

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В. Г. Таранов, А. А. Набока, В. А. Александрович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И
ФУНДАМЕНТЫ»

(для студентов 3 и 4-го курсов всех форм обучения
направления подготовки 6.060103 – «Гидротехника (водные ресурсы)»
и 6.060101 – «Строительство»)

Харьков
ХНАГХ
2012

Таранов В. Г. Учебно-методический комплекс дисциплины «Механика грунтов, основания и фундаменты» (для студентов 3 и 4-го курсов всех форм обучения, направление подготовки 6.060103 «Гидротехника (водные ресурсы)» и 6.060101 «Строительство») / Авт.: В. Г. Таранов, А. А. Набока, В. А. Александрович; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2012. - 160 с.

Авторы - составители: В. Г. Таранов, А. А. Набока, В. А. Александрович

Рецензент: к.т.н., проф. А. Г. Рудь

Рекомендовано кафедрой механики грунтов,
фундаментов и инженерной геологии
Протокол № 3 от ноября 2011 г.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора-составителя	4
Програма та робоча програма навчальної дисципліни "Механіка ґрунтів, основи та фундаменти" (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрям підготовки 6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)")	5
Програма та робоча програма навчальної дисципліни "Підвалини, фундаменти, механіка ґрунтів" (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрям підготовки 6.060101 "Будівництво". Спеціальність – "Міське будівництво та господарство". Спеціалізація – "Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель")	13
Краткий конспект лекций	21
Лекция 1. Терминология, основные понятия и определения	22
Лекция 2. Механические свойства грунтов	26
Лекция 3. Сопротивление грунтов сдвигу	30
Лекция 4-5. Прочность грунтов	32
Лекция 6-7. Конструкции фундаментов мелкого заложения	37
Лекция 8-9. Свайные и глубокого заложения фундаменты	42
Доп. лекция 10. Конструкции инженерных сетей	50
Доп. лекция 11. Проектирование котлованов и защита фундаментов от подземных вод	58
Лабораторные работы	79
Лабораторная работа № 1. Определение гранулометрического состава грунта	80
Лабораторная работа № 2. Определение плотности грунта методом режущего кольца (ДСТУ В.2.1-1-95)	83
Лабораторная работа № 3. Определение природной влажности грунта методом взвешивания (ДСТУ Б В.2.1-1-95)	85
Лабораторная работа № 4. Определение характеристик влажностей и консистенции пылевато-глинистого грунта (ДСТУ Б В.2.1-1-95)	87
Лабораторная работа № 5. Определение плотности сложения песка	91
Лабораторная работа № 6. Определение степени водопроницаемости песчаного грунта в фильтрационном приборе КФ-1 (ДСТУ Б В.2.1-23:2009)	93
Лабораторная работа № 7. Определение характеристик предельного сопротивления грунта сдвигу (ДСТУ Б В.2.1-7-00)	95
Лабораторная работа № 8. Компрессионные испытания грунта и определение его модуля деформации (ДСТУ Б В.2.1-7-00)	100
Практические занятия	105
Расчёт устойчивости склона	106
Расчет фундаментов на естественном основании	113
Задачи	119
Самостоятельная работа	125
Литература	135
Приложения	137

ОТ АВТОРОВ-СОСТАВИТЕЛЕЙ

Настоящий учебно-методический комплекс состоит из двух частей:

1) краткого конспекта лекций по Геотехнике и 2) материалов, необходимых для выполнения лабораторных, практических и самостоятельных работ.

Комплекс предназначен, в первую очередь, для студентов *непрофильных строительных* специальностей. Как показывает опыт, студенты этих специальностей, равно как и заочного, и второго высшего образования, в подавляющем большинстве, плохо усваивают основные положения фундаментостроения из-за отсутствия акцентированного подхода в специальной технической литературе. Именно этой причиной можно объяснить появление данного краткого конспекта лекций, построенного на материалах классических учебников и студенческих конспектов, в начале которого в концентрированной и доходчивой форме излагаются базовые понятия об основах механики грунтов, проектировании и технологии строительства оснований и фундаментов. Конспект содержит 11 лекций, первые 9 из которых являются обязательными, а остальные носят справочный характер и могут использоваться по необходимости.

Во второй части УМКД содержатся многократно апробированные методики проведения разных лабораторных работ по механике грунтов, а также выполнения курсовых проектов и расчетно-графических заданий, которые могут использоваться для проведения практических занятий со студентами специальностей ОВ, ВВ, ТОРБ и других. Здесь же приведены материалы, нужные для выполнения самостоятельных работ.

Учебно-методический комплекс включает в себя также учебные и рабочие программы для специальностей ОВ, ВВ, ТОРБ.

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
"МЕХАНІКА ҐРУНТІВ, ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ"
(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр,
напрямок підготовки 6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)")

ВСТУП

Вивчення дисципліни "Механіка ґрунтів, основ та фундаментів" не обхідно для майбутніх інженерів напрям підготовки 6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)", оскільки будівництво і експлуатація найрізноманітніших об'єктів вимагає знання інженерно-геологічних умов, основ проектування і способів будівництва різноманітних об'єктів, що пов'язані з видобуванням, водопостачанням і водовідведенням.

Основна мета дисципліни – Опанування основами проектування, будівництва, експлуатації та ремонту фундаментів і підземних об'єктів водопостачання та водовідведення при умові збереження навколишнього середовища.

Програму навчальної дисципліни "Механіка ґрунтів, основи та фундаменти" розроблено на основі:

- ГСВОУ МОНУ "Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра напрям підготовки 0926 "Водні ресурси", затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України від 04.06.2004 р. №452 (з 2006 р. напрям 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси))."
- ГСВОУ МОНУ "Освітньо-професійна програма бакалавра напрям підготовки 0926 "Водні ресурси", затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України від 04.06.2004 р. №452 (з 2006 р. напрям 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси))."
- СВО ХНАМГ Навчальний план підготовки бакалавра напрям підготовки 6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)", 2007р.

Програму навчальної дисципліни "Механіка ґрунтів, основ та фундаментів" ухвалено кафедрою механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології протокол від 7 червня 2007р. та Вченою радою містобудівельного факультету протокол №10 від 30 червня 2007 р., погоджено випусковою кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод.

1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета, предмет та місце дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надбання необхідних теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для розв'язання прикладних задач при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації мереж господарського водопостачання, водовідведення і меліоративних систем.

Предметом вивчення дисципліни є ґрунти, основи, фундаменти мілкого та глибокого закладання.

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Опір матеріалів	Архітектура та будівельні конструкції
Геологія та гідрогеологія	Організація і технологія будівельних робіт

1.2. Інформаційний обсяг(зміст) дисципліни

Модуль 1. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти (2,5кр./90 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1 Механіка ґрунтів.

Навчальні елементи

1. Фізичні властивості ґрунтів.
2. Механічні властивості ґрунтів.
3. Напруги у ґрунтах.
4. Поведінка ґрунтів під навантаженням.

ЗМ1.2 Основи та фундаменти.

Навчальні елементи

1. Фундаменти мілкового закладання.
2. Пальові фундаменти та глибокого закладання.
3. Фундаменти на структурно – нестійких ґрунтах.
4. Штучні основи.
5. Підтоплення міст та селищ.

1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

Вміння (за рівнями сформованості) та знання	Сфера діяльності	Функція діяльності
Знати: 1) основні принципи проектування основ та фундаментів мілкового і глибокого закладання; 2) методи та засоби будівництва і ремонту заглиблених підземних конструкцій. Вміти: — розрахувати генеральні розміри фундаменту на природній основі, а також його осідання, тощо; — керувати ремонтом підземних об'єктів водовідведення та водопостачання.	Інженерні посади на підприємствах, що займаються питаннями водозабезпечення та водовідведення	Проектно-технологічна

1.4. Рекомендована основна навчальна література

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – л.: СИ, 1988. – 415 с.
2. Чебанов А.В., Лупан Ю.Т., Таранов В.Г., Рудь А.Г. Основы грунтоведения и механики грунтов (уч. пособие).- Киев, 1993.

5. Анотації дисципліни "Механіка ґрунтів, основи та фундаменти"

Мета дисципліни - формування базових знань щодо основ проектування і будівництва об'єктів водозабезпечення населення. Предмет дисципліни – ґрунти, фундаменти, підземні конструкції. Модуль 1. – Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. (2,5кр./90год). Змістовий модуль 1.1. – Механіка ґрунтів. Змістовий модуль 1.2. – Основи і фундаменти.

Цель дисциплины «Механика грунтов, основания и фундаменты»- формирование базовых знаний об основах проектирования и строительства объектов водоснабжения населения. Предмет дисциплины – ґрунти, фундаменти, підземні конструкції. Модуль 1. – "Механика грунтов, оснований и

фундаментов" (2,5кр./90 час). Содержательный модуль 1.1. – Механика грунтов. Содержательный модуль 1.2. – Основания и фундаменты

A purpose of discipline “Soil mechanic, base and foundation” is forming of base knowledges about bases of planning and building of objects of providing water of population. Article of discipline – soils, foundations, underground constructions. Module 1. is "Mechanics of soils, bases and foundations" (2,5kr./90 hour). Rich in content module 1.1. is Mechanics of soils. Rich in content module 1.2. are bases and foundations.

