтов определяют на воздухе и под водой.

Аппаратура. Прибор УВТ-3, сито с сеткой № 2, чашка фарфоровая, противень лабораторный, воронка конусообразная. Прибор (рис. 22.1), состоит из металлического столика-поддона, обоймы и резервуара. Поддон установлен на трех опорах и перфорирован отверстиями диаметром 0,8–1 мм для водонасыщения песка. Шкала, укрепленная в центре столика-поддона, имеет деления от 5 до 45°, по которым определяется угол откоса.





Условные обозначения:
1 – шкала; 2 – резервуар; 3 – мерительный столик; 4 – обойма; 5 – опора; 6 – песок

Рис. 22.1. Прибор для определения угла естественного откоса песчаных грунтов УВТ-3

Подготовка к испытаниям. Песчаный грунт высушивают на воздухе и просеивают через сито с сеткой № 2. Отбирают среднюю пробу грунта методом квадратов. При проведении испытания на воздухе сухой прибор УВТ-3 устанавливают на противень (без ванны), при проведении испытания под водой – в ванну прибора УВТ-3.

Проведение испытания. Обойму заполняют песком через воронку до полного заполнения. Осторожным движением вверх снимают обойму.

При определении угла естественного откоса песка под водой после заполнения обоймы песком резервуар наполняют водой до шейки обоймы так, чтобы уровень её был выше песка. После полного насыщения пробы до потемнения поверхности песка, отстаивания и осветления воды определяют угол естественного откоса вышеописанным способом.

Каждое определение выполняют с трехкратной повторностью. Точность определения угла естественного откоса – 1°. Результаты вычислений занести в журнал [28].

22.2. Определение угла естественного откоса на малом приборе УВТ

Аппаратура: Прибор УВТ сито с сеткой № 2, чашка фарфоровая, воронка. Прибор для определения угла естественного откоса из полевой лаборатории Литвинова (рис. 22.2) представляет собой прямоугольную емкость (1) из прозрачного органического стекла с внутренними размерами 100×70×20мм. Внутри

емкости устроена выдвижная створка 2 для разделения её на два отделения. На боковой стенки емкости нанесена сетка с шагом в 1 см, по граням этой стенки нанесены миллиметровые деления. На торцевых стенках емкости приведена таблица значений углов в зависимости от величины тангенса.

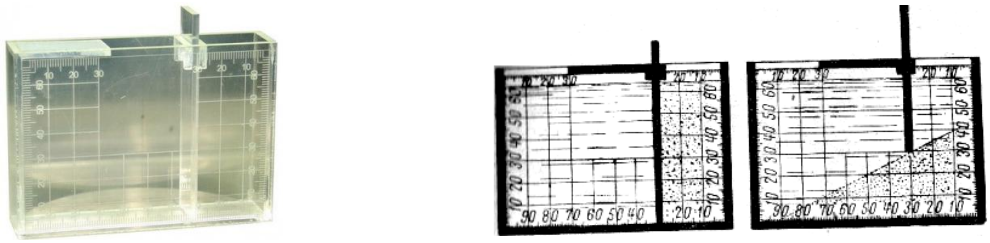


Рис. 22.2. Малый прибор для определения угла естественного откоса песчаных грунтов при закрытой и выдвинутой створке

Определение угла естественного откоса в воздушно-сухом состоянии.

Установить прибор на горизонтальную поверхность. При опущенной выдвижной створке (2), в малое отделение прибора насыпать песок 3 доверху, не приминая и не встряхивая сровнять его поверхность с краем корпуса. Медленно поднять выдвижную створку следя, чтобы не было толчков, при этом прибор придерживают рукой. Песок пересыпается в другое отделение емкости пока до выравнивания его частиц на образовавшейся наклонной плоскости. Угол образованный поверхностью свободного откоса с горизонтальной плоскостью и есть угол естественного откоса. По делениям на боковой стенке отсчитать высоту h и заложение l откоса с точностью до 1мм. Результаты занести в журнал. Определить тангенс угла естественного откоса:

$$tg\varphi_0 = h/l$$

По значению тангенса определить угол φ_0,. Результаты вычислений занести в журнал. Опыт повторить 2–3 раза. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 1°.

При определении угла естественного откоса песка под водой после заполнения обоймы песком резервуар наполняют водой так, чтобы уровень её был выше песка на 1–2см. После полного насыщения пробы, отстаивания и осветления воды определяют угол естественного откоса вышеописанным способом.

22.3. Определение угла естественного откоса на приборе УВТ-3М

Оборудование. Прибор УВТ-3М изготовляется из прозрачного органического стекла за исключением мелких вспомогательных деталей, которые изготовлены из металла. Прибор состоит (рис. 22.3) из прямоугольной банки Б и вкладыша А. внутренняя часть которого разделена перегородкой на две части. На двух сторонах вкладыша имеются угловые сетки 2, на задней стороне шкала Вкладыш устанавливается внутри банки при помощи осей 3 , входящих в пазы подшипника 4. Которые прикреплены к боковым стенкам банки. Вкладыш может поворачиваться внутри банки на угол 45° и фиксируется в повернутом положении упорами. Возможны конструктивные изменения, не влияющие на работоспособность прибора

Подготовка к испытаниям. Методом квадратов отобрать среднюю пробу грунта, растереть песок в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником.

Из банки Б вынимают вкладыш А и ставят на ровную поверхность. Насыпают испытуемый песок в обе части вкладыша. Придают песку ровную горизонтальную поверхность и удаляют избыток песка с помощью линейки Осторожно

устанавливают вкладыш А с песком в горизонтальном положении внутри банки (рис 22.3); при этом ручка 1 должна опираться на стенку банки.

Проведение испытания. Плавно, без толчков и сотрясений вкладыш развертывают на оси 3. При поворачивании вкладыша, наполняющий его песок частично высыпается в банку, а оставшаяся во вкладыше часть песка образует с нижней гранью вкладыша угол, который и является определяемым углом естественного откоса. Вкладыш при наличии перегородки позволяет одновременно получить результаты двух определений. Имеющиеся на боковых и задней стенке вкладыша деления позволяют, благодаря круговому автоматическому замеру, непосредственно получить результат прямо в угловых градусах с точностью до одного градуса.

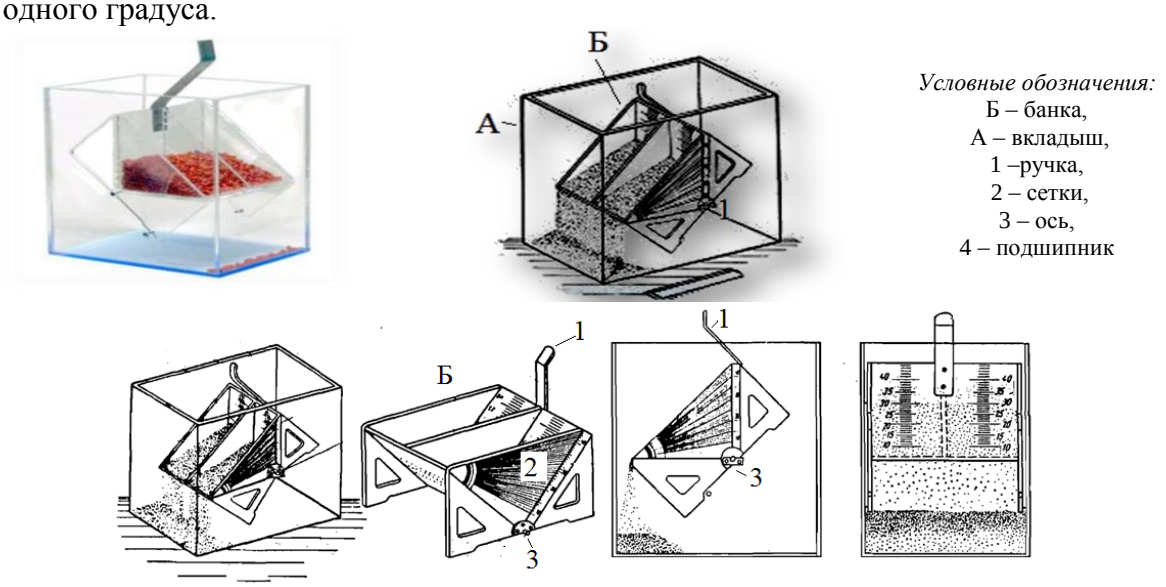


Рис. 22.3. Прибор УВТ-3М [37]

Определение угла естественного откоса песка, находящегося под водой. После засыпки песка во вкладыш и установки его в банку, и 4 банку заливают водой. Воду наливают с помощью резинового шланга, конец которого опущен с той стороны, где имеется свободное пространство. По мере наполнения вкладыша водой, за счет имеющихся отверстий, при замачивании воздух из песка вытесняется снизу вверх. Когда вода в банке поднимается до верхней метки, расположенной на боковой поверхности, дальнейшее наполнение прекращают и дают, песку полностью насытиться водой в течение, примерно, 10 минут.

Замеряют угол естественного откоса песка (под водой). Опыт повторяют, после чего берут среднее арифметическое значение из 2-х повторных определений. Допустимые расхождения между повторными определениями не должны превышать 1. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

определений угла естественного откоса грунта

Лабораторный номер грунта	№ определения	Название грунта	В воздушно сухом состоянии		Соответствие требованиям методики	Под водой		Соответствие требованиям методики
			φ_0, град	Среднее значение φ_0, град		φ_0, град	Среднее значение φ_0, град	
	1							
	2							
	3							

23. Определение коэффициента выветрелости по РСН 51-84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов

Общие положения. Коэффициент выветрелости K_{wrt} следует определять для элювиальных крупнообломочных грунтов, содержащих не менее 10 % по весу заполнителя (частиц размером менее 2 мм). Для этого берется проба крупнообломочного грунта нарушенного сложения массой 2–2,5 кг. Пробу испытывают на истирание во вращающемся полочном барабане с числом оборотов в интервале 50–70 в 1 мин. Испытания проводят циклами вращения барабана по 2 мин, устанавливая каждый раз просеиванием на сите с диаметром отверстий 2 мм масса частиц размером менее 2 мм – m_1 и более 2 мм – m_2.

В тех случаях когда выход частиц менее 2 мм за первые два цикла вращения составляет не более 10 % веса всей испытываемой пробы, обломки оценивают как весьма прочные и дальнейшее испытание на истирание не производят. В этом случае грунт относят к невыветрелому ($K_{wrt} \leq 0{,}5$). Если выход частиц менее 2 мм за первые два цикла находится в пределах 11–25 %, за природную степень разрушения K_0 принимается отношение масс m_1 и $м_2$ после четырехминутного испытания грунта в барабане. При выходе частиц, менее 2 мм за первые два цикла свыше 25 % за природную степень разрушения принимается значение K_0, установленное до начала испытания в барабане.

Испытания на истирание грунта во втором и третьем случаях продолжают до тех пор, пока выход частиц менее 2 мм после очередного двухминутного цикла не станет менее, или равным 1 % начального веса испытываемой пробы. Указанное соответствует отказу в истирании, достижение которого в зависимости от минералогического и зернового состава происходит обычно после 8–12 циклов вращения (с учетом начальных двух циклов).

Коэффициент выветрелости крупнообломочных грунтов, образовавшихся в результате выветривания осадочных пород: аргиллита, алевролита и мергеля, а также глинистых сланцев – допускается устанавливать путем выявления изменения зернового состава грунта при кратковременном дополнительном выветривании (в полевых или лабораторных условиях), состоящем из 3–4 циклов попеременного увлажнения и высушивания грунта. Значения коэффициентов K_1 и K_0 устанавливают при ситовом анализе соответственно после указанных циклов увлажнения и высушивания K_1 и до начала кратковременного выветривания K_0.

Предварительную оценку степени выветрелости элювиального крупнообломочного грунта, сформировавшегося как из магматических, так и осадочных пород, допускается делать приближенно на основе их зернового состава.

Невыветрелому состоянию соответствуют глыбовые и щебенистые грунты, в составе которых вес частиц крупнее 10 мм составляет более 50 %, а размером до 0,1 мм – менее 5 % по весу, при этом обломки не размягчаются в воде и не разламываются руками. Для слабовыветрелых грунтов вес частиц крупнее 10 мм составляет менее 50 %, а размером до 0,1 мм – от 5 до 10 %; обломки частично размягчаются в воде, но не растираются руками. Для сильновыветрелых грунтов вес частиц крупнее 2 мм составляет более 50 %, а размером до 0,1 мм – более 10 %; обломки размягчаются в воде, легко разламываются и растираются руками.

Методика распространяется на крупнообломочные элювиальные грунты и устанавливает метод лабораторного определения коэффициента выветрелости. K_{wrt}

– определяют для для крупнообломочного элювия магматических и метаморфических грунтов, содержащих не менее 10 % по массе заполнителя частиц размером менее 2 мм. Для крупнообломочного элювия осадочных грунтов содержание заполнителя не регламентируется.

Разделение образца грунта на фракции и определение массы частиц размером менее и более 2 мм проводят по ГОСТ 12536. Взвешивания производят с точностью **– 1 г.**

Аппаратура: Полочный барабан со скоростью вращения 50–70 об/мин, сито с сеткой № 2 с поддоном, весы лабораторные с пределом взвешивания 5 кг.

Подготовка к испытаниям. Отбирают среднюю пробу массой 2–2,5 кг, избегая «круглых» значений 2 или 2,5 кг. Проводят просеиванием грунта через сито № 2 разделение на мелкозем и обломки. Устанавливают массу мелкозема m_1 и обломков m_2.

Проведение испытаний. Образец загружают в полочный барабан. Испытания проводят циклами вращения барабана по 2 мин, устанавливая каждый раз просеиванием массу мелкозема m_1^1 и обломков m_2^1 .

Испытания проводят до тех пор пока выход мелкозема после очередного цикла по массе станет равным 1 % или менее от начальной массы пробы. Установленные для этого момента значения m_1^1 и m_2^1 используют для определения максимальной степени разрушения обломков и расчета $К_1$.

К случае увеличения выхода мелкозема за первые 2 цикла менее 10 % от m_1 обломки следует относить к прочным, грунт оценивать как невыветрелый и испытание прекратить.

В случае увеличения выхода мелкозема в пределах 10 – 25 % от m_1 за природную степень разрушения принимают отношение m_1 к m_2 после четырехминутного испытания в барабане.

В случае увеличения выхода мелкозема более 25 % за K_{wrt} принимают значение, установленное до начала испытания.

Полученные значения масс мелкозема и обломков, соответствующие различным циклам, заносят в журнал.

Обработка результатов. Коэффициент выветрелости K_{wrt} следует определять по формуле

$$K_{wrt} = \frac{K_1 - K_0}{K_1},$$

где K_1 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания на истирание, K_o – то жо до испытания на истирание. Результаты вычисления K_{wrt} должны иметь погрешность **не более 0,01 [28].**

Наименование крупнообломочных грунтов по степени выветрелости в зависимости от $K_{вк}$ приведено в ГОСТ 25100 (ПРИЛОЖЕНИЕ 2).

24. Определение истираемости в полочном барабане по ГОСТ 8269. 0–97* Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

Средства контроля и вспомогательное оборудование. Истираемость (износ) щебня (гравия) определяют по потере массы зерен при испытании пробы в полочном барабане с шарами. Барабан полочный диаметром 700, длиной 500 мм, снабженный на внутренней поверхности полкой шириной 100 мм (рис. 24.1).

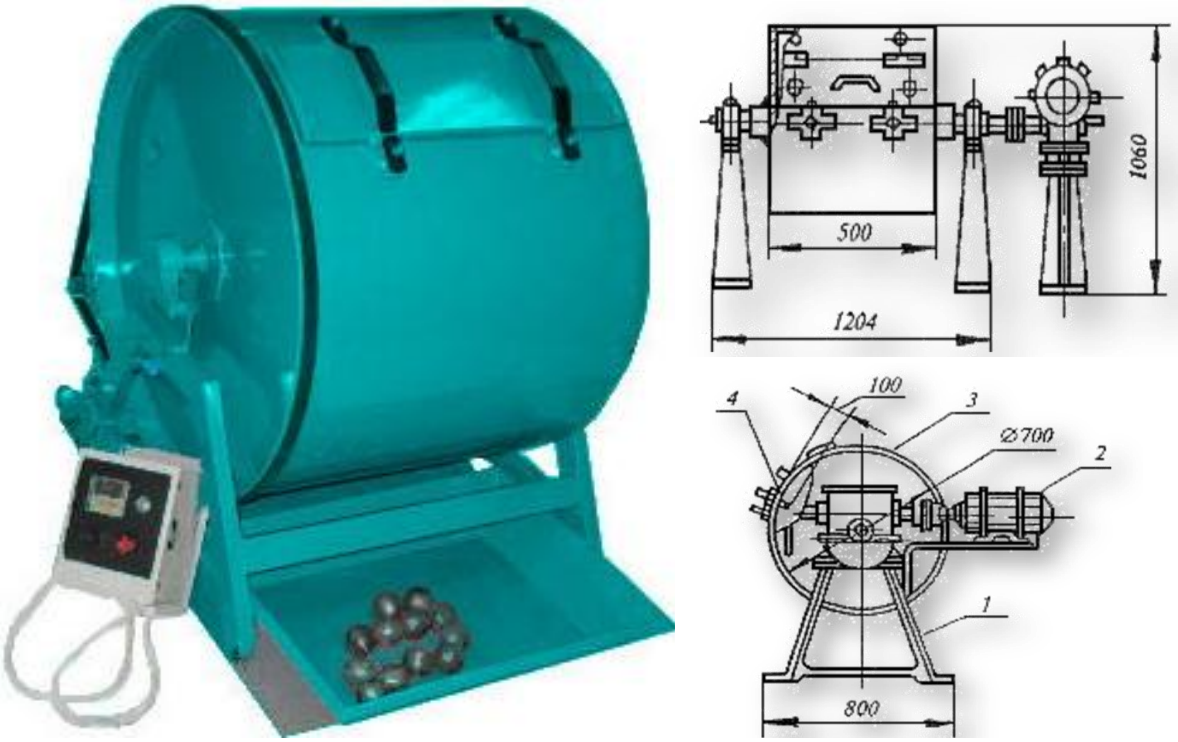


Рис. 24.1. Полочный барабан 1– станина; 2 – двигатель; 3 – барабан; 4 – полка барабана

Испытываемый щебень (гравий) не должен содержать пылевидных и глинистых частиц более 1 % по массе. В противном случае щебень (гравий) предварительно промывают и высушивают.

Щебень (гравий) фракций от 5 до 10, св. 10 до 20 и св. 20 до 40 мм в состоянии естественной влажности просеивают через два сита с отверстиями размерами, соответствующими наибольшему *D* и наименьшему *d* номинальным размерам зерен данной фракции. Из остатка на сите с отверстиями размером *d* отбирают две аналитические пробы по 5 кг с предельной крупностью зерен до 20 мм и две пробы по 10 кг фракции св. 20 до 40 мм.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, аналитические пробы готовят рассеиванием исходного материала на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Щебень (гравий) крупнее 40 мм дробят до получения зерен мельче 40 мм и испытывают щебень (гравий) фракции св. 20 до 40 мм.

В случае одинакового петрографического состава фракций щебня (гравия) св. 20 до 40 и св. 40 до 70 мм истираемость последней допускается характеризовать результатами испытаний фракции св. 20 до 40 мм.

Порядок проведения испытания. Подготовленную пробу загружают в

полочный барабан вместе с чугунными или стальными шарами, закрепляют крышку барабана и приводят его во вращение со скоростью 30–33 об/мин.

Число чугунных или стальных шаров и общее число оборотов барабана в процессе одного испытания щебня (гравия) принимают по таблице 23.1.

По окончании испытания содержимое барабана просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм и контрольное сито с сеткой № 1,25. Остатки на ситах соединяют и взвешивают.

Таблица 24.1. Число чугунных или стальных шаров и общее число оборотов барабана в процессе одного испытания

Размер фракции щебня (гравия), мм	Число чугунных или стальных шаров, необходимое для испытания пробы, шт.	Число оборотов полочного барабана, необходимое для испытания пробы
От 5 до 10	8	500
Св. 5 до 15	9	500
Св. 10 до 20	11	500
Св. 20 до 40	12	1000

Обработка результатов испытания. Истираемость щебня K_{fr}, %, определяют по формуле

$$K_{fr} = \frac{m - m_1}{m} 100,$$

где m – масса пробы щебня (гравия), г; m_1 – суммарная масса остатков на сите с отверстиями диаметром 5 мм и контрольном сите, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

25. Определение удельного электрического сопротивления грунта и средней плотности катодного тока по ГОСТ 9.602. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

Общие сведения. Для определения удельного электрического сопротивления грунта отбирают пробы грунтов в шурфах, скважинах и траншеях из слоев, расположенных на глубине прокладки сооружения, с интервалами от 50 до 200 м на расстоянии от 0,5 до 0,7 м от боковой стенки трубы. Для пробы берут от 1,5 до 2 кг грунта, удаляют твердые включения размером более 3 мм. Отобранную пробу помещают в полиэтиленовый пакет и снабжают паспортом, в котором указывают номера объекта и пробы, место и глубину отбора пробы. Если уровень грунтовых вод выше глубины отбора проб, отбирают грунтовый электролит объемом от 200 до 300 см^3 и помещают в герметически закрывающуюся емкость, которую маркируют и снабжают паспортом [20].

Оборудование. Для испытаний применяется анализатор коррозионной активности грунта АКАГ (именуемый в дальнейшем анализатор), который предназначен для качественной и количественной оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали в местах укладки подземных сооружений, в частности стальных трубопроводов, в соответствии с ГОСТ 9.602 «Сооружения подземные и общие требования к защите от коррозии», инструкции по защите городских подземных трубопроводов от коррозии РД 153-39.4-091-01. Анализатор предназначен для работы в полевых и лабораторных условиях. Прибор определяет удельное сопротивление грунта и плотность тока катодной защиты углеродистой и низколегированной стали на основании анализа образцов грунта.

Электрическая схема и устройство измерительной ячейки для определения удельного сопротивления грунта приведена на рис. 25.1.

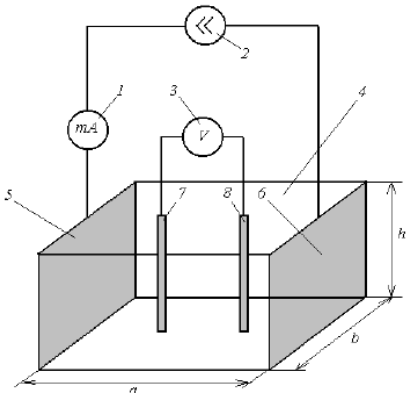


Рис. 25.1. 1 – миллиамперметр; 2 – источник тока; 3 – вольтметр; 4 – измерительная ячейка; 5, 6 – внешние поляризующие электроды, 7, 8 – внутренние измерительные электроды.

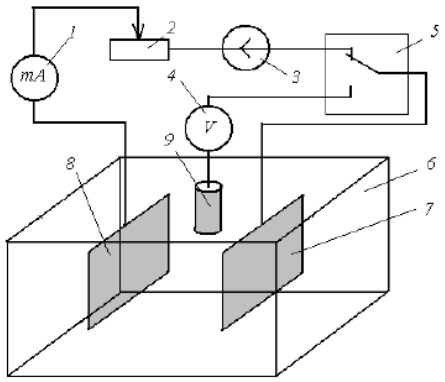


Рис. 25.2. 1 – миллиамперметр; 2 – регулируемое сопротивление; 3 – источник напряжения; 4 – вольтметр; 5 – прерыватель тока; 6 – ячейка; 7 – рабочий электрод; 8 – вспомогательный электрод; 9 – электрод сравнения.

Установка и подключение. Если предполагается питание прибора от батареи, то отвинчивается задняя крышка прибора и устанавливаются четыре гальванических элемента или аккумулятора в контейнер батарейного отсека. При питании от сети в гнездо питания прибора вставляется штекер сетевого адаптера. Схема прибора анализатора имеет защиту от нарушения полярности при питании от внешнего источника питания, поэтому при неправильной полярности питания прибор просто не включится. При верхнем положении переключателя питания 1 на

рис. 3 прибор включается. От свежего комплекта элементов анализатор проработает непрерывно не менее 100 часов.

Вычисление удельного сопротивления производится по формуле:

$$\rho = U/I.(S/L)$$

где: ρ – удельное сопротивление (Ом*м); U – падение напряжения между измерительными электродами (В); I – ток поляризующих электродов (А); S – площадь поляризующих электродов (м2); L – расстояние между измерительными электродами (м).

Так как измерение в приборе осуществляется на постоянном токе, то перед подачей поляризующего напряжения в течение 10 с производится измерение остаточного потенциала на измерительных электродах. В дальнейшем это напряжение вычитается из результата измерения. Величина падения напряжения на измерительных электродах определяется последовательно для трех значений тока поляризации. В приборе используются токи 0.2, 0.3 и 0.4 мА. Каждая ступень поляризации ячейки длится 10 секунд, в течение которых полярность тока один раз изменяется на противоположную. Для геометрии используемой ячейки ρ (Ом*м)= 0.098.R(Ом). Электрическая схема и устройство измерительной ячейки для определения плотности катодного тока приведена на рис. 25.2.

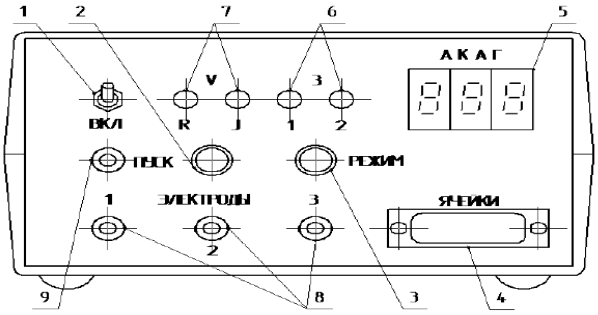
Перед проведением измерений определяется потенциал электрода сравнения относительно рабочего электрода, который является потенциалом коррозии стали в данном грунте. Далее, через вспомогательный электрод пропускается ток такой величины и направления, чтобы потенциал на электроде сравнения был отрицательнее потенциала коррозии ровно на 100 мВ. В момент измерения потенциала ток через электроды прерывается для исключения погрешности от падения напряжения на омических сопротивлениях схемы измерения. Время измерения зависит от характера изменения и величины текущего значения тока через рабочий электрод. Ток, в свою очередь, пропорционален плотности катодного тока и зависит от геометрии ячейки.

Плотность катодного тока вычисляется по формуле

$$j = I / S,$$

где j – плотность тока (А/м2); I – ток вспомогательного электрода (А); S – площадь вспомогательного электрода (м^2). Для геометрии используемой в анализаторе ячейки j (мА/м^2)= I (мкА). Если величина поляризующего тока постоянна или уменьшается во времени, то длительность поляризации составляет 15 мин. Если сила тока во времени растет, то длительность поляризации составляет 40 мин или равняется промежутку времени, в течение которого плотность тока превысит 200 мА/м^2. В самом неблагоприятном случае, когда ток через электроды возрастает, но не превышает порогового значения 200 мА/м^2, время измерения составляет 45 мин. Сюда не входит время выдержки электрода сравнения в грунте перед началом измерений, которое не должно быть менее 15 мин. Анализатор позволяет производить измерения одновременно на трех ячейках, т.к. ГОСТ требует при определении плотности тока катодной защиты проводить не менее трех измерений одного и того же образца грунта. Результатом измерений является среднее значение, которое прибор вычисляет автоматически. Анализ характера изменения плотности тока анализатор осуществляет автоматически на основании значения среднего тока во всех трех ячейках и принимает решение о времени проведения измерений, как это описано в упомянутом ГОСТе.

Конструктивно прибор анализатора выполнен в пластиковом прямоугольном корпусе. Все органы управления и индикации расположены на передней панели корпуса прибора согласно рис. 25.3. На задней панели прибора за крышкой расположен отсек с контейнерами для четырех элементов питания, обеспечивающих работу прибора в автономном режиме. Назначение гнезд контактов соединителя контейнера ячеек на панели прибора.



1 – Выключатель питания, 2 – кнопка запуска режимов измерения и включения-выключения паузы, 3 – кнопка выбора режимов измерения и индикации, 4 – гнездо подключения контейнера электродных ячейки, 5 – цифровой индикатор, 6 – два светодиода индикации номера ячейки и номера фазы измерения, 7 – два светодиода отображения режима измерения и индикации, 8 – гнезда подключения электродов сравнения, 9 – гнезда подключения внешнего источника питания.

Рис. 25.3. Общий вид прибоа Акаг и модернизированного АКАГ и панель управления прибора [35]

Контейнер электродных ячеек. Контейнер ячеек представляет собой пластиковый ящик с четырьмя одинаковыми по объему отсеками. Объем каждого отсека-ячейки составляет 0.49 дм^3. Одна ячейка используется для измерения удельного сопротивления образцов грунта, а три одинаковых по конструкции служат для одновременных измерений плотности катодного тока. Ячейки для определения плотности катодного тока пронумерованы. Первая ячейка расположена рядом с ячейкой для определения удельного сопротивления, а третья с краю. Номер ячейки промаркирован на крышке контейнера. Для удобства обслуживания дно ячейки с электродами и крышка выполнены съемными. В собранном виде фиксируются замками и направляющими выступами. «Тыльная» сторона пластинчатых стальных электродов покрыта слоем изолирующего материала. В крышке ячеек для измерения плотности тока предусмотрены отверстия, куда вставляются электроды сравнения. К днищу ячейки прикреплены электроды и кабель с разъемом, который подключается к прибору анализатора во время проведения измерений. Электроды сравнения используются при измерениях плотности тока катодной защиты и соединяются с гнездами на передней панели прибора. Гнезда промаркированы и подключаются к электроду сравнения ячейки с таким же номером.

Подготовка к работе. Если предполагается питание прибора от батареи, то отвинчивается задняя крышка прибора и устанавливаются четыре гальванических

элемента или аккумулятора в контейнер батарейного отсека. При питании от сети в гнездо питания прибора вставляется штекер сетевого адаптера. Схема прибора анализатора имеет защиту от нарушения полярности при питании от внешнего источника питания, поэтому при неправильной полярности питания прибор просто не включится. При верхнем положении переключателя питания 1 на рис. 25.3. прибор включается. От свежего комплекта элементов анализатор проработает непрерывно не менее 100 часов.

После включения прибор анализатора подает короткий звуковой сигнал и переходит в режим вольтметра. Оба светодиода индикации режима 7 рис. 25.3 при этом непрерывно горят, а на цифровых индикаторах в прерывистом режиме отображается текущая величина напряжения на батарее элементов прибора в Вольтах (десятичная точка горит после второго разряда). Контроль напряжения питания происходит непрерывно во всех режимах и при снижении входного напряжения до 4.0. В анализатор начинает выдавать короткие звуковые сигналы с периодом в 1 с. При напряжении питания ниже уровня В, элементы питания следует заменить на новые. Каждое нажатие на кнопки «Пуск» и «Режим» в качестве подтверждения озвучивается коротким звуковым сигналом. Нажатие на кнопку 3 «Режим» вызывает циклическое изменения режимов индикации прибора. За режимом вольтметра следует «ρ» режим измерения и индикации удельного сопротивления – загорается светодиод 7 рис. 25.3. Так как в памяти прибора сохраняются результаты последнего одного измерения, то на индикаторе прибора отобразится последнее запомненное значение. Индикация удельного сопротивления производится в единицах Ом*м, десятичная точка горит после третьего знака. Следующее нажатие кнопки «Режим» вызывает загорание светодиода «j» режима измерения и индикации удельного тока катодной защиты. На цифровом индикаторе отображается величина удельного тока в единицах мА/м^2 (десятичная точка расположена после третьего знака). Так как в этом режиме измерения осуществляются в трех ячейках, то для отображения номера ячейки используются светодиоды номера (6 на рис. 25.3). Когда погашены оба светодиода (нуль) отображается среднее значение последнего измерения для всех трех ячеек. Горящий левый светодиод индуцирует цифру один (первая ячейка), правый светодиод обозначает цифру два и вторую ячейку. Оба горящих светодиода обозначает цифру три и третью ячейку. Каждое последующее нажатие кнопки «Режим» вызывает индикацию удельного тока того канала, номер которого индуцируется светодиодами 6 рис. 25.3. После «пролистывания» нажатием на кнопку «Режим» всех номеров ячеек в режиме «j» индикация возвращается в режим индикации напряжения и так по кругу. В режиме индикации светодиоды 7 рис. 25.3. индикации режима горят непрерывно, а когда анализатор производит измерения они мигают в такт с цифровым индикатором прибора. Для экономии потребляемой энергии прибором при автономном питании цифры на семисегментном индикаторе загораются через 1 секунду и горят в течение 1 секунды. Прибор осуществляет гашение «незначащих» крайних нулей индуцируемого результата. Поэтому погашенный крайний цифровой индикатор (или индикаторы) отображает нуль. Для проверки прибора можно использовать резистивный эквивалент нагрузки из комплекта поставки анализатора. Он собран на резисторах обычной десяти процентной точности и служит только для проверки работоспособности анализатора, но не для тарировки. Эквивалент нагрузки подключается к разъему 4 рис. 25.3. После этого кнопкой выбора режима следует зажечь светодиод «ρ». Если теперь нажать кнопку «Пуск» то светодиод

режима переходит в режим мигания, что сигнализирует, что прибор находится в режиме измерения. Цифровой индикатор в течение измерения удельного сопротивления отображает текущее значение падение напряжения на измерительных электродах в единицах вольт (десятичная точка горит после первого знака). В эквиваленте нагрузки вместо измерительных электродов к анализатору подключается резистор номиналом 1.0 кОм. Процесс измерение удельного сопротивления осуществляется в четыре фазы. Каждая фаза составляет 10 с и номер фазы измерения индуцируется светодиодами 6 на рис. 25.3. В течение «нулевой» фазы (оба светодиода 6 рис. 25.3. погашены) ток поляризации равен нулю и на электродах определяется остаточное напряжение, которое в последующих фазах измерения вычитается из напряжения на измерительных электродах. В последующих трех фазах (их номер отображаю светодиоды 6 рис. 3.) через поляризующие электроды пропускается стабилизированный ток (0.2, 0.2 и 0.4 мА). На индикаторах отображается текущее значение падения напряжения на измерительных электродах в единицах Вольт. По окончании измерения раздается секундный звуковой сигнал и анализатор переходит в режим индикации измеренного сопротивления. Измеренная величина удельного сопротивления эквивалента нагрузки должна составлять 98±5 Ом*м. Если в течение измерения удельного сопротивления анализатору не удалось застабилизировать заданные пороги поляризующего тока (обрыв измерительной цепи или очень большое сопротивление), то на индикаторе высветится цифры «255», которые являются признаком переполнения анализатора и невозможности проведения измерения в линейном режиме. Это справедливо для всех режимов измерения. Максимальное значение сопротивления, которое определяется прибором в линейном режиме измерения составляет 244 Ом*м. Для проверки анализатора в режиме плотности катодного тока с помощью эквивалента нагрузки следует сначала выбрать этот режим последовательным перебором режимов индикации кнопкой «Режим», а затем нажать кнопку «Пуск». Анализ плотности катодного тока начинается с пятиминутной фазы измерения потенциала коррозии стали путем измерения напряжения на электродах сравнения. Измеренные напряжения выводятся непрерывно в единицах вольт (десятичная точка горит после первого десятичного знака) отдельно для каждой ячейки и среднее значение для всей ячеек. Для выбора интересующей ячейки прямо во время измерения используется кнопка «Режим». При этом номер выбранной ячейки индуцируется диодами номера 6 на рис. 25.3. и изменяется при каждом нажатии кнопки «Режим» от нуля до трех и далее по кругу. Когда оба светодиода номера ячейки погашены («нулевая» ячейка), то отображается среднее значение измеренной величины для всех трех ячеек. По умолчанию прибор после запуска измерения выбирает для индикации всегда номер первой ячейки. При измерении на эквиваленте нагрузки для имитации потенциала электрода сравнения используется внутренний источник опорного напряжения с делителем на резисторах десятипроцентной точности. Величина потенциала должна составлять 0.20 ±0.02 В для всех ячеек.

По истечении пяти минут подключается ток поляризации. На индикаторе отображается текущее значение тока поляризации в ячейках в единицах мА/м^2 (десятичная точка расположена после третьего знака). В «нулевой» ячейке выводится текущее среднее значение тока поляризации. Принятие решения о времени измерения прибором осуществляется анализом измеряемой величины по среднему значению (показания в «нулевой» ячейке) по истечению каждого

пятиминутного интервала времени. Текущие показания выводятся только для контроля оператором хода измерения. Время измерения определяется величиной и характером средней величины тока поляризации всех трех ячеек как описано в ГОСТ 9.602-89. Резисторы имитирующие ток поляризации подобраны так, чтобы ток поляризации превышал пороговое значение 200 мА/м^2 и составлял 200 … 250 мА/м^2 для каждой ячейки. Поэтому цикл измерения на эквиваленте нагрузки в режиме измерения плотности катодного тока всегда составляет 15 мин. По завершению режима измерения прибор подает трижды звуковой сигнал и переходит в режим ожидания. Для ускоренной проверки прибора на эквиваленте нагрузки предусмотрен экспресс-режим. В режиме экспресс анализа плотности катодного тока все измерения проводятся по тому же алгоритму, но в пять раз быстрее. Для включения экспресс анализа перед нажатием кнопки «Пуск» следует нажать и удерживать кнопку «Режим». После нажатия кнопки «Пуск» отпускается кнопка «Режим». Отключается режим экспресс измерений автоматически по окончании одного цикла измерений. Если во время любого режима измерения (мигают диоды режима 7 на рис. 25.3) нажать кнопку «Пуск» то прибор переходит в режим паузы. В этом режиме останавливается внутренний отсчет времени прибора, а на цифровой индикатор выводятся вместо текущих значений три прочерка. Для возвращения в режим измерения следует повторно нажать кнопку «Пуск» и прибор продолжит прерванные измерения. Прибор автоматически сохраняет в энергонезависимой памяти значения последнего измерения для каждого режима. Остановить начатое измерение можно выключением прибора.

Оценка удельного сопротивления грунта. Подготовьте грунт в объеме примерно 1 дм^3 (объем каждой измерительной ячейки равен 0.49 дм^3). Образцами для определения удельного сопротивления грунта служат пробы грунтов, которые отбирают в шурфах, скважинах и траншеях из слоев, расположенных на глубине прокладки сооружения с интервалами 50 – 200 м на расстоянии 0,5 – 0,7 м от боковой стенки трубы. Для пробы берут 1,5 – 2 кг грунта, удаляют твердые включения размером более 3 мм. Отобранную пробу помещают в полиэтиленовый пакет и снабжают паспортом, в котором указывают номер объекта и пробы, место и глубину отбора пробы. Если уровень грунтовых вод выше глубины отбора проб, следует отобрать грунтовый электролит объемом 200 – 300 см^3 и поместить в герметически закрывающуюся емкость.

Отобранную пробу песчаных грунтов смачивают до полного влагонасыщения, а глинистых – до достижения мягкопластичного состояния. Если уровень грунтовых вод ниже уровня отбора проб, смачивание проводят дистиллированной водой, а если выше – грунтовой водой.

Электроды перед каждым измерением зачищают шкуркой шлифовальной зернистостью 40 или меньше, обезжиривают ацетоном, промывают дистиллированной водой. В ячейку для измерения сопротивления (она в контейнере одна) укладывают грунт, послойно утрамбовывая его, на высоту вровень с верхним краем ячейки. При утрамбовке следует избегать деформации внутренних измерительных электродов. Для этого в комплекте ячейки предусмотрено приспособление с ручкой и направляющими отверстиями.

После подготовки ячейки с грунтом контейнер ячеек соединяется своим кабелем с прибором. Так как измерения сопротивления происходят в течение одной минуты, крышкой от ячеек пользоваться не обязательно.

К прибору подключается сетевой источник питания через разъем 9 рис. 25.3

или вставляется комплект элементов питания в батарейный отсек прибора. Включается питание прибора выключателем 1 рис. 25.3 источника питания.

После подачи питания на прибор он подает звуковой сигнал и переходит в режим вольтметра (горят оба светодиода режима 7 рис. 25.3) и на цифровом индикаторе в режиме мигания выводится напряжение питания в единицах вольт. Если питание осуществляется от гальванических элементов то снижение напряжения до уровня 4.4 В служит признаком разряда элементов и необходимости их замены.

Однократное нажатие кнопки «Режим» (сопровождается коротким подтверждающим гудком) переводит прибор в режим индикации удельного сопротивления. При этом горит не мигая светодиод «ρ», а на индикаторах выводится результат последнего предшествующего измерения удельного сопротивления в единицах Ом*м.

Чтобы начать новое измерение удельного сопротивления следует нажать на кнопку «Пуск». Переход прибора в режим измерения обозначается прерывистым режимом свечения индикатора режима «ρ». Измерения удельного сопротивления осуществляются в четыре фазы, номер которых отображается в процессе измерения светодиодами 6 рис. 25.3. На цифровом индикаторе прибора в ходе измерения удельного сопротивления выводится текущее абсолютное значение падения напряжение на измерительных стержневых электродах ячейки в единицах вольт.

По окончании цикла измерения через сорок секунд прибор подает один секундный сигнал и светодиод режима «ρ» переходит в режим постоянного свечения (режим индикации прибора), а на цифровом индикаторе появляется значение измеренной величины удельного сопротивления грунта в единицах Ом*м [35]. Результаты измерений и расчетов заносят в журнал.

Журнал

определения удельного электрического сопротивления грунта

Адрес пункта отбора проб	Номер пункта по схеме	Электрическое сопротивление грунта , кОм	Удельное электрическое сопротивление грунта, , Ом*м	Коррозионная агрессивность грунта	Тип прибора, заводской номер, дата поверки
1	2	3	4	5	6

Измерения провел_____

"____" _____ год

Оценка плотности катодного тока. Сущность метода заключается в определении средней плотности катодного тока, необходимого для смещения потенциала стали в грунте на 100 мВ отрицательнее потенциала коррозии.

Отобранную пробу загружают в ячейку, сохраняя естественную влажность грунта. Если при хранении проб после их отбора возможно изменение естественной влажности грунта, определяют влажность отобранной пробы по ГОСТ 5180. Перед испытанием вновь определяют влажность пробы грунта и доводят ее до естественной с помощью дистиллированной воды.

На дно ячейки насыпают на высоту 20 мм грунт и уплотняют. Рабочий и вспомогательный электроды устанавливают вертикально неизолированными поверхностями друг к другу на расстоянии 3–4 см. Затем грунт укладывают в ячейку послойно (один-три слоя) с последовательным трамбованием слоев, добиваясь максимально возможного уплотнения. Расстояние от верхней кромки рабочего электрода до поверхности грунта – 50 мм. Электрод сравнения

устанавливают сверху ячейки в грунт, заглубляя его на 1,0–1,5 см. Одним и тем же грунтом заполняют три ячейки и параллельно выполняют три измерения силы катодного тока в микроамперметрах в каждой ячейке.

Подготовьте грунт в объеме примерно 2 $дм^3$ для проведения измерения одновременно в трех ячейках контейнера прибора. Требования к образцам аналогичны описанию подготовки измерения удельного. Отобранную пробу грунта загружают во все три ячейки для измерения плотности катодного тока, сохраняя ее естественную влажность. Если при хранении проб после их отбора возможно изменение естественной влажности грунта, то необходимо определять влажность отобранной пробы. Для определения влажности грунта отбирают часть пробы (массой несколько единиц или десятков граммов), и взвешивают, находя массу m_1, затем ее высушивают при $t \leq 105^0C$ и снова взвешивают, находя массу m_2.

Влажность определяют по формуле:

$$W=(m_1 - m_2) 100\% / m_1 .$$

Перед проведением исследования вновь определяют влажность пробы грунта. Если влажность уменьшилась, то ее доводят до естественной влажности с помощью дистиллированной воды.

Грунт укладывают в ячейки послойно с последовательным трамбованием слоев, добиваясь максимально возможного уплотнения. Можно использовать приспособления для утрамбовки и выравнивания грунта из комплекта прибора. Конструкция ячеек выбрана так, что верхний край уложенного грунта должен совпадать с верхним краем корпуса ячеек. Ячейки закрывают крышкой с замками. Для установки электродов сравнения в крышке предусмотрены направляющие отверстия. Электроды сравнения устанавливают сверху ячейки в грунт, углубляя его на 1,0–1,5 см и соединяют штекером к гнездам кабеля контейнера ячеек. Электрод сравнения первой ячейки соединяется с гнездом на передней панели прибора под номером один, второй со вторым, третий с третьим. Сведения о подготовке и использовании электродов сравнения приведены в их паспортах.

Одним и тем же грунтом заполняют три ячейки, т.к. прибор позволяет параллельно проводить измерения. Перед включением прибора на измерение следует выдержать электроды сравнения в грунте не менее 10 мин., так как сам анализатор делает выдержку перед включением поляризующего тока 5 мин.

Прибор подключается к источнику питания и через разъем кабеля к контейнеру измерительных ячеек. Нажатиями кнопки «Режим» последовательным перебором следует установить режим индикации плотности катодного тока (горит в непрерывном режиме один светодиод «j»). На цифровых индикаторах прибора выводится значения плотности катодного тока для последнего запомненного измерения в единицах $мА/м^2$. Светодиоды 6 рис. 25.3 в режиме индикации катодного тока отображают номер текущей ячейки (первая ячейка – светодиод «1», вторая – светодиод «2», третья – горят оба светодиода). Оба погашенных светодиода («нулевая» ячейка) используются для индикации среднего значения величин для всех трех ячеек. Смена индуцируемой ячейки осуществляется последовательным нажатием кнопки «Режим». После индикации значения третьей ячейки прибор сменит режим индикации на режим вольтметра. Для возврата в режим индикации плотности катодного тока «j» используются последовательные нажатия на ту же кнопку «Режим».

Для начала измерения плотности тока следует в режиме индикации тока «j» при любой выбранной ячейке нажать кнопку «Пуск». При этом светодиод режима

«j» переходит в режим мигания до конца режима измерения. При начале нового измерения прибор всегда переключается на индикацию первой ячейки (горит светодиод «1»). Повторное нажатие кнопки «Пуск» в режиме измерения переводит прибор в режим паузы. При этом на цифровом индикаторе отображаются три прочерка, а отсчет времени измерения прибором останавливается. Для возврата в режим прерванного измерения нужно еще один раз нажать кнопку «Пуск».

Измерение плотности катодного тока разбито на промежутки по пять минут. Первые пять минут прибор определяет потенциал коррозии для стали в исследуемом грунте. На индикаторе отображается текущее значение потенциала электродов сравнения в единицах Вольт. Десятичная точка в этом промежутке измерения горит после первого знака. Для смены индуцируемой ячейки прямо во время измерения плотности тока служит та же кнопка «Режим». «Нулевая» ячейка (погашены оба светодиода) используется для вывода среднего значения. В режиме измерения последовательность нажатия кнопки «Режим» приводят лишь к изменению номера индуцируемой ячейки, режим измерения не изменяется. Остановить досрочно измерения можно кратковременно выключив прибор. При этом в памяти прибора останутся значения последнего завершенного измерения для каждого режима.

По прошествии первых пяти минут прибор запоминает значения потенциала коррозии для каждой ячейки и начинает пятиминутные циклы измерения плотности катодного тока до конца цикла измерения. На индикаторах при этом выводятся текущие значения плотности катодного тока в единицах мА/м^2 (десятичная точка горит после третьей цифры индикатора). Номер индуцируемой ячейки определяют светодиоды номера 6 рис. 25.3. В «нулевой» ячейке выводится среднее текущее значение. Номер ячейки можно изменять нажатиями на кнопку «Режим».

По окончанию цикла измерения прибор выдает три секундных сигнала, запоминает последние показания тока для каждой из трех ячеек и переходит в режим индикации (светодиод режима перестает мигать). Время измерения плотности катодного тока зависит от величины и характера изменения тока во времени как описано в ГОСТе. Прибор принимает решение о времени измерения по истечении каждого пятиминутного промежутка на основании среднего значения тока для всех трех ячеек. В «худшем» случае (средний ток растет, но не превышает порога 200 мА/м^2) время измерения плотности катодного тока прибором составляет 45 мин.

Прибор можно использовать для работы с любым количеством ячеек. Если число ячеек менее трех, то среднее значение определяемое прибором следует игнорировать. Так как прибор для определения времени измерения использует только среднее значение величины, то при работе с числом ячеек менее трех прибор склонен завышать необходимое время измерения (в любом случае не более 45 мин.). Оператор на основании текущих показаний ячеек может сам остановить измерения (кратковременным отключением прибора), но в этом случае прибор не запомнит значения измерений и их следует записать вручную, если необходимо. Так же как вспомогательный всегда может использоваться режим экспресс анализа, когда все фазы измерения осуществляются в пять раз быстрее номинальных [35]. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

определения средней плотности катодного тока

Наименование объекта _____

Дата отбора проб "___" _____ г.

Адрес пункта отбора проб	Номер пункта по схеме	Ячейка 1			Ячейка 2		
		t, мин	E_1^1, B	*I*г, А	t, мин	E_1^1, B	*I*г, А
1	2	3	4	5	6	7	8

Ячейка 3			Среднее значение силы тока *Iк. ср.*, А	Средняя плотность катодного тока 4, А/м^2	Коррозионная агрессивность грунта	Тип измерительного прибора, заводской номер, дата поверки
t, мин	E_1^1, B	*I*г, А				
9	10	11	12	13	14	15

Измерения провел _____

"____" _____ г.

Для оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к углеродистой и низколегированной стали используются следующие соотношения:

низкая – удельное сопротивление грунта свыше 50 Ом*м и плотность катодного тока менее 50 мА/м^2 ;

средняя – удельное сопротивление грунта от 20 до 50 Ом*м и плотность катодного тока от 50 до 200 мА/м^2 ;

высокая – удельное сопротивление грунта до 20 Ом*м и плотность катодного тока свыше 200 мА/м^2 .

Результаты определения коррозионной агрессивности грунтов заносят в журнал [35].

ЖУРНАЛ

определения коррозионной агрессивности грунтов по отношению к стали

Адрес пункта измерений или отбора проб	Номер пункта по плану (схеме) трассы трубопровода	Удельное электрическое сопротивление грунта, определенное в полевых условиях Rг.п., Ом·м	Удельное электрическое сопротивление грунта, определенное в лабораторных условиях Rг.л., Ом·м	Средняя плотность катодного тока iк, А/м^2	Оценка коррозионной агрессивности грунта
1	2	3	4	5	6

Приблизительные значения удельного сопроотивения даны в табл. 25.1.

Табл. 25.1. Удельное электрическое сопротивление грунтов и пород

Справочное пособие для обработки материалов инженерно-геологических изысканий. М: ДАР/ВОДГЕО, 2005. - 94 с.

№	Наименование грунтов и пород	Величина удельного сопротивления, Ом · м
1	Ил текучий	10 - 15
2	Глина текучая	20 - 30
3	Глина твердая	40
4	Суглинок	40 - 80
5	Суглинок просадочный	40
6	Супесь	60 - 100
7	Песок маловлажный	200 - 300
8	Песок водонасыщенный	50 - 200
9	Мергель	10 - 100
10	Известняк	10 - 1000
11	Доломит	100
12	Гипс	100 - 1000
13	Магматические породы	1000 - 10000

26. Определение биокоррозионной агрессивности грунта по ГОСТ 9.602. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

Общие сведения. Критерием биокоррозионной агрессивности грунта является наличие визуальных признаков оглеения грунта (окрашенности грунта в сероватые, сизые, голубоватые тона) и наличие в грунте восстановленных соединений серы.

Биокоррозионную агрессивность грунта на глубине укладки подземного сооружения определяют следующие качественные признаки:

– окраска грунта (сероватые, зеленоватые и сизые тона указывают на анаэробную обстановку при избыточном увлажнении и преобладание восстановленных форм железа, алюминия, марганца);

– наличие в грунте восстановленных соединений серы, являющихся продуктами жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий.

Определение наличия восстановленных соединений серы. На пробу грунта, продуктов коррозии или отложений объемом 1 см^3 с помощью пипетки наносят 2–3 капли соляной кислоты, разбавленной дистиллированной водой в соотношении 1:3 (плотность исходной кислоты 1,47 г/см^3).

Обработка результатов определений. По характерному запаху выделяющегося сероводорода делают вывод о наличии восстановленных соединений серы (гидросульфидов, сульфидов железа, некоторых органических соединений серы).

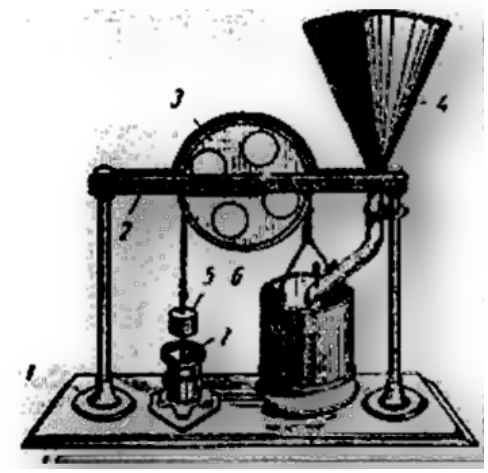
Оформление результатов определений. Результаты определений заносят в протокол, содержащий следующие данные:

– место проведения определений;
– глубину укладки подземного сооружения;
– погодные условия при проведении определений;
– дату проведения определений;
– визуальные наблюдения (окраска грунта);
– наличие восстановленных соединений серы;
– обозначение настоящего стандарта;
– фамилию, инициалы лица, проводившего определения [35].

27. Определение липкости грунтов в приборе Охотина

Общие сведения. Величина липкости измеряется усилием, необходимым для отрывания прилипшего предмета от грунта, и выражается в гс/см^2. Определение липкости производят в приборе Охотина (ПЛГ-Ф).

Оборудование: прибор Охотина для определения липкости; сушильный шкаф; технические весы с разновесами; сито 0,5 мм; бюксы; дробь; шпатель; бюретка; фарфоровая чашка; эксикатор; фарфоровая ступка с резиновым пестиком. Прибор (рис. 27.1) включает основание *1,* на которое установлена рама *2* из двух стоек с перекладиной; на раме смонтированы блок *3* и воронка *4;* через блок перекинута струна, на одном конце которой подвешивают штамп *5* площадью 10 см^2, а па другом конце, под воронкой, – ведерко *6*. Штамп и ведерко должны быть уравновешены. Чувствительность прибора проверяют добавкой к ведерку гири в 1 г, под влиянием которой ведерко должно опускаться. На доске под штампом устанавливается формочка *7* для испытуемого грунта.



Условные обозначения:
1 – основание, 2 – рама, 3 – блок, 4 – воронка, 5 – штамп, 6 – ведерко

Рис. 27.1. Прибор ПЛГ-Ф для опроделения липкости грунта [37]

Подготовка к работе. Воздушно-сухую пробу грунта растереть в фарфоровой ступке резиновым пестиком и просеять через сито 0,5 мм. Из прошедшей сквозь сито части грунта взять навеску 200 г и увлажнить ее, чтобы грунт был примерно на пределе раскатывания. Воду добавлять из бюретки, учитывая ее расход.

Увлажненный грунт поместить в эксикатор с водой и выдержать над водой в течение 24 ч; по истечении указанного времени разделить его пополам.

Одну часть грунта использовать для определения ***границы клейкости***. Для этого к увлажненному грунту приложить шпатель, а затем усилием руки оторвать его от грунта. Если на шпателе не останется прилипшего грунта, добавить к изученному образцу 2–3 см^3 воды, тщательно перемешать и вновь повторить испытание. Воду к грунту добавлять до тех пор, пока не будет отмечено прилипание его к шпателю (количество добавляемой воды фиксировать в журнале). По достижении такого состояния грунта взять из него пробу и определить влажность.

Проведение испытаний. Через воронку прибора постепенно, небольшими порциями, подсыпать в ведерко мелкую дробь, следя за штампом. Когда штамп

оторвется от грунта, подачу дроби прекратить, определить массу дроби в ведерке и влажность грунта в формочке.

Освободить формочку от грунта, смешать его с оставшейся частью заготовленного грунта, прибавить 2–3 см^3 воды, тщательно перемешать и провести испытание вновь.

Повторить испытание, увеличивая влажность грунта до тех пор, пока отрывающее усилие не достигнет максимума и не будут получены два-три показания, указывающие на уменьшение отрывающего усилия.

Обработка данных. Подсчитать отрывающее усилие (кПа, кг/см^2, Н/см^2) по формуле:

$$L = P/A,$$

где P – масса дроби, г; A – площадь штампа, см^2.

На основании полученных данных построить график зависимости липкости от влажности и определить максимальное отрывающее усилие L_{max} и соответствующую ему влажность w_{max}. По липкости (прилипаемости) L глинистые грунты подразделяют согласно табл. 27.1 [25].

Таблица 27.1. Классификация глинистых грунтов по липкости

Разновидность грунтов	Липкость (прилипаемость) L, кПа
Неприлипаемые	$L \le 5$
Слабоприлипаемые	$5 < L \le 10$
Среднеприлипаемые	$10 < L \le 25$
Сильноприлипаемые	$L > 25$

Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

определения липкости грунта

№№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер скважины и глубина отбора образца	Номер опыта	Номер стаканчика	Масса стаканчика с крышкой m, г	Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г	Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой m_0, г		Влажность w, %		Масса дроби P, г	Отрывающее усилие $L = P/A$
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

28. Определения показателей деформационных свойств по испытаниям в условиях компрессионного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Общие сведения. Испытание грунта методом компрессионного сжатия проводят для определения следующих характеристик деформируемости в соответствии с заданием и программой испытаний: коэффициента сжимаемости m_0, модулей деформации E_{oed} и E_k для ветвей первичного и повторного нагружения, коэффициентов фильтрационной и вторичной консолидации c_v и c_α для песков мелких и пылеватых, глинистых грунтов, органо-минеральных и органических грунтов. Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одометрах), исключающих возможность бокового расширения образца при его нагружении вертикальной нагрузкой.

Результаты испытаний должны быть оформлены в виде графиков зависимостей деформаций образца от нагрузки при определении m_0 и E и их изменения во времени при определении значений c_v и c_α.

Диапазон давлений, при которых проводят испытания, определяется в программе испытаний с учетом напряженного состояния грунта в массиве, т.е. с учетом передаваемых на основание нагрузок и бытового давления. Во всех случаях конечное давление должно быть больше бытового давления на глубине залегания образца грунта.

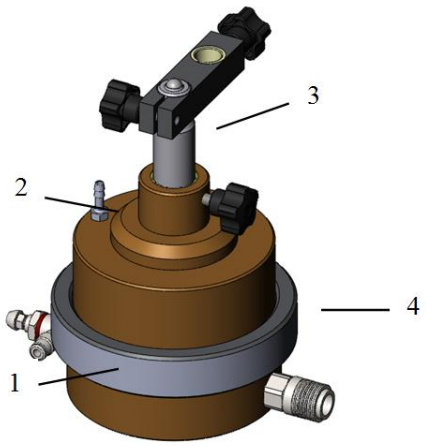
Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или водонасыщенные или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образец грунта должен иметь форму цилиндра диаметром **не менее 70 мм и отношение диаметра к высоте должно составлять от 2,8 до 3,5.** Максимальный размер фракции грунта (включений, агрегатов) в образце должен быть **не более 1/5** высоты образца.

Оборудование и приборы. В состав установки для испытания грунта в условиях компрессионного сжатия должны входить: компрессионный прибор, состоящий из рабочего кольца, цилиндрической обоймы, перфорированного вкладыша под кольцо и поддона с емкостью для воды; механизм для вертикального нагружения образца грунта; устройства для измерения вертикальных деформаций образца грунта. Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать: подачу воды к образцу снизу и ее отвод; герметичность деталей прибора; центрированную передачу нагрузки на штамп; постоянство давления на каждой ступени; первоначальную нагрузку на образец от штампа и закрепленных на нем измерительных приборов не более 0,0025 МПа; перфорация пористых штампов должна обеспечивать свободный отток отжимаемой воды из образца. В компрессионном приборе может быть предусмотрено измерение порового давления в образце и бокового давления грунта на стенки рабочего кольца.

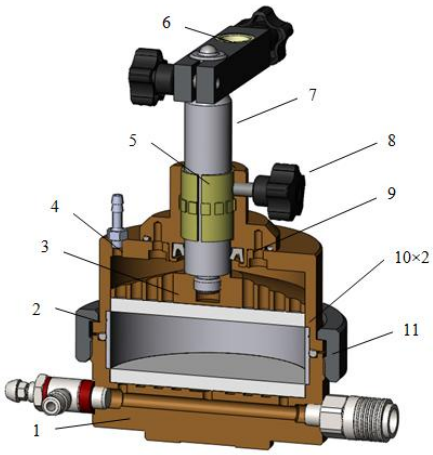
На рис. 28.1. приведена схема одометра фильтрационного в составе испытательных комплексов «АСИС» предназначенных для испытаний образцов грунта в условиях компрессионного сжатия по ГОСТ 12248 [34]. Кроме оборудования комплекса АСИС студенты познакомятся компрессионными приборами полевой лаборатории Литвинова, КПр1 и другими.

Компрессионные приборы тарируют на сжатие с помощью металлического вкладыша, покрытого с двух сторон бумажными фильтрами, смоченными водой. Максимальное давление при тарировке принимают в зависимости от конструкции прибора и предельных нагрузок при испытаниях, но не менее 1,0 МПа, нагружение

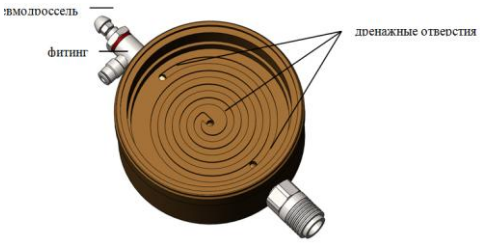
проводят ступенями по 0,05 МПа на первых двух ступенях и далее по 0,1 МПа с выдержкой по 2 мин.



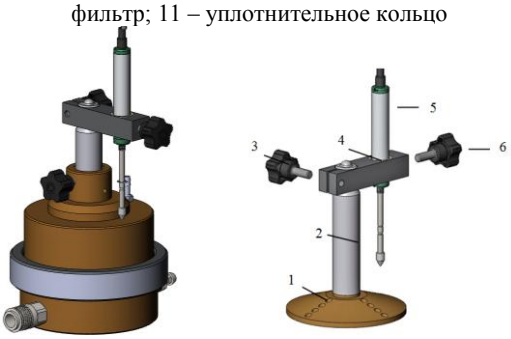
а) 1 – основание; 2 – крышка; 3 – шток; 4 – гайка



б) конструкция: 1 – основание; 2 – гайка; 3 – штамп; 4 – крышка; 5 – втулка; 6 – держатель; 7 – шток; 8 – винт; 9 – манжета; 10 – фильтр; 11 – уплотнительное кольцо



в) основание одометра



г) шток со штампом:1 – штамп; 2 – шток; 3 – винт фиксации держателя; 4 – держатель;5 – датчик перемещений;6 – винт фиксации датчика

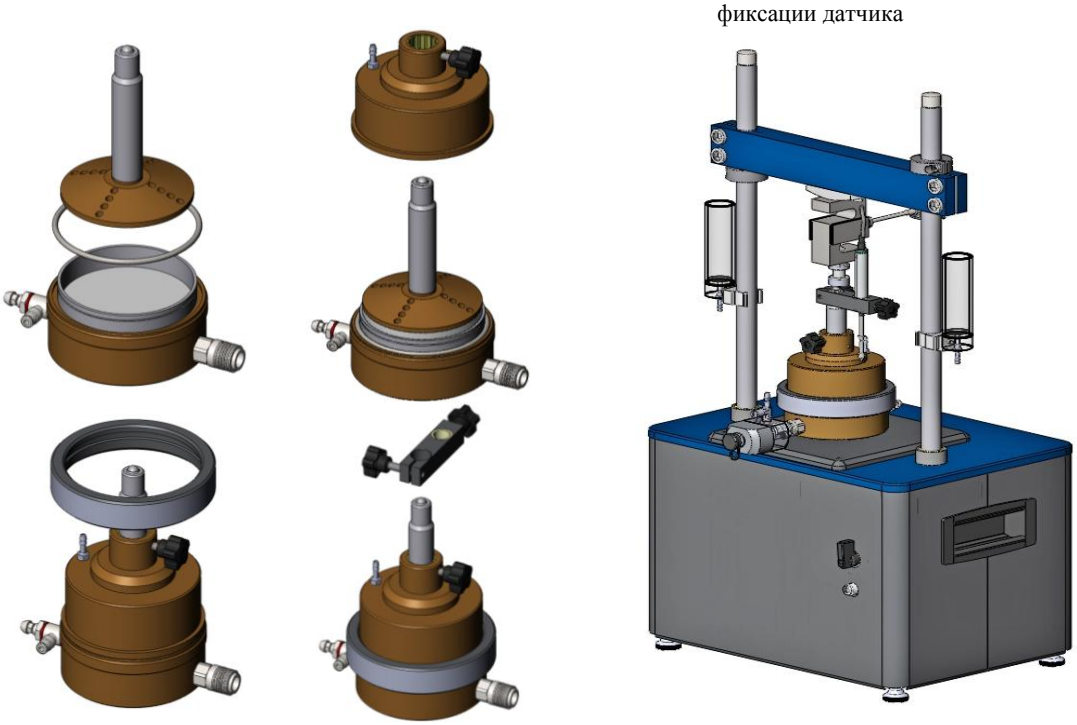


Рис. 28.1. Одометр фильтрационный, производитель ООО «НПП Геотек» [34]

Подготовка к испытанию. Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или водонасыщенные или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образец должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 71 мм и отношение диаметра к высоте от 2,8 до 3,5. Максимальный размер фракции грунта в образце должен быть не более 1/5 высоты образца.

Перед испытаниями образец грунта в кольце взвешивают, покрывают с торцов влажными фильтрами, устанавливают образец и помещают в цилиндрическую обойму на перфорированный штамп компрессионного прибора; регулируют механизм нагружения образца; устанавливают приборы для измерения вертикальных деформаций образца; записывают начальные показания. При односторонней фильтрации воды из образца вместо влажного фильтра используют тонкую водонепроницаемую прокладку.

При необходимости водонасыщение образца проводят путем фильтрации воды снизу вверх под арретиром. Для этого заполняют поддон водой. Водонасыщение проводят для глинистых грунтов в течение 2–5 сут, для песков – до момента появления воды над штампом. Водонасыщение образца грунта в рабочем кольце может быть выполнено до испытания в специальной вакуумной камере, заполненной водой, после чего его помещают в компрессионный прибор.

Проведение испытаний. Нагружение испытываемого образца проводят равномерно, без ударов. ***Допускается проведение испытаний с постоянной скоростью деформации образца с измерением порового давления, а также испытаний с измерением бокового давления.*** При испытании песков, заторфованных, органоминеральныхи органических грунтов первую ступень давления p_1 принимают в зависимости от коэффициента пористости e по табл. 28.1, а при испытании глинистых грунтов – в зависимости от показателя текучести I_L по табл. 28.2.

Таблица 28.1. Первая ступень давления при испытании грунтов

Коэффициент пористости e	$e \geq 1{,}0$	$1{,}0 > e \geq 0{,}75$	$0{,}75 > e > 0{,}6$	$e \leq 0{,}6$
Первая ступень давления p_1, МПа	0,005	0,0125	0,025	0,05

Таблица 28.2. *Значение первой ступени давления глинистых грунтов*

Показатель текучести $\boldsymbol{I_L}$	$\boldsymbol{I_L} \geq 1{,}0$	$1{,}0 > \boldsymbol{I_L} \geq 0{,}75$	$0{,}75 > \boldsymbol{I_L} > 0{,}5$	$0{,}5 > \boldsymbol{I_L} > 0{,}25$	$\boldsymbol{I_L} < 0{,}25$
Первая ступень давления p_1, МПа	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,1

Последующие ступени давления р принимают равными удвоенным значениям предыдущей ступени. Число ступеней должно быть не менее пяти. Программой исследований могут быть обоснованы иные ступени давления p_1 исходя из особенностей деформируемости грунта, условий отсыпки и условий возведения сооружения, в частности, для плотных песков и полутвердых и твердых глинистых грунтов **допускается** принимать значения p_1 **равными бытовому давлению** на глубине отбора образца. За критерий условной стабилизации деформации образца принимают ее приращение не превышающее 0,05% за время, указанное в табл. 28.3.

Последующие ступени давления p принимают равными удвоенным значениям предыдущей ступени до 0,1 МПа, далее с интервалом 0,1 МПа до 0,5 МПа, далее с интервалом 0,2 МПа. Испытание доводят до заданного значения нагрузки. Количество ступеней должно быть не менее пяти. Программой исследований могут быть обоснованы иные ступени давления p_1 исходя из особенностей деформируемости грунта, условий отсыпки и условий возведения сооружения. Для

плотных песков и полутвердых и твердых глинистых грунтов допускается принимать значения p_1 равными бытовому давлению на глубине отбора образца.

Таблица 28.3. Время условной стабилизации деформаций сжатия

Грунты			Время выдерживания ступеней, не менее	Время условной стабилизации деформаций сжатия на конечной ступени, не менее
Пески			5 мин	0,5 ч
Глинистые (непросадочные и ненабухающие)	супеси			3 ч
	суглинки	с $I_p < 12$ %	30 мин	6 ч
		с $I_p \geq 12$ %		12 ч
	глины	с $I_p < 22$ %		12 ч
		с $I_p \geq 22$ %		18 ч
Органоминеральные			1 ч	24 ч
Просадочные				3 ч
Набухающие			30 мин	Как для ненабухающих

При испытании глинистых и органо-минеральных грунтов ненарушенного сложения для определения их структурной прочности на сжатие p_{str} первую и последующие ступени давления принимают равными 0,0025 МПа до момента начала сжатия образца. Начало сжатия следует считать при относительной вертикальной деформации образца ε>0,005. При дальнейшем нагружении за очередную ступень давления принимают ближайшее большее значение про табл. Для водонасыщенных глинистых и органо-минеральных грунтов при определении p_{str} следует учитывать их возможное частичное разуплотнение после отбора и подъема образца на поверхность, вычисляя относительное разуплотнение ε_p по формуле

$$\varepsilon_p = \frac{e_0(1 - S_r)}{1 + e_0},$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта после подъема образца на поверхность; S_r – коэффициент водонасыщения грунта после подъема образца на поверхность.

На каждой ступени нагружения образца грунта снимают отсчеты по приборам для измерения вертикальных деформаций в следующей последовательности: первый отсчет – сразу после приложения нагрузки, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня. Указанное время проведения отсчетов может быть изменено для удобства построения кривой консолидации методом квадратного корня из времени.

Для водонасыщенных в природном залегании грунтов и грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние предварительным замачиванием, время окончания уплотнения образца грунта на данной ступени нагружения для глинистых, органоминеральных и органических грунтов определяют как время завершения фильтрационной консолидации. Для этого в процессе испытания строят график зависимости деформации образца во времени – кривую консолидации, которую обрабатывают методом квадратного корня из времени (также возможна обработка логарифмическим методом) и определяют время окончания фильтрационной консолидации t_{100}.

При испытании насыпных грунтов с заданными плотностью и влажностью ступени давления и время их выдержки принимают также как и для естественных грунтов или в соответствии с программой испытаний в зависимости от начального коэффициента увлажнения грунта $K_{увл}$ (табл. 28.4), определяемого как отношение

влажности насыпного грунта в конструкции к оптимальной влажности грунта при его максимальной плотности при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733.

Таблица 28.4. Ступени давления и время их выдерживания для насыпных грунтов

Коэффициент увлажнения грунта $K_{увл}$	Ступени давления p_i, МПа	Время выдерживания ступеней Δti, ч
<1,2	0,02	1
1,20–1,25	0,015	3
1,26–1,35	0,010	10
>1,35	0,010	24
Примечание - Последнюю ступень нагрузки выдерживают до условной стабилизации деформации		

При расчете осадки фундаментов, возводимых в котлованах глубиной более 5 м для должна быть произведена ***разгрузка образца грунта в последовательности, обратной порядку нагружения,*** а также ***повторное испытание грунта на сжимаемость***. Последняя ступень разгрузки и начало повторного нагружения определяются заданием. При полной разгрузке последняя ступень должна соответствовать давлению, создаваемому весом штампа и смонтированного на нем измерительного оборудования. Повторное нагружение производится в последовательности аналогичной последовательности первого нагружения. Число ступеней при разгрузке допускается уменьшить.

Регистрацию деформации образца при разгрузке и повторном нагруженииведут 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня.

После окончания испытания образца грунта необходимо удалить воду сверху образца и из поддона, опустить арретир, снять нагрузку, взвесить рабочее кольцо с грунтом, определить влажность.