2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за видами навчальної роботи

Спеціальність, спеціалізація (шифр, абревіатура)	Всього, кредит/годин	Семестр (и)	Години								Екзамени (семестри)	Заліки (семестри)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні		КР	КП	РГР		
6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)"	2,5/90	5	54	18	18	18	36	5	-	-	-	5
Заочна форма 6.060103 "Гідротехніка (Водні ресурси)"	2,5/90	5	10	4	2	4	80	5	-	-		5

2.2. Зміст дисципліни

2.2.1. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями (денна форма навчання)

Модуль (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
Модуль 1 Механіка ґрунтів, основ та фундаментів	2,5кр./90	18	18	18	36
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів	1кр./36	6	8	10	12
З.М. 1.2. Основи та фундаменти	1.5 кр./54	12	10	8	24

Розподіл часу за модулями і змістовими модулями (заочна форма навчання)

Модуль (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
Модуль 1 Механіка ґрунтів, основ та фундаментів	2,5кр./90	4	2	4	80
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів	1кр./36	2	-	2	32
З.М. 1.2. Основи та фундаменти	1,5 кр./54	2	2	2	48

2.2.2. План лекційного курсу (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Основні поняття та визначення. Розрахункова схема основи і фундаменту. Фазова модель ґрунту. Структура та текстура. Фізичні характеристики та їх визначення у лабораторії та польових умовах.	2
Механічні характеристики ґрунту: стислість, водопроникливість, опір зсуву; модель ґрунтової маси. Лабораторні та польові методи визначення характеристик.	2
Розподіл напружень у ґрунті, принцип лінійного деформування та область його використання. Напруження у ґрунтовій основі від власної ваги ґрунту та додаткового тиску. Фази напруженого стану ґрунтів. Розрахунковий опір ґрунту.	2
ЗМ 1.2. Визначення глибини закладання фундаменту. Визначення розмірів підешви центрально та позацентрово навантажених фундаментів. Типи і конструкції фундаментів.	2
Пальові фундаменти та їх класифікація за нормами. Розрахунковий метод визначення несучої здібності паль. Конструювання пальових фундаментів. Фундаменти глибокого закладання: опускні колодязі, "стіна у ґрунті". Технології зведення та основні розрахункові положення.	4
Фундаменти на структурно – нестійких ґрунтах: просадкових, набухаючих, насипних, слабких водонасичених, тощо.	2
Штучні основи: поверхове та глибинне ущільнення ґрунтів, фізико – хімічні методи закріплення ґрунтів, тощо.	2
Техногенне підтоплення у містах. Його класифікація. Дренажі та гідроізоляція фундаментів та підземних споруд.	2

План лекційного курсу (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Основні поняття та визначення. Розрахункова схема основи і фундаменту. Фазова модель ґрунту. Фізичні та механічні характеристики ґрунту. Напруження у ґрунтовій основі.	2
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Визначення розмірів підешви. Пальові фундаменти. Фундаменти глибокого закладання. Фундаменти на структурно – нестійких ґрунтах. Штучні основи. Техногенне підтоплення у містах.	2

2.2.3. План практичних занять (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Вивчення методу круглоциліндричних поверхонь	6
Поточний контроль за ЗМ 1.1	2
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Визначення розміру підешви фундаменту різної форми та навантаження.	4
Розрахунки деформації основи (осідання) методом пошарового підсумування.	2
Визначення несучої здібності забивної палі.	2
Поточний контроль за ЗМ 1.2	2

План практичних занять (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Вивчення методу круглоциліндричних поверхонь	2

2.2.4. План лабораторних занять (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Визначення щільності ґрунтів. Визначення вологості ґрунтів	2
Визначення границь пластичності	2
Визначення гранулометричного складу ґрунту	2
Визначення щільності частин ґрунту	2
Поточний контроль за ЗМ 1.1	2
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Визначення опору ґрунтів зрушенню	4
Визначення опору ґрунтів стисканню	2
Поточний контроль за ЗМ 1.2	2

План лабораторних занять (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Визначення щільності ґрунтів. Визначення вологості ґрунтів	2
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Визначення опору ґрунтів зрушенню. Визначення опору ґрунтів стисканню	2

2.2.5. Індивідуальне завдання (Курсова робота)

Денна форма навчання: Розрахунок стійкості укосів котловану
 Заочна форма навчання: Розрахунок стійкості укосів котловану

2.3. Самостійна робота студентів (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Лабораторні засоби визначення фізичних характеристик ґрунтів. Лабораторні методи визначення механічних властивостей. "Луковиці" напружень.	12
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Позацентрово навантажений фундамент: розрахункова схема. Статичні та динамічні методи визначення несучої здібності паль. Кесони та оболонки. Основи розрахунку осідання фундаменту на просадковому ґрунті. Фундаменти у витрамбованих котлованах. Підземні води.	24

Самостійна робота студентів (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Лабораторні способи визначення фізичних характеристик ґрунтів. Лабораторні методи визначення механічних властивостей. Природні напруження та напруження від фундаменту. Фази напружень та розрахунковий опір ґрунту.	32
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Види і конструкції фундаментів. Позацентрово навантажений фундамент: розрахункова схема. Види і конструкції паль. Статичні та динамічні методи визначення несучої здібності паль. Кесони та оболонки. Основи розрахунку осідання фундаменту на просадковому ґрунті. Фундаменти у витрамбованих котлованах. Підземні води.	48

2.4. Засоби контролю та структура залікового кредиту (денна форма навчання)

Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)		Розподіл балів, %
Модуль 1. Поточний контроль зі змістових модулів		
ЗМ 1.1 Тестування		25%
ЗМ 1.2 Тестування		25%
Курсова робота		30%
Захист лабораторних робіт		20%
Підсумковий контроль		
Залік	За результатами поточного контролю або підсумковий контроль	
Всього за модулем 1	100%	
Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)		Розподіл балів, %
Курсова робота		
Виконання курсової роботи		60%
Захист курсової роботи		40%
Всього по курсовій роботі		100%

Засоби контролю та структура залікового кредиту (заочна форма навчання)

Види та засоби контролю
Захист курсової роботи
Підсумковий контроль
Залік

2.5. Інформаційно-методичне забезпечення

Бібліографічні описи, Інтернет адреси		ЗМ, де застосовується
1. Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)		
1	Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология. М., Высшая школа, 2002 г.	1-2
2	Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – л.: СИ, 1988. – 415 с.	1-2
2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)		
1	Чебанов А.В., Лупан Ю.Т., Таранов В.Г., Рудь А.Г. Основы грунтоведения и механики грунтов (уч. пособие).- Киев, 1993	1-2
2	А.Д.Потапов. Экология/ М.: ВШ.- 2000.- 444с.	1-2
3	ДБН В.1. 10 – 2009. Основы та фундаменти будівель і споруд	2
4	СНИП 2.02.03 - 85 Свайные фундаменты	2
3. Методичне забезпечення (реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)		
	Метод. указ. и исходн. данные к КР “Мех.. гр.-тов, основ. и фун-ты”. – Харьков: ХМПП. – 1990.	2

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
"ПІДВАЛИНИ, ФУНДАМЕНТИ, МЕХАНІКА ҐРУНТІВ"

(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання

освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр,

(напрямок підготовки 6.060101 «Будівництво»,

Спеціальність – «Міське будівництво та господарство»,

Спеціалізація - «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель»)

ВСТУП

Вивчення дисципліни "Підвалини, фундаменти, механіка ґрунтів" необхідно для майбутніх інженерів спеціальності Міське будівництво та господарство (спеціалізація - Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель)", оскільки будівництво і експлуатація найрізноманітніших об'єктів вимагає знання інженерно-геологічних умов, основ проектування і способів будівництва, експлуатації, ремонту та реконструкції різноманітних об'єктів.

Основна мета вивчення дисципліни – опанування основами проектування, будівництва, експлуатації та ремонту фундаментів і підземних міських споруд при умові збереження навколишнього середовища.

Програму навчальної дисципліни "Підвалини, фундаменти, механіка ґрунтів" розроблено на основі:

- ГСВОУ МОНУ Освітньо-кваліфікаційної характеристики рівня *спеціаліст*, напряму підготовки - 060101 "Будівництво. Спеціальність – Міське будівництво та господарство. Спеціалізація - Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель", яку затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України від 04.06.2004 р. №452;
- СВО ХНАМГ Навчальний план підготовки спеціаліста за напрямом підготовки - 060101 "Будівництво. Спеціальність – Міське будівництво та господарство. Спеціалізація - Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель".

Програму навчальної дисципліни "Підвалини, фундаменти, механіка ґрунтів" ухвалено кафедрою механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології протокол від 7 червня 2007р. та Вченою радою містобудівельного факультету протокол № 10 від 30 червня 2007 р., погоджено випусковою кафедрою Теплохолодопостачання.

1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1 Мета, предмет та місце дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надбання необхідних теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для розв'язання прикладних задач при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації міських будівель, споруд та об'єктів підземної урбаністики.

Предметом вивчення дисципліни є ґрунти, основи, штучні основи, фундаменти мілкого та глибокого закладання.

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Опір матеріалів та будівельна механіка	Архітектура та будівельні конструкції
Геологія та інженерна геологія	Організація і технологія будівельних та ремонтних робіт

1.2. Інформаційний обсяг(зміст) дисципліни

Модуль 1. Механіка ґрунтів, основ та фундаментів (2,0 кр./72 години)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1 Механіка ґрунтів.

Навчальні елементи

1. Фізичні властивості ґрунтів.
2. Механічні властивості ґрунтів.
3. Напруги у ґрунтах.
4. Поведінка ґрунтів під навантаженням.

ЗМ1.2 Основи та фундаменти.

Навчальні елементи

1. Фундаменти мілкового закладання.
2. Реконструкція та підсилення фундаментів.
3. Пальові фундаменти.
4. Фундаменти глибокого закладання.
5. Штучні основи.

1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

Вміння (за рівнями сформованості) та знання	Сфера діяльності	Функція діяльності
Знати: <ul style="list-style-type: none">– основні принципи проектування основ та фундаментів мілкового і глибокого закладання;– методи та засоби будівництва і ремонту заглиблених підземних конструкцій. Вміти: <ul style="list-style-type: none">– розрахувати генеральні розміри фундаменту на природній основі, а також його осідання, тощо;– керувати ремонтом міських підземних об'єктів	Інженерні посади на підприємствах, що займаються питаннями технічного обслуговування, експлуатації та ремонту будівель та споруд	Проектно-технологічна

1.4. Рекомендована основна навчальна література

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: СИ, 1988. – 415 с.
2. Основания и фундаменты. Уч.пособие / Л.Н.Шутенко, Ю.Т.Лупан, А.Г.Рудь и др. – Харьков: НАГХ – 2004.- 674с.

1.5. Анотації дисципліни "Підвалини, фундаменти, механіка ґрунтів"

Мета дисципліни - формування базових знань щодо основ проектування, будівництва і реконструкції об'єктів міського господарства. Предмет дисципліни – ґрунти, фундаменти, підземні конструкції. Модуль 1. – Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. (2,0 кр./72 год). Змістовий модуль 1.1. – Механіка ґрунтів. Змістовий модуль 1.2. – Основи і фундаменти.

Цель дисциплины - формирование базовых знаний об основах проектирования, строительства и реконструкции объектов городского хозяйства. Предмет дисциплины – ґрунти, фундаменти, підземні конструкції. Модуль 1. – "Механика

грунтов, оснований и фундаментов" (2,0кр./72 час). Содержательный модуль 1.1. - Механика грунтов. Содержательный модуль 1.2. – Основания и фундаменты

The aim of the discipline is to develop basic knowledge about the construction and reconstruction designing principles of municipal economy objects. Subject of the discipline is soils, foundations, substructures. Module 1. "Soil mechanics, of bases and foundations" (2.0cr./72hours). The content module 1.1 "Soil mechanics". The content module 1.2 "Bases and foundations".

2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за видами навчальної роботи

Спеціальність, спеціалізація (шифр, аббревіатура)	Всього, кредит/годин	Семестр(и)	Аудиторні	Години							Екзамени (семестри)	Заліки (семестри)
				у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні		КР	КП	РГР		
Денна форма. 6.060101 “Будівництво (ТОРБ)”	2,0/72	6	48	16	16	16	24			6		
Заочна форма. 6.060101 “Будівництво (ТОРБ)”	2,0/72	8	10	4	6		62			8	8	

2.2. Зміст дисципліни

2.2.1. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями

Денна форма навчання, напрям підготовки 6.060101 "Будівництво.

Спеціальність – Міське будівництво та господарство.

Спеціалізація - Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель"

Модуль (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
Модуль 1 Механіка ґрунтів, основ та фундаментів	2,0кр./72	16	16	16	24
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів	1кр./36	6	-	16	14
З.М. 1.2. Основи та фундаменти	1 кр./36	10	16	-	10

Заочна форма навчання, напрям підготовки 6.060101 «Будівництво»,

Спеціальність – «Міське будівництво та господарство»,

Спеціалізація - «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель»

Модуль (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
Модуль 1 Механіка ґрунтів, основ та фундаментів	2,0кр./72	4	6		62
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів	1кр./36	2	2-		32
З.М. 1.2. Основи та фундаменти	1 кр./36	2	4		30

2.2.2. План лекційного курсу (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.1. Основні поняття та визначення. Розрахункова схема основи і фундаменту. Фазова модель ґрунту. Структура та текстура. Фізичні характеристики та їх визначення у лабораторії та польових умовах.	2
Механічні характеристики ґрунту: стислість, водопроникливість, опір зсуву; модель ґрунтової маси. Лабораторні та польові методи визначення характеристик.	2
Розподіл напружень у ґрунті, принцип лінійного деформування та область його використання. Напруження у ґрунтовій основі від власної ваги ґрунту та додаткового тиску. Фази напруженого стану ґрунтів. Розрахунковий опір ґрунту.	2
ЗМ 1.2. Визначення глибини закладання фундаменту. Визначення розмірів підшви центральних та позацентрових навантажених фундаментів. Типи і конструкції фундаментів.	2
Пальові фундаменти та їх класифікація за нормами. Розрахунковий метод визначення несучої здатності паль. Конструювання пальових фундаментів. Фундаменти глибокого закладання: опускні колодязі, “стіна у ґрунті”. Технології зведення та основні розрахункові положення.	2
Фундаменти на структурно – нестійких ґрунтах: просадкових, набухаючих, насипних, слабких водонасичених, тощо. Штучні основи: поверхове та глибинне ущільнення ґрунтів, фізико – хімічні методи закріплення ґрунтів, тощо.	2
Реконструкція основ та фундаментів. Геотехнічні категорії об’єктів реконструкції. Технологічний регламент складної реконструкції. Визначення граничних деформацій основ та фундаментів.	2
Підсилення фундаментів. Шурфи та скважини. Визначення розрахункового опору ґрунту при реконструкції. Конструктивні рішення по захисту сусідніх будівель при реконструкції.	2

План лекційного курсу (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Основні поняття та визначення. Розрахункова схема основи і фундаменту. Фазова модель ґрунту. Фізичні та механічні характеристики ґрунту. Напруження у ґрунтовій основі.	2
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Визначення розмірів підшви та осідання фундаменту. Пальові фундаменти. Фундаменти глибокого закладання. Фундаменти на структурно – нестійких ґрунтах. Штучні основи. Питання реконструкції основ та фундаментів.	2

2.2.3. План практичних занять (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти.	16
Побудова інженерно-геологічного розрізу та розрахунки фізико-механічних характеристик ґрунтів.	4
Визначення розміру підшви фундаменту дрібного закладання.	4
Розрахунки деформації основи (осідання) методом пошарового підсумування.	4
Визначення несучої здатності забивної палі.	3
Поточний контроль за ЗМ 1.2	1

План практичних занять (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.2. Основи і фундаменти.	6
Визначення розміру підшви та осідання фундаменту дрібного закладання.	6

2.2.4. План лабораторних робіт (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів.	16
Лабораторні способи визначення фізичних характеристик ґрунтів: щільність, щільність твердих частинок, вологість, вологість на границях текучості та пластичності, коефіцієнт пористості, числа текучості і пластичності, ступінь вологості і таке інше.	8
Лабораторні методи визначення механічних властивостей ґрунтів: кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення, відносні просадковості і набрякання і таке інше. Побудова інженерно-геологічного розрізу та розрахунки фізико-механічних характеристик ґрунтів.	6
Поточний контроль за ЗМ 1.1	2

2.3. Самостійна робота студентів (денна форма навчання)

Зміст	Кількість годин. 6.060101 “Буд.. (ТОРБ.)”
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Визначення характеристик міцності ґрунтів у стабілометрі. "Луковиці" напружень. Тиск на контакті ґрунту і фундаменту.	14
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Позацентрово навантажений фундамент: розрахункова схема.. Кесони та оболонки. Основи розрахунку осідання фундаменту на просадковому ґрунті.	10

Самостійна робота студентів (заочна форма навчання)

Зміст	Кількість годин
ЗМ 1.1. Механіка ґрунтів. Лабораторні способи визначення фізичних характеристик ґрунтів. Лабораторні методи визначення механічних властивостей. Природні напруження та напруження від фундаменту. Фази напружень та розрахунковий опір ґрунту. Зсуви ґрунтів. Підземні води.	32
ЗМ 1.2. Основи та фундаменти. Види і конструкції фундаментів. Позацентрово навантажений фундамент: розрахункова схема. Види і конструкції паль. Статичні та динамічні методи визначення несучої здібності паль. Кесони та оболонки. Підпірні стіни. Основи розрахунку осідання фундаменту на просадковому ґрунті. Фундаменти у витрамбованих котлованах. Підземні води.	30

2.4. Засоби контролю та структура залікового кредиту (денна форма навчання, напрям 6.060101 “Будівництво (ТОРБ)”)

Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)	Розподіл балів, %
Модуль 1. Поточний контроль зі змістових модулів	
ЗМ 1.1 Тестування	25%
ЗМ 1.2 Тестування та РГР	50%
Підсумковий контроль	
Залік за результатами поточного контролю або підсумковий контроль	25%
Всього за модулем 1	100%

Засоби контролю та структура залікового кредиту (заочна форма навчання, напрям 6.060101 “Будівництво (ТОРБ)”)

<i>Види та засоби контролю</i>
<i>Підсумковий контроль</i>
Залік

2.5. Інформаційно-методичне забезпечення

Бібліографічні описи, Інтернет адреси		ЗМ, де застосовується
1. Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)		
1	Основания и фундаменты. Уч.пособие/ Л.Н.Шутенко, Ю.Т.Лупан, А.Г.Рудь и др. – Харьков: НАГХ – 2004.- 674с.	1-2
2	Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – л.: СИ, 1988. – 415 с.	1-2
2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)		
1	Чебанов А.В., Лупан Ю.Т., Таранов В.Г., Рудь А.Г. Основы грунтоведения и механики грунтов (уч. пособие).- Киев, 1993	1-2
2	Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология. М., Высшая школа, 2002 г.	1-2
3	ДБН В.1. 10 – 2009. Основи та фундаменти будівель і споруд	2
4	СНИП 2.02.03 - 85 Свайные фундаменты	2
3. Методичне забезпечення (реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)		
1	Метод. указ. и исходн. данные к КР “Мех.. гр.-тов, основ. и фун-ты”. – Харьков: ХМПП. – 1990.	2

-

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ



МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Лекция 1

Терминология, основные понятия и определения

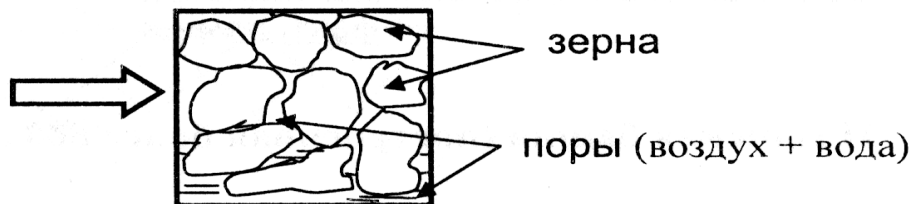
Связь между дисциплинами



Грунты – любая горная порода, представляющая собой многокомпонентную, дисперсную систему, изменяющуюся во времени и используемую как основание фундаментов зданий и сооружений.

Грунт = твердые минеральные частицы + вода + воздух

Состав грунта:



Основание – область грунтового массива, непосредственно воспринимающая нагрузку от сооружения. Основания бывают: искусственные – грунты, которые перед строительством упрочняются, и естественные – грунты природного сложения.

Фундамент – подземная, опорная конструкция, которая служит для передачи нагрузки от сооружения основанию.

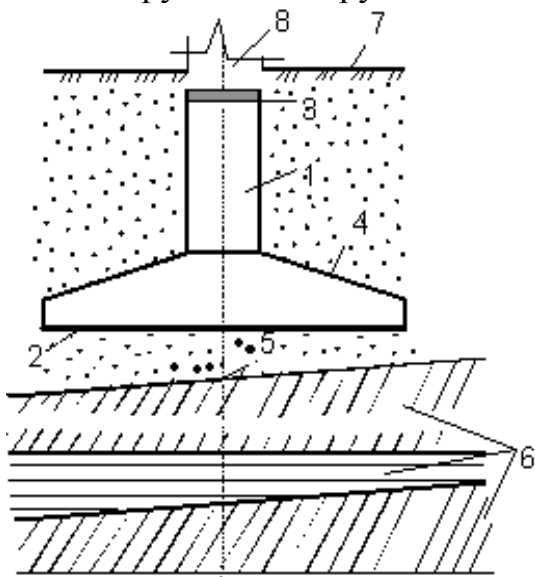


Рис. 1.1 – устройство фундамента мелкого заложения:

- 1- фундамент;
- 2- подошва фундамента;
- 3- обрез фундамента;
- 4- уступ фундамента;
- 5- несущий слой грунта - слой, на который опирается фундамент;
- 6- подстилающие слои грунтов;
- 7- поверхность земли;
- 8- надземная конструкция.