Обработка результатов. По результатам испытания для определения характеристик m_0, E_0 и E_i для каждой ступени нагружения вычисляют:

абсолютную вертикальную стабилизированную деформацию образца грунта Δh, мм, как среднее арифметическое показаний измерительных устройств за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибора Δ;

относительную вертикальную деформацию образца грунта $\varepsilon_i = \Delta h_i / h$;

коэффициент пористости грунта e_iпри давлениях p_i по формуле:

$$e_i = e - \varepsilon_i(1 + e_o).$$

Результаты испытаний должны быть оформлены в виде графиков зависимости деформаций образца от нагрузки и их изменения во времени. Компрессионные испытания грунтов иллюстрируют графиками *(компрессионными кривыми),* которые строятся в координатах $e=f(\sigma)$, , где e – коэффициент пористости. Через точки графика проводят усредняющую плавную кривую или аппроксимируют эти точки монотонной зависимостью. Общий вид кривых показан на рис. 28.2, из которого следует, что указанные зависимости являются нелинейными в широком диапазоне нагрузок и могут характеризоваться различными функциями (показательными, экспоненциальными, логарифмическими и др.

Коэффициент сжимаемости m_o, МПа$^{-1}$ на каждой ступени нагрузки от p_i до p_{i+1} вычисляют с точностью 0,001 МПа$^{-1}$ по формуле:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i},$$

где e_i и e_{i+1} – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям σ_i и σ_{i+1}.

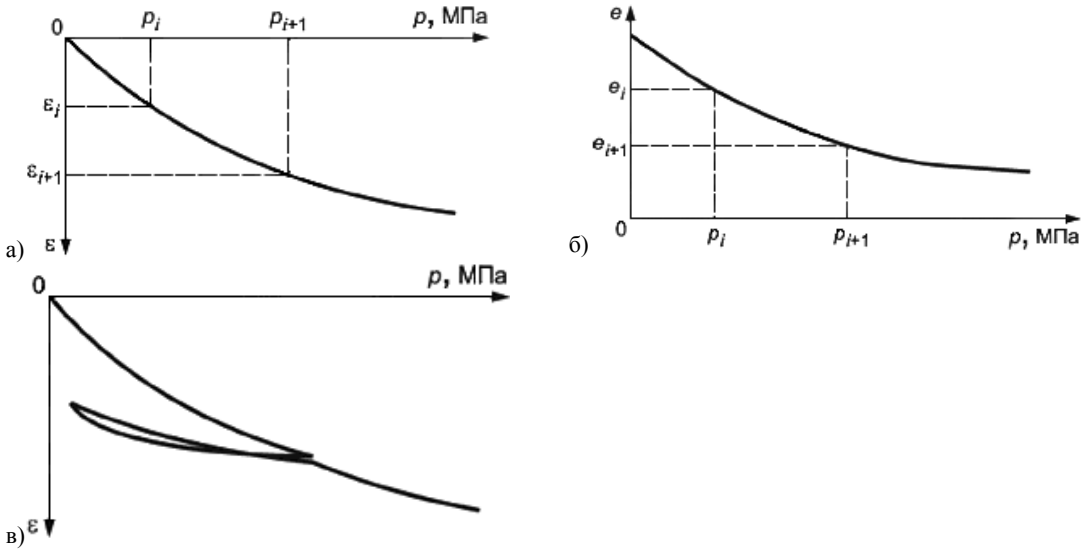


Рис. 28.2. Образцы графического оформления результатов испытания грунтов методом компрессионного сжатия

Коэффициент сжимаемости m_0, МПа$^{-1}$ это отношение относительной вертикальной деформации (изменения коэффициента пористости) к давлению, вызвавшему эту деформацию. Поскольку этот коэффициент зависит от интервала нагрузок, то его определяют для разных интервалов.

Одометрический модуль деформации E_{oed} ***и модуль деформации по данным компрессионных испытаний*** E_i, МПа в заданном интервале давлений вычисляют с точностью 0,1 МПа по формулам: $E_{oed} = \dfrac{\Delta p}{\Delta \varepsilon}$,

$$E_k = E_{oed} \cdot \beta,$$

$$E_k = \frac{1+e_0}{m_0}\beta, \quad ,$$

где $\Delta\varepsilon$ – изменение относительного сжатия, соответствующие Δp; m – коэффициент объемной сжимаемости, соответствующий $\Delta\sigma$; β – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе.

$$\beta_i = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu},$$

где ν – коэффициент поперечной деформации, определяемый по результатам испытаний в приборах трехосного сжатия или в компрессионных с измерением бокового давления. При отсутствии опытных данных допускается принимать β, равным: 0,8 – для песков; 0,7 – для супесей; 0,6 – для суглинков и 0,4 – для глин [4].

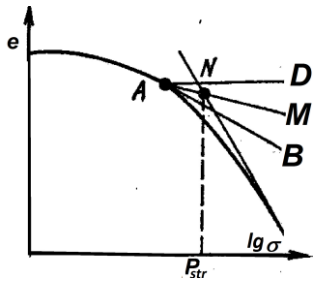


Рис. 28.3. График для определения структурной прочности грунта

Структурная прочность грунта на сжатие p_{str}, МПа – комплексная характеристика поведения грунта, эквивалентная пороговой нагрузке, после превышения которой начинается его интенсивное сжатие. *Для определения* p_{str} первую и последующие ступени нагрузки необходимо принимать равными 0,0025 МПа до

момента начала интенсивного сжатия образца грунта. За начало интенсивного сжатия следует считать получение относительной деформации образца ε=0,005. *Структурная прочность* определяется по начальному участку компрессионной кривой $e=f(lg\sigma)$ прямым определением ее перегиба, методом Казагранде, Бекера и др.

По методу Казагранде *для установления структурной прочности* грунта необходимо кривую $\varepsilon_i=f(P_i)$ перестроить в виде $e=f(lgP)$ (рис. 28.3). *Затем о*пределяют точку резкого изменения кривизны кривой (перегиба) указанной зависимости (*A*). Через эту точку проводят касательную *AB* и горизонтальную линию *AD*, затем биссектрису *AM* угла *BAD*. Прямолинейный участок компрессионной кривой экстраполируют до пересечения с биссектрисой *AM* и получают точку *N*. Значение *P,* соответствующее этой точке, принимается за структурную прочность грунта на сжатие p_{str}.

Определение коэффициентов фильтрационной (первичной) и вторичной консолидации. ***Консолидацией*** называется процесс развития во времени затухающих деформаций уплотнения (ε_z) в условиях компрессии, т. е. при одномерном уплотнении *под одним постоянным напряжением* σ без возможности бокового расширения образца, когда боковые деформации $\varepsilon_x=\varepsilon_y = 0$. Получение консолидационных параметров необходимо для расчетов *осадки во времени* при возведении сооружений на глинистых и органических водонасыщенных грунтах (при $S_r \geq 0{,}85$) и насыпей.

При первичной фильтрационной консолидации уплотнение грунта происходит за счет отжатия поровой воды при уменьшении объема пор, *при консолидации вторичной* – за счет ползучести твердых частиц. Соответственно, выделяют ***коэффициент фильтрационной*** c_V ***и вторичной*** c_α ***консолидации*** – показатели, характеризующие скорость деформации грунта при постоянном давлении за счет фильтрации воды (c_V) и ползучести грунта c_α.

Проведение консолидационного испытания. При изучении консолидации определяется *зависимость относительной осевой деформации* (ε_z), *или относительной осадки (s), образца от времени уплотнения (t) при данной нагрузке* (σ_z). Испытание проводят *при постоянном давлени*и, равном проектному давлению на грунт или другому заданному давлению. Давление на образец грунта передают сразу после приведения разуплотнившегося грунта к природному состоянию или после предварительного уплотнения грунта заданной нагрузкой.

Обработка результатов. Для определения коэффициента фильтрационной консолидации c_v кривую консолидации следует обработать методом квадратного корня из времени, а при одновременном определении коэффициентов фильтрационной c_v и вторичной c_α (за счет ползучести грунта) консолидации – логарифмическим методом. На кривой консолидации выделяют участки фильтрационной и вторичной консолидации, а для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности – еще участок дофильтрационной консолидации.

Для определения коэффициента фильтрационной консолидации c_v ***методом «квадратного корня из времени»*** по результатам испытаний грунта под постоянным давлением строят кривую консолидации в координатах: относительная деформация ε (ордината) – корень квадратный из времени в минутах (абсцисса) (рис. 28.4), затем проводят прямую наилучшего приближения *ab* к начальной линейной части кривой (обычно в пределах первых 50 % сжатия) и из точки

пересечения*ab* с осью ординат проводят вторую прямую *ac,* абсциссы которой равны 1,15 соответствующих абсцисс прямой *ab.* Пересечение прямой *ac* с экспериментальной кривой определяет время $\sqrt{t_{90}}$, соответствующее степени фильтрационной консолидации 0,90.

Коэффициент фильтрационной консолидации c_v, см^2/мин (см^2/год), вычисляют по формуле:

$$c_v = \frac{T_{90} h^2}{t_{90}} f_T,$$

где T_{90} – коэффициент (фактор времени), соответствующий степени консолидации 0,90, равный 0,848; h – высота образца (средняя между начальной высотой и высотой после завершения опыта на консолидацию). При двухсторонней фильтрации принимается высота, равная $h/2$; t_{90} – время, мин; f_T – температурный поправочный коэффициент (табл. 28.5) [19].

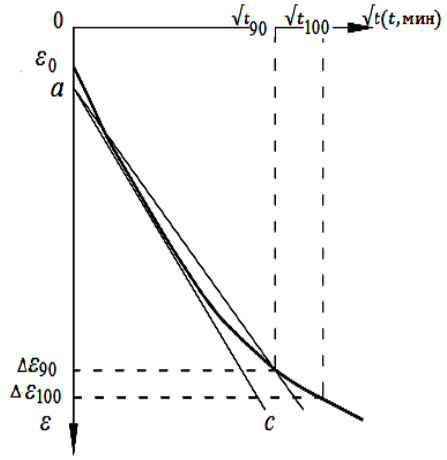


Рис. 28.4. График обработки кривой консолидации [4]

Таблица 28.5. Значения температурной поправки f_T

Температура,° С	10	15	20	25	30
f_T	1,3	1,15	1,0	0,9	0,8

Для определения времени 100 %фильтрационной консолидации $\sqrt{t_{100}}$ предварительно вычисляют деформацию сжатия$\varepsilon_{100} = \varepsilon_{90} / 0{,}9$. Из точки$\varepsilon_{100}$проводят горизонтальную прямую до пересечения с кривой консолидации и находят соответствующее значение $\sqrt{t_{100}}$.

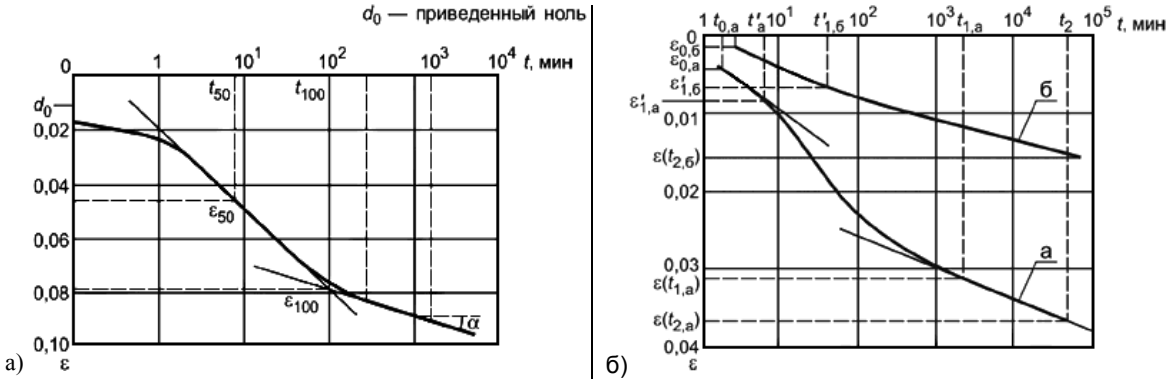


Рис. 28.5. график обработки кривой консолидации логарифмическим методом [4]

Для определения c_v ***и*** c_α ***логарифмическим методом*** (рис. 28.5) строят кривую консолидации в координатах: относительная деформация ε (ордината) – время t в минутах, откладываемое на логарифмической шкале (абсцисса). Обычно это разграничение проводится по перегибу кривой, построенной в полулогарифмическом масштабе, но строго разграничить стадии чисто фильтрационного деформирования и ползучести практически невозможно, так как процессы часто осуществляются одновременно.

По кривой следует найти деформацию, соответствующую 100 %–ному первичному сжатию при заданной нагрузке, для этого проводят касательную к конечному участку кривой $\varepsilon = f(\lg t)$. Затем проводят касательную к самой крутой части

кривой. Точка пересечения этих касательных соответствует 100 %–ному первичному сжатию грунта. Сжатие, следующее за 100 %–ным первичным сжатием, определяется как вторичное сжатие за счет деформаций ползучести. На кривой $\varepsilon = f(lgt)$ следует найти *значение относительной деформации, соответствующее нулевому первичному сжатию. Для этого в начальной части кривой выбирают точки с абсциссами 0,1 и 0,4. Разность ординат данных точек, отложенная выше начальной точки графика, определит приведенный нуль* d_0.

Для определения коэффициента фильтрационной консолидации логарифмическим методом для заданного давления определяют время, требуемое для 50 %–ного первичного сжатия. Для этого вычисляют деформацию, соответствующую 50 %–ному первичному сжатию, равную среднему арифметическому между деформациями, соответствующими нулевому d_0 и 100 %-ному сжатию ε_{100}. Время, требующееся для 50 %-ного первичного сжатия заданным давлением, находят графически по прямой зависимости $\varepsilon = f(lgt)$

Коэффициент фильтрационной консолидации c_v, см^2/мин (см^2/год), вычисляют по формуле:

$$c_V = \frac{T_{50} h^2}{t_{50}}, \qquad (28.1)$$

где T_{50} – коэффициент (фактор времени), соответствующий степени консолидации 0,5, равный 0,197; h – высота образца до испытания, см; t_{50} – время, соответствующее 50 %–ному первичному сжатию, мин.

Коэффициент вторичной консолидации (безразмерная величина) c_α определяют по тангенсу угла между прямой, параллельной оси абсцисс, и прямолинейным отрезком кривой на участке вторичной консолидации по формуле:

$$c_\alpha = \mathrm{tg}\alpha = \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{\lg(t_2) - \lg(t_1)}, \qquad (28.2)$$

где $\varepsilon(t_1)$ и $\varepsilon(t_2)$ – значения деформации образца на участке вторичной консолидации; t_1 и t_2 – время, соответствующее деформациям $\varepsilon(t_1)$ и $\varepsilon(t_2)$ мин.

Для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности кривая консолидации в зависимости от свойств грунтов может иметь три (кривая а) или два (кривая б) участка: дофильтрационной консолидации, фильтрационной консолидации и вторичной консолидации (рис. 28.5, б). Коэффициент дофильтрационной консолидации c'_α (кривые а и б) вычисляют по тангенсу угла наклона касательной к первому участку кривых $\varepsilon = f(t)$, окончание которого определяется пересечением касательных к первому и второму участкам кривой, по формуле 28.2, в которой разность деформаций в числителе заменяют на ($\varepsilon' - \varepsilon_0$), соответствующую времени t' и t_0.

Коэффициент фильтрационной консолидации (рис. 28.5, кривая а) вычисляют по формуле (28.1), в которой

$$t_{50} = \frac{t(\varepsilon_1 - \varepsilon')}{2},$$

где ε_1 соответствует времени $t_{1,a}$, а ε' – времени t'_a. Коэффициент вторичной консолидации вычисляют по формуле 28.2, в которой: для кривой а разность

деформаций ε соответствует времени t_2 и $t_{1,а}$; для кривой б разность деформаций ε соответствует времени t_2 и $t_б'$ [4].

Записи производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

испытания грунта методом компрессионного сжатия

Номер образца _____

Дата испытания	Температура испытания T, °С	Время снятия отсчета t_i, ч	Время от начала опыта t, ч	Номер ступени нагружения	Давление на образец грунта p_i, МПа	Давление p_{str}, МПа	Показание индикаторов деформаций			Абсолютная деформация образца Δh_i, мм	Поправка на деформацию прибора Δ, мм	Абсолютная деформация с учетом поправки $\Delta h_i - \Delta$, мм	Относительная деформация образца ε	Примечание
							n_1	n_2	Среднее					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16

Обработка кривой консолидации методом "корень квадратный из времени"

Давление p_i, МПа	Высота образца h, мм	Общая деформация Δh, мм	Деформация за ступень нагрузки Δh_i, мм	Относительная деформация за ступень нагрузки ε_i	Время от начала приложения ступени нагрузки t, мин	Корень квадратный из времени $\sqrt{t}$, мин	Время, соответствующее 90% фильтрационной консолидации t_{90}, мин	Время, соответствующее 100% фильтрационной консолидации t_{100}, мин	Коэффициент фильтрационной консолидации c_v, см²/мин (см₂/год)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Обработка кривой консолидации логарифмическим методом

Давление p_i, МПа	Высота образца h, мм	Общая деформация Δh, мм	Деформация за ступень нагрузки Δh_i, мм	Относительная деформация за ступень нагрузки ε_i	Время от начала приложения ступени нагрузки t, мин	Деформация, соответствующая 50% первичного уплотнения ε_{50}	Время, требуемое для 50% первичного уплотнения t_{50}, мин	Коэффициент фильтрационной консолидации c_v, см2/мин (см²/год)	Вторичная консолидация				
									Деформация		Время		Коэффициент вторичной консолидации c_α
									$\varepsilon(t_1)$	$\varepsilon(t_2)$	$\lg(t_1)$	$\lg(t_2)$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15

29. Определение показателей деформационных свойств по ГОСТ Р 54477. Грунты Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве

Общие сведения. *Испытание грунта методом компрессионного сжатия проводят для определения следующих характеристик деформируемости:*

- относительной деформации ε_i;
- модуля осадки E_s;
- модуля деформации E_i;
- структурной прочности грунта на сжатие p_{str};
- консолидационного параметра ($m_{\partial\phi}$);
- параметра объёмной ползучести (m_n);
- коэффициента первичной фильтрационной консолидации (c_v);
- показателя степени консолидации (n);
- обобщенного консолидационного параметра (b_ε).

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одометрах), исключающих возможность бокового расширения образца, при их нагружении вертикальной нагрузкой. Образец должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 71 мм при отношении высоты к диаметру 1:3,5.

Испытания проводят по следующим схемам:

1. открытая схема, при которой обеспечивается свободный отток воды из образца через штампы при различных условиях фильтрации (односторонняя, двухсторонняя);
2. закрытая схема, при которой исключается отжатие воды из образца;
3. гостированный режим приложения нагрузки;
4. заданный режим нагружения.

Для испытаний используют образцы грунта:

- ненарушенного сложения с природной влажностью, отобранные из основания насыпи;
- ненарушенного сложения водонасыщенные;
- с заданными значениями плотности и влажности;
- отобранные из насыпи.

Торфа, сапропели, илы, а также глинистые грунты с различным содержанием органического вещества мягкопластичной, текучепластичной и текучей консистенции целесообразно испытывать в модернизированных стандартных приборах, отличающихся от обычных следующими показателями: приборы должны быть снабжены облегчёнными штампами и противовесом, уравновешивающим загрузочное устройство; должна обеспечиваться передача на образец малых ступеней нагрузок и возможность развития значительных деформаций сжатия (до 50% от высоты образца) и их измерения; перфорация штампов должна обеспечивать свободный отток отжимаемой из образца поровой воды.

Погрешность измерений при испытаниях не должна превышать: 0,02 г – при измерении массы образца; 0,1 мм – при измерении геометрических размеров рабочего (режущего) кольца, определяющего размеры образца; 0,01 мм – при измерении деформаций образца, 5% – при измерении прикладываемой нагрузки от ступени нагружения.

Проведение испытания на компрессию и консолидацию по открытой и

закрытой схеме. При двухсторонней фильтрации воды из образца до испытания верхний и нижний его торцы следует покрыть влажными кружками фильтровальной бумаги. ***При односторонней фильтрации*** воды из образца нижний кружок фильтровальной бумаги заменяют водонепроницаемой прокладкой или используют специальный вкладыш без перфорации. ***Для закрытой схемы*** используются эти жевкладыши.

Кольцо с образцом необходимо поставить на днище прибора, затем собрать одометр и установить под пресс компрессионной установки.Индикаторы или другие измерительные устройства устанавливают на нулевой отсчёт, (при показаниях, отличных от нуля, их записывают в журнале как начальные).

При предварительном насыщении грунта водой прибор с образцом следует поставить под пресс; опустить винт арретира так, чтобы грунт не набухал, или довести арретирное кольцо прибора до соприкосновения с верхним штампом. Насыщать образец необходимо грунтовой водой, взятой с места отбора образца, грунтовой вытяжкой или дистиллированной водой. Можно пользоваться водопроводной водой при небольшой ее минерализации. Для водонасыщения можно пользоваться специальным устройством или трубками. В последнем случае уровень воды в трубке устанавливают до верхней грани рабочего кольца и поддерживают на протяжении всего опыта. После закрытия водой всей поверхности верхнего штампа (а не 2/3 как это принято ранее) водонасыщение можно закончить. При необходимости испытания образца в водном окружении следует спустя 3 минуты после приложения 1-ой ступени нагрузки повторить операции.

Для сапропелей и торфов с влажностью более 500% , глинистых грунтов текучей консистенции, рекомендуются следующие ступени нагрузок: 0,0025; 0,005; 0,01; 0,025; 0,05; 0,10; 0,20 МПа (или 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 кгс/см^2) и далее до заданной максимальной нагрузки с указанным шагом. Для сапропелей и торфов с влажностью меньше 500%,глинистых грунтов пластичной консистенции, рекомендуются следующие ступени нагрузок: 0,01; 0,025; 0,05; 0,10; 0,20 МПа (или 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 кгс/см^2) и далее с указанным шагом до заданной максимальной нагрузки. В зависимости от состояния грунта количество ступеней может быть по заданию сокращено. В зависимости от условий работы грунта в системе «сооружение-грунт» в задании оговаривается специальный режим нагружения.

Каждую ступень следует выдерживать до условной стабилизации деформации образца, которая не должна превышать 0,01 мм ***за 24 часа для органо-минеральных и органических грунтов.*** При больших осадках образца, приводящих к сильному опусканию рычага пресса, следует выравнивать рычажную систему после завершения осадки от каждой ступени нагрузки, затем брать новый нулевой отсчёт по индикаторам, после чего прикладывать следующую ступень нагрузки. По окончании деформации образца под последней ступенью нагрузки следует удалить воду и снять нагрузку.

Испытание на консолидацию также совмещают с компрессионными испытаниями. Отсчёты деформации во времени параллельно испытываемых идентичных образцов снимают при уплотнении *под расчётной ступенью нагрузки.* При уплотнении под другими ступенями деформации фиксируются в момент их приложения и в конце рабочего дня, далее в начале и в конце рабочего дня до условной стабилизации деформации. При использовании автоматизированных комплексов фикисруются все отсчеты при всех нагрузках. Если схема консолидационных опытов не оговорена в задании на испытания, то на каждой

ступени нагружения образца грунта следует снимать отсчёты в следующей последовательности: первый отсчёт – сразу после приложения первой ступени, затем через 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10; 20; 30 минут и далее с интервалом 1 час в течение первого рабочего дня; затем в начале и в конце рабочего дня до условной стабилизации деформации грунта. *Испытание проводят по открытой или закрытой схеме в зависимости от задания.*

Испытание на консолидацию проводят на идентичных образцах с одинаковыми или с разными условиями дренирования только под «расчётной» нагрузкой.

По схеме «одной кривой» называется испытание, если для определения консолидационных параметров грунтов достаточно создание одинаковых условий в параллельных опытах**. *По схеме «двух кривых»*** испытание проводится при разных условиях опыта (путь фильтрации или высота образца). В первом случае в результате каждого испытания получается одна консолидационная кривуя, во втором – две.

Методика проведения консолидационных испытаний по схеме «двух кривых». При испытаниях на серийно выпускаемых приборах с высотой рабочего кольца 2,5 см и площадью 60 см^2 опыт проводится на двух идентичных образцах с ненарушенной структурой или на одинаковых по плотности и влажности, но с разными условиями дренирования (фильтрации) отжимаемой при уплотнении поровой воды: одностороннее и двухстороннее. Путь фильтрации воды при односторонней фильтрации считается равным высоте образца ($h_ф = h_{обр}$), а при двухсторонней фильтрации равным половине высоты образца ($h_ф = \frac{h_{обр}}{2}$).

Испытания рекомендуется проводить в специальных одометрах с различной высотой рабочего кольца (к примеру, h_1 =3,75 см, h_2 =2,5 см) при соблюдении требуемого соотношения высоты кольца к его диаметру. В последнем случае идентичные образцы испытываются с одинаковыми условиями фильтрации.

В задании может быть предусмотрено проведение консолидационных испытаний***в полном или в сокращённом объёме.***

При выполнении полного объёма испытаний должны быть испытаны три пары идентичных образцов, каждая из которых с разными путями фильтрации воды уплотняется под одной из трёх нагрузок. При назначении нагрузок следует исходить из расчётной нагрузки на расчётный слой (она должна быть средней). *Минимальная нагрузка не должна быть меньше структурной прочности грунта на сжатие.* Максимальная нагрузка не должна вызывать выдавливание грунта в зазоры прибора и принимается по результатам расчета устойчивости данного слоя.

При выполнении сокращённого объёма испытаний должна быть испытана пара идентичных образцов с разными путями фильтрации воды и уплотнённых под расчётной нагрузкой. В каждой серии компрессионных и консолидационныхиспытанийпри сокращённом объёме необходимо предусмотреть *параллельные опыты*. *При полном объеме параллельные опыты при хорошей сходимости результатов можно не делать.*

За нормативное значение характеристики деформируемости принимается среднее из параллельных испытаний или выполненных по одной схеме при условии, что расхождение между ними не выходит за допустимые пределы.

За допустимые пределы расхождений в результатах указанных испытаний

идентичных образцов грунта(и при прочих равных условиях) следует считать:

1. ***расхождение в величинах относительной деформации*** двух идентичных образцов, соответствующих той или иной ступени нагрузки,не превышающее 10% от конечного значения;

2. ***расхождение во времени достижения относительной деформации*** идентичных образцов при одинаковых условиях испытания, не превышающее 5% до 100 минут прохождения опыта и 10% – более 100 минут.

В случаях превышения указанных допусков в результатах сравниваемыхиспытаний идентичных образцов их следует повторить.

В случаях, когда консолидационные кривые идентичных образцов с разными условиями фильтрации или уплотнённых под разными ступенями нагрузок *пересекаются,* испытания так же следует повторить.

Для сокращения времени испытания опыт может быть закончен, когда экспериментальные точки кривой $\varepsilon = f(\lg t)$, построенные в полулогарифмической зависимости, укладываются на прямую. Далее указанную прямую экстраполируют до тех пор, пока интенсивность деформации не будет менее 0,01 мм/сут. Осадку, соответствующую моменту достижения этой интенсивности, принимают за конечную. Время достижения интенсивности 0,02 мм/сут может быть определено не только графическим путем, но и рассчитано по формуле

$$t = \frac{0{,}43 \cdot m \cdot h_0}{0{,}01};$$

где 0,43 – коэффициент перехода от десятичного логарифма к натуральному; m – консолидационный параметр; h_0 – начальная высота образца; 0,01 – заданная интенсивность осадки.

По заданию может быть предусмотрено проведение консолидационно-компрессионных испытаний ***с контролем изменения веса образца после уплотнения под каждой ступенью нагрузки.*** С этой целью после достижения условий стабилизации деформации образца под очередной ступенью нагрузки прибор следует разгрузить, образец грунта с кольцом взвесить, снова установить в одометр. Для продолжения испытания к образцу прикладывается та же ступень нагрузки, *под которой он уплотнялся, и выдерживается до достижения условной стабилизации деформации*. Записываются показания измерительных устройств, которые принимаются за начальные значения. Затем к образцу прикладывается следующая ступень нагрузки и выдерживается до достижения условной стабилизации деформации. Операции, повторяются до максимально заданной ступени нагрузки, то есть до завершения опыта.

По изменению веса влажного образца после каждой ступени нагрузки и с учётом веса сухого образца после окончания опыта рассчитываются изменения влажности грунта (w_i) в процессе всего испытания. В результате компрессионных испытаний строятся графики $\varepsilon_i = f(P_i)$ и $w_i = f(P_i)$ (рис. 29.1).

Необходимо отметить, что опыт работы с торфами показал, что влажность является весьма неточным параметром, так как при разгрузке прибора торф, особенно сфагновый, тут же впитывает значительное количество влаги.

Обработка результатов. Для определения компрессионных характеристик испытываемого грунта по результатам определения деформации под каждой ступенью нагружения вычисляют:

– *абсолютную вертикальуюстабилизированную деформацию образца грунта* Δh_i (мм) как среднее арифметическое показаний двух измерительных приборов за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибора (по тарировочной кривой);

– *относительную вертикальную деформацию образца* грунта по формуле $\varepsilon_i = \dfrac{\Delta h_{pi}}{h_0}$, где h_0 – высота образца до опыта.

По вычисленным значениям ε_{pi} строят график зависимости $\varepsilon_i=f(P_i)$. Через экспериментальные точки проводят осреднённую плавную кривую.

Величина модуля осадки (E_s) рассчитывается по формуле:

$E_s=\varepsilon_i \cdot 1000$, мм/м.

При определении коэффициента пористости (e_i) следует оценивать ***«активную» пористость*** грунта такжепо формуле;

$$e_i = \frac{\Delta h_i}{h_0}(1+e_0) \ ,$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости, рассчитываемый по формуле

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho}(1+0{,}01 \cdot w_0) - 1 \ ,$$

где ρ_s – плотность частиц грунта; ρ – плотность грунта; w_0 – начальная влажность грунта.

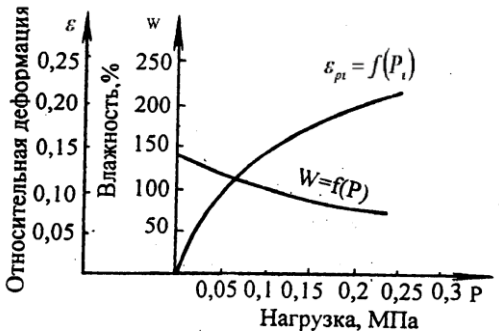


Рис. 29.1. Зависимость относительной деформации и влажности грунта от нагрузки

Величина «активной» пористости через коэффициент пористости может быть рассчитана через начальную и конечную влажность так же по известной формуле [23].

30. Определение показателей деформационных свойств методом релаксации напряжений (МРН) согласно СТО 60284311-003-2012. Грунты. Метод компрессионных испытаний грунтов в режиме релаксации напряжений

Общие сведения. Согласно СТО 60284311 предлагаемый способ компрессионных испытаний грунтов основан на ступенчатом принудительном деформировании грунта до заданной ступени деформирования с последующим падением (релаксацией) напряжения. При такой траектории (режиме) нагружения процесс фильтрационной консолидации и стабилизация напряженно деформированного состояния образца грунта наступают значительно быстрее, чем при традиционных испытаниях. Основой для разработки данного метода послужили работы С.С. Вялова, М.Ю. Абелева, З.Г. Тер-Мартиросяна, Н.Х. Кятова, В.Ф. Сидорчука, К.В. Руппенейта, Е.Ю. Шехтера и других. Данный метод был опробован на различных видах грунтов. Сопоставительные испытания со стандартным методом проводились в НИИОСП им. Н.М.Герсеванова, МГУ им. М.В. Ломоносова, КраснодарТИСИЗе и других организациях России, где показали высокую достоверность получаемых результатов. Дополнительная деформация образца в процессе релаксации напряжений, вызванная упругими свойствами нагрузочно-измерительной системы, может увеличить продолжительность испытания. Для большего ускорения процесса испытаний стандартом также предусмотрена возможность контролируемого сброса нагрузки в процессе релаксации напряжений. Метод релаксации напряжений рекомендуется использовать в практике изыскательских организаций страны. Это позволит значительно сократить сроки проведения инженерно-геологических изысканий и существенно повысить их конкурентоспособность.

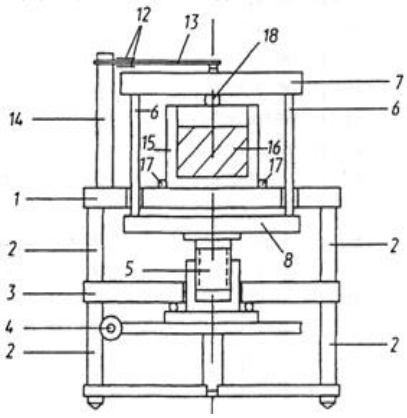
Оборудование: АКР-2 выполнен в автономном настольном варианте, мало чувствителен к динамическим воздействиям и наклону поверхности в местах установки прибора. Прибор прост в обращении, сами испытания осуществляются без участия экспериментатора, по окончании опыта на принтер выдаются его результаты, оформленные в табличной и графической форме. Программа обеспечивает слежение за процессом эксперимента, оформление результатов в табличной и графической форме, а также сохранение полученной информации в базе данных.

В состав установки для испытания грунта в условиях компрессионного сжатия по методу релаксации напряжений должны входить одометр, состоящий из рабочего кольца цилиндрической обоймы, перфорированных вкладыша под рабочее кольцо и штампа (пористых пластин) и поддона с емкостью для воды; механизм для вертикального деформирования образца грунта; устройства для измерения вертикальной нагрузки и деформации образца.

Конструкция релаксометра должна обеспечивать: подачу воды к образцу снизу и ее отвод; герметичность деталей прибора; центрированную передачу нагрузки на штамп; ринудительное деформирование (изменение высоты) образца на каждой ступени нагружения; измерение вертикальной нагрузки (давления) с погрешностью не более ±0,001 МПа; измерение вертикальной деформации с погрешностью не более ±0,01мм; возможность сброса вертикальной нагрузки на этапе релаксации напряжений; первоначальную нагрузку на образец, создаваемую весом штампа и закрепленными на нем измерительными приборами, не более 0,0025 МПа, свободный отток отжимаемой воды из образца через пористые штампы.

Жесткость нагрузочно-измерительной системы определяет продолжительность процесса релаксации – чем выше жесткость, тем быстрее проходит испытание. Однако при выборе конструкции нагрузочно-измерительного устройства должны соблюдаться требования по точности измерений. Рекомендуемое значение коэффициента жесткости нагрузочно-измерительной системы не менее $4 \cdot 10^7$ Н/м.

Установка содержит упорную конструкцию, включающую несущую плиту (1), соединенную с помощью опорных стоек (2) и болтовых соединений (на схеме не показаны) с основанием (3), на котором смонтирован механизм осевого нагружения образца грунта. Этот механизм включает червячный редуктор (4), приводящийся в движения реверсным двигателем (на схеме не показан), и винтовой домкрат (5), верхний торец которого жестко связан с силоизмерительной конструкцией. Последняя, выполнена в виде рамы, образованная двумя продольными тягами (6) и двумя поперечными балками: верхней (динамометрической) (7) и нижней (8). Поперечное сечение балки (7) по оси симметрии установки выполнено в форме горизонтального двутаврового профиля, на рабочих полках которого размещены тензометрические датчики измерения усилий (9), а на стенке – опорная часть для восприятия усилий, выполненная в виде сферического элемента (10), соединенного с переходным элементом (11). Устройство снабжено также датчиком измерения задаваемых перемещений, состоящего из тензосопротивлений (12), чувствительного элемента (13) и реперной стойки (14), установленной на несущей плите (1). Чувствительный элемент (13) установлен с возможностью взаимодействия с переходным элементом (11). Одометр (15) с помещенной в него пробой грунта (16) монтируется на несущей плите (1) соосно с силоизмерительной рамой с помощью фиксирующих упоров (17) и шаровой опоры (18).



Условные обозначения:
1 – несущая плита; 2 – опорные стойки; 3 – основание; 4 – червячный редуктор; 5 – винтовой домкрат; 6 – продольные тяги; 7 – верхняя поперечная балка (динамометрическая); 8 – нижняя поперечная балка; 9 – тензомертирические датчики измерения усилия; 10 – опорная часть для восприятия усилия; 11 – переходной элемент; 12 – датчик тензосопротивлений; 13 – чувствительный элемент; 14 – реперная стойка; 15 – одометр; 16 – проба грунта; 17 – фиксирующие упоры; 18 – шаровые опоры.