Классификация грунтов

Грунты подразделяются на два класса: 1) скальные и 2) нескальные. Первые – практически несжимаемы; вторые – сжимаемы (в дальнейшем речь будет идти преимущественно о нескальных грунтах)

Простейшая классификация нескальных грунтов

Грунт	% содержания частиц менее 0,005 мм	Число пластичности I_p
Песок	3	-
Супесь	3...10	0,01...0,07
Суглинок	10...30	0,07...0,17
Глина	30	0,17

Структура грунта – особенности его строения, обусловленные размерами и формой частиц, характером их взаимодействия друг с другом.






Связи между частицами:

- **водно-коллоидные** – вязкопластичные, мягкие, обратимые, обусловленные электромолекулярными силами взаимодействия; чем больше воды в объеме грунта, тем слабее связь.
- **кристаллизационные** – хрупкие, жесткие, необратимые, возникающие вследствие действия химических сил.

Текстура (сложение) грунтов – пространственное размещение и взаимное расположение частиц грунтов и их агрегатов, характеризующее неоднородность грунтовой толщи (массива).

Различают текстуры:

- слоистые (тонко - и грубослоистая, ленточная);
- слитные (массивная, скрытослоистая);
- сложные (макропористая, ячеистая, порфировидная).

Структура грунтов		Текстура грунтов	
зернистая		Слоистая	
самосрабатная		порфировидная	
хлопьевидная		слитная (однородная)	

Физические характеристики грунтов

Принадлежность грунта к тому или иному виду может быть установлена уже по внешним отличительным признакам, однако для целей проектирования, как правило, требуется проведение лабораторных испытаний.

В инженерной практике принято разделять все грунты на два вида – связные и несвязные. *Связные грунты* - пылевато-глинистые – супесь, суглинок, глина; *несвязные* – песок, крупнообломочные грунты.

Классификационные показатели:

- вещественный состав – зерновой, минералогический, влажностный, газосодержание.

- характеристики физического состояния;
- плотность для песчаных грунтов (несвязных);
- консистенция и пластичность для пылевато-глинистых грунтов (связных).

Для классификации песчаных грунтов определяется их гранулометрический состав, пористость и плотность, пылевато-глинистых грунтов, их пластичность.

Пластичность – способность грунта деформироваться под влиянием внешнего воздействия без нарушения сплошности и сохранять приобретенную форму после снятия нагрузки.

Идентификационный показатель I_p – число пластичности.

$$I_p = w_L - w_p$$

w_L – влажность грунта на границе текучести (верхний предел пластичности) – когда грунт из пластичного состояния переходит в текучее;

w_p – влажность грунта на границе раскатывания (нижний предел пластичности), когда грунт из пластичного состояния переходит в твердое.

$I_p < 0,07$ – супесь; $I_p = 0,07 - 0,17$ – суглинок; $I_p \geq 0,17$ – глина.

Консистенция – это густота и вязкость грунтов, обуславливающие их способность сопротивляться пластическому изменению формы и зависящие как от количественного соотношения твердых частиц и воды в единице объема грунта, так и от сил взаимодействия между частицами. Идентификационная характеристика I_L – показатель текучести.

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$$

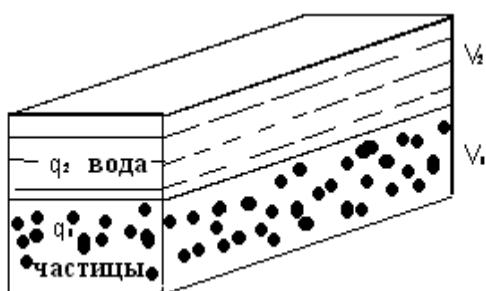


Рис. 1.2 - Соотношение объемов жидкости и сухих частиц в грунте

w – влажность грунта в естественном состоянии;

q_1 – вес твердых частиц;

q_2 – вес воды;

$10 p = \gamma$;

γ – удельный вес грунта;

ρ – плотность грунта

Таблица 1.2 – Показатель текучести глинистых грунтов

Вид грунта	I_L
<u>Супеси:</u>	
твердые	< 0
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
текучие	> 1
<u>Суглинки и глины:</u>	
твердые	< 0
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 \leq I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 \leq I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$

Удельный вес грунта (γ) – отношение веса грунта, включая вес воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему.

$$\gamma = \frac{q_1 + q_2}{V_1 + V_2} \left[\frac{\kappa H}{\text{м}^3} \right]$$

Удельный вес минеральных частиц грунта (γ_s) – отношение веса сухого грунта к объему твердой части этого грунта.

$$\gamma_s = \frac{q_1}{V_1} \left[\frac{\kappa H}{\text{м}^3} \right]$$

Удельный вес скелета (сухого) грунта (γ_d) – отношение веса сухого грунта ко всему объему грунта

$$\gamma_d = \frac{q_1}{V} \left[\frac{\kappa H}{\text{м}^3} \right]$$

Природная весовая влажность грунта (w) – отношение веса воды в образце грунта к весу твердых частиц.

$$w = \frac{q_2}{q_1}$$

Коэффициент пористости (e) – отношение объема пор к объему твердых частиц в образце грунта.

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{V_2}{V_1}$$

Таблица 1.3 -Показатель плотности песков

Вид песков			
	плотные	средней плотности	рыхлые
Гравелистые крупные, средней крупности	$e < 0,55$	$e = 0,55 - 0,7$	$e > 0,7$
мелкие	$e < 0,6$	$e = 0,6 - 0,75$	$e > 0,75$
пылеватые	$e < 0,6$	$e = 0,6 - 0,8$	$e > 0,8$

Степень влажности (S_r) – отношение природной влажности грунта к влажности, соответствующей полному заполнению пор грунта водой (w / w_{sat}).

$$S_r = \frac{w \gamma_s}{e \gamma_w}$$

$$S_r = \frac{w}{w_{sat}}$$

$S_r = 0 - 0,5$ – маловлажный; $S_r = 0,5 - 0,8$ – влажный; $S_r = 0,8 - 1$ – насыщенный водой.

Лекция 2

Механические свойства грунтов

Кроме общих закономерностей, которым подчиняются сплошные тела, грунты обладают рядом особенностей, обусловленных их минерально-дисперсной природой.

К ним относятся:

- сжимаемость грунтов, которая является следствием изменения их пористости, и, следовательно, объема под действием внешней нагрузки;
- водопроницаемость, т.е зависимость между скоростью фильтрации воды в грунте и действующим напором;
- сопротивляемость сдвигу, которая обусловлена внутренним трением в несвязных грунтах и трением и сцеплением в грунтах связных.

Все механические свойства грунтов определяются в лабораторных или полевых условиях.

Сжимаемость грунтов

Заключается в способности изменять строение грунта под внешним воздействием на более компактное за счет уменьшения пористости.

Схема компрессионного прибора (одометра).

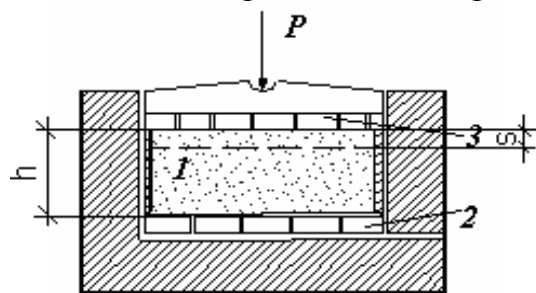


Рис. 2.1 - Компрессионные испытания грунтов:

1. образец грунта;
 2. перфорированное днище;
 3. перфорированный поршень;
- P – вертикальная нагрузка.

Компрессия – сжатие грунта без возможности бокового расширения.

Определение показателей сжимаемости грунтов производится путем их уплотнения под нагрузкой, ступенчато прикладываемой к образцу. Течение деформации уплотнения длится некоторое время, в конце которого в грунте, имеющем ранее пористость e_0 , устанавливается ее значение e_i , соответствующее приложенной нагрузке p_i ; в результате сжатия высота образца h уменьшается на некоторую величину s_i (называемую осадкой).

По результатам испытаний строится график зависимости коэффициента пористости от нагрузки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = a$$

В проектной практике основной характеристикой сжимаемости грунтов является модуль общей деформации E_0 – коэффициент пропорциональности между напряжениями и относительными деформациями, который выражает отношение сжимающего давления к относительной деформации сжатия (упругой и остаточной). Модуль E_0 определяется по результатам лабораторных и полевых испытаний грунтов и используется при расчетах осадок зданий и сооружений.

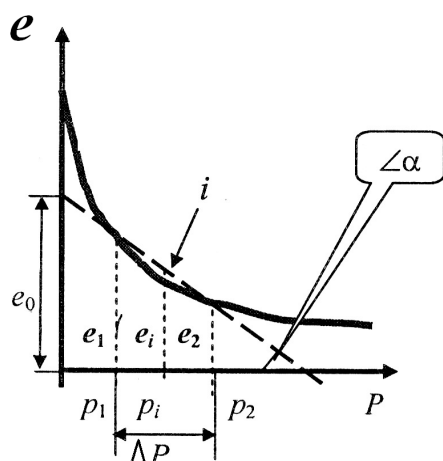


Рис. 2.2 - Зависимость e - p :

a - коэффициент сжимаемости.

$a < 0,005$ - грунт малосжимаемый;

$a = 0,005 - 0,05$ - грунт среднесжимаемый;

$a > 0,05$ (МПа⁻¹) - грунт сильносжимаемый.