Рис. 30.1. Автоматический компрессионный релаксометр АКР-2 [36]

Релаксометры тарируют на сжатие заданными нагрузками в соответствии с требованиями ГОСТ 12248. Перед началом работы эксплуатации устройство необходимо провести тарирования тензодатчиков (9 и 12). Кроме того для определения собственной жесткости всех упорных конструкций в место образца грунта в одометр (15) устанавливается практически несжимаемая стальная болванка с фильтрами и осуществляют её нагружения ступенчато-возрастающими давлениями, по результатам которого строится график зависимости собственной деформации от нагрузки, данные которой используются при обработке материалов испытаний образцов грунта в виде отрицательных поправок, а также для назначения условного критерия стабилизации релаксируемых давлений во времени.

Максимальное давление при тарировке принимают в зависимости от конструкции прибора и предельных нагрузок при испытаниях, но не менее 1,0 МПа, нагружение производят ступенями давления – 0,05 МПа на первых двух ступенях и далее ступенями 0,1 МПа с выдержкой по 2 мин

Ход работы. Перед началом работы путем включения обратного вращения электродвигателя червячного редуктора (4) силоизмерительная рама (6–8) поднимается в крайнее верхнее положение. Одометр (15) с помещенной в него пробой (16) устанавливают на несущую плиту (1) между фиксаторами (17) и размещают на поршне одометра сферическую опору (18). При этом самопроизвольно обеспечивается соосность одометра (15) и силоизмерительной рамы (6–8). Включением прямого вращения электродвигателя червячного редуктора устанавливают момент касания динамометрической балке (7) к сферической опоре (18) путем достижения незначительного начального давления, например 0,005 МПа, которое принимается за начало отчета не только для давлений, но и для деформации образца грунта.

Дальнейшее нагружение пробы осуществляется ступенчато-возрастающими деформациями, значения которых устанавливаются и корректируются в ходе эксперимента, сообразуясь с условиями:

- общее количество экспериментальных точек на всем интервале давлений было, например не менее пяти штук;
- расположение опытных точек на графике зависимости деформаций от нагрузки было приблизительно равным.

Каждая ступень нагружения фиксированная ступнями деформации выдерживается до условной стабилизации релаксируемых давлений во времени (МПа/мин). Значение которого зависит от вида грунта и жесткости упорной конструкции. В том числе и наиболее деформируемой балке (7). Чем выше жесткость упорных конструкций, тем больше значения условного критерия стабилизации и тем быстрее проходит эксперимент.

Предполагаемое выполнение верхней (динамометрической) балки (7) концентрирует полезный сигнал в местах установки тензодатчиков (9). Устройство же опорной части на стенки двутавра способствует линейному распределению внутренних напряжений в балке (7) по оси симметрии устройство при максимально допустимом давлении, на образец грунта равная 1,0 МПа, составляет 0,057 мм.

Для сравнения – собственная деформация пружинного динамометра ДОСМ-3-1 грузоподъемность 10 кН составляет при такой же нагрузки величину равную 0,734 мм, т.е. в 12,9 раз больше, чем у АКР-2, что в такой же мере ускоряет и время достижения условного критерия стабилизации.

При испытании песчаных грунтов ступени деформирования – n_i принимают в зависимости от коэффициента пористости – *e* по табл. 30.1, при испытании глинистых грунтов четвертичных отложений – по табл.30.2, при испытании глинистых грунтов коренных отложений – по таблице 30.3.

Таблица 30.1. Рекомендуемые значения ступеней деформирования для песчаных грунтов, n_i, мм

Наименование песчаного грунта	Коэффициент пористости, *e*, ед.			
	0,45	0,55	0,65	0,75
Пески гравелистые, крупные, средней крупности,мелкие	0,10	0,15	0,15	0,20
Пески пылеватые	0,15	0,20	0,30	0,35

Таблица 30.2. Рекомендуемые значения ступеней деформирования для глинистых грунтов четвертичных отложений, n_i, мм

Грунты	коэффициент пористости, *e*, ед.							
	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	0,10	0,20	0,25	0,40	0,60	1,0	–	–
Суглинки	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,80	1,0
Глины	–	–	0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,70

Таблица 30.3. Рекомендуемые значения ступеней деформирования для глинистых грунтов коренных отложений, n_i, мм

Пределы нормативных значений показателей текучести	Коэффициент пористости, *e*, ед.						
	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4
$-0{,}25 \le I_L \le 0$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10
$0 \le I_L \le 0{,}75$	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45

Значения ступеней деформирования – n_i даны для образцов высотой 20 мм. При иной высоте образцов значения ступеней деформирования могут быть соответственно пересчитаны при сохранении значений относительной деформации.

Программой исследований могут быть обоснованы иные ступени деформирования n_i исходя из особенностей деформируемости грунта, условий отсыпки и условий возведения сооружения.

Для промежуточных значений коэффициента пористости ступень деформирования выбирается по ближайшему значению *e* указанному в таблице.

После деформирования образца заданной ступенью в процессе релаксации напряжений фиксируют отсчеты по устройствам для измерения напряжений и вертикальной деформации в следующей последовательности: первый отсчет – сразу после достижения заданного перемещения, затем через 1, 2, 5; 10, 20 мин и далее с удвоением интервала времени до стабилизации напряжений. При этом после каждого снятия отсчета рассчитывается скорость изменения напряжения *v*.

С приближением к условной стабилизации для ускорения фиксации момента стабилизации напряжений интервалы снятия отсчетов могут быть уменьшены.

Завершением этапа релаксации является снижение скорости изменения напряжений до значений, указанных в табл. 30.4. Скорость условной стабилизации напряжений для различных видов грунтов – v_s.

Таблица 30.4. Скорость условной стабилизации напряжений для различных грунтов

Грунты	Скорость условной стабилизации напряжений, v_s МПа/мин
Пески	0,07
Глинистые грунты:	
супеси	0,002
суглинки с I_p < 12 %	0,001
суглинки с $I_p \ge 12$ %	0,0005
глины с I_p < 22 %	0,0005
глины с $I_p \ge 22$ %	0,0003

Для своевременного фиксирования момента стабилизации напряжений с приближением рассчитанной скорости изменения напряжения к скорости условной стабилизации интервалы снятия отсчетов могут быть уменьшены до 5 минут. Далее производят деформирование испытываемого образца поочередно следующими ступенями до достижения необходимого значения стабилизированной нагрузки.

Для ускорения процесса уплотнения (сжатия) образца в процессе релаксации

допускается производить периодический сброс вертикальной нагрузки на половину величины изменения напряжения зафиксированного на предыдущем интервале снятия показаний. Окончанием уплотнения на данной ступени является достижение скорости условной стабилизации напряжения – v_s.

По специальному заданию для определения модуля деформации на ветви повторного нагружения может быть произведена разгрузка образца грунта, а затем повторное нагружение.

Разгрузку следует производить, снижая напряжения ступенями не более чем по четверти от достигнутого уровня давления.

Последняя ступень разгрузки и начало повторного нагружения определяются заданием.

Повторное нагружение также производится в режиме задаваемых перемещений. Размер ступеней перемещений при повторном нагружении составляет не более 1/4 части от величины деформации разуплотнения при разгрузке.

Регистрацию напряжения и деформации образца при разгрузке и повторном нагружении ведут через интервалы времени, указанные в таблице 4, а скорость условной стабилизации напряжения принимают такой же, что и для основного этапа нагружения.

Испытания просадочных грунтов по методу релаксации напряжений проводят по схеме «двух кривых» аналогично ГОСТ 23161 или по схеме «одной кривой» этого же стандарта, при этом дополнительное сжатие грунта в результате замачивания $\Delta h_{\text{пр}}$ при заданном давлении – $p_з$ определяют в соответствии с приложением Б.

После окончания испытания необходимо удалить воду сверху образца и из поддона, снять нагрузку, взвесить рабочее кольцо с грунтом, предварительно удалив фильтры, определить влажность и массу сухого грунта.

Допускается взвешивание рабочего кольца с грунтом, не удаляя фильтры при условии, если до начала испытания рабочее кольцо с грунтом будет взвешиваться с вложенными фильтрами [31].

Обработка данных соответствует требованиям ГОСТ 12248.

31. Определение показателей набухания в компрессионном приборе по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Общие сведения. Набухание под нагрузкой определяют испытанием партии идентичных образцов, вырезаемых из одного монолита грунта, путем обжатия их давлением и последующего водонасыщения. Характеристики набухания определяют по результатам испытаний образцов в компрессионных приборах при насыщении грунта водой или химическим раствором. Диапазон давлений, при которых проводят испытания на набухание под нагрузкой, определяется в программе испытаний с учетом передаваемых на основание нагрузок и давления набухания грунта. Испытания проводят для определения показателей, характеризующих изменение объема глинистых грунтов при водонасыщении. Определяют следующие характеристики: набухание под нагрузкой ε_{sw}, давление набухания p_{sw}, влажность грунта после набухания w_{sw}.

Для испытаний используют образцы ненарушенного сложения с природной влажностью или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образцы грунта природного сложения набухания под нагрузкой и усадки следует вырезать из одного монолита грунта. Не допускается использовать для испытаний глинистые грунты, содержащие крупнообломочные включения размерами зерен более 5 мм.

Образцы при испытании на набухание следует заливать грунтовой водой, взятой с места отбора грунта, водной вытяжкой или водой питьевого качества. В случаях, определяемых программой исследований, допускается применение дистиллированной воды и искусственно приготовленных растворов заданного химического состава. Испытание для определения характеристик набухания проводят до прекращения поглощения образцом грунта воды (или раствора).

Оборудование и приборы. Для определения набухания грунта под нагрузкой используют компрессионные приборы.

Подготовка к испытанию. При определении свободного набухания часть образца с помощью вкладыша – шаблона выдавливают из рабочего кольца и срезают ножом так, чтобы высота оставшегося образца была не менее 10 мм. Образец грунта в рабочем кольце покрывают с двух сторон фильтрами и помещают в компрессионный прибор. Затем проводят следующие операции:

– регулируют механизм нагружения образца в компрессионном приборе;

– устанавливают устройства для измерения вертикальных деформаций образцов;

– записывают начальные показания устройств.

Характеристики набухания глинистого грунта нарушенного сложения следует определять на образцах с заданными значениями плотности и влажности.

Проведение испытания. Для определения зависимости набухания грунтов от нагрузки и давления набухания испытывают партию образцов, передавая на них различные давления по следующей программе. На первом компрессионном приборе давление должно быть около 0,0025 МПа, что соответствует давлению от штампа и смонтированного на нем измерительного оборудования, на втором – 0,025 МПа, на третьем – 0,05 МПа, на четвертом – 0,1 МПа. На последующих приборах давление повышают на 0,1–0,2 МПа до необходимых пределов). После нагружения образцов грунта в компрессионных приборах их выдерживают до условной стабилизации деформаций, после чего образцы замачивают, залив жидкость в поддон. Давление

набухания допускается определять, измеряя возникающее усилие набухания замоченного образца *путем компенсации деформаций набухания ("компенсационный метод").*

После замачивания образцов, как при свободном набухании, так и в компрессионных приборах регистрируют деформации через 5; 10; 30; 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций. В случае отсутствия набухания замачивание проводят в течение трех суток. *За начало набухания* принимают относительную деформацию ε, превышающую 0,001. *За критерий условной стабилизации* деформаций свободного набухания грунтов или деформаций набухания под нагрузкой при данной ступени давления в компрессионных приборах следует принимать деформацию **не более 0,01 мм за 16 ч.** После завершения набухания образца необходимо слить жидкость из прибора, кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить, провести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце и определить влажность.

Обработка результатов. По результатам испытаний грунта в компрессионных приборах вычисляют: абсолютную деформацию образца грунта Δh, мм, как разность среднеарифметических значений конечных n_i и начальных n_0 оказаний индикаторов деформаций за вычетом поправки на деформацию компрессионного прибора и фильтров при набухании Δ; относительную деформацию образца $\varepsilon = \Delta h / h$ с точностью 0,001, где *h*– начальная высота образца. По вычисленным значениям при испытании в компрессионных приборах строят график зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления $\varepsilon_{sw} = f(p)$. Точки графика, соответствующие различным давлениям, соединяют плавной кривой. Значение давления, соответствующее точке пересечения кривой с осью давления *p* или точке предполагаемого пересечения продолжения кривой графика $\varepsilon_{sw} = f(p)$ с осью давления, равно давлению набухания p_{sw} [4]. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

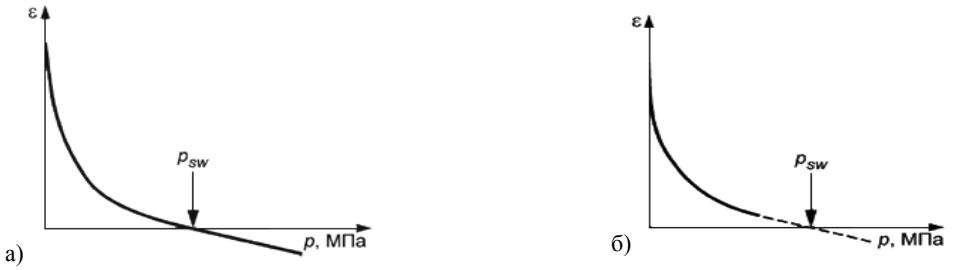


Рис. 31.1. график зависимости относительных деформаций набухания от вертикального давления p_{sw} а) установленное значение давления набухания; б) предполагаемое значение давления набухания

ЖУРНАЛ

результатов испытаний набухания под нагрузкой в компрессионном приборе

Номер образца _____

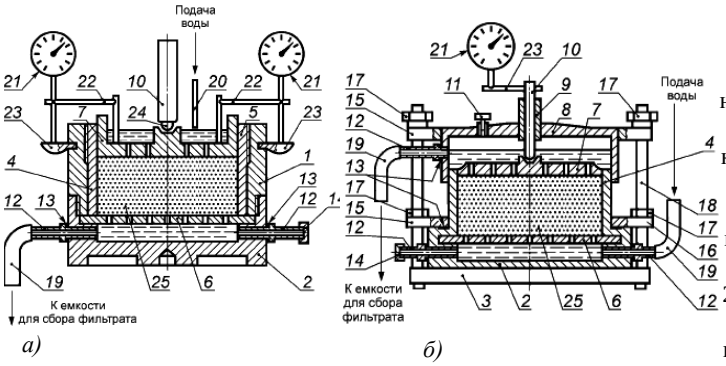
Дата испытания	Время t_i, ч	Давление на образец p_i, МПа	Показания индикаторов			Абсолютная деформация Δh_i, образца мм	Поправка на деформацию прибора Δ, мм	Абсолютная деформация с учетом Δ, $\Delta h_i - \Delta$, мм	Относительно е набухание образца ε	Примечание
			n_1	n_2	среднее					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

32. Определение показателей суффозионного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Общие сведения. Испытание грунта методом суффозионного сжатия в результате растворения и выноса солей при фильтрации воды проводят для определения следующих характеристик засоленных (содержащих легко- и среднерастворимые соли) песков (кроме гравелистых), супесей и суглинков: относительного суффозионного сжатия ε_{sf} и начального давления суффозионного сжатия p_{sf}.

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионно-фильтрационных приборах, исключающих возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой

Оборудование и приборы: компрессионно-фильтрационный прибор (рис. 32.1); механизм для вертикального нагружения образца грунта; устройства для измерения вертикальных деформаций образца грунта. Конструкция компрессионно-фильтрационного прибора должна обеспечивать: подачу воды к образцу грунта снизу (схема восходящего потока) или сверху (схема нисходящего потока); отвод воды, профильтровавшейся через образец грунта, и накопление ее в мерном сосуде; непрерывную на протяжении всего испытания фильтрацию воды, герметичность основных деталей прибора; первоначальную нагрузку на образец от штампа и закрепленных на нем измерительных приборов.



Условные обозначения:
1 – корпус; 2 – поддон корпуса; 3 – основание корпуса; 4 – рабочее кольцо; 5 – направляющее кольцо; 6 – перфорированный вкладыш; 7 – перфорированный штамп; 8 – крышка; 9 – втулка; 10 – шток; 11 – спускная пробка; 12 – штуцер; 13 – резиновая прокладка; 14 – заглушка; 15 – верхнее прижимное кольцо; 16 – нижнее прижимное кольцо; 17 – гайка; 18 – стойка; 19 – шланг; 20 – стеклянная трубка; 21 – индикатор; 22 – держатель индикатора; 23 – опорная пятка индикатора; 24 – шарик; 25 – образец грунта

Рис. 32.1. Схемы компрессионно-фильтрационных приборов: а) для испытаний по схеме нисходящего потока воды, б) для испытаний по схеме восходящего потока воды

Подготовка к испытанию. Дополнительно к физическим характеристикам должны быть определены: коэффициент фильтрации по ГОСТ 25584, количество легко- и среднерастворимых солей (степень засоленности) и их качественный состав (по результатам анализа водной и солянокислой вытяжек). По специальному заданию для засоленных глинистых грунтов определяют емкость поглощения и состав обменных катионов.

Проведение испытания. Испытания засоленных грунтов в компрессионно-фильтрационном приборе проводят по схемам:

– "одной кривой" (при испытании одного образца грунта) – для определения характеристик сжимаемости грунта природной влажности при различных давлениях, относительной просадочности и относительного суффозионного сжатия при одном заданном значении давления;

– "трех кривых" (при испытании трех образцов грунта) – для определения при различных давлениях характеристик сжимаемости грунта природной влажности, относительной просадочности и относительного суффозионного сжатия.

Компрессионно-фильтрационные испытания грунтов проводят ***по схеме нисходящего или восходящего потока фильтрующей жидкости, а также при любых значениях градиента напора*** I ***при условии отсутствия механической суффозии***.

При испытании по схеме "одной кривой" нагрузку на образец грунта природной влажности передают ступенями нагружения до заданного давления p аналогично компрессионному испытанию. После условной стабилизации деформации образца грунта при давлении p его необходимо замочить водой, продолжая замачивание до условной стабилизации просадки по ГОСТ 23161. После окончания просадочных деформаций или в случае их отсутствия следует начать непрерывную фильтрацию воды через образец (при заданном давлении p) до условной стабилизации суффозионного сжатия.

Испытание по схеме "трех кривых" проводят на трех образцах грунта ненарушенного сложения, отобранных из одного монолита и отличающихся по плотности сухого грунта не более чем на 0,05 г/см^3, или на трех образцах нарушенного сложения, имеющих одинаковые (заданные) степень засоленности и плотность сухого грунта.

Один образец испытывают при природной влажности. При этом нагрузку на образец грунта прикладывают ступенями нагружения до заданного давления p Второй образец надлежит перед нагружением замочить (без применения арретира) до полного водонасыщения и затем прикладывать нагрузку на образец ступенями до заданного давления.

После условной стабилизации сжатия водонасыщенного грунта необходимо начать непрерывную фильтрацию воды через образец (при неизменном заданном давлении p) до условной стабилизации суффозионного сжатия.

Третий образец следует замочить до полного водонасыщения (без передачи нагрузки на образец грунта и без применения арретира) и затем проводить выщелачивание солей (рассоление грунта) путем непрерывной фильтрации воды или жидкости заданного состава через образец. После условного рассоления грунта прикладывают нагрузку на образец ступенями до заданного давления p, поддерживая образец в водонасыщенном состоянии.

За критерий условного рассоления грунта при выщелачивании солей без нагрузки (при испытании по схеме "трех кривых") следует принимать значения степени выщелачивания солей β_t, приведенные в табл. 32.1 [4].

Таблица 32.1. Значения степени выщелачивания солей β_t

Содержание водорастворимых солей, %	Значения β_t в зависимости от вида грунта, не менее		
	Песок	Супесь	Суглинок
До 5	0,80	0,65	0,60
5–10	0,85	0,70	0,65
11–20	0,90	0,80	0,75
21–30	0,95	0,90	0,85
Св. 30	1,00	0,95	0,90

За критерий условной стабилизации суффозионного сжатия грунта при заданном давлении p принимают приращение относительной деформации $\Delta\varepsilon_{sf}$, не превышающее 0,001 при приращении степени выщелачивания солей $\Delta\beta_t$ = 0,1, а также при условии, что степень выщелачивания солей β_t составляет не менее 0,6.

После начала фильтрации воды через образец показания индикаторов деформаций регистрируют в первый час через 15 мин, далее через час (но не менее пяти раз) в течение рабочего дня, затем один раз в день при испытании грунтов, содержащих легкорастворимые соли, и один раз в два – три дня при испытании грунтов, содержащих среднерастворимые соли.

В процессе выщелачивания солей необходимо отбирать фильтраты для определения в них количества солей по массе плотного остатка: первый фильтрат – после сбора 50 мл жидкости, второй – через двое – трое суток, далее – один раз в неделю при испытании грунтов, содержащих легкорастворимые соли, и один раз в две недели – при испытании грунтов, содержащих среднерастворимые соли. После завершения испытания рабочее кольцо с влажным грунтом взвешивают, проводят контрольное измерение высоты образца грунта в кольце, определяют влажность грунта и массу сухого грунта, а также количественный и качественный состав солей.

Обработка результатов. По результатам опыта вычисляют на каждой ступени нагружения абсолютную вертикальную стабилизированную деформацию образца грунта Δh_i, мм, и относительную вертикальную деформацию образца $\varepsilon_i = \Delta h_i / h_{ng}$, где h_{ng} – высота образца при давлении, равном напряжению от собственного веса грунта на глубине отбора образца, и строят график зависимости относительных деформаций от вертикального давления $\varepsilon = f(p)$ (рис. 32.2 а).

В случае набухания засоленного грунта при испытании по схеме "трех кривых" необходимо определить свободное относительное набухание ε_{swo}, а точку, соответствующую ε_{swo}, включить в график $\varepsilon = f(p)$, откладывая ее на оси ординат вверх от оси абсцисс (рис. 32.2 б).

При испытании по схемам "одной кривой" и "трех кривых" определяют характеристики сжатия засоленного грунта и природной влажности.

При испытании по схеме "одной кривой" относительную просадочность засоленного грунта ε_{sl} определяют по ГОСТ 23161.

Относительное суффозионное сжатие грунта ε_{sf} при испытании по схеме "одной кривой" и при наличии просадочных деформаций определяют как дополнительное относительное сжатие образца грунта при заданном давлении и непрерывной фильтрации воды по формуле

$$\varepsilon_{sf} = \frac{\Delta h_{sf}}{h_{ng}} = \frac{h_{sat,p} - h_{sf,p}}{h_{ng}},$$

где Δh_{sf} – суффозионное сжатие грунта при постоянной фильтрации и заданном давлении (абсолютное суффозионное сжатие), мм; $h_{sat,p}$ – высота

образца замоченного грунта при заданном давлении, мм; $h_{sf,p}$ – высота образца после сжатия в условиях постоянной фильтрации жидкости при заданном давлении, мм.

Относительное суффозионное сжатие грунта ε_{sf} при испытании по схеме "одной кривой" и при отсутствии просадочных деформаций определяют по формуле

$$\varepsilon_{sf} = \frac{\Delta h_{sf}}{h_{ng}} = \frac{h_p - h_{sf,p}}{h_{ng}},$$

где h_p – высота образца природной влажности при заданном давлении, мм.

Относительную просадочность ε_{sl} для различных давлений при испытаниях по схеме "трех кривых" определяют как разность значений относительного сжатия образцов в водонасыщенном состоянии $\varepsilon_{sat,p}$ и при природной влажности ε_w или разность ординат соответствующих кривых графиков $\varepsilon = f(p)$.

Относительное суффозионное сжатие ε_{sf} для различных давлений при испытании по схеме "трех кривых" определяют как разность значений относительного сжатия образцов выщелоченного грунта и в водонасыщенном состоянии или разность ординат соответствующих кривых графика $\varepsilon = f(p)$. По значениям ε_{sf} строят график зависимости $\varepsilon_{sf} = f(p)$ (рис. 32.2 б).

Начальное давление суффозионного сжатия p_{sf} определяют по графику $\varepsilon_{sf} = f(p)$, принимая за p_{sf} давление, при котором относительное суффозионное сжатие равно 0,01 МПа.

Относительное суффозионное сжатие вычисляют с точностью 0,001 МПа, начальное давление суффозионного сжатия – с точностью 0,02 МПа.

В процессе компрессионно-фильтрационного испытания грунта при непрерывной фильтрации воды и заданном давлении p следует строить график зависимости относительного суффозионного сжатия ε_{sf} от степени выщелачивания солей β_t (рис. 32.2 в), определяемой по формуле

$$\beta_t = \frac{\sum_{i=1}^{k} \overline{X} V_w}{D_{sal} m_1}, \quad (32.1)$$

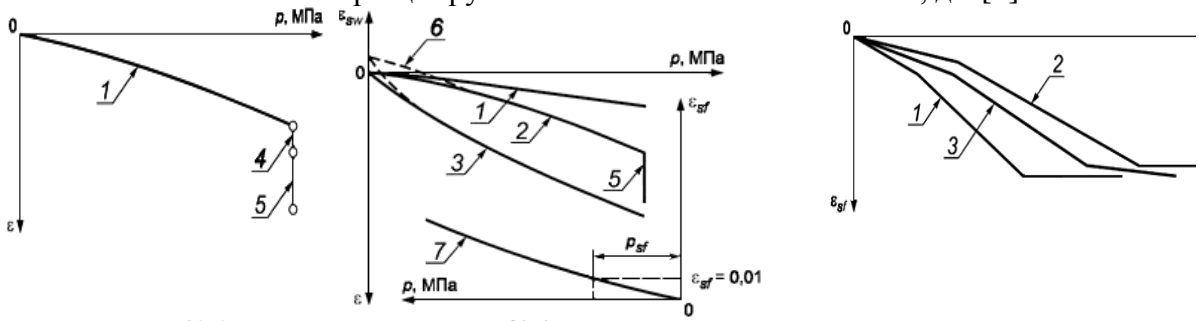
где k – число определений плотного остатка фильтрации за время испытаний; V_w – объем воды, профильтровавшейся через образец грунта за период между двумя последующими определениями плотного остатка, л; $\overline{X}$ – среднеарифметическое значение двух последующих определений плотного остатка фильтратов за вычетом плотного остатка фильтрующей жидкости, г/л; D_{sal} – степень засоленности грунта (принимают по результатам определений средней

степени засоленности монолита, из которого вырезают образец грунта), д.е.; m_1 – масса сухого образца грунта перед началом испытаний, г.

После окончания компрессионно-фильтрационного испытания, а также после выщелачивания солей без нагрузки и последующего загружения образца следует произвести корректировку графика $\varepsilon_{sf} = f(\beta_t)$, подставляя в формулу (32.1) вместо значения D_{sal} значение начальной степени засоленности образца грунта $D_{0,sal}$, определяемой по формуле

$$D_{0,sal} = 1 - \frac{m_2}{m_1}(1 - D_{1,sal}),$$

где m_2 – масса сухого образца грунта после окончания испытания, г; $D_{1,sal}$ – степень засоленности образца грунта после окончания испытания, д.е [4].



А) График 1 $\varepsilon = f(p)$ (по схеме "одной кривой")

График 2 $\varepsilon = f(p)$ (по схеме "трех кривых") : *1, 2, 3* – относительное сжатие ε грунта природной влажности в водонасыщенном состоянии и выщелоченного без нагрузки в зависимости от давления соответственно; *4* – относительное сжатие грунта в результате замачивания (относительная просадочность) при заданном давлении р; *5* – относительное суффозионное сжатие грунта при фильтрации воды и заданном давлении р; *6* – деформация грунта при набухании ε_{sw}; *7* – зависимость относительного суффозионного сжатия о ε_{sf} т давления (p_{sf}– начальное давление суффозионного сжатия)

График 3 $\varepsilon_{sf} = f(\beta_t)$: *1* – зависимость относительного суффозионного сжатия от степени выщелачивания солей, получаемая в процессе проведения испытания при $D > D_0$; 2 – то же при $D < D_0$; *3* – откорректированная зависимость

Рис. 32.2. Образец графического оформления результатов испытания засоленного грунта в компрессионно-фильтрационном приборе

ЖУРНАЛ

испытания засоленного грунта на суффозионное сжатие

Номер образца_____

Дата испытания	Температура испытания T,	Время снятия отсчета t_i, ч	Время от начала опыта t, ч	Номер ступени нагружения	Давление на образец грунта p_i, МПа	Показание индикаторов деформаций			Абсолютная деформация образца Δh_i, мм	Поправка на деформацию прибора Δ, мм	Абсолютная дефор-мация с учетом Δ, $\Delta h_i - \Delta$, мм	Относительное сжатие (набухание) образца ε	Объем профильтровавшейся воды V_w, л	Плотный остаток филь-трата X, г/л	Градиент напора I, МПа/см	Примечание
						n_1	n_2	среднее								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Обработка результатов испытания

Давление p_i, МПа	Абсолютная дефор-мация образца Δh	Относительная деформация ε	Относительная просадочность ε_{sl}	Относительное набухание ε_{sw}	Относительное суффозионное сжатие ε_{sf}	Начальное давление суффозионного сжатия p_{sf}, МПа	Приращение относительной суффозионной осадки $\Delta\varepsilon_{sf}$	Степень выщелачивания солей β_t, д.е.			Примечание
								В процессе опыта	Приращение степени выщелачивания $\Delta\beta_t$	Откорректированное значение β_t	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Физические характеристики грунта

Характеристика	Значение		Примечание
	до опыта	после опыта	
1	2	3	4

33. Определение показателей просадочности грунта по ГОСТ 23161. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности

Общие сведения. Характеристики просадочности следует определять по относительному сжатию, полученному по результатам испытаний образцов грунта ненарушенного сложения в компрессионных приборах без возможности бокового расширения образцов грунта.

Испытания проводят на образцах грунта ненарушенной структуры с природной влажностью и с замачиванием их водой при давлении, последовательно увеличиваемом ступенями.

Испытания просадочных грунтов в компрессионных приборах следует проводить по следующим схемам):

– "одной кривой" – для определения относительной просадочности ε_{sl} при одном заданном значении давления;

– "двух кривых" – для определения относительной просадочности ε_{sl} при различных давлениях, начального просадочного давления p_{sl} .

Допускается также для определения относительной просадочности ε_{sl} при различных значениях давления на грунт и начального просадочного давления p_{sl} испытания просадочных грунтов в компрессионных приборах проводить ускоренным методом по "комбинированной схеме".

Начальную просадочную влажность рекомендуется определять по схеме "четырех-пяти кривых" при наличии соответствующего требования технического задания.

Аппаратура. Для испытаний просадочных грунтов применяют компрессионные приборы, состоящие из следующих основных узлов и деталей: рабочего кольца с внутренним диаметром d = 70-90 мм и высотой h от 20 до 30 мм, при соотношении $d / h \geq 3$; цилиндрической обоймы; перфорированного штампа; - поддона с емкостью для воды и перфорированной крышкой; двух индикаторов с ценой деления шкалы 0,01 мм для измерений вертикальных деформаций образца грунта; механизма вертикальной нагрузки образца грунта. По специальному заданию могут применяться другие конструкции приборов, обеспечивающие моделирование процесса нагружения грунта и условий его работы в основании, составе инженерного сооружения или в качестве среды, его вмещающей. Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать: подачу воды к образцу снизу и отвод ее; центрированную передачу нагрузки на штамп (образец грунта); - возможность нагрузки на штамп ступенями давления от 10 до 50 кПа; постоянство каждой ступени давления; невозможность бокового расширения образца грунта; неподвижность рабочего кольца при испытаниях; измерение вертикальных деформаций образцов грунта с точностью до 0,01 мм; передачу нагрузки на штамп, обеспечивающую давление не ниже 1,0 МПа.

Подготовка к испытаниям. Компрессионные приборы необходимо тарировать не реже одного раза в год для учета их собственных упругих деформаций при определении деформаций образцов грунта. Для тарировки прибора в рабочее кольцо закладывают специальный металлический вкладыш с двумя бумажными фильтрами, смоченными водой, и прикладывают нагрузку ступенями

давления 50 кПа, выдерживая их по 2 мин, до максимального давления на вкладыш 1,0 МПа, измеряя по индикаторам упругие деформации прибора.

По результатам тарировки составляют таблицу значений упругих деформаций прибора, в миллиметрах, при различных давлениях.

Образцы грунта для испытаний следует отбирать из монолита рабочим кольцом компрессионного прибора методом режущего кольца по ГОСТ 5180 с учетом выполнения следующих требований:

- кольца компрессионных приборов должны быть правильной формы, очищены от коррозии, пыли и внутренние поверхности покрыты антифрикционной смазкой;
- подготовленные образцы грунта при испытании должны иметь по отношению к направлению нагрузки ориентировку, соответствующую залеганию грунта в массиве;
- верхняя и нижняя поверхности образцов грунта должны быть тщательно зачищены под уровень стенок рабочего кольца.

Подготовленный образец грунта в рабочем кольце следует сразу же взвесить с точностью 0,01 г и поместить в компрессионный прибор.

Для испытуемых образцов грунта необходимо определить физические характеристики: влажность, плотность, влажность на границах раскатывания и текучести, а также вычислить коэффициент пористости, плотность грунта в сухом состоянии, степень влажности, число пластичности и показатель текучести.

Рабочее кольцо с образцом грунта следует поместить на перфорированное дно поддона компрессионного прибора острым краем вверх (предварительно торцы образца покрыть бумажным фильтром) и затем провести сборку компрессионного прибора: завинтить соединительную муфту и установить перфорированный штамп. На штамп следует установить индикаторы и записать их начальные показания в журнале испытаний.

Проведение испытаний. При испытаниях ***по схеме "одной кривой"*** нагрузку штампа на образец грунта с природной влажностью следует прикладывать ступенями до заданного давления $p_з$. Значение $p_з$ следует принимать равным (с погрешностью ±10%) значению суммарного давления p_e от собственного веса грунта в водонасыщенном состоянии и от проектируемого фундамента или только от веса грунта p_e с учетом веса возможной планировочной насыпи, но не менее p_e +50 кПа (в зависимости от вида просадочных деформаций, для расчета которых определяются характеристики просадочности) на глубине отбора образца. После условной стабилизации осадки образца грунта на последней ступени давления, соответствующей $p_з$, образец грунта необходимо замочить водой, продолжая замачивание до условной стабилизации просадки.

Испытания ***по схеме "двух кривых"*** надлежит проводить на двух образцах грунта, отобранных из одного монолита. Один образец следует испытывать ***по схеме "одной кривой"***, второй образец необходимо до его нагрузки замочить (без применения арретира) до полного водонасыщения, начиная замачивание не менее чем за 3 ч до передачи первой ступени давления при испытаниях просадочных супесей и пылеватых песков и 6 ч - при испытаниях просадочных суглинков и глин. Затем следует провести нагружение штампа на образец ступенями до заданного давления $p_з$, продолжая замачивание. Значение $p_з$ в испытаниях по схеме "двух

кривых" следует принимать в интервале от 200 до 400 кПа с учетом предполагаемого суммарного давления в основании проектируемых фундаментов, но не менее значения давления от собственного веса грунта p_e с учетом веса возможной планировочной насыпи и не менее p_e +50 кПа.

Образцы грунта, испытуемые по схеме "двух кривых", не должны отличаться по плотности сухого **грунта более чем на 0,03 гс/см^3 и по влажности - на 2% (0,02 долей единицы).**

Ступени давления в испытаниях по обоим схемам следует принимать равными 50 кПа. В отдельных случаях, при испытаниях до заданного давления p_3 <150 кПа, ступени давления должны быть равны 25 кПа. Каждую ступень давления необходимо выдерживать до условной стабилизации осадки и просадки образца грунта. За критерий условной стабилизации осадки и просадки надлежит принимать приращение осадки и просадки образца, не превышающее **0,01 мм за 3 ч.**

После приложения каждой ступени давления или после замачивания образца грунта следует проводить отсчеты по индикаторам, регистрирующим осадки и просадки образца: **через 5; 10 и 30 мин от начала испытаний, затем через каждый час до конца рабочего дня, а в последующие дни - через каждые 3 ч до условной стабилизации осадки и просадки.**

Замачивание образцов грунта водой следует проводить **снизу вверх** в последовательности, определяемой схемой испытаний, **при неизменном градиенте напора, равном 1-1,1.** Воду необходимо заливать в поддон компрессионного прибора через отводную трубку с воронкой и затем поддерживать уровень воды в воронке по верхнему торцу грунта до окончания испытаний. Для замачивания образцов грунта надлежит использовать воду питьевого качества температурой 10 - 25 °С.

После окончания испытаний необходимо слить воду из прибора, быстро разгрузить образец грунта, извлечь рабочее кольцо с образцом, удалить капли воды с его поверхности при помощи фильтровальной бумаги, взвесить рабочее кольцо с образцом для определения плотности сухого грунта после испытаний и **отобрать две пробы для испытания на влажность.**

Обработка результатов испытаний. По результатам испытаний просадочного грунта в компрессионном приборе следует определять с соответствующими записями в журнале испытаний:

а) значения абсолютного сжатия (осадки и просадки) образца грунта Δh_i, мм, с точностью ±0,01 мм, вычисленные как среднеарифметические значения показаний индикаторов;

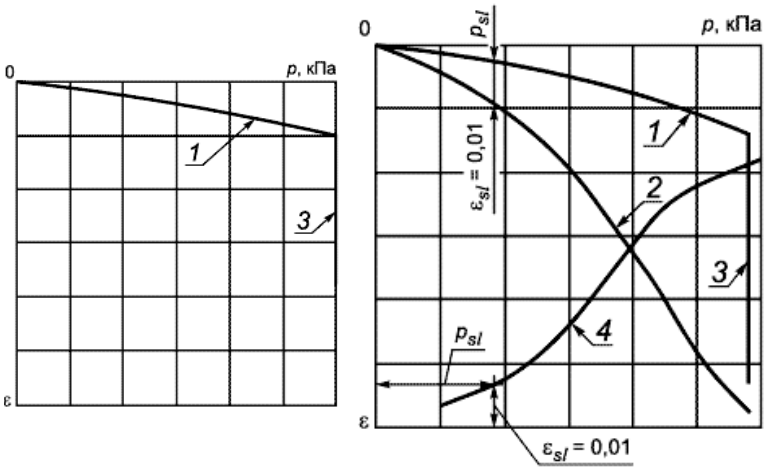
б) значения относительного сжатия образцов грунта ε_i с точностью 0,001 при соответствующих значениях давления p_i и условно стабилизированных осадках и просадках по формуле

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h_i - r}{h_0},$$

где r - поправка на упругую деформацию прибора при давлении p_i, определяемая по результатам тарировки, мм; h_0 - высота образца грунта с природной влажностью при природном давлении (на глубине отбора образца),

равная $h_0 = h_н - \Delta h_e$, где $h_н$ - начальная высота образца грунта (высота рабочего кольца), мм; Δh_e - абсолютное сжатие образца грунта с природной влажностью при природном давлении, мм.

По значениям относительного сжатия образцов ε_i следует строить график зависимости $\varepsilon = f(p)$ с отображением относительных осадок и просадок (рис. 33.1).



Условные обозначения:

1, 2 - относительное сжатие ε_e грунта с природной влажностью и в водонасыщенном состоянии ε_w в зависимости от давления; *3* - дополнительное относительное сжатие грунта в результате замачивания (относительная просадочность ε_{sl}) при заданном давлении p_3; *4* - зависимость относительной просадочности ε_{sl} от давления; p_{sl} - начальное просадочное давление

а) по схеме "одной кривой" б) по схеме "двух кривых"

Рисунок 33.1. Графики испытания просадочного грунта в компрессионном приборе *(м*асштаб графиков рекомендуется принимать: - для давления p (по горизонтали): 100 кПа - 20 мм; для относительного сжатия ε (по вертикали): 0,01 - 10 мм)

В случаях набухания образца грунта, замачиваемого до нагрузки (при испытаниях по схеме "двух кривых"), необходимо определять свободное относительное набухание ε_{sw} по ГОСТ 12248 как отношение увеличения высоты образца к высоте образца с природной влажностью при природном давлении; точку, соответствующую ε_{sw}, следует включать в график $\varepsilon = f(p)$, откладывая ее на оси ординат вверх от оси абсцисс.

Относительную просадочность грунта ε_{sl} при заданном давлении p_3 по испытаниям по схеме "одной кривой" следует определять как дополнительное относительное сжатие образца грунта в результате замачивания по формуле

$$\varepsilon_{sl} = \frac{\Delta h_{sl}}{h_0} = \frac{h' - h_{sat.p}}{h_0},$$

где Δh_{sl} - дополнительное сжатие (просадка) грунта в результате замачивания; h' - высота образца грунта с природной влажностью при заданном давлении; $h_{sat.p}$ - высота образца грунта после дополнительного сжатия (просадки) в результате замачивания.

Значения относительной просадочности ε_{sl} для различных давлений при испытаниях по схеме "двух кривых" надлежит определять как разность значений относительного сжатия образцов в водонасыщенном состоянии ε_w и природной влажности ε_e или разности ординат соответствующих кривых графика $\varepsilon = f(p)$. По значениям ε_{sl} следует строить график зависимости относительной просадочности от давления $\varepsilon_{sl} = f(p)$ (рис. 33.1, б). Начальное просадочное давление p_{sl} следует

определять по графику зависимости относительной просадочности от давления $\varepsilon_{sl} = f(p)$, принимая за величину p_{sl} давление, при котором относительная просадочность составляет 0,01.

Результаты определения относительной просадочности необходимо выражать с точностью 0,001, начального просадочного давления - с точностью 10 кПа и регистрировать в журнале испытаний с указанием наименования вида грунта и значений его физических характеристик [10].

ЖУРНАЛ

испытаний просадочного грунта в компрессионном приборе

		Объект	
Шурф (скважина) N			
		Сооружение	
		Глубина и дата отбора образца	
Наименование грунта			
Лабораторный номер испытания		Краткие сведения о компрессионном приборе	
Наименование организации		Пункт	
(номер, тип, механизм передачи нагрузки)			
Условия проведения испытаний (схема и пр.)			
Данные о рабочем кольце:			
масса m	; высота h	; внутренний	
диаметр d	; объем V	; передаточное	
число системы рычагов компрессионного прибора			
Дата испытаний:			
начало	окончание		

Таблица 33.1 - Физические характеристики грунта

Номер образца	Влажность, %			Число пластич-ности, %	Показатель текучести, д.ед	Плотности, г/см^3			Коэффициент пористости, д. ед	Степень влажности, д. ед.
	w_e	w_p	w_L	I_p	I_L	ρ_s	ρ	ρ_d	e	S_r

Таблица 33.2 - Результаты испытаний

Лабораторный номер испытания	Дата	Время	Вес груза на подвеске рычага, кН	Давление на образец, кПа	Поп равка на деформацию прибора, мм	Показания индикаторов			Абсолютное сжатие образца, мм	Относительное сжатие (набухание) образ ца	Сведения о замачивании образца	Примечание
						1...	1...	Среднее				

Исполнитель		
	(фамилия, имя, отчество, личная подпись)	
Журнал проверил "	"	.
(должность, фамилия, имя, отчество, личная подпись)		

Испытания просадочного грунта в компрессионном приборе ускоренной методикой по "комбинированной схеме". Испытания ускоренной методикой по "комбинированной схеме" допускается проводить для определения характеристик просадочности ε_{sl}, p_{sl}:

- супесей, суглинков с числом пластичности $I_p \leq$12-15, а также пылеватых и мелких песков, т.е. просадочных грунтов, не обладающих при небольших давлениях на грунт набухающими свойствами;

- при значении начального просадочного давления p_{sl} испытуемых грунтов, изменяющегося в пределах $p_{sl} = 50 \div 150$ кПа;

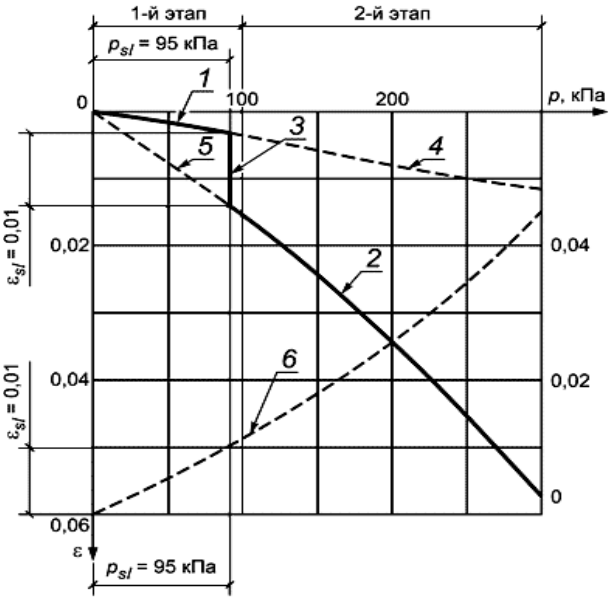
- при максимальном значении заданного давления $p_з \leq 3\, p_{sl}$.

Испытание просадочного грунта ускоренной методикой по "комбинированной схеме" следует проводить на одном образце грунта в два этапа. В начале испытывают грунт при его природной влажности путем нагружения его ступенями по 25-50 кПа **до давления p_e, близкого к значению начального просадочного давления p_{sl}, но не более $p \leq$100 кПа**. После этого замачивают образец грунта до полного водонасыщения в течение не менее 6 ч глинистого грунта и 3 ч супесей и песков. Затем при непрерывном замачивании продолжают нагружение образца грунта ступенями по 25-50 кПа до заданного (конечного) давления $p_з$ на грунт. Результаты испытаний заносят в журнал.

По результатам испытаний просадочного грунта в компрессионном приборе строят график зависимости сжатия образца грунта от давления на грунт $\varepsilon = f(p)$ (рис. 33.2), на котором:

- кривую сжатия грунта при природной влажности на первом этапе экстраполируют для второго этапа в пределах изменения давления от p_e до $p_з$;

- кривую сжатия грунта в водонасыщенном состоянии на втором этапе экстраполируют для первого этапа в пределах изменения давления от p_e до 0.



Условные обозначения:
1 и *2* - зависимости относительного сжатия грунта от давления при природной влажности и водонасыщенном состоянии соответственно; *3* - относительное сжатие в результате замачивания - относительная просадочность грунта ε_{sl} при p = 100 кПа; *4* и *5* - экстраполируемые кривые относительного сжатия грунта соответственно при природной влажности и водонасыщенном состоянии; *6* - кривая зависимости относительной просадочности ε_{sl} от давления на грунт p; p_{sl} - начальное просадочное давление, принимаемое при ε_{sl} = 0,01

Рис. 33.2. График испытания просадочного грунта ускоренным методом по "комбинированной схеме"

Обработку результатов испытаний проводят с построением в соответствии с рисунком 33.1, б графика зависимости относительной просадочности ε_{sl} от давления на грунт p $[\varepsilon = f(p)]$.

Испытания просадочного грунта в компрессионном приборе для определения начальной просадочной влажности. Испытания просадочного грунта для определения начальной просадочной влажности следует производить по схеме "четырех-пяти кривых", включающей испытания двух образцов по схеме "двух кривых" и испытания дополнительных двух-трех образцов по схеме "одной кривой", предварительно увлажненных до неполного водонасыщения идентичных образцов грунта до промежуточных значений влажности, разделяющих предел изменения влажности от природной до полного водонасыщения (0,9) примерно на равные интервалы.

Результаты испытаний по определению начальной просадочной влажности используют для определения относительной просадочности при неполном водонасыщении грунта.

Повышение влажности образцов грунтов до заданных промежуточных значений неполного водонасыщения проводят заливкой в него расчетного количества воды $Q_з$, см^3, определяемого по формуле

$$Q_з = \frac{\rho_d (w_з - w) V_к}{\rho_w},$$

где $w_з$ - заданное значение влажности грунта, доли единицы; w - природная влажность; ρ_w - плотность воды, принимаемая равной 1 г/см^3; ρ_d - плотность сухого грунта, г/см^3; $V_к$ - объем кольца компрессионного прибора, см^3.

После впитывания воды образец в рабочем кольце с целью выравнивания влажности по всему объему образца грунта помещают на 2-3 сут в эксикатор, затем образец взвешивают; определяют плотность сухого грунта ρ_d после увлажнения и уточняют полученное значение влажности по формуле

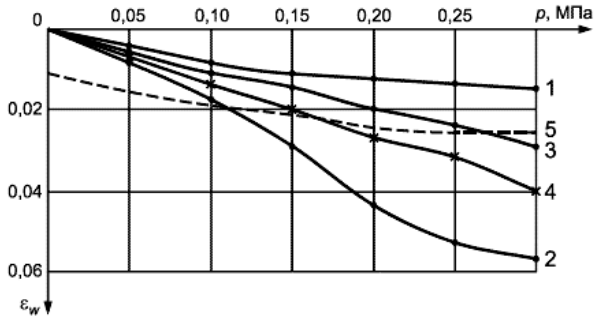
$$w_з = \frac{\rho_з - \rho_d}{\rho_d}, \qquad (33.1)$$

где $\rho_з$ - плотность грунта после увлажнения до $w_з$.

При повышении влажности грунта в рабочем кольце паром вначале образец подогревают в сушильном шкафу в течение 3-5 мин до температуры 40 °С - 50 °С, затем покрывают резиновой прокладкой, помещают на металлическую сетку над сосудом с кипящей водой и в течение 3-5 мин через него пропускают пар. После этого рабочее кольцо с грунтом помещают между двумя резиновыми прокладками и охлаждают под вентилятором, а затем взвешивают. В результате одного цикла пропаривания влажность грунта повышается обычно на 0,02-0,04. Полученную влажность рассчитывают по формуле (33.1). При недостаточном увлажнении циклы пропаривания повторяют до тех пор, пока не будет достигнута требуемая влажность грунта в образце. Допускается также доувлажнение образцов грунта до заданной влажности проводить по специальным методикам паром, капиллярным методом, насыщением в вакууме. Испытания образцов грунтов с заданной влажностью и обработку их результатов проводят в соответствии с вышеприведенными разделами.

Для определения начальной просадочной влажности w_{sl} грунтов по результатам компрессионных испытаний образцов с различной влажностью строят графики зависимости $\varepsilon_w - f(p)$ (рис. 33.3, а). На этом же графике проводят вспомогательную кривую (пунктирную линию), параллельную кривой относительного сжатия с природной влажностью, соответствующую относительной просадочности (разности абсцисс обеих кривых) ε_{sl} = 0,01. По точкам пересечения пунктирной кривой с кривыми относительного сжатия грунта при различной влажности определяют значения начальной просадочной влажности по каждому испытанному образцу.

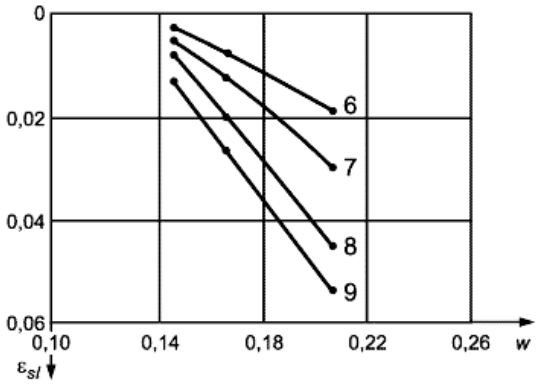
Полученные значения начальной влажности и соответствующих им давлений используют для построения графика зависимости начальной просадочной влажности от давления (рис. 33.3, б). Абсцисса точки этого графика, соответствующая минимальному давлению, при котором проявляются просадочные свойства (в состоянии полного водонасыщения), представляет собой начальное просадочное давление. По результатам испытаний определяют также значения относительной просадочности ε_{sl} при различной конечной влажности ω_3 как разности абсцисс кривых $\varepsilon_w = f(p)$ и кривой $\varepsilon = f(p)$ грунта с природной влажностью. По полученным данным строят графики зависимости относительной просадочности ε_{sl} от влажности при определенных давлениях (рис. 33.3, в). За критерий начальной просадочной влажности принимают при компрессионных испытаниях ε_{sl} = 0,01 [10].



Условные обозначения:
1, 2, 3, 4 - относительное сжатие грунта при природной влажности, полном водонасыщении и двух промежуточных значений влажности; 5 - вспомогательная кривая, соответствующая ε_{sl} = 0,01; *6, 7, 8, 9* - при давлениях 0,15; 0,2; 0,25; 0,3 МПа соответственно

а) Зависимость относительного сжатия грунта различной влажности от давления

б) График зависимости начальной просадочной влажности w_{sl} от давления p



в) График зависимости относительной просадочности от влажности

Рис. 33.3. График определения начальной просадочной влажности просадочного грунта [10]

34. Определение показателей прочностных свойств методом испытания на срез по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Сущность метода. Испытание грунта методом одноплоскостного среза проводят для определения следующих характеристик прочности: угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c для песков (кроме гравелистых и крупных), глинистых и органо-минеральных грунтов.

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза путем сдвига одной части образца относительно другой его части горизонтальной нагрузкой при предварительном нагружении образца нагрузкой, нормальной к плоскости среза. Для глинистых грунтов по специальному заданию может быть проведен срез образца по заранее сформированной поверхности – срез "плашка по плашке" для определения характеристик остаточной прочности грунта φ_r и c_r.

Не допускается испытывать грунты, выдавливаемые в процессе испытания в зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки. Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения частных значений φ и c необходимо провести не менее трех испытаний идентичных образцов при различных значениях нормального напряжения.

Испытания проводят по следующим схемам:

– ***консолидированно-дренированный (медленный) срез*** – для песков, глинистых и органо-минеральных грунтов независимо от их коэффициента водонасыщения для определения эффективных значений φ' и c';

– ***неконсолидированный быстрый срез*** – для водонасыщенных глинистых и органо-минеральных грунтов, имеющих показатель текучести $I_L \geq 0{,}5$, и просадочных грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние замачиванием без приложения нагрузки, для определения φ и c в нестабилизированном состоянии.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или в водонасыщенном состоянии или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности (в том числе при полном водонасыщении), или образцы, отобранные из массива искусственно уплотненных грунтов. При этом образцы просадочных грунтов испытывают в водонасыщенном состоянии, а набухающих – при природной влажности.

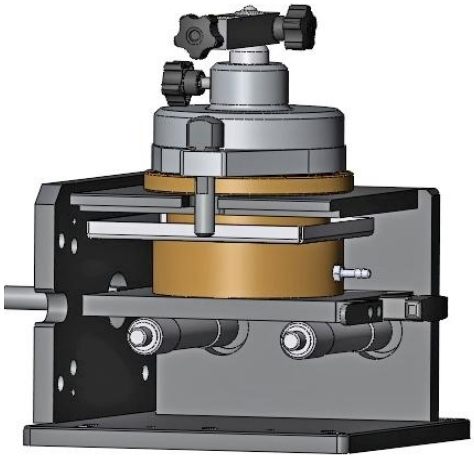
В необходимых случаях сопротивление срезу может определяться: для просадочного грунта при природной влажности или влажности на границе раскатывания, если последняя превышает природную; для засоленного – на образцах предварительно выщелоченного грунта после стабилизации суффозионной осадки при заданном нормальном давлении; для набухающих грунтов – в условиях полного водонасыщения после стабилизации свободного набухания или набухания (уплотнения) при заданном нормальном давлении; для насыпных грунтов – при их максимальной, требуемой или достигаемой плотности.

Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм и высотой от 1/3 до 1/2 диаметра. Максимальный размер фракции грунта (включений,

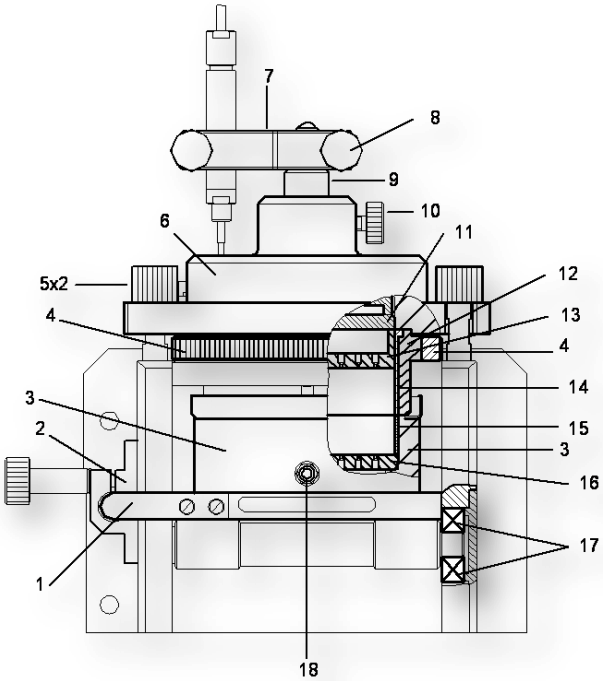
агрегатов) в образце должен быть не более 1/5 высоты образца.

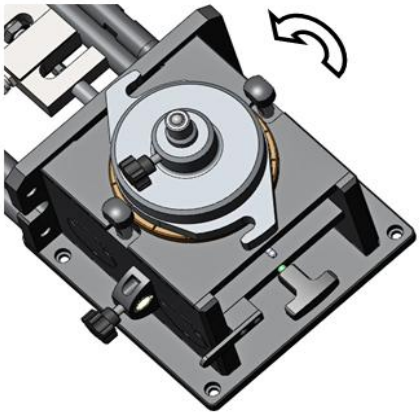
Оборудование и приборы. В состав установки для испытания грунта методом одноплоскостного среза (рис. 34.1) должны входить: срезная коробка, состоящая из подвижной и неподвижной частей и включающая в себя рабочее кольцо, жесткие сплошные и перфорированные штампы; механизм для вертикального нагружения образца; механизм создания горизонтальной срезающей нагрузки; устройства для измерения деформаций образца и прикладываемой нагрузки. Для испытания образца песчаных грунтов применяют срезную коробку с нижней подвижной частью.

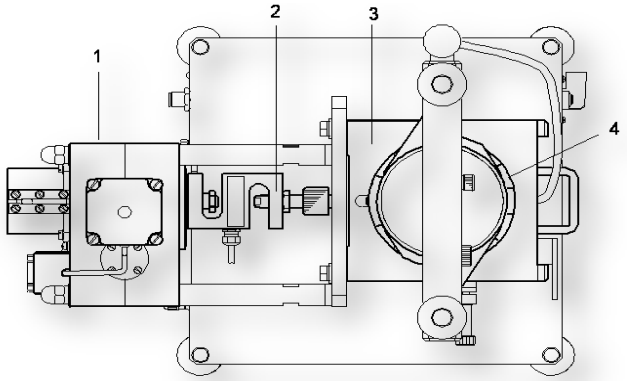
Срезная коробка – вид без боковой стенки корпуса



Условные обозначения: 1 – планка; 2 – хомут; 3 – каретка; 4 – гайка регулировочная; 5 – гайка; 6 – крышка; 7 –кронштейн; 8, 10 – винт; 9 – шток; 11 – поршень; 12 – кольцо; 13, 16 – вкладыш перфорированный; 14 – большое срезное кольцо; 15 – малое срезное кольцо; 17 – подшипник – 4 шт.; 18 – ниппель







Условные обозначения: 1–механизм создания касательной нагрузки; 2 – датчик силы; 3 – срезная коробка; 4 – кольцо;

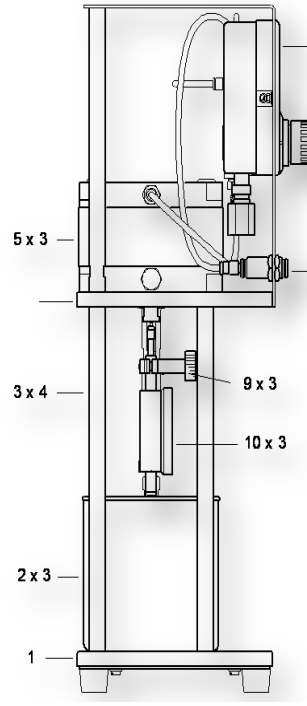
Рис. 34.1. Устройство одноплоскостного среза, производитель ООО «НПП Геотек» [34]

Конструкция срезного прибора должна обеспечивать первоначальное вертикальное давление на образец (от веса штампа и измерительных приборов на нем) не более 0,025 МПа. Кроме оборудования комплекса АСИС (рис. 34.1.) студенты познакомятся со сдвиговыми приборами полевой лаборатории Литвинова, ПСГ-2М, ППУ (рис. 34.2.) и др.

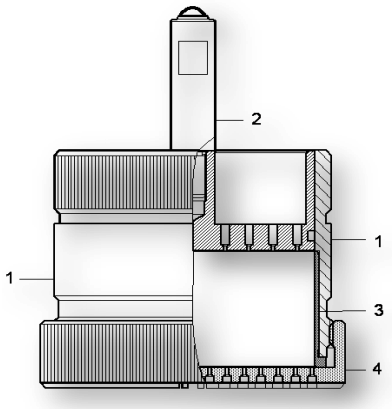
При тарировке срезной коробки в соответствии с паспортом на прибор устанавливают поправки на преодоление трения подвижной части срезной коробки.

При необходимости предварительного уплотнения образца могут применяться уплотнители, позволяющие проводить уплотнение при заданном давлении и сохранении природной или заданной влажности, а также в условиях полного водонасыщения.

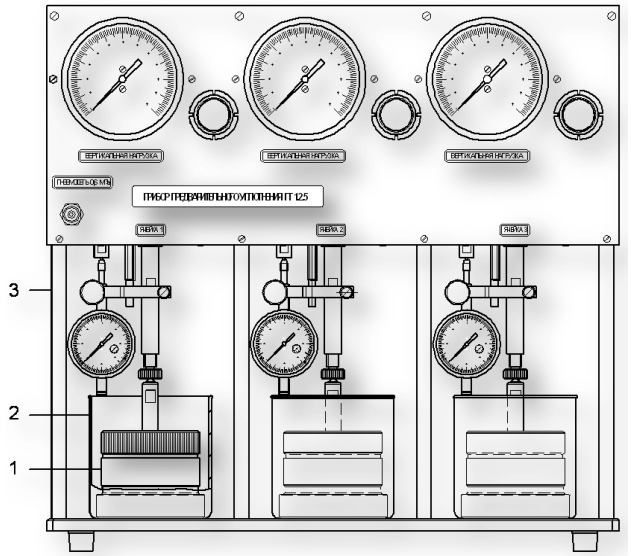
В состав уплотнителя должны входить следующие основные узлы: цилиндрическая обойма, в которую помещается рабочее кольцо с образцом; жесткий перфорированный штамп; механизм для вертикального нагружения образца; ванна для водонасыщения образца; гидроизолирующие элементы; устройство для измерения вертикальных деформаций образца (рис. 34.2).



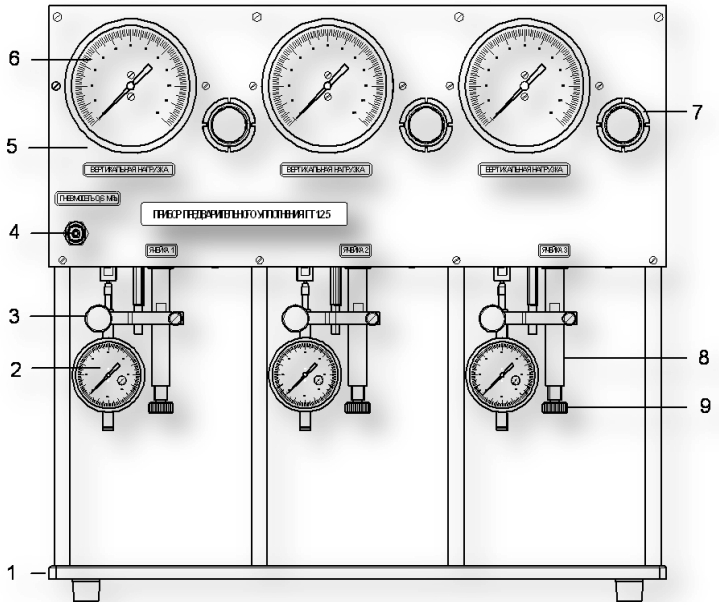
Вид сбоку



Одометр: 1 – кольцо, 2 – штамп, 3 – кольцо режущее, 4 –донце



Условные обозначения: 1 – одометр, 2 –емкость, 3 - рама



Условные обозначения: 1 – основание, 2 – индикатор часового типа, 3 – винт, 4 – штуцер, 5 – лицевая панель, 6 – индикатор вертикальной нагрузки, 6 – регулятор вертикальной нагрузки, 8 – шток, 9 – болт

Рис. 34.2. Прибор предварительного уплотнения, производитель ООО «НПП Геотек» [34]

Подготовка к испытанию. Изготовленный образец взвешивают и в зависимости от схемы испытания приступают или к его предварительному уплотнению

(консолидировано-дренированный срез), или сразу к испытанию на срез (неконсолидированный быстрый срез).

Для испытаний образца грунта в условиях полного водонасыщения необходимо предварительно замочить образец, заполнив ванну уплотнителя водой. Время насыщения образцов водой должно быть не менее:

для песков – 10 мин;

для глинистых грунтов, в том числе для просадочных: при I_p < 7 % – 3 ч, при I_p < 12 % – 6 ч, при I_p < 22 % – 12 ч и при $I_p \geq 22$ % и органоминеральных грунтов – 36 ч;

для набухающих грунтов – до достижения условной стабилизации деформации набухания – 0,1 мм за 24 ч.

По окончании водонасыщения регистрируют вертикальные деформации образцов.

Проведение консолидированно-дренированного (медленного) среза. Предварительное уплотнение образца производят при нормальных давлениях p, при которых определяют сопротивление срезу τ.

Значение максимального нормального давления p_{max} необходимо назначать в зависимости от предполагаемого напряженного состояния грунтового массива (с учетом передаваемых на основание нагрузок и бытового давления). Значения нормальных давлений p_{min} и p_i, при которых определяют сопротивление срезу τ, назначают как часть p_{max} (например, 0,25 p_{max}, 0,5 p_{max} и т. д.). При отсутствии указанных данных значения p допускается принимать по табл. 34.1.

Для водонасыщенных в природном залегании грунтов и грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние предварительным замачиванием, предварительное уплотнение образцов и испытание на срез проводят по следующей методике. Нормальное давление передают на образец грунта плавно и быстро в одну ступень. Отсчеты по приборам для измерения вертикальных деформаций снимают в следующей последовательности: первый отсчет – сразу после приложения нагрузки, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня. Указанное время проведения отсчетов может быть изменено для удобства построения кривой консолидации методом квадратного корня из времени.

Таблица 34.1. Значения нормального давление при предварительном уплотнении

Грунты	Нормальное давление при предварительном уплотнении p, МПа	Ступени давления Δp, МПа
Пески средней крупности плотные; глины с $I_L \leq 0{,}25$	0,1; 0,3; 0,5	0,1 до p =0,1 и далее 0,2
Пески средней крупности средней плотности; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности; супеси и суглинки и органоминеральные грунты с $I_L \leq 0{,}5$; глины с $0{,}25 < I_L, \leq 0{,}5$	0,1; 0,2; 0,3	0,05 до 0,1 и далее 0,1
Пески средней крупности, мелкие и пылеватые рыхлые; супеси, суглинки, глины и органоминеральные грунты с $I_L > 0{,}5$	0,1; 0,15; 0,2	0,025 до 0,05 и далее 0,05

Предварительное уплотнение образцов до заданной нагрузки p проводят ступенями Δp в соответствии с табл. 34.1. Каждую ступень выдерживают 10-15 мин, а конечную ступень – до завершения 100%-ной фильтрационной консолидации образца. Показания приборов для измерения вертикальных деформаций образца регистрируют в конце приложения каждой ступени Δp. На конечной ступени при выдерживании ее до завершения 100%-ной фильтрационной

консолидации образца показания снимают в следующей последовательности: первое – сразу после приложения ступени, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня. Время снятия показаний может быть несколько изменено для удобства построения кривой консолидации методом "квадратного корня из времени". Для определения времени окончания 100%-ной фильтрационной консолидации t_{100} в процессе испытания по аналогии с компрессионными испытаниями строят график зависимости деформации образца во времени – кривую консолидации, которую обрабатывают методом "квадратного корня из времени" (возможна также обработка логарифмическим методом и определяют время окончания фильтрационной консолидации t_{100}. *Значение t_{100} используется далее для определения скорости деформации при срезе.*

После предварительного уплотнения, если оно проводилось в уплотнителе, следует быстро разгрузить образец и перенести рабочее кольцо с образцом в срезную коробку. Далее закрепляют рабочее кольцо в срезной коробке, устанавливают перфорированный штамп, производят регулировку механизма нагрузки, устанавливают зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки (0,5 мм для глинистых и органоминеральных грунтов и 1 мм для песков), устанавливают измерительную аппаратуру для регистрации вертикальных деформаций образца.

На образец грунта передают *то же нормальное давление, при котором происходило предварительное уплотнение грунта (табл. 34.1).* Нормальную нагрузку следует передать на образец в одну ступень и выдержать ее не менее: 5 мин – для песков; 15 мин – для супесей; 30 мин – для суглинков и глин; 10 мин – при срезе «плашка по плашке».

Испытание на срез «плашка по плашке» выполняют при том же нормальном давлении, при котором был осуществлен первый срез.

После передачи на образец грунта нормальной нагрузки приводят в рабочее состояние механизм создания горизонтальной сдвигающей нагрузки и устройство для измерения деформаций среза грунта и регистрируют его начальное показание.

Испытание на срез производят или при непрерывно возрастающей горизонтальной нагрузке с постоянной скоростью деформации образца (кинематический режим), или при возрастании нагрузки ступенями (статический режим).

При кинематическом режиме нагружения скорость сдвиговой деформации v определяют по формуле:

$$v = l_f / t_f ,$$

где l_f – ожидаемая горизонтальная деформация (смещение) при разрушении, мм; t_f – время до разрушения, мин. Если ожидаемая горизонтальная деформация образца при разрушении не известна из предыдущих испытаний, рекомендуется в формуле принимать l_f, исходя из относительной деформации 10 %.

Время до разрушения t_f, т. е. до мобилизации максимального сопротивления образца срезу, определяется из условия, что в момент разрушения в образце останется не более 5 % порового давления, по формуле:

$$t_f = 12{,}7\ t_{100}$$

где t_{100} – время окончания фильтрационной консолидации (допускается вместо

t_{100} принять t_{90}), мин.

Для песков скорость горизонтальной деформации не должна превышать 0,5 мм/мин.

При передаче срезающей нагрузки ступенями их значения должны составлять 5 % значения нормальной нагрузки, при которой производят срез. Критерием завершения ступени нагружения является достижение скорости сдвиговой деформации v *по вышеприведенной формуле или по табл. 34.2*.

Деформации среза при кинематическом и статическом нагружении фиксируют через 0,25–0,5 мм так, чтобы накопилось 15–20 отсчетов от начала до конца среза.

Таблица 34.2. Скорость среза для глинистых грунтов

Грунты	Скорость среза v, мм/мин
Пески и супеси	≤ 0,3
Суглинки с I_p <12 %	≤ 0,1
Суглинки с $I_p \geq$ 12 %	≤ 0,05
Глины с $I_p \geq$ 20 %	≤ 0,02
Глины с $I_p \geq$ 30 %	≤ 0,01
Глины с $I_p \geq$ 40 %	≤ 0,005

Для неводонасыщенных в природном залегании грунтов уплотнение образцов и испытание на срез проводят по следующей методике. Предварительное уплотнение образцов грунта перед сдвигом до заданной нагрузки *p,* при которой определяют сопротивление срезу τ, производят ступенями Δp, в соответствии с табл. 34.1.

Каждую ступень давления при предварительном уплотнении выдерживают в течение времени, указанного в табл. 34.3, а конечную ступень – до достижения условной стабилизации деформаций сжатия образца грунта. За критерий условной стабилизации деформации принимают ее приращение, не превышающее 0,05 % за время, указанное в табл. 34.3. В конце каждой ступени нагружения записывают показания приборов для измерения деформаций, а на последней ступени фиксируют наступление условной стабилизации деформации сжатия образца.

Таблица 34.3. Время выдерживания ступеней и критерий условной стабилизации деформаций образца

Грунты	Время выдерживания ступеней, не менее	Время условной стабилизации деформаций сжатия на конечной ступени, не менее
Пески	5 мин	0,5 ч
Глинистые (непросадочные и ненабухающие)		
– супеси		3 ч
– суглинки с $I_p < 12\%$	30 мин	6 ч
– суглинки с $I_p \geq 12\%$		12 ч
– глины с $I_p < 22\%$		12 ч
– глины с $I_p \geq 22\%$		18 ч
Органо-минеральные	1 ч	24 ч
Просадочные		3 ч
Набухающие	30 мин	Как для ненабухающих

После предварительного уплотнения закрепляют рабочее кольцо в срезной коробке, устанавливают перфорированный штамп, производят регулировку механизма нагрузки, устанавливают зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки (0,5 мм для глинистых и органоминеральных грунтов и 1 мм для песков), устанавливают измерительную аппаратуру для регистрации вертикальных деформаций образца. В случае предварительного уплотнения образцов грунта в условиях полного водонасыщения перед разгрузкой образца удаляют воду из ванны

уплотнителя. В срезном приборе на образец грунта передают *то же нормальное давление, при котором происходило предварительное уплотнение грунта, в одну ступень* и выдержать ее не менее согласно табл. 34.3. *Испытание на срез «плашка по плашке»* выполняют 10 мин при том же нормальном давлении, при котором был осуществлен первый срез.