При исследованиях в лаборатории

$$E_0 = \frac{1 + e_0}{a} \beta$$

e_0 - начальный коэффициент пористости; β - коэффициент, учитывающий невозможность бокового расширения грунта: $\beta = 0,76$ - для песков и супесей; $= 0,63$ - для суглинков; $\beta = 0,42$ - для глин

По результатам полевых исследований строится график вида

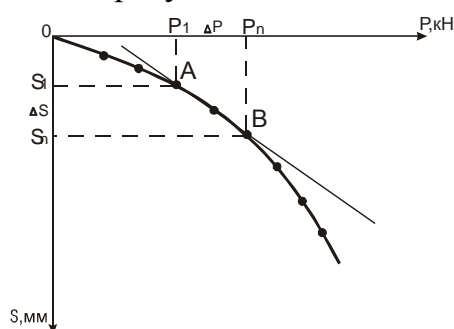


Рис. 2.3 - Зависимость p - s .

s - осадка

P - нагрузка

$$E_0 = (1 - \nu^2) k_p k_l d \frac{Dp}{Ds}$$

ν - коэффициент Пуассона (поперечного расширения грунта)

$\nu = 0,27$ - крупнообломочные грунты;

$\nu = 0,30$ - песок, супесь;

$\nu = 0,35$ - суглинок;

$\nu = 0,42$ - глина.

$$k_p = f\left(\frac{d}{D}\right)$$

d - глубина, на которой проводится испытание;

D - диаметр штампа;

k_l - коэффициент формы штампа (для круглого - $k_l = 0,79$)

$$\Delta p = p_n - p_1$$

Δp - приращение давления на штамп;

Δs - приращение осадки штампу соответствующее ΔP

Вода в грунтах. Водопроницаемость грунтов

Свойства воды и ее виды могут быть весьма разнообразны в зависимости от сил взаимодействия с минеральными частицами. Движение воды в грунте происходит под влиянием разных причин: пленочной – под действием разности осмотических давлений, капиллярной – разности сил всасывания, гравитационной – разности напоров воды (см. схему).

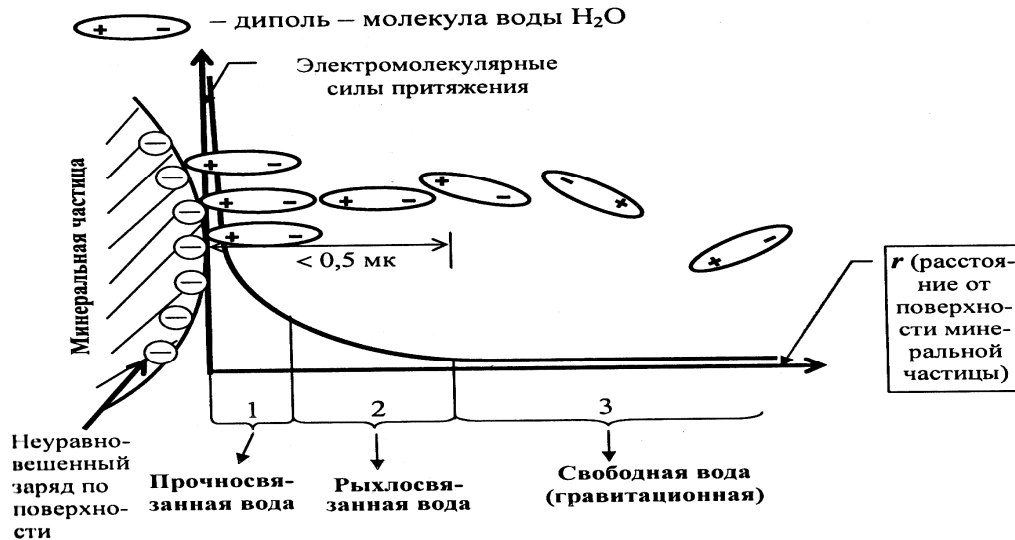


Рис. 2.4 - Схема движения воды в грунте.

Вследствие действия электромолекулярных сил притяжения пленки прочносвязанной (адсорбированной) воды удалить, практически, невозможно; рыхлосвязанная (лиосорбированная) – удаляется при $t^0 = 105^0$.

Сообщающиеся между собой поры обуславливают водопроницаемость грунтов, которая зачастую является главным фактором при производстве работ по устройству фундаментов.

Если линии движения частиц воды в потоке нигде не пересекаются, то такое движение называется ламинарным; при наличии же пересечений и завихрений – турбулентным. Как показывает опыт движение свободной воды в грунтах – ламинарное.

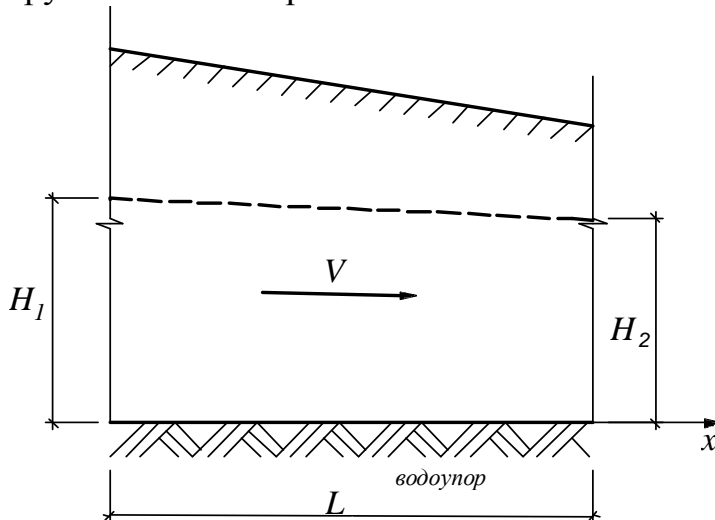


Рис. 2.5 - Ламинарное движение

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

По закону Д'Арсси:

$$Q = k_\phi A i t$$

Q – объем воды;

k_ϕ – коэффициент фильтрации;

$$k_\phi = \frac{Q}{A i t}$$

A – площадь поперечного сечения грунта;

i – гидравлический градиент;

t – время.

Скорость фильтрации воды в порах грунта прямопропорциональна гидравлическому градиенту.

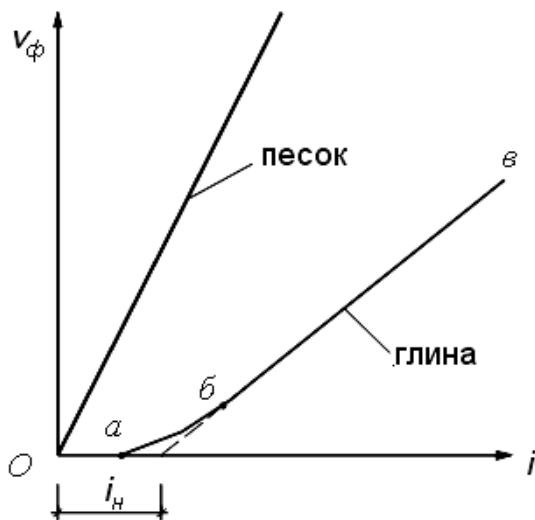


Рис. 2.6 - Зависимость V_{ϕ} - i ..

$$v_{\phi} = k_{\phi}(i - i_H)$$

i_H – начальный градиент

$v_{\phi} = k_{\phi} i$ – скорость фильтрации

$k_{\phi} = 10^{-2} - 10^{-3}$ – для песчаных грунтов;

$k_{\phi} = 10^{-3} - 10^{-7}$ – для супесей и суглинков;

$k_{\phi} < 10^{-7}$ – для глин.

Взвешивающее действие воды

При определении нагрузки от собственного веса грунтового скелета необходимо знать его удельный вес γ_{sb} , который равен весу частиц, содержащихся в единице объема грунта, за вычетом веса вытесненной ими воды.

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + l}$$

$$\gamma_{sb} = \gamma - \gamma_w$$

γ_{sb} – удельный вес обводненного грунта.

Модель сжатия грунтовой массы

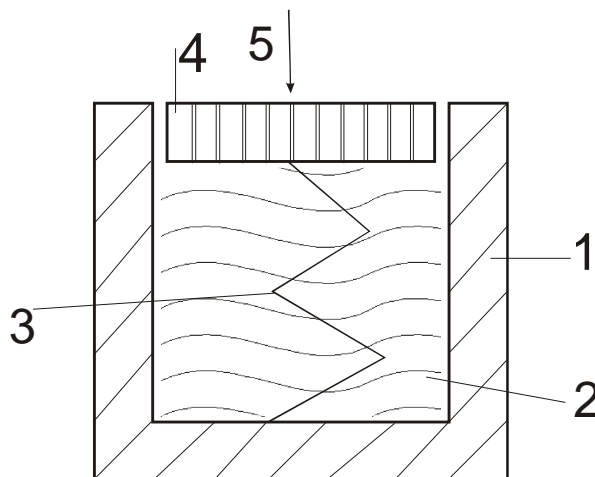


Рис. 2.7 - Модель сжатия грунтовой массы.

1. ванна
2. вода
3. пружина (скелет грунта)
4. перфорированный поршень
5. нагрузка

Давление в паровой воде создает напор, вследствие чего возникает фильтрация, и это давление называется *нейтральным* (p_w).

Давление в скелете грунта уплотняет и упрочняет его, и называется *эффективным давлением* (p_z).

Полное давление в образце равно сумме этих давлений $p_z + p_w = p$

Лекция 3

Сопротивление грунтов сдвигу

При действии внешней нагрузки на грунт эффективные давления могут превзойти прочность внутренних связей между частицами грунта что приведет к скольжению одних частиц относительно других и, в конечном счете, к нарушению сплошности грунта. Опыты показывают, что сопротивление сдвигу несвязных грунтов есть только сопротивление трению, прямопропорциональное внешнему давлению, сопротивление же сдвигу связных грунтов суммируется из сопротивления трению и сил сцепления, которые зависят от уплотняющих давлений.