После передачи на образец грунта нормальной нагрузки приводят в рабочее состояние механизм создания горизонтальной сдвигающей нагрузки и устройство для измерения деформаций среза грунта и регистрируют его начальное показание.

При статическом режиме приложения горизонтальной нагрузки ее ступенидолжны составлять 5 % от значения нормальной нагрузки, при которой производят срез. На каждой ступени нагружения записывают показания приборов для измерения деформаций среза через каждые 2 мин, уменьшая интервал между измерениями до 1 мин в период затухания деформации до ее условной стабилизации. За критерий условной стабилизации деформации среза принимают скорость деформации, не превышающую 0,01 мм/мин.

При кинематическом режиме скорость среза должна быть постоянной и соответствовать указанной в табл. 34.4. Деформации среза фиксируют через 0,25–0,5 мм, так, чтобы накопилось 15–20 отсчетов от начала среза до достижения максимальной срезающей нагрузки.

Таблица 34.4. Скорость среза при кинематическом режиме

Грунты	Скорость среза, мм/мин
Пески и супеси	≤ 0,5
Суглинки с $I_p \leq 12$ %	≤ 0,1
Суглинки с $I_p > 12$ %	≤ 0,05
Глины с $I_p \leq 30$ %	≤ 0,02
Глины с $I_p > 30$ %	≤ 0,01

Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени срезающей нагрузки происходит мгновенный срез (срыв) одной части образца по отношению к другой или абсолютная деформация среза превысит 5 мм, (относительная деформация – 10 %), что наступит раньше. *При проведении среза с постоянной скоростью* за окончание испытаний принимают момент, когда срезающая нагрузка достигнет максимального значения, после чего наблюдается некоторое ее снижение, или установление постоянного значения, или абсолютная деформация среза превысит 5 мм, (относительная деформация – 10 %), что наступит раньше. После окончания испытания следует разгрузить образец, извлечь рабочее кольцо с образцом и отобрать пробы для определения влажности из средней части образца.

Проведение неконсолидированного (быстрого среза). Рабочее кольцо с образцом грунта помещают в срезную коробку, устанавливают сплошной штамп, производят регулировку механизма нагрузки, устанавливают зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, устанавливают устройство для измерения деформации среза и записывают начальное показание.

На образец грунта передают в одну ступень *нормальное давление p,* при котором будет производиться срез образца. Значение максимального нормального давления p_{max} необходимо назначать в зависимости от предполагаемого напряженного состояния грунтового массива (с учетом передаваемых на основание нагрузок и бытового давления). Значения *нормальных давлений* p_{min} и p_i, при которых определяют сопротивление срезу τ, назначают как часть от p_{max}. При отсутствии указанных данных значения p принимают по табл. 34.5.

Таблица 34.5. Значения нормальных давлений

Глинистые и органоминеральные грунты с показателем текучести:	p, МПа
$0{,}5 \le I_L < 1{,}0$	0,05; 0,1; 0,15
$I_L \ge 1{,}0$	0,025; 0,075; 0,125

Если при каком-либо давлении происходит выдавливание грунта в зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, необходимо его уменьшить на 0,025–0,05 МПа.

Сразу после передачи нормальной нагрузки приводят в действие механизм создания горизонтальной нагрузки и производят срез образца не более чем за 2 мин с момента приложения нормальной нагрузки.

При статическом режиме нагружения ступени горизонтальной нагрузки не должны превышать 10% значения нормального давления, при котором производится срез, и их приложение должно следовать через каждые 10–15 с.

При кинематическом режиме нагружения скорость среза принимают в интервале 2–3 мм/мин так, чтобы срез проходил не более чем за 2 мин.

Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени срезающей нагрузки происходит мгновенный срез (срыв) одной части образца по отношению к другой или абсолютная деформация среза превысит 5 мм.

При проведении среза с постоянной скоростью за окончание испытаний принимают момент, когда срезающая нагрузка достигнет максимального значения, после чего наблюдается некоторое ее снижение, или установление постоянного значения, или абсолютная деформация среза превысит 5 мм. После окончания испытания следует разгрузить образец, извлечь рабочее кольцо с образцом из прибора и отобрать пробы для определения влажности из средней части образца.

По измеренным в процессе испытания значениям горизонтальной срезающей и нормальной нагрузок вычисляют касательные и нормальные напряжения τ и σ, МПа, по формулам:

$$\tau = 10\frac{Q}{A}, \quad \sigma = 10\frac{F}{A}$$

где Q и P – соответственно горизонтальная срезающаяи нормальная сила к плоскости среза, кН; A – площадь среза, см^2.

Определение τ необходимо проводить не менее чем при трех различных значениях p. Из каждого значения τ вычитают поправку на преодоление трения подвижной части срезной коробки по заранее построенной тарировочной кривой. При автоматизации хода испытаний в полученную диаграмму среза также вносят поправку на трение в приборе.

По измеренным в процессе испытания значениям деформаций среза l, соответствующим различным напряжениям τ, строят графики зависимости $\tau = f(l)$ (рис. 34.4, слева).

За предельное сопротивление грунта срезу принимают максимальное значение τ, полученное по графику $l = f(\tau)$, не превышающем 5 мм (или 10 % относительной деформации образца).

Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c определяют как параметры линейной зависимости

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi + c$$

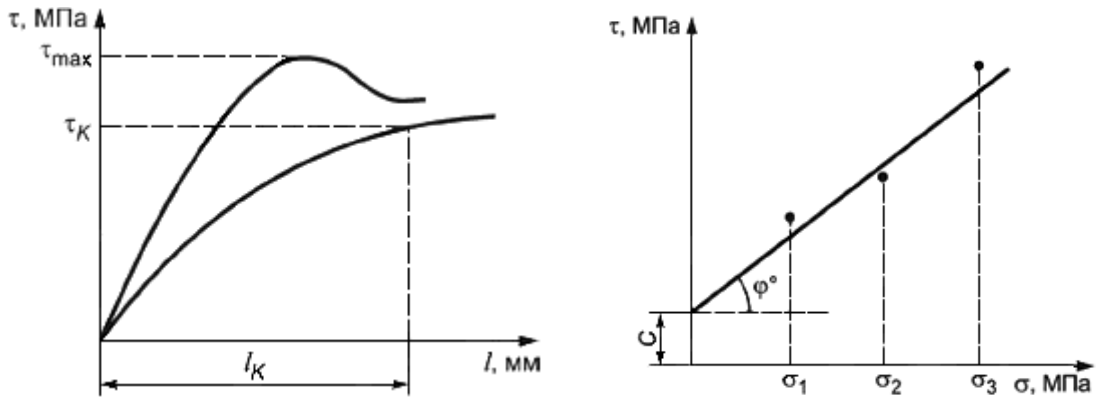


Рис. 34.4. Образец графического оформления результатов испытания грунта методом одноплоскостного среза [4]

При проведении среза "плашка по плашке" зависимость (5.5) записывают в виде

$$\tau_r = \sigma \mathrm{tg}\,\varphi_r + c_r,$$

где τ_r – остаточная прочность; φ_r и c_r – характеристики остаточной прочности.

Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c, МПа, определяют по графику $\tau = f(\sigma)$ (рис. 34.4, справа), проводя прямую наилучшего приближения к экспериментальным точкам вычисляют по формулам, полученным обработкой экспериментальных точек $\tau = f(\sigma)$ методом наименьших квадратов:

$$tg\varphi = \frac{n\Sigma\tau_i\,\sigma_i - \Sigma\tau_i\Sigma\sigma_i}{n\Sigma(\sigma_i)^2 - (\Sigma\sigma_i)^2};\ c = \frac{\Sigma\tau_i\,\Sigma\sigma_i^2 - \Sigma\sigma_i\Sigma\tau_i\sigma_i}{n\Sigma(\sigma_i)^2 - (\Sigma\sigma_i)^2};$$

где τ_i – опытные значения сопротивления срезу, определенные при различных значениях σ_i и относящиеся к отдельному монолиту грунта (при $n \geq 3$) или одному инженерно-геологическому элементу; n – число испытаний [4].

Запись производят в журнале по нижеприведенной форме.

ЖУРНАЛ

испытания грунта методом одноплоскостного среза

Номер образца_____

Дата испытания	Температура испытания T, °С	Время снятия отсчета t_1, ч	Время от начала опыта t, ч	Вертикальное давление на образец грунта p, МПа	Гори-зонта льная срезающая нагрузка Q, кН	Каса тельное напряжение τ, МПа	Абсо лютная деформация среза l, мм	Абсолютная деформация среза с учетом поправки на трение в приборе $l - \Delta$, мм	Относительная деформация среза, %	Скорость деформации среза V, мм/ч	Температура контрольного образца T_0, °С	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

35. Определение показателей прочностных свойств по ГОСТ Р 54476. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве.

Основной особенностью работы слабого грунта на сдвиг в основании насыпи является его работа в течение длительного времени в условиях незавершившейся консолидации. Тестированные методы испытаний на сдвиг предполагают, что для учета неконсолидированного состояния при расчетах будет известна величина порового давления. Наличие у слабых грунтов различных участков кривой консолидации и трудности с определением и контролем порового давления всвидетельствует о том, что для целей проектирования земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах тестированные методы сдвиговых испытаний не дают возможности прогнозировать сопротивляемость сдвигу на всех участках. Поэтому рекомендуется использовать метод «плотности-влажности». Метод позволяет определять сдвиговые характеристики как при исходной (или заданной) структуре и исходной (или заданной) плотности-влажности, так и на любой стадии консолидации. Основное уравнение сопротивляемости грунта сдвигу в этом методе имеет вид трёхчлена:

$$\tau_{pw} = \sigma tg\ \varphi_w + c_c + \Sigma_w,$$

где φ_w– угол внутреннего трения грунта при влажности W в момент сдвига; c_c – структурно не восстанавливающаяся часть общего сцепления; Σ_w– восстанавливающаяся часть общего сцепления, обусловленная коллоидными связями, при влажности W в моментсдвига; p – нормальное напряжение при сдвиге.

Определять сопротивляемость слабых грунтов сдвигу в лаборатории следует по методике «плотности-влажности», в соответствии с которой сопротивляемость сдвигу практически полностью водонасыщенного грунта в общем виде выражается формулой

$$\tau_{pw} = \sigma tg\ \varphi_w + c_w,$$

где σ – полное нормальное давление на площадке сдвига, МПа (кгс/см^2); φ_w – угол внутреннего трения (град.),зависящий от плотности – влажности грунта в момент сдвига; c_w – общая (полная) величина структурного сцепления грунта при влажности грунта w, также зависящая от плотности-влажности грунта в момент сдвига, МПа (кгс/см^2). При этом $c_w = c_c + \Sigma_w$, где Σ_w – часть полного сцепления, имеющая водно-коллоидную природу; c_c – часть полного сцепления, обусловленная наличием невосстанавливающих связей [82].

Задача испытаний сводится к установлению зависимости угла внутреннего трения φ_w и сцепления c_c от влажности грунта в зоне сдвига, что достигается в результате сдвига под несколькими (не менее трёх) нормальными нагрузками нескольких образцов, имеющих различную плотность-влажность.

При выборе нормальных нагрузок следует учитывать также возможную величину напряжений в грунте в реальных условиях. Интервал между минимальной и максимальной нормальными нагрузками делят пополам. Таким образом, получают три величины нормальной нагрузки, при которых производят сдвиг. Под каждой из нормальных нагрузок производят сдвиг, как правило, не менее четырёх образцов, имеющих различную влажность. **Можно выполнять по два сдвига на одном образце под двумя различными нагрузками,** что позволяет сократить количество образцов. Для этого начальная высота образца должна быть не менее 2 см.

Образцы с различной влажностью готовятся следующими методами.

1.Выдерживанием каждого из образцов, предназначенных для сдвига под одной и той же нормальной нагрузкой, при которой производится сдвиг. В этом случае первый образец сдвигается после приложения заданной нормальной нагрузки, второй образец сдвигается только после выдерживания его под данной нагрузкой до полного завершения консолидации, а два других образца перед сдвигом выдерживаются под нагрузкой с таким расчетом, чтобы их влажность при сдвиге имела два различных промежуточных значения в интервале между влажностями первого и второго образца. При испытании в сдвиговых приборах предварительное выдерживание образцов под нагрузкой может проводиться как в самих сдвиговых приборах (до установки зазора), так и в приборах предварительного уплотнения.

2.Выдерживанием образцов различное время под одной достаточно большой по величине нагрузкой, величина которой должна быть не менее максимальной нормальной нагрузки при сдвиге. Предельное значение уплотняющей нагрузки определяется возможностью передать ее на образец без выдавливания грунта. Чем больше нагрузка (в пределах возможного), тем меньше времени будет затрачено на испытание. В этом случае испытывается по одному образцу под каждой нормальной нагрузкой.

3.Выдерживанием образцов до практически полной консолидации под различными нагрузками, наибольшая из которых должна быть примерно вдвое больше максимальной нормальной нагрузки при сдвиге. Четыре образца из серии в этом случае также не подвергаются предварительному уплотнению.

Контроль за изменением влажности грунта в процессе его уплотнения под нагрузкой в любом из указанных случаев может осуществляться по осадке образца, фиксируемой мессурами, и по результатам соответствующих расчётов.

Каждый из четырех образцов с различной влажностью испытывают на сдвиг под одной и той же нормальной нагрузкой. Аналогично проводят испытания под остальными двумя нагрузками.

Если предварительное уплотнение образца проводилось в приборе предварительного уплотнения, то после загрузки образца в сдвиговой прибор и приложения к нему заданной нормальной нагрузки сдвиг следует производить немедленно, не дожидаясь завершения вертикальной деформации. При этом, если предварительное уплотнение осуществлялось под водой, необходимо перед разгрузкой образца в приборе предварительного уплотнения удалить воду из стакана, чтобы исключить набухание грунта. Сдвиг связных грунтов следует проводить без воды. Интенсивность сдвигающей нагрузки должна быть такой, чтобы сдвиг произошел не более чем за 1–3 мин.

При ступенчатом приложении нагрузки (гирями) очередную ступень следует прикладывать, не дожидаясь прекращения деформации от предыдущей ступени. Достаточно убедиться, что деформация сдвига, регистрируемая мессурой,носит затухающий характер. Это устанавливается путем сопоставления четырех-пяти отсчетов по мессуре, взятых с интервалами 3–5 с.

При использовании ступенчатой нагрузки целесообразно принимать небольшие ступени –100–200 г на рычаг в зависимости от консистенции грунта. Сдвиг считается завершенным в случае получения незатухающей деформации, заканчивающейся срывом образца. При применении автоматического записывающего устройства момент сдвига определяется непосредственно по

диаграмме.

После завершения сдвига и извлечения образца из зоны сдвига отбирают пробы грунта на влажность. Если произошел срыв, то пробы следует отбирать из обеих половинок образца.

Обработка результатов испытаний на сдвиг. Результаты испытаний наносят в виде точек на сетку координат, где по оси абсцисс откладывают влажность грунта Wв зоне сдвига, а по оси ординат – сопротивляемость сдвигу τ_{pw}. Точки, отвечающие одной и той же нормальной нагрузке при сдвиге, обозначают одинаково. Далее через точки с одинаковыми обозначениями проводят осредняющие кривые, каждая из которых представляет собой зависимость сопротивляемости грунта сдвигу при данной нормальной нагрузке $\tau = f(w)$ (рис. 35.1 а). Построенные по точкам графики необходимо экстраполировать до значения исходной влажности. Для построения указанного графика рекомендуется использовать полулогарифмическую сетку координат: влажность откладывается в линейном масштабе, а сопротивляемость сдвигу – в логарифмическом. В этом случае зависимости представляют собой прямые линии. Полученный график перестраивают в зависимость сопротивляемости от нормальной нагрузки для различных влажностей $\tau = f(w)$. Через точки проводят осредненные прямые, соответствующие двучленной линейной зависимости $\tau_{pw} = f(w)$ (рис. 35.1, б). Параметры их соответствуют искомым сдвиговым характеристикам грунта φ_w, c_w и определяются графически. Затем строят искомые зависимости $c_w = f(w)$ и $c_{pw} = f(w)$, также прибегая к осредняющим кривым (рис. 35.1, в). Последние зависимости являются конечным результатом обработки экспериментальных данных.

Значение φ_w следует устанавливать с точностью до 30 мин, а c_w– до второго знака после запятой в МПа (кгс/см^2).

Определение параметров Σ_w и c_c при $S_r \geq$ 0,9.Применяются два метода разделения полного сцепления с на соответствующие Σ_w и c_c: повторного сдвига и сдвига «плашки по плашке».

В соответствии с первым методом испытывают две серии образцов: первую – обычным порядком, а во второй каждый образец предварительно сдвигается в срезывателе прибора любым способом по возможности быстро. После сдвига подвижную каретку прибора возвращают в исходное положение и осуществляют повторный сдвиг образца. Предварительный срез образцов следует выполнять при минимальной нагрузке, принятой для испытания. Обработку результатов повторного сдвига ведут так же, как и при первом сдвиге. Величину c_c находят как разность между величиной c_w, получаемой при однократном сдвиге, и значением c_w, полученным при повторном сдвиге.

В методе сдвига «плашки по плашке» вместо серии испытаний с повторным сдвигом проводят серию испытаний образцов, разрезанных по плоскости сдвига (в срезывателе прибора или в специальной обойме с помощью струны). При этом необходимо обеспечить горизонтальность поверхности среза (строгую ориентацию ее по направлению сдвигающего усилия).

Каждый из разрезанных образцов помещают в сдвиговой прибор (предварительно соединив половинки), прикладывают выбранную нормальную нагрузку и немедленно осуществляют сдвиг.

Обработку результатов ведут обычным методом. Величину c_c устанавливают по разности сцепления, определенного для неразрезанных c_w и для

разрезанных Σ_w образцов.

***Определение условных показателей сопротивляемости сдвигу φ' и c'* (консолидированный сдвиг).** Обобщенные условные показатели сопротивляемости сдвигу φ' и c' имеют сложный физический смысл и отвечаютне плотности грунта в момент его сдвига, а условию 100 %-ной консолидациигрунта в созданном напряженном состоянии.

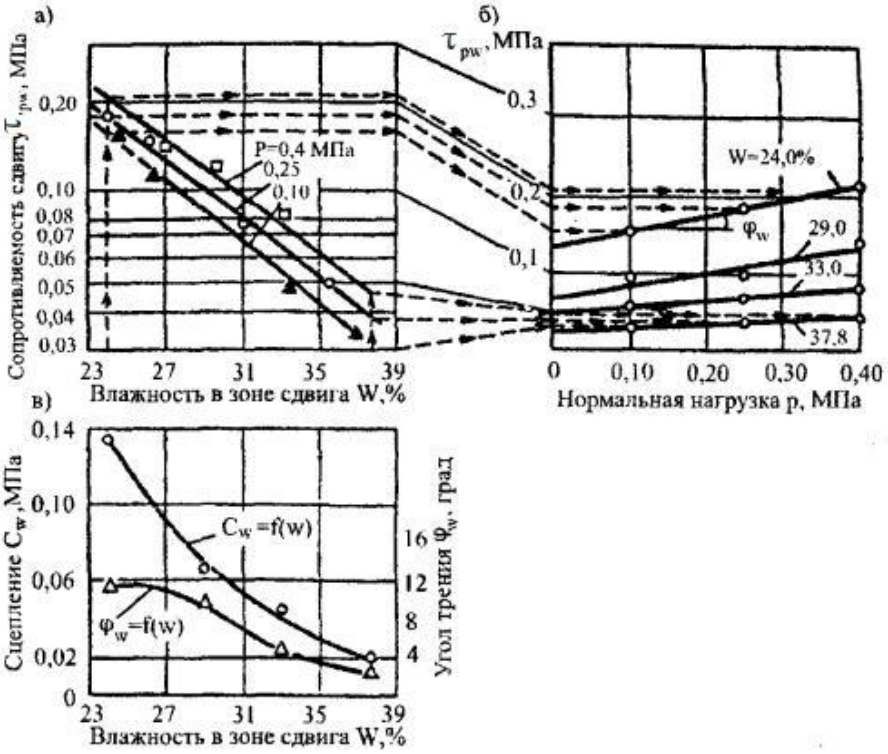


Рис. 35.1. Пример обработки сдвиговых испытаний слабых грунтов [22]

Определениепоказателей φ' и c' регламентируется ГОСТ 12248. Основные особенности методики этого испытания по сравнению с методикой установления истинных параметров сдвига c_w и φ_w заключаются в следующем: φ' и c' определяют по результатам испытания на сдвиг образцов после предварительного уплотнения под нагрузками, обычнопревышающими 0,1 МПа (1 кгс/см^2).

Для испытания выбирают не менее трех нагрузок предварительного уплотнения, являющихся одновременно и нормальными нагрузками при сдвиге. Каждую нагрузкупредварительного уплотнения передают на грунт ступенями, величина и количествокоторых зависят от исходной консистенции грунта и величины нагрузки.

Для глинистых грунтов, имеющих консистенцию $0,75 \leq I_L \leq 1$, следуетпринимать ступени 0,01; 0,03 (0,1; 0,3) и далее 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2);имеющих $I_L < 0,75$ и для песчаных грунтов – ступени по 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2)до нагрузки 0,3 МПа (3 кгс/см^2) и далее по 0,1 МПа (1 кгс/см^2).Каждую ступень нагрузки выдерживают не менее 5 мин для песчаных грунтов и 30мин для глинистых грунтов. Конечную ступень нагрузки выдерживают до момента, когда интенсивность сжатия образца не будет превышать 0,01 мм за 30 мин для песчаных грунтов, 3 ч – для супесей и 12 ч – для суглинков и глин.

Сдвигающую нагрузку можно прикладывать ступенями или непрерывно. В

первом случае каждая ступень не должна превышать 5 % величины нормального напряжения. Следующую ступень откладывают, если скорость деформации сдвига не превышает 0,01 мм/мин. При непрерывном нагружении скорость деформации сдвига должна быть равна 0,01 мм/мин. При каждой нормальной нагрузке должно быть не менее двух параллельных определений.

При ступенчатом нагружении деформацию сдвига фиксируют с помощью мессуры. За величину сопротивляемости грунта сдвигу принимают нагрузку, вызывающую срыв образца по поверхности скольжения.

Если срыв происходит при деформации сдвига более 5 мм, то за сопротивляемость сдвигу принимают нагрузку, при которой в опыте была достигнута деформация сдвига, равная 5 мм.

Результаты испытаний наносят на график с осями «нормальная нагрузка» – абсцисса; «сопротивляемость сдвигу» – ордината (рис. 35.1). Через экспериментальные точки проводят осредняющую прямую. Угол наклона её к оси абсцисс определяет φ', а отрезок, отсекаемый на оси ординат, – c'. После сдвига из зоны сдвига следует отбирать контрольные пробы на влажность.

В случае применения для испытаний приборов трёхосного сжатия принципы подготовки образцов и проведения испытаний остаются теми же. Различие заключается в том, что по результатам стабилометрических испытаний строят зависимости вертикального напряжения σ_1 в момент разрушения образца от величины влажности для двух-трёх значений бокового давления σ_3. Далее с полученного графика $\sigma_1 = f(w)$ для нескольких значений влажности снимают значения P_1, соответствующие тому или иному значению σ_3; по полученным значениям строят круги Мора и, проводя к ним касательные, определяют величины сцепления и угла трения обычным порядком, после чего строят искомые зависимости $c_w = f(\mathrm{W})$ и $\varphi_w = f(w)$.

Для получения ориентировочных данных о сопротивляемости сдвигу слабых грунтов в состоянии, соответствующем их природной плотности и заданной влажности, при недостаточном количестве образцов может применяться методика быстрых сдвигов [22].

36. Определение предела прочности на одноосное сжатие по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

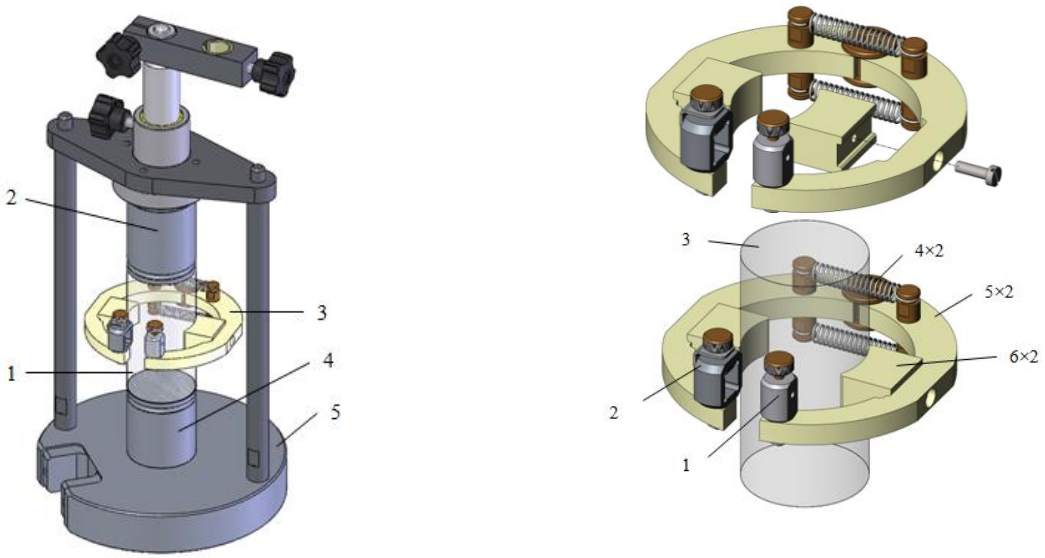
Сущность метода. Испытание грунта методом одноосного сжатия проводят для определения предела прочности на одноосное сжатие *Rc* для полускальных и глинистых грунтов с $I_L \leq 0{,}25$. По специальному заданию для полускальных грунтов может быть определен модуль деформации, модуль упругости, коэффициент поперечной деформации и коэффициент Пуассона.

Предел прочности на одноосное сжатие *Rc* определяют как отношение приложенной к образцу вертикальной нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального поперечного сечения. Предел прочности образца глинистого грунта, имеющего относительную вертикальную деформацию в момент разрушения $\varepsilon > 0{,}1$, определяют с учетом увеличения площади его поперечного сечения.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения. Для полускальных грунтов влажность образца должна соответствовать природной влажности, воздушно-сухому или водонасыщенному состоянию, для глинистых грунтов – природной влажности. Для полускальных грунтов образец должен иметь форму цилиндра или прямоугольного параллелепипеда (квадратного сечения) диаметром (стороной квадрата) от 40 до 100 мм и отношением высоты к диаметру, равным 1,8–2,0. Максимальный линейный размер зерен (неоднородностей) в образце должен быть не более 1/10 диаметра (стороны квадрата) образца. Образцы полускального грунта изготавливают в соответствии с ГОСТ 30416. Для глинистых грунтов образец должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 38 мм и отношением высоты к диаметру, равным 1,8–2,5. Максимальный размер фракции грунта (включений, агрегатов) в образце должен быть не более 1/6 диаметра образца. Диаметр (сторона квадрата) образца трещиноватого или выветрелого полускального грунта должен(а) быть не менее 60 мм. Образец полускального грунта, имеющий сквозные трещины, видимые невооруженным глазом, к испытанию не допускается.

Оборудование и приборы: В состав установки для испытания грунта на одноосное сжатие должны входить: механизм для вертикального нагружения образца; устройство для измерения вертикальной деформации образца; устройство для измерения поперечной деформации образца (рис. 36.1). Плиты пресса для нагружения образца должны быть отполированы или применены другие способы для уменьшения трения.

Подготовка к испытанию. Для всех образцов, помимо определения необходимых физических характеристик, должны быть отмечены характерные особенности (слоистость, трещиноватость, наличие включений и др.). Образец глинистого грунта, изготовленный методом режущего кольца, извлекают из кольца с помощью выталкивателя. Образец грунта помещают в центре опорной плиты пресса и приводят в соприкосновение с ним верхнюю площадку пресса. Устанавливают устройства для измерения вертикальной нагрузки, вертикальной и поперечной деформации образца и записывают их начальные показания.



а) 1 – образец; 2 – верхний штамп; 3 – скоба; 4 – нижний штамп; 5 – подставка

б) 1,2 – кронштейн; 3 – образец; 4 – пружина; 5 – скоба; 6 – опора

Рис. 36.1. Приспособление одноосного сжатия (а) и измерительная скоба (б) [34]

Проведение испытания. Нагружение образца полускального грунта проводят равномерно, без ударов, увеличивая нагрузку непрерывно с заданной скоростью нагружения или ступенями. Скорость непрерывного нагружения образца полускального грунта должна составлять в зависимости от значения *Rc* 0,1–0,5 МПа/с, а при ступенчатом нагружении – приниматься равной 10% значения *Rc*. Нагружение образца глинистого грунта проводят с заданной скоростью приращения относительной вертикальной деформации образца, выбирая ее в зависимости от предполагаемой прочности грунта *Rc* так, чтобы время проведения испытания составило 2–15 мин, что обычно соответствует скорости 0,5% – 2% за 1 мин. Более низкую скорость выбирают для образцов с меньшими деформациями при разрушении.

Вертикальные деформации образца измеряют с погрешностью 0,01 мм для глинистых грунтов и 0,001 мм – для полускальных грунтов и регистрируют их в процессе нагружения не менее чем при 10 значениях напряжения до разрушения.

Испытание проводят до разрушения образца, т.е. до достижения максимального значения вертикальной нагрузки. В случае испытания образца глинистого грунта при отсутствии видимых признаков разрушения испытание прекращают при относительной вертикальной деформации образца $\varepsilon =$ 15%.

Для определения модуля деформации и модуля упругости полускального грунта испытание не доводят до разрушения образца, останавливая его при напряжении 50% – 60% значения *Rc*. При необходимости проводят разгрузку образца в той же последовательности, что и нагрузку.

Для определения коэффициента поперечной деформации и коэффициента Пуассона полускального грунта в процессе испытания измеряют поперечные деформации образца при нагружении и разгрузке.

Обработка результатов. Предел прочности на одноосное сжатие *Rc*, МПа, полускального грунта и глинистого при $\varepsilon \leq$ 0,1 вычисляют с точностью 0,1 МПа по формуле

$$R_c = 10\frac{F}{A_0},$$

где F – нагрузка, при которой происходит разрушение, кН; A_0 – начальная площадь поперечного сечения образца грунта, см^2. Предел прочности глинистых грунтов при $\varepsilon > 0{,}1$ вычисляют принимая вместо A_0 текущую площадь A среднего поперечного сечения образца, вычисленную по результатам измерения поперечной деформации образца.

Для вычисления деформационных характеристик полускальных грунтов по измеренным в процессе испытания значениям вертикальных и поперечных деформаций образца, соответствующим различным вертикальным напряжениям σ строят графики зависимости $\varepsilon_1 = f(\sigma)$ и $\varepsilon_2 = f(\sigma)$, где ε_1 и ε_2 – продольные и поперечные относительные деформации образца.

Модуль деформации E и коэффициент поперечной деформации ν в заданном диапазоне напряжений $\Delta\sigma$ вычисляют по нагрузочным ветвям зависимостей $\varepsilon_1 = f(\sigma)$ и $\varepsilon_2 = f(\sigma)$ по формулам:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_1} \quad \vartheta = \frac{\Delta\varepsilon_2}{\Delta\varepsilon_1}.$$

Модуль упругости E_y и коэффициент Пуассона ν вычисляют в этом же диапазоне напряжений, в которых значения $\Delta\varepsilon_1$ и $\Delta\varepsilon_2$ принимают по разгрузочным ветвям зависимостей $\varepsilon_1 = f(\sigma)$ и $\varepsilon_2 = f(\sigma)$. Запись производят в журнале по нижеприведенной форме [4].

ЖУРНАЛ

испытания грунта методом одноосного сжатия

ЖУРНАЛ N 1				Номер образца_____				
Дата испытания	Разрушающая сила F, МПа			Относительная вертикальная деформация в момент разрушения ε	Предел прочности образца грунта на одноосное сжатие R, МПа, в состоянии			Примечание
	природной влажности	воздушно-сухом	водонасы-щенном		природной влажности	воздушно-сухом	водонасы-щенном	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ЖУРНАЛ N 2 Номер образца_____

Нагрузка P, кН	Напряжение σ, МПа	Показания датчиков деформаций						Средние значения показаний датчиков деформаций		Приращение показаний датчиков деформаций		Относительные деформации образцов $\varepsilon \cdot 10^{+5}$	
		продольные			поперечные			продо-льные	попе-речные	продо-льные	попе-речные	продо-льные	попе-речные
		h_1	h_2	h_n	d_1	d_2	d_n	$\bar{h}$	$\bar{d}$	Δh	Δd	ε_1	ε_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

37. Определение показателей механических свойств методом трехосного сжатия по ГОСТ 12248. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Согласно требованиям нормативных документов, основным методом определения характеристик прочности и деформируемости грунтов оснований сооружений, как в зарубежной, так и в российской практике является метод трехосного сжатия. При трехосном сжатии прочность грунта зависит от соотношения главных нормальных напряжений σ_1, σ_2 и σ_3. Испытания на трехосное сжатие проводят по схеме соотношения главных напряжений: $\sigma_1>\sigma_2\neq\sigma_3>0$ (истинное трехосное сжатие), или чаще по схеме: $\sigma_1>\sigma_2=\sigma_3>0$, где σ_1 – максимальное главное напряжение; $\sigma_2=\sigma_3$ – минимальные, они же промежуточные главные напряжения. Этот метод имеет ряд преимуществ перед испытанием грунтов на сдвиг и компрессию так как, позволяет получать большее количество параметров, в процессе опыта можно контролировать условия дренирования и измерять поровое давление; распределение напряжений в образце остается более или менее постоянным и более однородным, чем при прямом срезе.

Испытание *песков, глинистых, органоминеральных и органических грунтов* методом трехосного сжатия проводится для определения следующих характеристик:

- *угла внутреннего трения φ, град.,*
- *удельного сцепления с, МПа,*
- *сопротивления недренированному сдвигу c_u, МПа,*
- *модуля деформации Е МПа,*
- *модуля сдвига G, МПа,*
- *модуля объемной деформации K, МПа,*
- *коэффициента поперечной деформации ν для дисперсных грунтов.*

Испытания по определению прочностных характеристик проводят до разрушения образца приложением вертикальной нагрузки при заданном всестороннем давлении (давлении в камере) на образец грунта σ_3. Испытания проводят по следующим схемам (рис. 37.1):

– ***неконсолидированно-недренированное (НН) испытание*** для определения сопротивления недренированному сдвигу c_u водонасыщенных в природных условиях глинистых, органоминеральных и органических грунтов природной плотности;

– ***консолидированно-недренированное (КН) испытание*** с измерением порового давления – для определения характеристик прочности φ и c и консолидации c_v для водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов;

– ***консолидированно-дренированное (КД) испытание*** – для определения характеристик прочности φ и c и коэффициента консолидации c_v водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов и характеристик деформируемости E и ν для любых дисперсных грунтов.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности. Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 35 мм и отношением высоты к диаметру от 1,85 до 2,25. Диаметр образца выбирается так, чтобы максимальный размер включений не превышал 1/6 его диаметра.