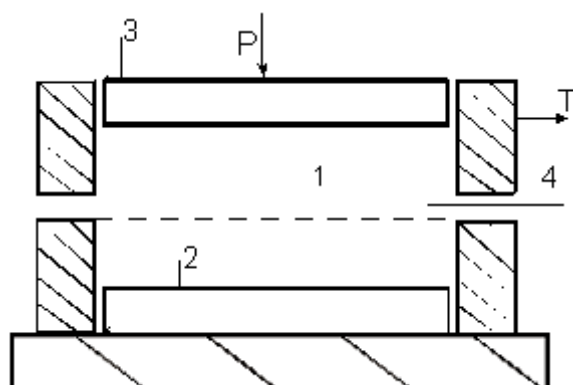


Рис. 3.1 - Схема срезного прибора

1. образец грунта
 2. жесткий неподвижный перфорированный диск
 3. перфорированный поршень
 4. плоскость среза
- P – уплотняющее давление
 T – сдвиговое усилие

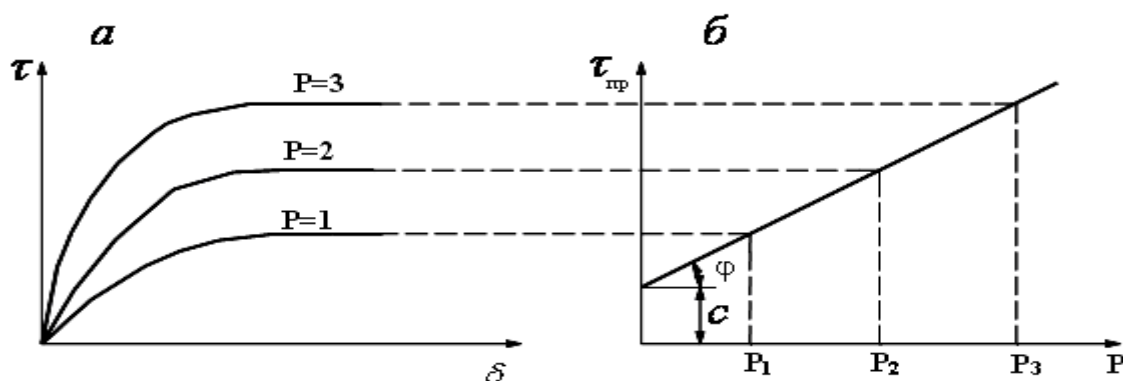


Рис. 3.2 - Зависимость P - τ

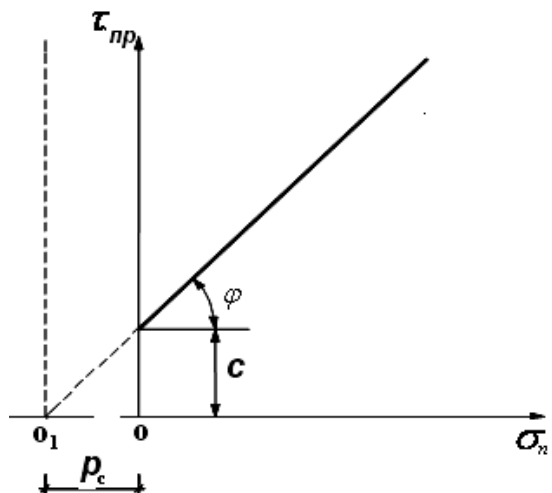


Рис. 3.3 - Обработка результатов испытаний

$\tau_{пр}$ – предельное сопротивление сдвигу грунта

$\tau_{пр} = p_i \operatorname{tg} \varphi$ (несвязный грунт)

$\tau_{пр} = c + p_i \operatorname{tg} \varphi$ (связный грунт)

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент трения грунта

φ – угол внутреннего трения

c – удельное сцепление грунта

p_c – давление связности

Понятие о напряжениях в грунтовом массиве

Нагрузка от сооружения и собственного веса грунта распространяется вниз и в стороны по грунтовому массиву, в связи с чем в точках взаимного контакта между частицами возникают различные силы. Направление этих сил многообразно и зависит от свойств грунта. Систему сил, приложенных к некоторой площадке, можно заменить распределенным давлением, соблюдая при этом условие, чтобы их равнодействующие совпадали по величине и направлению; тогда давление от распределенной нагрузки, приходящееся на единицу площади, будет определять собой напряжение на этой площадке.

Напряжения в грунтах от собственного веса

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$$

σ_{zg} – собственное вертикальное напряжение в грунте (бытовые, природные, собственные напряжения); γ_i – удельный вес i -того слоя грунта; n – количество слоев; h_i – толщина и мощность i -того слоя грунта

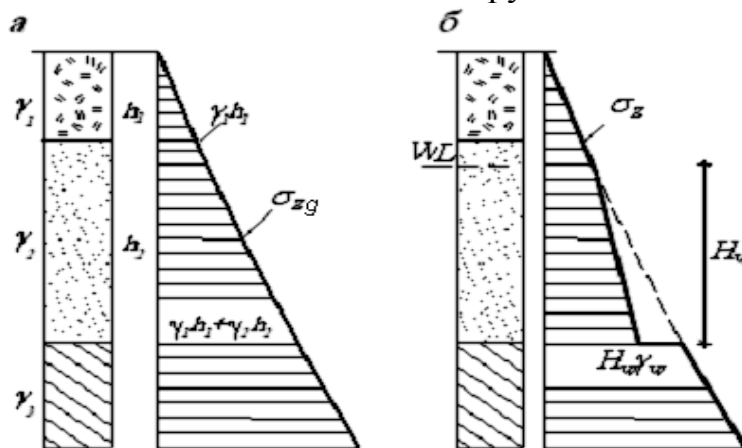


Рис. 3.4 -Собственное напряжение в грунте

Напряжения от внешней нагрузки

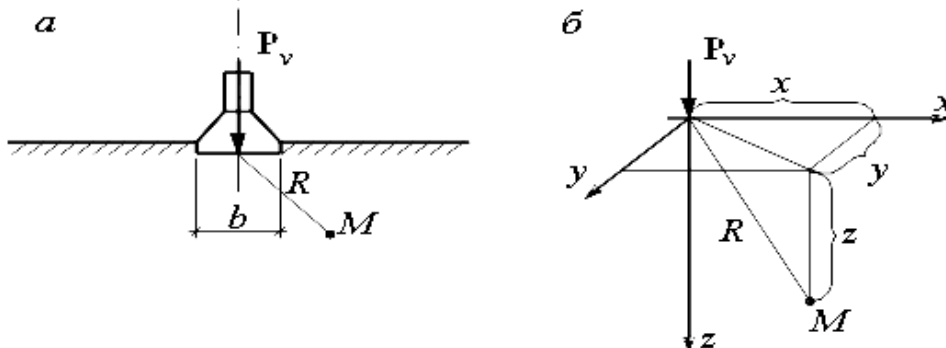


Рис. 3.5 -Расчетная схема:

σ_{zp} – напряжение от внешней нагрузки.; $\sigma_{zp} = \alpha p_0$; α – коэффициент пропорциональности, учитывающий уменьшение напряжений с глубиной (табулирован); p_0 – дополнительное давление по подошве фундамента.

Лекция 4-5

Прочность грунтов

Фазы напряженного состояния грунтов

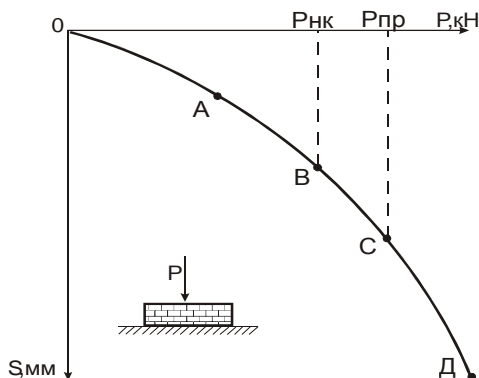


Рис. 4.1 - Зависимость P-S:

$P_{нк}$ – начальная критическая нагрузка.

$P_{пр}$ – предельная нагрузка.

Участок OA. Пока внешней нагрузкой не превышена структурная прочность грунта он испытывает только упругие деформации, которые восстанавливаются после снятия нагрузки. Эта фаза напряженного состояния грунта носит название *фаза упругих деформаций*.

Участок AB. Когда нагрузка превышает структурную прочность грунта, в основании начинают развиваться деформации, уплотнения. Эта фаза называется *фаза уплотнения*. В строительном отношении она не представляет опасности, поскольку грунт приобретает более плотную структуру, а его осадки невелики. Для практических целей зависимость между нагрузкой и осадкой можно принять прямолинейной.

Участок BC. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к тому, что в отдельных точках грунта силы внутреннего сопротивления оказываются недостаточными и между частицами наблюдаются проскальзывания, которые формируются в площадки скольжения и зоны сдвигов. Так появляется *зона сдвигов*. Здесь осадки значительно опережают рост нагрузки вследствие чего, зависимость между ними приобретает нелинейный характер.

Участок CD. При некоторой нагрузке произойдет резкая осадка фундамента с выпором грунта вверх и в стороны. Так образуется *зона выпора*.

При таком подходе расчет оснований ведется по двум грунтам предельных состояний:

- по первой группе (по устойчивости, по несущей способности);
- по второй группе (по деформациям, по осадкам).

К I группе предельных состояний относятся:

- потеря устойчивости, формы и положения;
- хрупкое и вязкое разрушения;
- резонансные колебания;
- чрезмерные деформации пластичности и ползучести.

Ко II группе предельных состояний относят: состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию сооружений или снижающие их долговечность вследствие недопустимых деформаций, трещин, колебаний и т.д.

Расчет по II группе предельных состояний производится всегда, а по первой - при определенных условиях. Суть расчета заключается в определении расчетного сопротивления R (эквивалентного $R_{н.к.}$)

$$R = \frac{c_{c1} \cdot c_{c2}}{k} [M_\gamma \cdot k_z \cdot \gamma \cdot z_{II} + M_q \cdot d_1 z'_{II} + (M_q - 1) d\gamma \cdot z'_{II} + M_c \cdot c_{II}]$$

R – расчетное сопротивление грунта; γ_{c1} – коэффициент условия работы грунта (определяется по табл. ДБН); γ_{c2} – коэффициент условий работы сооружения, зависящей от его конструктивной схемы - жесткой или гибкой (та же табл. ДБН); k – коэффициент, зависящий от способа определения физико-механических свойств (характеристик) грунтов; M_γ , M_q , M_c – коэффициенты несущей способности основания, зависящие от угла внутреннего трения φ (см. табл. ДБН); k_z – коэффициент, зависящий от размеров подошвы фундамента; γ_{II} – средневзвешенное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента; γ'_{II} – то же, выше подошвы фундамента. (Цифра II – говорит о том, что расчет ведется по второй группе предельных состояний); d_1 – глубина заложения подошвы фундамента, зависящая от конструктивной схемы здания (с подвалом или без него, типа фундамента и пр.); $d\gamma$ – расстояние от уровня планировки до пола подвала; c_{II} – удельное сцепление грунта под подошвой фундамента; $s \leq s_u$ – критерий расчета по II группе предельных состояний; s – расчетная осадка; s_u – предельная осадка сооружения допускаемая ДБНом.

Устойчивость грунтовых массивов

Откос - искусственно созданная поверхность, ограничивающая грунтовый массив, выемку или впадину.

Склон – природный откос.

При проектировании откосов (склонов) анализируются два типа задач:

- оценка устойчивости откоса (склона);
- определение оптимальной формы откоса (склона) при заданном нормативном коэффициенте устойчивости.

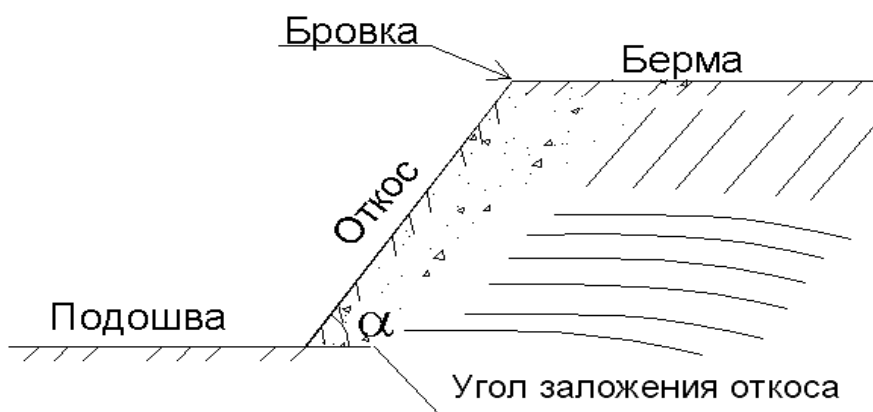


Рис. 4.2 - Схема откоса

Основные причины потери устойчивости:

- устройство недопустимо крутого откоса;
- увеличение внешней нагрузки на поверхности откоса (воздействие сооружений, складирование материалов вблизи его бровки и т.п.);

- изменение направления и величины внутренних сил в грунтовом массиве (увеличение удельного веса при возрастании влажности, напротив влияние взвешивающего действия воды на грунт откоса (склона));
- увеличение гидродинамического давления воды, выходящей на поверхность откоса;
- динамическое воздействие при движении транспорта, забивке свай, сейсмических толчках.

Нередко потеря устойчивости происходит вследствие одновременного действия нескольких факторов.

$$k_{st} = \frac{tg \varphi}{tg \varphi'} = \frac{c}{c'}$$

k_{st} - коэффициент запаса устойчивости; c - удельное сцепление; c' - удельное сцепление в предельном состоянии; $tg \varphi, tg \varphi'$ - соответственно коэффициент трения и коэффициент трения в предельном состоянии.

Состояние предельного равновесия в некоторой точке соответствует такому соотношению между напряжениями и деформациями, когда малейшее нарушение этого соотношения может привести к неограниченному росту пластических деформаций грунта.

Сложное напряженное состояние грунтов изучается с помощью теории Кулона-Мора.

Понятие об устойчивости откоса в идеально сыпучих грунтах.

$$\varphi \neq 0, c = 0$$

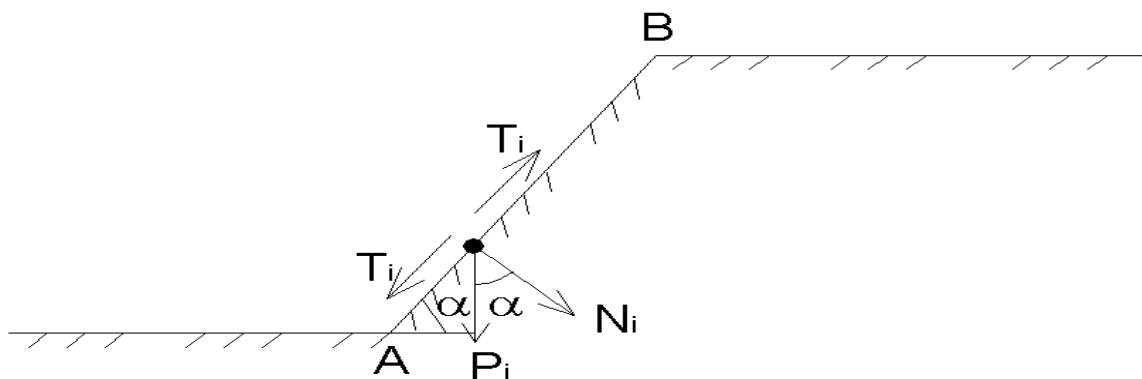


Рис. 4.3 - Напряжения в откосе

$$N_i = P_i \cos \alpha$$

$$T_i = P_i \sin \alpha$$

$$T_i' = P_i \cos \alpha \cdot tg \alpha$$

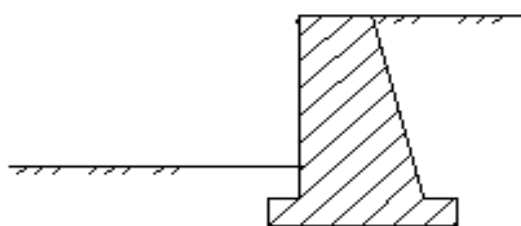
Условие равновесия:

$$P_i \sin \alpha - P_i \cos \alpha \cdot tg \alpha = 0$$

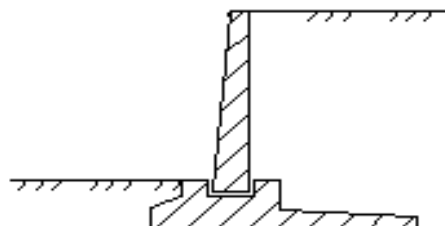
$$tg \alpha = tg \varphi$$

$$\alpha = \varphi$$

а) Массивная подпорная монолитная стенка

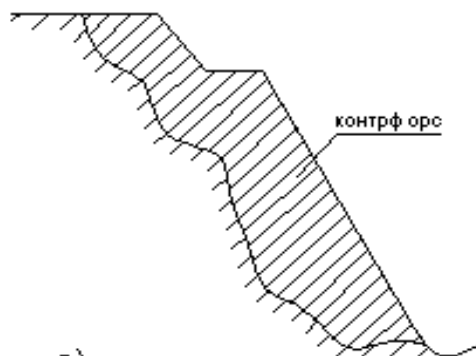
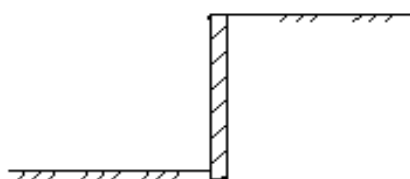


б) Тонкостенная сборная попорная стенка

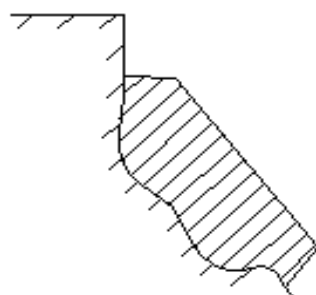


г)

в) Траншейная попорная стенка



д) Облицовка склона



е)



Противооползневые конструкции

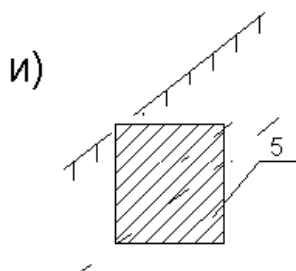
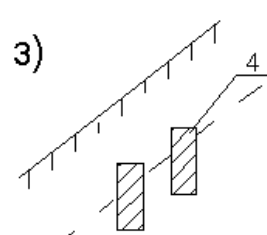
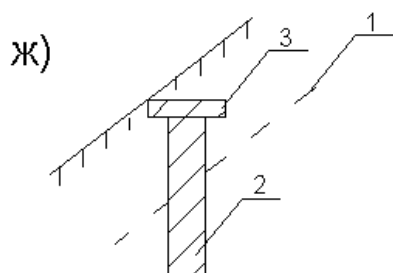


Рис. 4.5 - Методы инженерной защиты склонов:

1 – поверхность скольжения; 2 – свая; 3 – ростверк; 4 – свая-шпонка; 5 – свая-столб

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Лекция 6-7

Конструкции фундаментов мелкого заложения

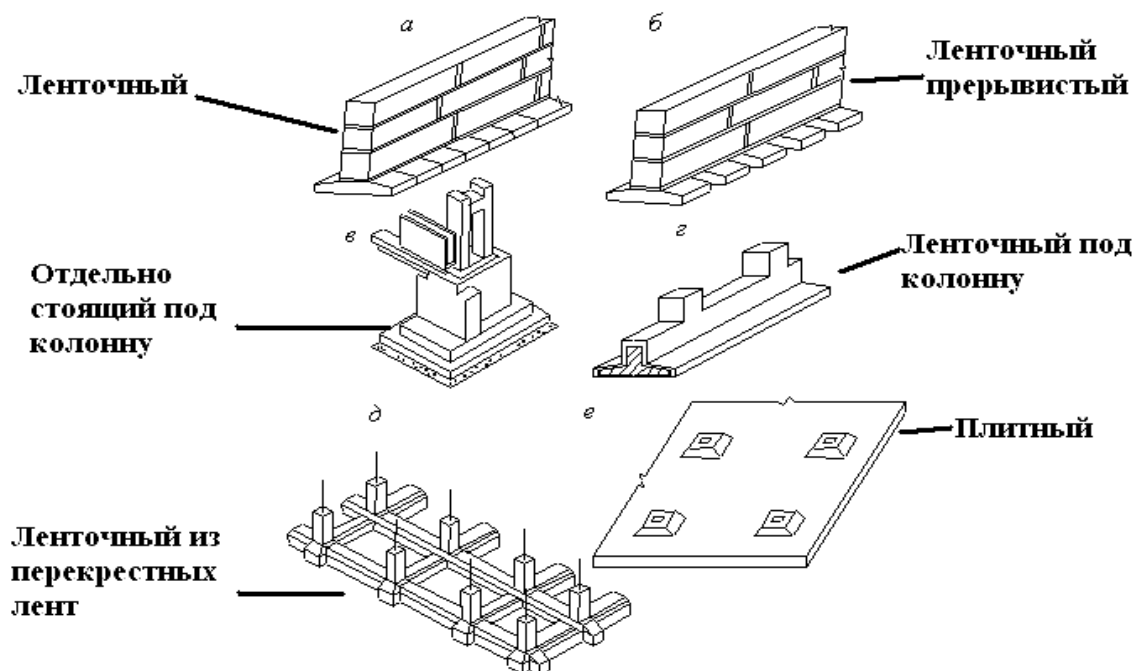


Рис. 6.1 - Типы фундаментов

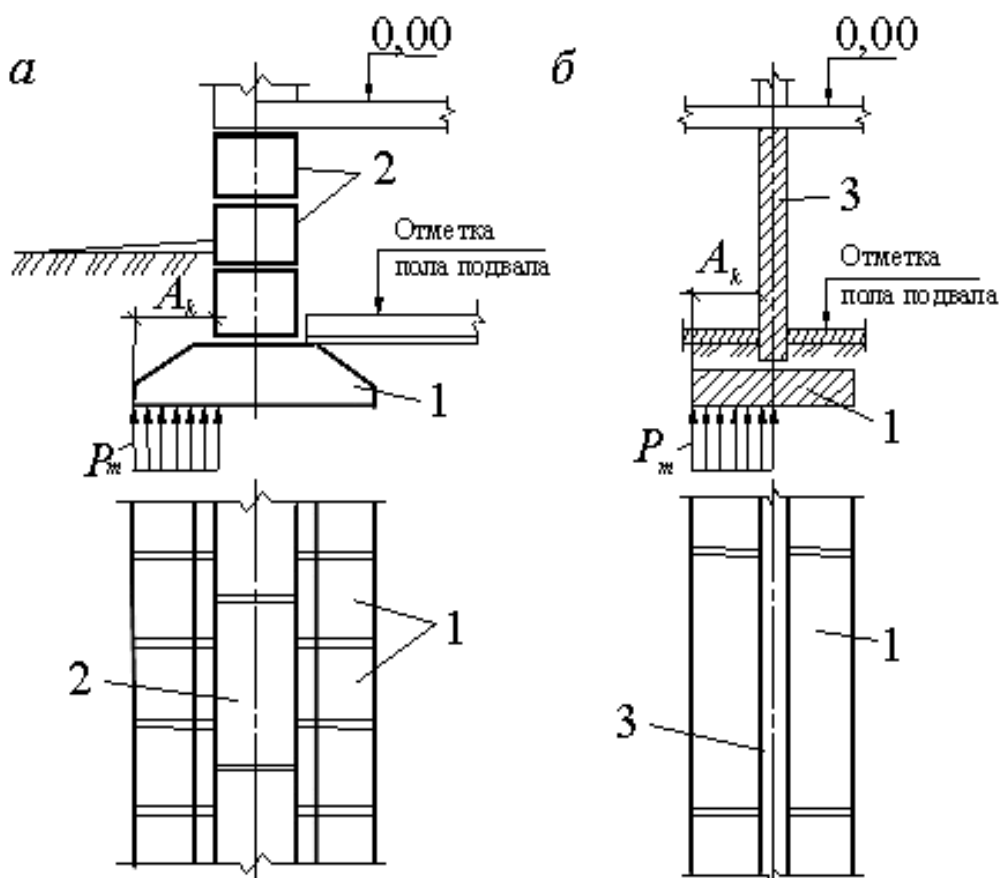


Рис. 6.2 - Сборные ленточные фундаменты: 1- фундаментная плита; 2- стеновой фундаментный блок; 3 – стеновая панель подвала

Определение глубины заложения фундамента

При выборе глубины заложения фундамента в первую очередь учитывается 3 фактора:

- инженерно – геологические и гидрологические условия строительной площадки;
- климатологические особенности местности строительства;
- конструктивные особенности возводимых сооружений.

Фактор 1

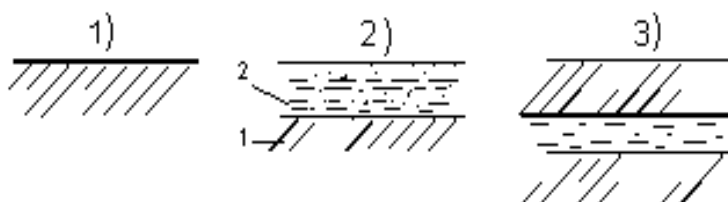


Рис. 6.3 - Условные схемы инженерно-геологических условий:

- 1- надежный грунт
- 2- слабый грунт

Схема 1) – грунтовый массив сложен надежным грунтом, и в этом случае глубина заложения фундамента принимается минимальной $d_{min} = 1$ м.

Схема 2) – решение зависит от мощности слабого верхнего слоя, если она невелика, то слой 2 прорезается и фундамент заглубляется в надежный грунт, если велика, то применяются фундаменты глубокого заложения, свайные и тд.

Схема 3) – решение также зависит от мощности верхнего слоя надежного грунта. Если она достаточна, то фундамент оставляют в слое 1, если нет - см. решение по схеме 2

Фактор 2

Этот фактор проявляется в промерзании грунтов и связанным с ним морозным пучением (обводненный грунт при промерзании увеличивается в объеме, а при оттаивании уменьшается)

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}$$

d_{fn} - нормативная глубина сезонного промерзания грунта; M_t - сумма отрицательных среднемесячных температур грунта в данной местности; d_0 - глубина промерзания при $M_t = 1$. Для определения M_t используется ДБН по "климатологии и геофизике";

Пучинистые грунты:

- все пылевато-глинистые грунты;
- пылеватые и мелкие водонасыщенные пески.

$$d_2 = d_f = k_h d_{fn}$$

d_f - расчетная глубина промерзания; k_h - коэффициент теплового режима здания (определяется по ДБН);

Фактор 3

Величина d_3 определяется преимущественно наличием или отсутствием подвала и конструктивным решением фундамента $d_3 = d_B + 0,5m$

Таблица 6.1 - Глубина заложения фундаментов в зависимости от уровня подземных вод

Вид грунтов ниже подошвы фундамента	$d = f(w_l), m$	
	$w_l < d_f + 2$	$w_L > d_f + 2$
скальные крупнообломочные пески, гравелистые крупные и средней крупности	не зависят от d_f	
пески мелкие и пылеватые	d_f	не зависят от d_f
супеси с показателем текучести $I_L < 0$ $I_L > 0$	$\geq d_f$ $\geq d_f$	не зависят от d_f $\geq d_f$
суглинки, глины, крупнообломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем при показателе текучести $I_L \geq 0,25$ $I_L < 0,25$	$> d_f$ $\geq d_f$	$> d_f$ $\geq d_f$

Определение ширины подошвы фундамента

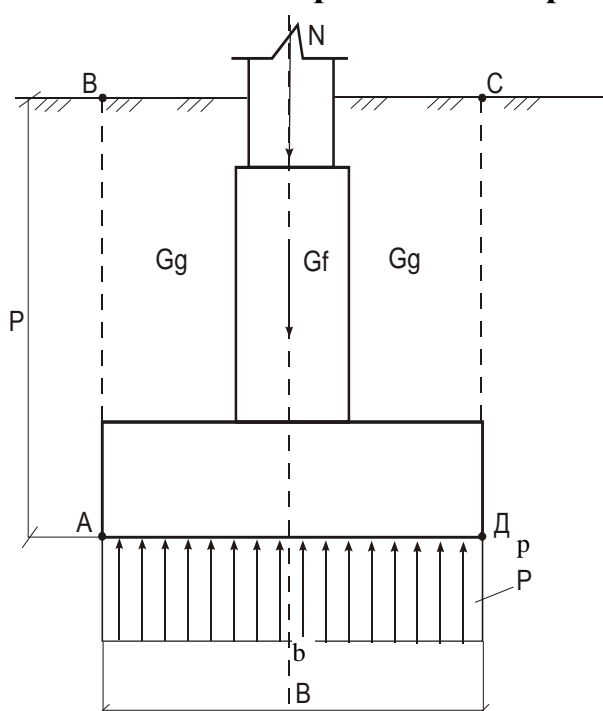


Рис. 6.4 - К определению ширины подошвы фундамента

В настоящее время осадки фундаментов рассчитываются исходя из линейной зависимости между напряжениями и деформациями, поэтому ДБН рекомендует ограничивать p_{cp} по подошве фундамента расчетным сопротивлением грунта R , т.е. должно удовлетворяться условие: $p \leq R$.

Центрально нагруженным называется такой фундамент, у которого равнодействующая внешних нагрузок проходит через центр тяжести его подошвы.

После назначения глубины заложения фундамента определяется максимальное значение нагрузки на его обрез. Кроме этой нагрузки, на основание передается нагрузка G_f от собственного веса фундамента и нагрузка G_g от веса грунта на его уступах.

Проекция этих сил на вертикальную ось дает уравнение равновесия, из которого можно найти среднее давление по подошве фундамента:

$$p = \frac{N + G_f + Gg}{A}$$

A – площадь подошвы фундамента

$$G_f + Gg = z_{mt} Ad$$

γ_{mt} - средневзвешенное значение удельного веса фундамента и грунта на его уступах ($= 20 \text{ кН / м}^3$)

$$A = \frac{N}{R - \gamma_{mt} d}$$

Виды фундаментов:

– ленточный фундамент	$b = \frac{N}{R - \gamma_{mt} d}$
– квадратный фундамент	$b = \sqrt{\frac{N}{R - \gamma_{mt} d}}$
– прямоугольный фундамент	$b = \sqrt{\frac{N}{(R - \gamma_{mt} d) \eta}}$
	$\eta = \frac{l}{b}$

l - длина фундамента; b - ширина подошвы фундамента

Размеры подошвы фундамента определяются по результатам уточнения расчетного сопротивления грунта R , которые вычисляют после подстановки в основную формулу того или иного значения b ; этот метод определения ширины подошвы b называется *метод последовательных приближений*. Завершающим

этапом расчета является удовлетворение условия $|b_n - b_{n+1}| \leq 0,1 \text{ м}$

и проверка требования $P = \frac{N + \sum G_{f,g}}{A} \leq R$

Определение осадки фундамента методом послойного суммирования

Суть метода заключается в том, что осадка определяется как сумма осадок элементарных слоев грунта такой толщины, в пределах которой можно принять без особых погрешностей средние значения напряжений и характеристик грунтов.

Этапы расчета осадки:

1. Построение эпюры напряжений в грунте от собственного веса $y_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$

2. Определения дополнительного давления p_0 $P_0 = P - \sigma_{