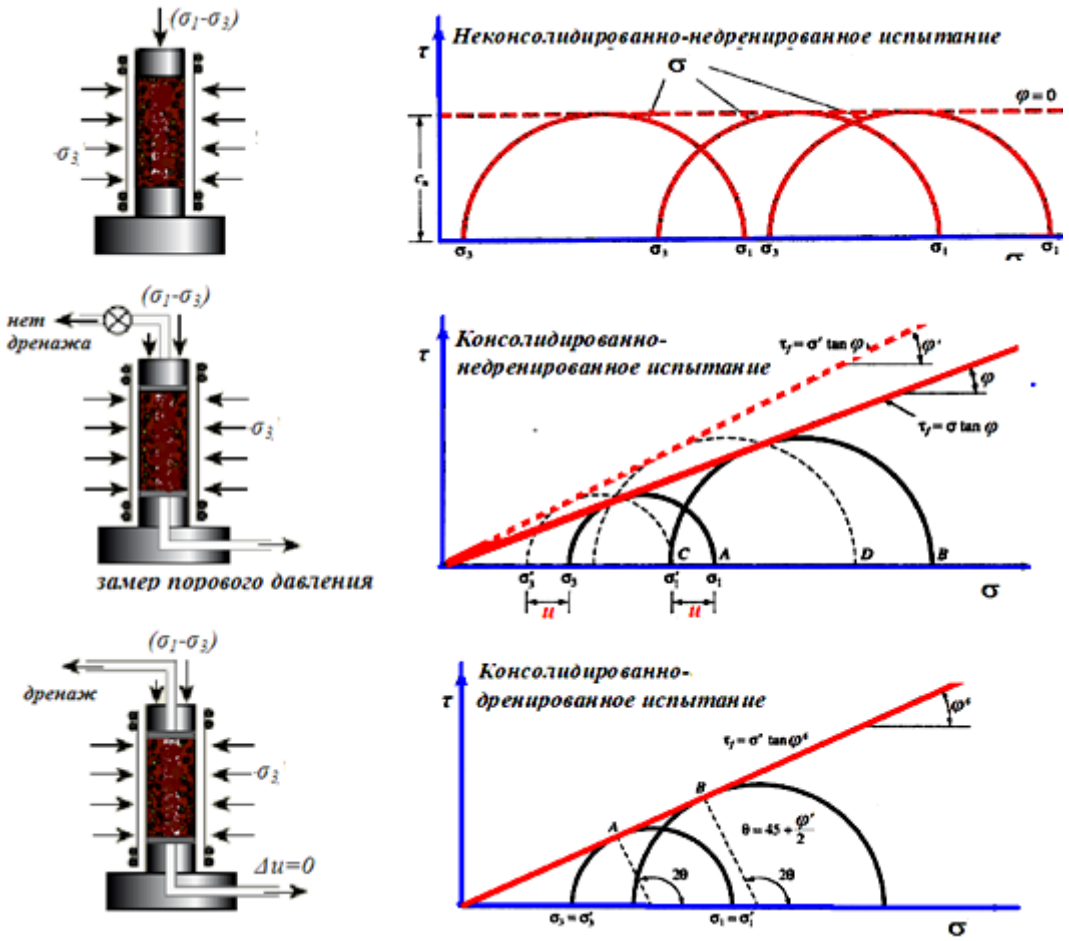
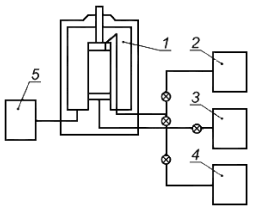


Рис. 37.1.. Схемы испытаний грунтов на трехостное сжатие

Оборудование и приборы. В состав установки трехосного сжатия должны входить: камера трехосного сжатия; устройство для создания, поддержания и измерения давления в камере; механизм для вертикального нагружения образца; устройства для измерения вертикальных и объемных деформаций образца; устройства для измерения порового давления, основанные на компенсационном принципе, и датчики давления высокой жесткости; система противодавления. Конструкция камеры трехосного сжатия должна обеспечивать: боковое расширение образца; отжатие воды из образца; герметичность основных деталей; минимально возможное трение штока во втулке камеры; измерение объема жидкости, закачиваемой в камеру. Измерительные устройства должны обеспечивать погрешность измерений при измерении вертикальной нагрузки на образец не более 2 % нагрузки при разрушении образца; при измерении напряжения от веса штампа – 1 кПа; при измерении давления в камере – 2 % от заданного; при измерении вертикальной деформации образца – 0,01 мм; при измерении объемных деформаций образца – 0,05 % от начального объема образца.

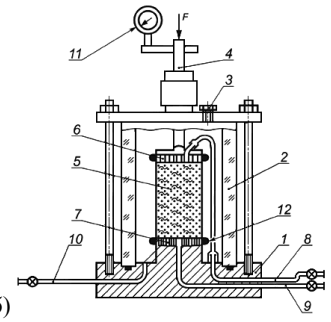
На рис. 37.2, б, представлен прибор трехосного сжатия производства НП «Геотек Инфо», который выпускается с камерами двух типов А и Б. Камера типа А используется при определении прочностных и деформационных характеристик песчаных и глинистых грунтов в условиях предварительного изотропного обжатия (консолидации), т. е. когда $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$. *Камеру типа Б рекомендуется использовать при*

определении прочностных и деформационных характеристик грунтов в условиях предварительной изотропной или анизотропной консолидации, т. е. когда $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$.



а)

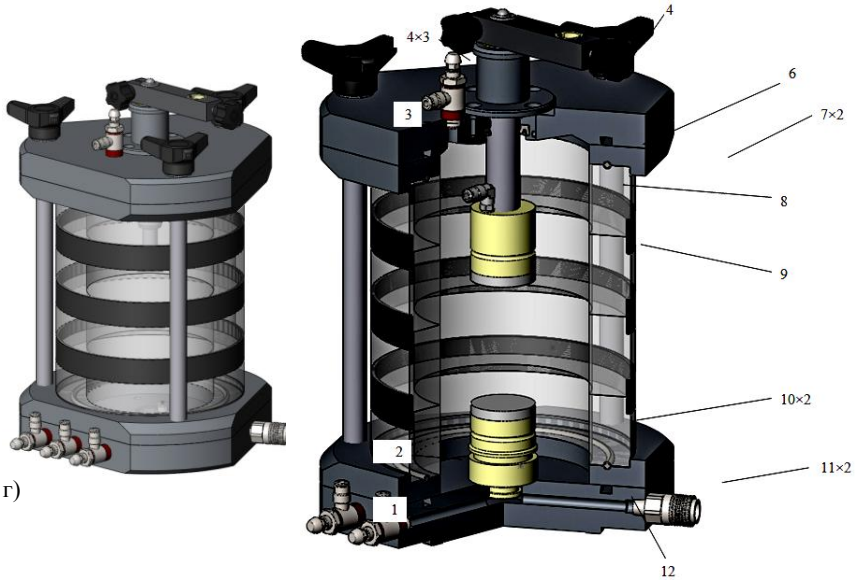
Условные обозначения:
1 – камера прибора трехосного сжатия; 2 – блок измерения порового давления; 3 – блок противодавления; 4 – блок дренажа; 5 – блок давления в камере



б)

Условные обозначения:
1 – основание камеры; 2 – корпус камеры; 3 – вентиль для выпуска воздуха; 4 – шток; 5 – образец грунта в оболочке; 6 – верхний штамп; 7 – нижний штамп; 8, 9 – магистрали системы дренажа, противодавления и измерения порового давления; 10 – магистраль давления в камере; 11 – индикатор перемещений; 12 – уплотняющее кольцо

в)



г)

Условные обозначения:
1 – основание; 2 – рабочая камера; 3 – крышка; 4 – винт; 5 – держатель; 6 – манжета; 7, 11 – кольцо уплотнительное; 8 – шток; 9 – верхний штамп; 10 – фильтр; 12 – нижний штамп

Рис. 37.2. Приборы трехосного сжатия: а) блок-схема установки для трехосных испытаний грунтов, б) схема камеры трехосного сжатия, в) установка трехосного сжатия и г) камера трехосного сжатия типа А конструкции ООО «НПП Геотек» [34]

Подготовка к испытанию. Образец грунта вырезают из монолита при помощи металлического цилиндра с заостренным нижним концом либо струной на специальном поворотном столике. Для уменьшения трения в процессе вырезания образца с помощью цилиндрической формы ее внутренний диаметр должен быть на 0,5 – 1,0 мм больше внутреннего диаметра режущей кромки. При помощи выталкивателя образец извлекают из цилиндра, измеряют его высоту и диаметр и взвешивают. Для ускорения процесса консолидации образца глинистого грунта при КН и КД испытаниях рекомендуется наклейка на образец вертикальных полос

влажной фильтровальной бумаги, покрывающей не более 50% окружности образца. Систему противодавления камеры прибора трехосного сжатия, подводящей воду к штампам, и отверстия в штампах заполняют дистиллированной дезаэрированной водой путем поднятия давления в системе противодавления с полным вытеснением пузырьков воздуха. Излишек воды убирают фильтровальной бумагой. Торцы образца покрывают влажными бумажными фильтрами и помещают его на основание камеры, снабженной насыщенным водой пористым диском. С помощью расширителя на образец надевают резиновую оболочку. Расширитель снимают. Сверху устанавливают верхний штамп. Закрепляют оболочку на боковых поверхностях штампов резиновыми или металлическими уплотнителями. Примечание. Диаметр резиновой оболочки в нерастянутом состоянии должен составлять 0,95 – 1,0 диаметра образца, толщина – не более 1% диаметра образца и модуль упругости при растяжении – не более 1600 кПа (для оболочки из латексной резины модуль упругости равен 1400 кПа). Образец связного грунта нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности изготавливают в разъемной форме по ГОСТ 30416. Образец несвязного грунта (песок) нарушенного сложения формируют непосредственно в камере прибора трехосного сжатия, для этого на внутреннюю поверхность разъемной формы предварительно помещают резиновую оболочку, концы которой загибают на края формы. Разъемную форму устанавливают на основание камеры. Нижний край оболочки фиксируется на основании камеры. Формирование образца песка ведут методом сухой послойной отсыпки или методом послойного осаждения песка из его взвеси в воде. Сверху на сформированный образец укладывается бумажный фильтр и устанавливается верхний штамп, на котором закрепляют верхний край резиновой оболочки. Перед снятием формы в образце создают небольшое отрицательное поровое давление (не более 0,01 МПа). Перед водонасыщением образца сухого песка рекомендуется продуть его углекислым газом под давлением не более 10 кПа в течение 30 мин, который впоследствии растворится в воде без защемления пузырьков газа. После помещения образца как ненарушенного, так и нарушенного сложения на основание камеры проводят следующие операции: корпус камеры с поднятым в верхнее положение и зафиксированным штоком устанавливают на основание и проверяют положение штока по отношению к центру образца; корпус камеры закрепляют на основании; - заполняют камеру рабочей жидкостью (дезаэрированной водой) с полным удалением пузырьков воздуха; устанавливают устройство для измерения вертикальной деформации образца; присоединяют устройства для измерения объемной деформации образца и (или) порового давления (в зависимости от схемы испытаний); записывают начальные показания всех измерительных устройств.

Проведение неконсолидированно-недренированного (НН) испытания.

Перед испытанием образцов водонасыщенных в природных условиях глинистых, органоминеральных и органических грунтов необходимо провести их предварительное обжатие (реконсолидацию) *по методу* ***восстановления фазового состава*** (*ВФС).* Метод предназначен для восстановления природной плотности и двухфазного состояния (при сохранении природной влажности) образцов, разуплотненных в результате паро-газовыделения в процессе пробоотбора. Предварительное водонасыщение необходимо для контроля порового давления и эффективных напряжений в образце в процессе испытания.

Метод восстановления фазового состава (ВФС) используется при проведении трехосных испытаний водонасыщенных в условиях природного

залегания глинистых, органоминеральных и органических грунтов. Процедура восстановления фазового состава заключается в следующем: в камеру прибора трехосного сжатия устанавливают образец грунта, перекрывают дренаж системы противодавления, что исключает возможность оттока поровой жидкости в процессе реконсолидации. Путем поднятия давления в камере производят обжатие образца всесторонним давлением ступенями:

- для грунтов мягко-пластичной и текучей консистенции не более 25 кПа,
- для грунтов туго-пластичной и пластичной консистенции не более 50 кПа,
- для грунтов полутвердой и твердой консистенции от 100 до 200 кПа.

В процессе обжатия на каждой ступени с интервалом в 15 минут измеряют поровое давление. При повторяемости показаний достигнутое значение порового давления фиксируется и прикладывается следующая ступень давления.

В процессе испытания строят кривую зависимости порового давления от всестороннего давления $u=f(\sigma_3)$. Критерием завершения восстановления фазового состава является выход указанной кривой на прямую, проходящую под углом 45º не менее чем через три точки. Если график $u=f(\sigma_3)$ не вышел на прямую под углом 45º, а давление в камере уже достигло величины полного среднего бытового давления, то для НН испытаний водонасыщение считается завершенным.

Допускается производить реконсолидацию в условиях отсутствия дренажа всесторонним давлением в камере, равным среднему полному бытовому давлению, в течение 30 мин. В конце этапа реконсолидации должно быть зафиксировано изменение высоты образца Δh_c.

Разрушение образца производят путем приложения вертикальной нагрузки при ранее достигнутом давлении в камере и перекрытом дренаже. Приложение вертикальной нагрузки производят *с заданной постоянной скоростью деформирования образца – кинематический режим или ступенями – статический режим.*

При кинематическом режиме нагружения приложение вертикальной нагрузки обеспечивается непрерывным приращением вертикальной деформации образца грунта ε_1 со скоростью 0,5–2 % за 1 мин. Более низкие скорости выбираются для глинистых грунтов полутвердой и твердой консистенции.

При статическом режиме нагружения нагрузку прикладывают ступенями с интервалами от 15 сек до 1 мин. Большие интервалы выбираются для глинистых грунтов полутвердой и твердой консистенции. Величина ступени составляет 10 % от эффективного напряжения – разности между полным давлением в камере и поровым давлением в образце после реконсолидации.

Показания прибора для измерения вертикальной деформации образца грунта записывают не реже, чем через 1 % деформации при кинематическом режиме или в конце каждой ступени нагрузки при статическом режиме нагружения.

Испытание продолжают до момента разрушения образца (достижения максимума осевой нагрузки) или до достижения относительной вертикальной деформации образца грунта ε_1 = 0,15. После окончания испытания образец грунта разгружают, сбрасывают давление в камере и сливают рабочую жидкость. Образец грунта извлекают из камеры и отбирают из него пробы для контрольного определения влажности. Необходимо также сфотографировать образец или сделать зарисовку, чтобы зафиксировать характер разрушения образца.

Проведение консолидированно-недренированного (КН) испытания. Перед началом проведения испытания проводят реконсолидацию и водонасыщение образца для контроля порового давления и эффективных напряжений в образце в процессе испытания по методу ВФС и, если это необходимо, продолжают водонасыщение по ***методу противодавления.*** Предварительное водонасыщение необходимо для контроля порового давления и эффективных напряжений в образце в процессе испытания. ***Метод водонасыщения образца противодавлением*** предназначен для КН и КД трехосных испытаний глинистых, органоминеральных и органических грунтов, водонасыщенных в условиях природного залегания. **Метод является вспомогательным и используется как дополнительный в случае, когда водонасыщение методом ВФС не было достигнуто.** ***Водонасыщение образца противодавлением*** производят попеременным приложением к образцу полного давления и противодавления. Перед началом водонасыщения образца противодавлением необходимо перекрыть дренаж системы противодавления, подведенный к одному или двум торцам образца, затем производят обжатие образца дополнительной ступенью всестороннего давления 50 кПа. В процессе обжатия на ступени производят измерение порового давления u с интервалом в 15 минут, при повторяемости показаний достигнутое значение u фиксируется.

Во время процесса обжатия и водонасыщения рассчитывают *коэффициент порового давления B*, равный отношению приращения порового давления на ступени Δu к приращению всестороннего давления $\Delta\sigma_3$: $B = \Delta u / \Delta\sigma_3$.

В системе противодавления при перекрытом дренаже поднимают давление, равное давлению в камере за вычетом выбранной величины «дифференциального давления» (эффективного напряжения в образце в процессе его водонасыщения противодавлением), дренаж открывается. *Величину дифференциального давления рекомендуется назначать равной значению эффективного напряжения, достигнутого на этапе реконсолидации по методу ВФС.*

После выравнивания порового давления с давлением противодавления все процедуры повторяются. Водонасыщение считается завершенным при достижении величины *коэффициента порового давления B* значений от 0,95 до 1,0, при этом значение порового давления должно быть не ниже 300 кПа, в противном случае процедуры поднятия противодавления повторяются до достижения указанного значения порового давления.

Дополнительное уплотнение (консолидацию) образца производят путем увеличения всестороннего (изотропного) давления в камере с возможностью дренирования при поддержании в системе противодавления величины давления, равного поровому давлению, достигнутому на стадии реконсолидации или водонасыщения. Величина давления σ_3 при консолидации определяется суммой давления в камере, достигнутого на стадии реконсолидации и заданного давления консолидации σ_c. Программой испытаний может быть предусмотрена *анизотропная консолидация образца грунта.*

Значение максимального давления консолидации $\sigma_{c,max}$ необходимо назначать в зависимости от предполагаемого напряженного состояния грунтового массива с учетом расчетных нагрузок от сооружения и бытового давления. Остальные значения давлений консолидации назначают как часть от $\sigma_{c,max}$ (например, $0{,}25\sigma_{c,max}$, $0{,}5\sigma_{c,max}$ и т. д.). При отсутствии указанных данных значения σ_c принимаются в соответствии с табл. 37.1. Всестороннее давление в камере до достижения давления

консолидации передают ступенями – $\Delta\sigma_c$. Значения ступеней давления $\Delta\sigma_c$ принимают также в соответствии с табл. 37.1.

Каждую ступень всестороннего давления при консолидации выдерживают не менее: 5 мин – для песков; 15 мин – для глинистых, органоминеральных и органических грунтов. Конечную ступень давления для глинистых, органоминеральных и органических грунтов выдерживают до завершения 100 % фильтрационной консолидации образца.

Таблица 37.1. Давление консолидации и ступени давления на образец грунта

Грунты	Давление консолидации σ_c, МПа	Ступени давления $\Delta\sigma_c$, МПа
Пески крупные и средней крупности плотные Глины с $I_L \leq 0{,}25$	0,1; 0,3; 0,5	0,1
Пески средней крупности, средней плотности, пески мелкие плотные и средней плотности Глинистые: супеси и суглинки с $I_L \leq 0{,}5$, глины с $0{,}25 < I_L \leq 0{,}5$	0,1; 0,2; 0,3	0,05
Пески средней крупности и мелкие рыхлые, пески пылеватые независимо от плотности Глинистые: супеси, суглинки, глины с $I_L > 0{,}5$	0,1; 0,15; 0,20	0,025 до $\sigma_3 = 0{,}1$ далее 0,05
Органоминеральные и органические грунты	0,05; 0,075; 0,1	0,025

В процессе консолидации на конечной ступени давления производят измерение объема вытесненной жидкости ΔV_c.

Для определения времени окончания 100 % фильтрационной консолидации в процессе испытания строят график зависимости объемной деформации образца ΔV от квадратного корня из времени $\Delta V = f(\sqrt{t})$ (возможно также использование логарифмической шкалы $\Delta V = f\,(lgt)$). Время 100 % консолидации (t_{100}) определяют по аналогии с компрессионными испытаниями.

Отсчеты по прибору для измерения объемной деформации образца грунта записывают в конце приложения каждой ступени всестороннего давления $\Delta\sigma_3$ (не менее 5 мин – для песков и 15 мин – для глинистых, органоминеральных и органических грунтов, конечную ступень давления выдерживают до завершения 100 % фильтрационной консолидации образца). На конечной ступени давления при выдерживании ее до завершения 100 % фильтрационной консолидации образца отсчеты производят с постепенным увеличением интервалов времени, например, через 0,2, 0,5, 1, 2, 5, 10, 15, 30 мин, 1, 2, 4, 8 часов и далее в начале и конце смены. Указанное время проведения отсчетов может быть несколько изменено для удобства построения кривой консолидации методом квадратного корня из времени.

Для определения коэффициента фильтрационной консолидации c_v используют графики зависимости $\Delta V = f(\sqrt{t})$ или $\Delta V = f\,(lgt)$, по которым определяют время 90 % (t_{90}) или 50 % (t_{50}) консолидации.

После завершения процесса консолидации фиксируют изменение объема ΔV_c образца и вертикальное сжатие Δh_c и перекрывают дренаж.

Разрушение образца производят путем приложения вертикальной нагрузки при ранее достигнутом давлении в камере и перекрытом дренаже. Приложение вертикальной нагрузки производят с заданной постоянной скоростью деформирования образца – кинематический режим или ступенями – статический режим.

При кинематическом режиме нагружения максимальная скорость

деформации определяется по следующей методике для КН испытаний.

Скорость деформации образца грунта на стадии разрушения при трехосных испытаниях определяют, используя данные, полученные на стадии консолидации образца. ***Скорость деформации v*** для КН и КД испытаний определяют по формуле:

$$\upsilon = \frac{(h - \Delta h_c)\varepsilon_{1f}}{F \cdot t_{50}} \ ,$$

где: h – начальная высота образца грунта, мм; Δh_c – изменение в высоте образца в конце консолидации, мм; ε_{1f} – ожидаемая вертикальная деформация при разрушении (принимается по результатам первого разрушения, для которого скорость рассчитывается при ε_{1f} = 10 %); F – коэффициент, зависящий от типа испытаний и условий дренирования (значения F, соответствующие 95 % диссипации порового давления приведены в табл. 37.2); t_{50} – время, требуемое для 50 % фильтрационной консолидации образца грунта, мин.

Таблица 37.2.Значения коэффициента F

Условия дренирования в течение консолидации	Значения F для h_i / D_i = 2	
	КН испытание	КД испытание
Одностороннее	2,1	34
Двухстороннее	8,4	34
Радиальное и одностороннее	7,2	56
Радиальное и двухстороннее	9,2	64

Примечания: одностороннее дренирование осуществляется с одного торца образца, двустороннее – с двух торцов, условия дренирования в течение консолидации и дренированного сдвига должны быть одинаковыми для всех значений F, радиальное дренирование – при наличии на боковой поверхности образца полос фильтровальной бумаги.

При статическом нагружении нагрузку прикладывают ступенями. Величина ступени составляет 10 % от эффективного напряжения – разности между полным давлением в камере и поровым давлением в образце после реконсолидации, или заданного программой испытаний. Критерием завершения ступени нагружения является достижение *скорости деформации v*.

Отсчеты по прибору для измерения вертикальной деформации образца записывают не реже, чем через каждый 1 % деформации.

При статическом режиме нагружения отсчеты по прибору для измерения вертикальной деформации образца записывают через каждые 2 мин.

Испытание продолжают до момента разрушения образца (достижения максимума осевой нагрузки) или до достижения относительной вертикальной деформации образца грунта ε_1 = 0,15. После окончания испытания образец грунта разгружают, сбрасывают давление в камере и сливают рабочую жидкость. Образец грунта извлекают из камеры и отбирают из него пробы для контрольного определения влажности. Необходимо также сфотографировать образец или сделать эскизную зарисовку, чтобы зафиксировать характер разрушения образца.

Проведение консолидированно-дренированного (КД) испытания. При проведении КД испытаний водонасыщенных в природных условиях грунтов образец грунта водонасыщается и уплотняется в соответствии с вышеприведенной методикой консолидированно-недренированного испытания. После чего рассчитывается коэффициент фильтрационной консолидации c_v.

КД испытания для определения характеристик прочности производят в условиях открытого дренажа при поддержании величины противодавления, достигнутого на этапе реконсолидации и водонасыщения. При этом образец

нагружают вертикальной нагрузкой до разрушения при постоянном всестороннем давлении в камере σ_3, определяемом в соответствии методикой консолидированно-недренированного испытания или при иных условиях нагружения, предусмотренных программой испытаний.

Разрушение грунта производится при постоянном всестороннем давлении в камере σ_3 по двум режимам нагружения.

При кинематическом нагружении определяется максимальная скорость деформации для КД испытаний, отсчеты по прибору для измерения вертикальной деформации образца записывают не реже, чем через каждый 1 % деформации.

При статическом нагружении вертикальное давление на образец передают ступенями, равными 10 % заданного всестороннего давления в камере. Критерием завершения ступени нагружения является достижение скорости деформации нагружения, отсчеты по прибору для измерения вертикальной деформации образца записывают через каждые 10 мин.

Испытание продолжают до момента разрушения образца или до достижения относительной вертикальной деформации образца грунта $\varepsilon_1 = 0{,}15$. После окончания испытания образец грунта разгружают, сбрасывают давление в камере и сливают рабочую жидкость. Образец грунта извлекают из камеры и берут из него пробы для контрольного определения влажности. Необходимо также сфотографировать образец или сделать зарисовку, чтобы зафиксировать характер разрушения образца.

Испытания для определения характеристик деформируемости *водонасыщенных в природных условиях грунтов* производят при постоянном всестороннем давлении в камере σ_3. Приложение вертикальной нагрузки производят либо с заданной скоростью деформирования образца – кинематический режим, либо ступенями – статический режим. Ступени давления в зависимости от всестороннего давления в камере принимают по табл. 37.3 проводят следующие операции: При статическом нагружении отсчеты записывают на каждой ступени давления:

через 1, 5, 15, 30 мин и далее через 0,5 ч – для песков;

через 1, 5, 15, 30 мин, 1, 2, 4, 6 и 8 ч, а затем в начале и в конце рабочего дня – для глинистых, органоминеральных и органических грунтов.

Таблица 37.3. Ступень вертикального давления на образец грунта

Грунты			Ступень вертикального давления на образец грунта, % заданного всестороннего давления в камере при номерах ступеней		
			1	2–6	7 и далее
Пески			30	30	15
Глинистые:	супеси		10	20	10
	суглинки:	с $I_L \le 0{,}5$	10	20	10
		$I_L > 0{,}5$	8	15	8
	глины	с $I_L \le 0{,}5$	6	15	6
		$I_L > 0{,}5$	5	10	5
Органоминеральные и органические			5	10	5

При проведении КД испытаний для определения модуля деформации неводонасыщенных в природных условиях грунтов образец грунта уплотняют, повышая всестороннее давление в камере ступенями до заданного значения σ_3. Значения ступеней давления принимают в соответствии с табл. 37.1. Каждую ступень давления выдерживают не менее 5 мин – для песков и 15 мин – для глинистых, органоминеральных и органических грунтов, а конечную ступень – до

достижения условной стабилизации объемной деформации. За критерий условной стабилизации объемной деформации образца грунта принимают приращение относительной объемной деформации, не превышающее 0,15 % за время, указанное в табл. 37.4. При этом объемную деформацию измеряют по изменению объема воды в камере.

Таблица 37.4. Время условной стабилизации деформаций сжатия

Грунты			Время выдерживания ступеней, не менее	Время условной стабилизации деформаций сжатия на конечной ступени, не менее
Пески			5 мин	0,5 ч
Глинистые (непросадочные и ненабухающие)	супеси			3 ч
	суглинки	с $I_p < 12$ %	30 мин	6 ч
		с $I_p \geq 12$ %		12 ч
	глины	с $I_p < 22$ %		12 ч
		с $I_p \geq 22$ %		18 ч
Органоминеральные			1 ч	24 ч
Просадочные				3 ч
Набухающие			30 мин	Как для ненабухающих

Вертикальное давление на образец передают ступенями в соответствии с табл. 37.3 при постоянном значении σ_3. Каждую ступень давления выдерживают до условной стабилизации вертикальной деформации образца, за критерий которой принимают приращение относительной вертикальной деформации, не превышающее 0,05 % за время, указанное в табл. 37.4. При кинематическом нагружении скорость вертикальной деформации принимают в соответствии с программой испытаний на основе специального обоснования.

Отсчеты по приборам для измерения вертикальных и объемных деформаций образца производят через 1, 5, 15, 30 мин и далее через 0,5 ч – для песков; через 1, 5, 15, 30 мин, 1, 2, 4, 6 и 8 ч, а затем в начале и в конце рабочего дня – для глинистых, органоминеральных и органических грунтов.

Испытание проводят до разрушения образца или прекращают при заданном вертикальном давлении, определенном с учетом предполагаемого напряженного состояния в исследуемом грунтовом массиве. После окончания испытания образец грунта разгружают, сбрасывают давление в камере и сливают рабочую жидкость. Образец грунта извлекают из камеры и отбирают из него пробы для контрольного определения влажности. Необходимо также сфотографировать образец или сделать эскизную зарисовку, чтобы зафиксировать характер разрушения образца.

Обработка результатов. По результатам испытания образца грунта в условиях трехосного сжатия вычисляют:

– ***абсолютную вертикальную деформацию*** образца грунта Δh, мм;

– ***относительную вертикальную деформацию*** образца грунта ε_1 по формуле:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h - \Delta h_c},$$

где h – начальная высота образца, мм; Δh_c – абсолютная вертикальная деформация в конце стадии реконсолидации для НН испытаний и уплотнения (консолидации) для КН и КД испытаний, мм; абсолютную объемную деформацию образца грунта ΔV, см^3, с учетом поправки на расширение камеры для КН и КД испытаний; относительную объемную деформацию образца грунта ε_V по формуле:

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V - \Delta V_c},$$

где V – начальный объем образца, см^3; ΔV_c – изменение объема в конце этапа уплотнения (консолидации); девиатор напряжений ($\sigma_1 - \sigma_3$), МПа, определяемый по формуле:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{F - A_s\sigma_3}{A},$$

где F – вертикальная нагрузка, кН; A – площадь поперечного сечения образца, см^2; A_s – площадь поперечного сечения штока, см^2.

При расчете вертикальной нагрузки при необходимости вводят поправку на трение штока во втулке камеры и на жесткость оболочки.

При относительной вертикальной деформации образца грунта, превышающей 0,02, учитывают изменение площади образца А в процессе испытания.

Для любого момента испытаний площадь S_i определяют по формулам:

– для НН испытания $$A_i = b\frac{A}{1-\varepsilon_1};$$

– для КН и КД испытаний $$A_i = Ab\frac{1-\varepsilon_v}{1-\varepsilon_1};$$

где b – коэффициент неравномерности расширения образца:

$$b = \frac{1 - A_c / A_k}{\Delta h_k / h_c},$$

где A_c – площадь поперечного сечения образца в конце этапа реконсолидации для НН испытаний и этапа консолидации для КН и КД испытаний, см^2; $A_к$ – площадь поперечного сечения в средней части образца после испытания, см^2; h_c – высота образца в конце этапа реконсолидации для НН испытаний и этапа консолидации для КН и КД испытаний, см; $\Delta h_к$ – полная деформация образца после испытания, см.

Площадь поперечного сечения образца A_c при (НН) испытаниях допускается принимать равной площади начального поперечного сечения образца – A_o. Площадь поперечного сечения образца A_c для КН и КД испытаний рассчитывают по формуле:

$$A_c = (V - \Delta V_c) / h_c,$$

где ΔV_c – изменение объема образца в конце этапа консолидации, см^3; V – начальный объем образца, см^3.

Площадь поперечного сечения в средней части образца $A_к$ при отсутствии системы контроля изменения поперечного сечения образца в процессе испытания допускается определять по результатам прямых измерений диаметра образца после испытания штангенциркулем, при этом диаметр вычисляется как среднее значение из трех измерений в среднем сечении образца под углом в 120°.

Метод не может быть использован при неограниченных деформациях образца, поэтому при разрушении необходимо контролировать максимальные деформации, в особенности для статического нагружения, не допуская их превышения более 15 %.

При определении характеристик прочности по вычислительным значениям строят график зависимости $\varepsilon_1 = f(\sigma_1 - \sigma_3)$ для испытаний, проведенных при различных значениях ε_3 (рис. 37.3, а). На графиках определяют значения $(\sigma_1 - \sigma_3)^p$, соответствующие моменту разрушения образца грунта (точка перегиба графика) или относительной вертикальной деформации образца ε_1= 0,15 и строят круги Мора-Кулона с радиусами $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ и координатами центров $[(\sigma_1 + \sigma_3)/2; 0]$ (рис. 37.3 б).

Частное значение сопротивления недренированному сдвигу c_u, МПа (кПа),

определяют по результатам НН испытаний по формуле

$$c_u = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2},$$

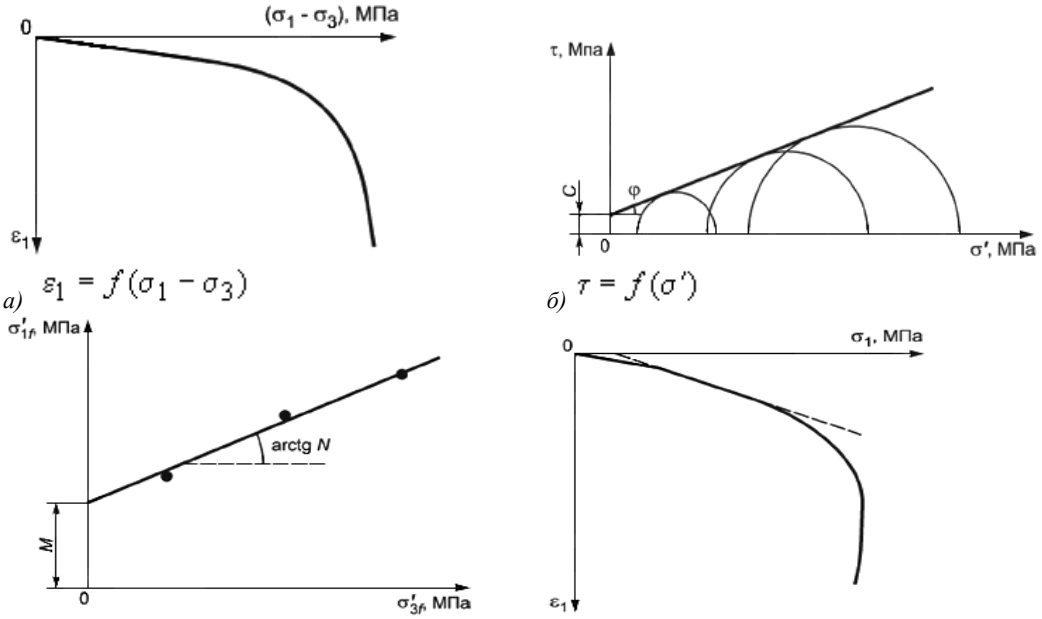
где σ_{1f} и σ_{3f} – значения полных напряжений σ_1 и σ_3 при разрушении образца, МПа.

Эффективные значения угла внутреннего трения φ' (рад) ***и удельного сцепления*** c', МПа (кПа), при КН и КД испытаниях вычисляют по формулам:

$$\varphi' = arctg\frac{N-1}{2\sqrt{N}}, \qquad c' = \frac{M}{2\sqrt{N}},$$

где N и M вычисляют по формулам:

$$N = \frac{n\Sigma\sigma_{1f}\sigma_{3f} - \Sigma\sigma_{1f}\Sigma\sigma_{3f}}{n\Sigma(\sigma_{3f})^2 - (\Sigma\sigma_{3f})^2}; \quad M = \frac{\Sigma\sigma_{1f}\Sigma(\sigma_{3f})^2 - \Sigma\sigma_{3f}\Sigma\sigma_{1f}\sigma_{3f}}{n\Sigma(\sigma_{3f})^2 - (\Sigma\sigma_{3f})^2}.$$



а) $\varepsilon_1 = f(\sigma_1 - \sigma_3)$ *б)* $\tau = f(\sigma')$

в) $\sigma'_{1f} = f(\sigma'_{3f})$ *г)* $\varepsilon_1 = f(\sigma_1)$ Образец графического оформления результатов испытания грунта при определении характеристик деформируемости

Рис. 37.3. Графики обработки результатов испытаний грунтов при трехосном сжатии [4]

Для КН испытания эффективные напряжения σ'_1 и σ'_3 вычисляют по формулам:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - u;$$
$$\sigma'_3 = \sigma_3 - u,$$

где u – поровое давление, МПа.

Для оценки разброса экспериментальных данных и выявления ошибок испытаний перед вычислением φ' и c' строят график зависимости $\sigma'_1 = f(\sigma'_3)$ при разрушении образцов (рис. 37.3, б).

При определении модуля деформации при КД испытаниях строят график зависимости $\varepsilon_1 = f(\sigma_1)$. На графике (рис. 8.66, в) принимают линейную аппроксимацию участков для заданных программой испытаний диапазонов напряжений.

Модуль деформации E, МПа, и ***коэффициент поперечной деформации*** ν определяют при испытаниях (или этапах испытаний), проведенных при постоянном значении горизонтальных напряжений σ_3 ($\Delta\sigma_3 = 0$), и вычисляют по формулам:

$$E = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\varepsilon_1}; \quad \text{и} \quad \nu = \frac{\Delta\varepsilon_3}{\Delta\varepsilon_1},$$

где $\Delta\sigma_1$ – приращение напряжений σ_1 в заданном диапазоне; $\Delta\varepsilon_1$ и $\Delta\varepsilon_3$ – приращение относительных вертикальной и поперечной деформаций образца.

$$\Delta\varepsilon_3 = \frac{\Delta\varepsilon_v - \Delta\varepsilon_1}{2}, \tag{8.35}$$

где $\Delta\varepsilon_v$ – приращение относительной объемной деформации образца.

По данным испытаний грунта в условиях трехосного сжатия могут быть определены модуль сдвига G, модуль объемной деформации K и секущий модуль деформации E_{50} по формулам:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad K = \frac{E}{3(1+2\nu)}, \quad E_{50} = \frac{(\sigma_1)_{50} - \sigma_c}{(\varepsilon_1)_{50}}, \quad (\sigma_1)_{50} = \frac{\sigma_{1f} + \sigma_c}{2},$$

где σ_{1f} – напряжение при разрушении; σ_{1c} – напряжение в конце этапа уплотнения; $(\varepsilon_1)_{50}$ – значение ε_1 при $(\sigma_1)_{50}$ [4].

ЖУРНАЛ

испытания грунта методом трехосного сжатия

Номер образца_____

Дата испытания	Время снятия отсчета t_i, ч	Время t, мин	Давление в камере σ_3, МПа	Вертикальная нагрузка			Поровое давление u, МПа	Вертикальные деформации		
				Осевая нагрузка F, кН	Площадь образца A_i, см2	Давление p_i, МПа		Показания по прибору	Деформация с поправкой Δh, мм	Относительная деформация ε_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Окончание

Объемные деформации			Вертикальное напряжение σ_1, МПа	Примечание
Показания по прибору	Объемная деформация с поправкой ΔV, см3	Относительная деформация ε_v		
12	13	14	15	16

38. Определение предела прочности при одноосном растяжении по ГОСТ 21153.3. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении

Метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами предназначен для исследовательских и массовых испытаний горных пород в лабораторных и полевых условиях. Сущность метода заключается в измерении разрушающей силы, приложенной к образцу через стальные встречно направленные сферические инденторы (рис. 38.1).

Оборудование. Для проведения испытания применяют оборудование, инструменты и материалы, перечисленные в *методе определения прочности цилиндрических и призматических образцов прямым растяжением*, а также машины шлифовально-заточные, молоток геологический, тиски слесарные и набор слесарных напильников; машины испытательные и прессы или машину испытательную переносную (рис. 38.1); устройство установочное любой конструкции, размещаемое на опорной плите испытательной машины (пресса) и обеспечивающее соосное (отклонение от соосности не более 0,1 мм) приложение к образцу через стальные сферические иденторы диаметром (15 ± 0,05) мм; бумагу масштабно-координатную – для нанесения контура поверхности разрыва образца неправильной формы.

Подготовка к испытанию. Образцы неправильной формы подготавливают откалыванием, отпиливанием или подшлифовкой, используя любое подходящее оборудование.

Размеры образцов и места их нагружения встречными инденторами должны быть такими, чтобы площадь поверхности разрыва (раскола) была не менее 3 и не более 100 см^2, предпочтительно – (15±3) см^2. При этом площади по поверхности раскола образцов одной выборки не должны отличаться более чем в два раза. Места нагружения инденторами намечают карандашом. *Высота образцов (расстояние между точками приложения нагрузки) должна быть не менее 10 мм. Максимальные и минимальные линейные размеры образцов в пределах поверхности разрыва должны отличаться не более чем в 5 раз.*

Ход работы. Ось нагружения образца инденторами должна быть ориентирована относительно строения (слоистости) породы в соответствии с заданным направлением растяжения породы и должна быть удалена от ближайшей боковой поверхности образца на расстояние не меньшее половины высоты образца.

Для устойчивого положения между инденторами образца неправильной формы на двух противоположных его поверхностях непосредственно в местах предполагаемого контакта с инденторами выбирают или подготавливают любыми средствами примерно параллельные площадки не менее 10х10 мм. Количество образцов правильной формы должно быть не менее 6, а неправильной не менее 10

Образец устанавливают между инденторами в соответствии со схемой, приведенной на рис. 38.1, а. Наиболее рациональные схемы установки образцов приведены на рис. 38.1, в.

Образец нагружают до разрушения равномерно со скоростью 0,1 – 0,5 кН/с. Испытание признают действительным при разрыве образца на две части по поверхности, проходящей через ось нагружения. Определяют величину площади поверхности разрыва образца в квадратных сантиметрах.

Обработка результатов. Предел прочности при одноосном растяжении R_p, МПа, для каждого образца вычисляют по формуле:

$$R_p = 7{,}5\frac{P}{S}k\ ,$$

где P – разрушающая сила, кН; S – площадь поверхности разрушения образца, см^2; k – безразмерный масштабный коэффициент, принимаемый равным 1.00 при S=(15±3) см^2. Для других значений S коэффициент k устанавливается по табл. 38.1.

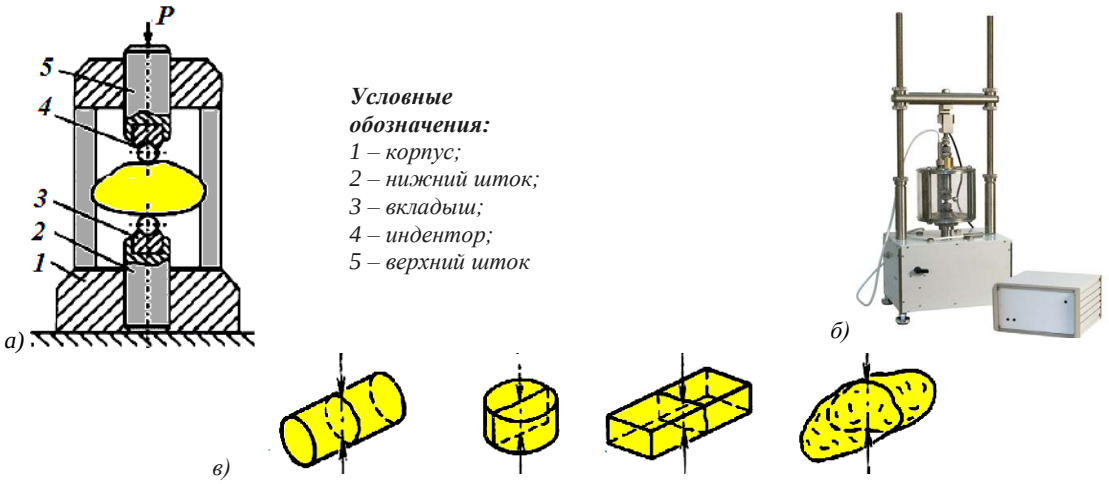


Рис. 38.1. Устройства одноосного растяжения: а) конструкция устройства; б) устройство одноосного растяжения НПО «Геотек» [34], в) схемы установки образцов

Таблица 38.1. Значения коэффициента k

S, см^2	3	4	5	8	10	15	20
k	0,76	0,72	0,76	0,85	0,90	1,00	1,08
S, см^2	30	35	40	45	50	80	100
k	1,19	1,24	1,28	1,32	1,35	1,52	1,61

Вычисление площади поверхности разрыва образцов неправильной формы производят с погрешностью до 0,10 см^2, а образцов правильной формы – до 0,01 см^2, округляют до 0,10 см^2. Обработку результатов испытаний образцов производят в следующем порядке. Вычисляют среднее арифметическое значение по пробе предела прочности , среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации :

$$\overline{\sigma}_{\text{р}}^{\text{пр}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_{\text{р},i}^{\text{пр}}\ ; \qquad \Delta = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\sigma_{\text{р},i}^{\text{пр}} - \overline{\sigma}_{\text{р}}^{\text{пр}})^2}\ ; \qquad V = -\frac{\Delta}{\overline{\sigma}_{\text{р}}^{\text{пр}}}\cdot 100\ \%\ .$$

Вычисления производят с точностью округления: частных значений и среднего арифметического значения, а также среднего квадратического отклонения предела прочности – **до 0,01 МПа**, при этом значения менее 10 МПа оставляют без изменения, а значения более 10 МПа округляют до 0,10 МПа; значений коэффициента вариации – до 1%.

Используя корреляционные зависимости по значениям R_c можно получить ***сопротивления растяжению скальных грунтов*** R_p (табл. 38.2).

Таблица 38.2. Зависимости между сопротивлением сжатию и растяжению [7]

Разновидности горных пород	Корреляционные зависимости
Аргиллиты, мергели	$R_c=16R_p$
Аргиллиты, известняки	$R_c=20R_p$
Песчаники глинистые	$R_c=18R_p$
Песчаники карбонатные	$R_c=21R_p$
Песчаники кварцевые	$R_c=25R_p$
Прочие осадочные	
при $R_c \le 1$ *МПа*	$R_c=12R_p$
при $R_c > 1$ *МПа*	$R_c=20R_p-8$

Изверженные и метаморфические	$R_c=25R_p$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10650–2013 Торф. Методы определения степени разложения. Технические условия
2. ГОСТ 11305–2013. Торф и продукты его переработки. Методы определения влаги
3. ГОСТ 11306–2013 Торф. Методы определения зольности.
4. ГОСТ 12248–2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
5. ГОСТ 12536–2014 Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
6. ГОСТ 19723–74 Торф. Метод определения содержания влаги в залежи
7. ГОСТ 21123–85 Торф. Термины и определения.
8. ГОСТ 21153.3–85 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении.
9. ГОСТ 22733–2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.
10. ГОСТ 23161–2012 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.
11. ГОСТ 23740–79 Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ.
12. ГОСТ 25100–2011 Грунты. Классификация.
13. ГОСТ 25584–90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
14. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества
15. ГОСТ 27784–88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв
16. ГОСТ 28245–89 Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения.
17. ГОСТ 30416–2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения
18. ГОСТ 30629–2011 Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний
19. ГОСТ 5180–84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
20. ГОСТ 9.602–2005. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии..
21. ГОСТ 9758–2012 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний
22. ГОСТ Р 54476–2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве
23. ГОСТ Р 54477–2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве
24. Грунтоведение. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е. А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. М.: Изд.–во МГУ, 2005 – 1024с.
25. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. – Л.: Недра, 1990. – 328 с.
26. Методические указания по инженерно-геологическому обследованию болот при изысканиях автомобильных и железных дорог, Союздорнии, М., 1973.
27. РД 34 15.073–91. Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве
28. РСН 51–84. Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов
29. Руководство по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов ПНИИС, М., 1973. 228 с.
30. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96
31. СТО 60284311-003-2012. Грунты. Метод компрессионных испытаний грунтов в режиме релаксации напряжений
32. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения.– М.: Недра, 1976. – 487 с.
33. Указания по полевой документации инженерно-геологических и поисково-разведочных работ при изысканиях автомобильных дорог – М. ГПИ Союздорпроект, 1971. 122 с.
34. http://npp-geotek.ru
35. www.kvazar–ufa.com
36. www.nica.novsk.ru
37. http://futurum1.spb.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Общая классификация скальных грунтов согласно ГОСТ 25100 [12]

Класс	Тип (подтип)	Вид		Подвид *
СКАЛЬНЫЕ	Магматические (интрузивные)	Силикатные	ультраосновные	Перидотиты, дуниты, пироксениты и др.
			основные	Габбро, нориты, анортозиты, диабазы, долериты и др.
			средние	Диориты, сиениты и др.
			кислые	Граниты, гранодиориты, кварцевые, сиениты, порфиры и др.
	Магматические (эффузивные)	Силикатные	ультраосновные	Пикриты, коматииты и др.
			основные	Базальты, долериты, порфириты и др.
			средние	Андезиты, трахиты и др.
			кислые	Риолиты, дациты и др.
	Метаморфи-ческие	Силикатные		Гнейсы, сланцы, кварциты, роговики, скарны, грейзены, березиты, пропилиты, вторичные кварциты, гидротермально-измененные грунты и др.
		Карбонатные		Мраморы и др.
		Железистые		Железные руды, джеспилиты и др.
		Органо-минеральные		Горючие сланцы, антрациты и др.
	Осадочные	Силикатные		Песчаники, конгломераты, аргиллиты, алевролиты, сцементированные глины и др.
		Карбонатные		Известняки, доломиты, мел, мергели и др.
		Кремнистые		Опоки, диатомиты и др.
		Сульфатные		Гипсы, ангидриты и др.
		Галоидные		Галиты и др.
		Органо-минеральные		Бурые угли, битуминозные известняки и др.
	Вулканогенно-осадочные	Силикатные		Туфопесчаники, туфоалевролиты, туфоаргиллиты, туффиты, вулканические туфы, кластолавы, лавовые брекчии и др.
		Хемогенно-силикатные		Туфопесчаники, туфоалевролиты, туфоаргиллиты, туффиты, вулканические туфы, кластолавы, лавовые брекчии и др.
	Элювиальные	Минеральные		Скальные грунты трещинных зон коры выветривания
	Техногенные	Все виды техногенно измененных природных и антропогенно образованных скальных грунтов и преобразованных дисперсных грунтов с приобретенными цементационными связями		Все подвиды техногенно изменённых природных и антропогенно образованных скальных грунтов и преобразованных дисперсных грунтов с приобретенными цементационными связями

Общая классификация дисперсных грунтов согласно ГОСТ 25100 [12]

Класс	Подкласс	Тип	Подтип	Вид	Подвид
ДИСПЕРСНЫЕ	Несвязные	Осадочные	Флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые и др.	Минеральные	Крупнообломочные грунты. Пески
				Органо-минеральные	Заторфованные пески
		Вулкано-генно-осадочные	Вулканогенно-осадочные, осадочно-вулканогенные, пирокластические	Минеральные	Вулканогенно-обломочные грунты Вулканические пески, пеплы
		Элюви-альные	Образованные в результате выветривания: физического, физико-химического, химического, биологического	Минеральные и органо-минеральные	Крупнообломочные грунты и пески обломочных и дисперсных зон коры выветривания и почвы
		Техноген-ные	Техногенно измененные в условиях естественного залегания природные грунты	Все виды техногенно измененных природных несвязных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных несвязных грунтов
			Техногенно перемещенные природные грунты	Все виды техногенно измененных природных несвязных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных несвязных грунтов
			Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	Различные подвиды антропогенных грунтов
	Связные	Осадочные	Флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые и др.	Минеральные	Глинистые грунты
				Органо-минеральные	Илы, Сапропели Заторфованные глинистые и др.
			Озерно-болотные, болотные, аллювиально-болотные и др.	Органические	Торфы Сапропели и др.
		Элюви-альные	Образованные в результате выветривания: физического, физико-химического, химического, биологического	Минеральные и органо-минеральные	Глинистые грунты дисперсных зон коры выветривания и почвы
		Техноген-ные	Техногенно измененные в условиях естественного залегания природные грунты	Все виды техногенно измененных природных связных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных связных грунтов
			Техногенно перемещенные природные грунты	Все виды техногенно измененных природных связных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных связных грунтов
			Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	Различные подвиды антропогенных грунтов

Общая классификация мерзлых грунтов согласно ГОСТ 25100 [12]

Класс	Подкласс	Тип	Подтип	Вид	Подвид
МЕРЗЛЫЕ	Скальные мерзлые	Природные промерзшие	Интрузивные, эффузивные, метаморфические, осадочные, вулканогенно-осадочные, элювиальные	Все виды скальных грунтов	Все подвиды скальных грунтов
		Техногенные промороженные и мерзлые	Природные грунты, техногенно измененные в условиях естественного залегания	Все виды техногенно измененных природных скальных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных скальных грунтов
	Дисперсные мерзлые	Природные промерзшие	Осадочные, вулканогенно-осадочные, элювиальные	Все виды дисперсных грунтов	Все подвиды дисперсных грунтов
		Техногенные промороженные и мерзлые	Природные грунты, техногенно измененные в условиях естественного залегания	Все виды техногенно измененных природных дисперсных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных дисперсных грунтов
			Техногенно перемещенные природные мерзлые грунты		
			Антропогенные промороженные и мерзлые грунты		
	Ледяные	Льды конституционные: внутригрунтовые, погребенные, пещерно-жильные	Сегрегационные, инъекционные, ледниковые, наледные, речные, озерные, морские, донные, инфильтрационные, жильные, повторно-жильные, пещерные	Льды	Льды разного состава
				Ледогрунты	Ледогрунты разного состава
		Техногенные – ледяные искусственные	Антропогенные намороженные льды	Все виды намороженных льдов	Все подвиды искусственных льдов разного состава

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ПРИРОДНЫХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ [12]

1. Классификация грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии		
Разновидность грунтов		**Предел прочности на одноосное сжатие R_c, МПа**
Скальные	Очень прочный	$R_c \geq 120$
	Прочный	$120 > R_c \geq 50$
	Средней прочности	$50 > R_c \geq 15$
	Малопрочный	$15 > R_c \geq 5$
Полускальные	Пониженной прочности	$5 > R_c \geq 3$
	Низкой прочности	$3 > R_c \geq 1$
	Очень низкой прочности	$R_c < 1$

2. Классификация грунтов по плотности скелета	
Разновидность грунтов	**Плотность скелета ρ_d, г/см^3**
Очень плотный	$\rho_d \geq 2{,}50$
Плотный	$2{,}50 > \rho_d \geq 2{,}10$
Рыхлый	$2{,}10 > \rho_d \geq 1{,}20$
Очень рыхлый	$\rho_d < 1{,}20$

3. Классификация грунтов по пористости	
Разновидность грунтов	**Пористость *n*, %**
Непористый	$n \leq 3$
Слабо пористый	$3 < n \leq 10$
Среднепористый	$10 < n \leq 30$
Сильнопористый	$n > 30$

4. Классификация грунтов по коэффициенту выветрелости	
Разновидность грунтов	**Коэффициент выветрелости K_{wr}**
Слабовыветрелый	$0{,}9 \leq K_{wr} < 1$
Средневыветрелый	$0{,}8 \leq K_{wr} < 0{,}9$
Сильновыветрелый	$K_{wr} < 0{,}80$

5. Классификация грунтов по степени размягчаемости в воде	
Разновидность грунтов	**Коэффициент размягчаемости K_{sof} , д.ед.**
Неразмягчаемый	$\geq 0{,}75$
Размягчаемый	$< 0{,}75$

6. Классификация грунтов по степени растворимости в воде	
Разновидность грунтов	**Количество воднорастворимых солей q_{sr}, г/л**
Нерастворимый	$q_{sr} \leq 0{,}01$
Труднорастворимый	$0{,}01 < q_{sr} \leq 1$
Среднерастворимый	$1 < q_{sr} \leq 10$
Легкорастворимый	$10 < q_{sr} \leq 100$

7. Классификация грунтов по степени водопроницаемости	
Разновидность грунтов	**Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут**
Неводопроницаемый	$K_ф \leq 0{,}005$
Слабоводопроницаемый	$0{,}005 < K_ф \leq 0{,}3$
Водопроницаемый	$0{,}3 < K_ф \leq 3$
Сильноводопроницаемый	$3 < K_ф \leq 30$
Очень сильноводопроницаемый	$K_ф > 30$

8. Классификация грунтов по структуре и текстуре			
Подгруппа грунтов		**Структура**	**Текстура**
Магма–тические	Интрузивные	Мелко-, средне- и крупнокристаллическая	Массивная, порфировая, миндалекаменная
	Эффузивные	Стекловатая, неполнокристаллическая	
Метаморфические		Такая же, как у магматических грунтов	Гнейсовая, сланцеватая, слоисто-сланцеватая, полосчатоя, массивная, тонкослоистая и др.
Осадочные		Мелко-, средне- и крупнокристаллическая	Массивная, слоистая

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ [12]

1 Классификация дисперсных грунтов по размерам слагающие дисперсный грунт элементы и их фракции

Элементы грунта	Фракции	Размер фракций, мм
Валуны (глыбы)	Крупные Средние Мелкие	> 800 400 – 800 200 – 400
Галька (щебень)	Крупные Средние Мелкие	100 – 200 60 – 100 10 – 60
Гравий (дресва)	Крупные Мелкие	5 – 10 2 – 5
Песчаные частицы	Грубые Крупные Средние Мелкие Тонкие	1 – 2 0,5 – 1 0,25 – 0,5 0,10 – 0,25 0,05 – 0,10
Пылеватые частицы	Крупные Мелкие	0,01 – 0,05 0,002 – 0,01
Глинистые частицы		< 0,002

2. Классификация крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу

Разновидность грунтов		**Размер частиц *d*, мм**	**Содержание частиц, % по массе**
Крупно обломочные грунты	валунный (при неокатанных гранях – глыбовый)	> 200	> 50
	галечниковый (при неокатанных гранях – щебенистый)	> 10	> 50
	гравийный (при неокатанных гранях – дресвяный)	> 2	> 50
Пески	гравелистый	> 2	> 25
	крупный	> 0,50	> 50
	средней крупности	> 0,25	> 50
	мелкий	> 0,10	≥ 75
	пылеватый	> 0,10	< 75

Примечание: при наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40% или глинистого заполнителя более 30% от обшей массы воздушно-сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта добавляется наименование вида заполнителя и указывается характеристика его состояния. Вид заполнителя устанавливается после удаления частиц крупнее 2 мм. ***По степени неоднородности гранулометрического состава*** C_u , крупнообломочные грунты и пески подразделяют на: однородные грунты при $C_u \leq 3$ и неоднородные грунты при $C_u > 3$.

3. Классификация крупнообломочных грунтов и песков по коэффициенту водонасыщения

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , д.ед.
Малой степени водонасыщения	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_r \leq 1$

4. Классификация песков по коэффициенту пористости

Разновидность песков	Коэффициент пористости *e*, д.ед.		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$ $0,55 < e \leq 0,70$ $e > 0,70$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,75$ $e > 0,75$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,80$ $e > 0,80$
Средней плотности	$e \leq 0,55$ $0,55 < e \leq 0,70$ $e > 0,70$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,75$ $e > 0,75$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,80$ $e > 0,80$
Рыхлый	$e \leq 0,55$ $0,55 < e \leq 0,70$ $e > 0,70$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,75$ $e > 0,75$	$e \leq 0,60$ $0,60 < e \leq 0,80$ $e > 0,80$

5. Классификация песков по степени плотности

Разновидность песков	Степень плотности I_D, д.ед.
Слабоуппотненный	$0 < I_D \leq 0,33$
Среднеуплотненный	$0,33 < I_D \leq 0,66$
Сильноуплотненный	$0,66 < I_D \leq 1,00$

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ *(продолжение)* ***[12]***

6. Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту выветрелости	
Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wr}, д.ед.
Невыветрелый	$0 < K_{wrt} \leq 0{,}50$
Слабовыветрелый	$0{,}50 < K_{wrt} \leq 0{,}75$
Сильновыветрелый	$0{,}75 < K_{wrt} \leq 1{,}00$

7. Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту истираемости	
Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент истираемости K_{fr}, д.ед.
Очень прочный	$K_{fr} \leq 0{,}05$
Прочный	$0{,}05 < K_{fr} \leq 0{,}20$
Средней прочности	$0{,}20 < K_{fr} \leq 0{,}30$
Малопрочный	$0{,}30 < K_{fr} \leq 0{,}40$
Пониженной прочности	$K_{fr} > 0{,}40$

8. Классификация глинистых грунтов по числу пластичности	
Разновидность глинистых грунтов	Чисто пластичности I_p
Супесь	$1 \leq I_p < 7$
Суглинок	$7 \leq I_p < 17$
Глина	$I_p \geq 17$

9. Классификация глинистых грунтов по показателю текучести		
Разновидность глинистых грунтов		Показатель текучести I_L
Супесь:	твердая	$I_L < 0$
	пластичная	$0 \leq I_L \leq 1{,}00$
	текучая	$I_L > 1{,}00$
Суглинки и глины:	твердые	$I_L < 0$
	полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0{,}25$
	тугопластичные	$0{,}25 < I_L \leq 0{,}50$
	мягкопластичные	$0{,}50 < I_L \leq 0{,}75$
	текучепластичные	$0{,}75 < I_L \leq 1{,}00$
	текучие	$I_L > 1{,}00$

10. Классификация глинистых грунтов по грансоставу и числу пластичности			
Разновидность глинистых грунтов		Число пластичности I_p	Содержание песчаных частиц (2–0,5 мм), % по массе
Супесь:	песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	≥50
	пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	<50
Суглинок:	легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	≥40
	легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	< 40
	тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	≥40
	тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	<40
Глина	легкая песчанистая	$17 \leq I_p < 27$	≥40
	легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	<40
	тяжелая	$I_p \geq 27$	не регламентируется

11. Классификация глинистых грунтов по наличию включений	
Разновидность глинистых грунтов	Содержание частиц > 2 мм, % по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем), гравием	15 – 25
Супесь, суглинок, глина, галечниковые (щебенистые) или гравелисты (дресвяные)	25 – 50

12. Классификация глинистых грунтов по относительной деформации набухания без нагрузки	
Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания ε_{sw}, д.ед.
Ненабухающий	$\varepsilon_{sw} < 0{,}04$
Слабонабухающий	$0{,}04 \leq \varepsilon_{sw} \leq 0{,}08$
Средненабухающий	$0{,}08 < \varepsilon_{sw} \leq 0{,}12$
Сильнонабухающий	$\varepsilon_{sw} > 0{,}12$

13. Классификация глинистых грунтов по относительной деформации просадочности	
Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация просадочности ε_{sl}, д.ед.
Непросадочный	$\varepsilon_{sl} < 0{,}01$
Слабопросадочный	$0{,}01 \leq \varepsilon_{sl} \leq 0{,}03$
Среднепросадочный	$0{,}03 < \varepsilon_{sl} \leq 0{,}07$
Сильнопросадочный	$0{,}07 < \varepsilon_{sl} \leq 0{,}12$
Чрезвычайно просадочный	$\varepsilon_{sl} > 0{,}12$

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ *(продолжение)* ***[12]***

14. Классификация грунтов по относительной деформации пучения	
Разновидность грунтов	Степень пучинистости ε_{fn}, %
Непучинистый	$\varepsilon_{fn} < 1{,}0$
Слабопучинистый	$1{,}0 \le \varepsilon_{fn} \le 3{,}5$
Среднепучинистый	$3{,}5 < \varepsilon_{fn} \le 7{,}0$
Сильнопучинистый	$7{,}0 < \varepsilon_{fn} \le 10{,}0$
Чрезмернопучинистый	$\varepsilon_{fn} > 10{,}0$

15. Классификация дисперсных грунтов по степени засоленности					
Разновидность грунтов	Степень засоленности, грунтов, D_{sal}, %				
	среднерастворимыми солями (гипс, ангидрит)			хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление	сульфатное, хлоридно сульфатное засоление
	Суглинок	Супесь	Песок		
Незасоленный	$D_{sal} \le 5$	$D_{sal} \le 5$	$D_{sal} \le 3$	$D_{sal} < 0{,}5$	$D_{sal} < 0{,}5$
Слабозасоленный	$5 < D_{sal} \le 10$	$5 < D_{sal} \le 10$	$3 < D_{sal} \le 7$	$0{,}5 \le D_{sal} < 2{,}0$	$0{,}5 \le D_{sal} < 1{,}0$
Среднезасоленный	$10 < D_{sal} \le 20$	$10 < D_{sal} \le 20$	$7 < D_{sal} \le 10$	$2{,}0 \le D_{sal} < 5{,}0$	$1{,}0 \le D_{sal} < 3{,}0$
Сильнозасоленный	$20 < D_{sal} \le 35$	$20 < D_{sal} \le 30$	$10 < D_{sal} \le 15$	$5{,}0 \le D_{sal} \le 10{,}0$	$3{,}0 \le D_{sal} \le 8{,}0$
Избыточнозасоленный	$D_{sal} > 35$	$D_{sal} > 30$	$D_{sal} > 15$	$D_{sal} > 10{,}0$	$D_{sal} > 8{,}0$

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ГРУНТОВ [12]

1. ***Классификация бесструктурных элювиальных грунтов, не обладающих пластическими свойствами по гранулометрическому составу***

Наименование грунта	Преобладающие фракции, мм
Глыбовый	>200
Щебенистый	10–200
Дресвяный	2–10
Песчаный	0,1–2
Алевритовый (пыль)	<0,1

2. Классификация элювиальных скальных грунтов по степени выветрелости

Наименование элювиальных скальных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wr} при исходных породах	
	Магматических и метаморфических	Осадочных сцементированны
Невыветрелые	1	1
Слабовыветрелые	1–0,9	1–0,95
Выветрелые	0,91–0,8	0,96–0,85
Сильновыветрелые	<0,8	<0,85

3. Классификация элювиальных скальных грунтов по степени выветрелости обломочного материала (при содержании крупнообломочной фракции более 30%)

Наименование элювиальных скальных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wr} при исходных породах	
	Магматических и метаморфических	Осадочных сцементированных
Слабовыветрелый	≤ 0,5	≤ 0,33
Выветрелый	0,5–0,75	0,33–0,67
Сильновыветрелый	>0,75	>0,67

4. ***Классификация бесструктурных элювиальных грунтов, не обладающих пластическими свойствами по гранулометрическому составу***

Наименование видов структурного элювия	Предел прочности на сжатие R_c, МПа
Сапролит слабый	5–15
Сапролит средней прочности	15–30
Сапролит повышенной прочности	30–50
Рухляк слабый	≤ 30
Рухляк средней прочности	30–50
Рухляк повышенной прочности	>50

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ ГРУНТОВ [12]

1. По относительному содержанию органического вещества I_r в грунтах	
Разновидность грунтов	Относительное содержание органического вещества I_r, д.е.
Минеральные	$I_r \leq 0{,}03$
Органо-минеральные:	
– с примесью органического вещества	$0{,}03 < I_r \leq 0{,}10$
– с низким содержанием органического вещества	$0{,}10 < I_r \leq 0{,}30$
– с высоким содержанием органического вещества	$0{,}30 < I_r < 0{,}50$
Органические	$I_r \geq 0{,}50$

2.По относительному содержанию органического вещества I_r в торфах и заторфованных грунтах		
Грунт	Относительное содержание органического вещества I_r, д.е.	
	пески	глинистые грунты
С примесью торфа	$0{,}03 \leq I_r \leq 0{,}10$	$0{,}05 < I_r \leq 0{,}10$
Слабозаторфованный	$0{,}10 < I_r \leq 0{,}25$	
Среднезаторфованный	$0{,}25 < I_r \leq 0{,}40$	
Сильнозаторфованный	$0{,}40 < I_r < 0{,}50$	
Торф	$I_r \geq 0{,}50$	

3. Классификация торфов по степени разложения	
Разновидность торфов	Степень разложения D_{dp}, % (или д. ед.)
Слаборазложившийся	$D_{d\rho} \leq 20$
Среднеразложившийся	$20 < D_{d\rho} \leq 45$
Сильноразложившийся	$D_{d\rho} > 45$

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

1. Классификация сапропелей и илов по относительному содержанию органического вещества		
Разновидности	Илы	Сапропели
Высокоминеральные	$0{,}03 < I_r \leq 0{,}07$	$0{,}10 < I_r \leq 0{,}30$
Среднеминеральные	$0{,}07 < I_r \leq 0{,}10$	$0{,}30 < I_r \leq 0{,}50$
Низкоминеральные	$I_r > 0{,}10$	$I_r > 0{,}50$

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ [12]

1. Классификация грунтов по температуре	
Разновидность грунтов	Температура грунта t, °C
Немерзлый (талый)	$T \geq 0$
Мерзлый	$T < T_{bf}$
Охлажденный	$0 > T \geq T_{bf}$
Морозный	$T < 0$
Сыпучемерзлый (грунт с суммарной влажностью $w_{tot} \leq 3$ %).	$T < 0$

2.Классификация грунтов по льдистости за счет видимых ледяных включений		
Разновидность грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_i, д. ед.	
	Скальные и полускальные грунты	Дисперсные грунты
Нельдистый	-	$i_i \leq 0{,}03$
Слабольдистый	$i_i \leq 0{,}01$	$0{,}03 < i_i \leq 0{,}20$
Льдистый	$0{,}01 < i_i \leq 0{,}05$	$0{,}20 < i_i \leq 0{,}40$
Сильнольдистый	$i_i > 0{,}05$	$0{,}40 < i_i \leq 0{,}60$
Очень сильнольдистый	–	$0{,}60 < i_i \leq 0{,}90$

3.Классификация песчаных грунтов по суммарной льдистости	
Разновидности песчаных грунтов	Суммарная льдистость, i_{tot}, д.е.
Слабольдистые	$i_{tot} \leq 0{,}40$
Льдистые	$0{,}40 < i_{tot} \leq 0{,}60$
Сильнольдистые	$i_{tot} > 0{,}60$

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ (продолжение) [12]

4. Классификация грунтов по состоянию (по температурно-прочностным свойствам)

Вид грунтов		Разновидность грунта		
		Твердомерзлый ($m \leq 0$, кПа$^{-1}$) при $t < T_h$, С	Пластичномерзлый ($m > 0{,}1$ кПа$^{-1}$) при t, °С	Сыпучемерзлый при $t < 0$ °С
Скальный и полускальный грунт		$T_h = 0$	–	–
Крупнообломочный грунт		$T_h = 0$	$T_h < t < T_{bf}$ при $S_r < 0{,}8$	при $w_{tot} \leq 3$ %
Песок гравелистый, крупный и средней крупности		$T_h = -0{,}1$		
Песок мелкий и пылеватый		$T_h = -0{,}3$	$T_h < t < T_{bf}$ при $S_r < 0{,}8$	–
Глинистый грунт	Супесь	$T_h = -0{,}6$	$T_h < t < T_{bf}$	
	Суглинок	$T_h = -1{,}0$		
	Глина	$T_h = -1{,}5$		

5. Классификация грунтов по криогенной текстуре

Вид грунтов	Криогенная текстура
Скальные и полускальные	Трещинная, пластовая, полостная, жильная, массивная
Крупнообломочные	Массивная, порфировидная, корковая, базальная
Песчаные	Массивная, слоистая, порфировидная, сетчатая, базальная
Глинистые	Массивная, сетчатая, слоистая, атакситовая, порфировидная, линзовидная
Заторфованные	Порфировидная, слоистая, сетчатая, атакситовая, линзовидная

6. Классификация грунтов по относительной деформации пучения

Разновидность грунтов	Степень пучинистости ε_{fn}, %
Непучинистый	$\varepsilon_{fn} < 1{,}0$
Слабопучинистый	$1{,}0 \leq \varepsilon_{fn} \leq 3{,}5$
Среднепучинистый	$3{,}5 < \varepsilon_{fn} \leq 7{,}0$
Сильнопучинистый	$7{,}0 < \varepsilon_{fn} \leq 10{,}0$
Чрезмернопучинистый	$\varepsilon_{fn} > 10{,}0$

7. Классификация грунтов по степени засоленности D_{sal}, %, с морским типом засоления легкорастворимыми солями (хлоридный типя)

Разновидность грунтов	Степень засоленности легкорастворимыми солями D_{sal} , %		
	пески	супеси	суглинки и глины
Незасоленные	$D_{sal} < 0{,}05$	$D_{sal} < 0{,}15$	$D_{sal} < 0{,}20$
Слабозасоленные	$0{,}05 \leq D_{sal} < 0{,}15$	$0{,}15 \leq D_{sal} < 0{,}35$	$0{,}20 \leq D_{sal} < 0{,}40$
Среднезасоленные	$0{,}15 \leq D_{sal} < 0{,}30$	$0{,}35 \leq D_{sal} < 0{,}60$	$0{,}40 \leq D_{sal} < 0{,}80$
Сильнозасоленные	$D_{sal} \geq 0{,}30$	$D_{sal} \geq 0{,}60$	$D_{sal} \geq 0{,}80$

6. Классификация грунтов по степени засоленности D_{sal}, %, с континентальным типом засоления (сульфатный тип)

Разновидность грунтов	пески	супеси	суглинки	глины
Засоленные	$D_{sal} \geq 0{,}10$	$D_{sal} \geq 0{,}15$	$D_{sal} \geq 0{,}20$	$D_{sal} \geq 0{,}25$

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ГРУНТОВ

pd - растительный слой
t - техногенный (насыпной и намывной грунт)
a - аллювиальный
e - элювиальный
d - делювиальный
c - коллювиальный (осыпи и обвалы)
dp - оползневой
s - солифлюкционный
p - пролювиальный
g - ледниковый (моренный)
f - флювиогляциальный
pgt - перигляциальная
l - озерный
m - морской
v - эоловый (ветровой)
ch - хемогенный (химический)
b - биогенный (торфяники, илы органического генезиса)
lg - озерно-ледниковый
ed - элювиально-делювиальный
dc - делювиально-коллювиальный
ap - аллювиально-пролювиальный
la - озерно-аллювиальный
am - аллювиально-морской

Учебное издание

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению
лабораторных, индивидуальных и самостоятельных работ
по курсу «Грунтоведение»
для студентов, обучающихся по профилю 130302 «Поиски и разведка
подземных вод и инженерно-геологические изыскания»
направления 130101 «Прикладная геология»

Составитель **В.В. Крамаренко**

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 00.00.2015. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 9,01. Уч.-изд. л. 8,16.
Заказ 000-15. Тираж экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru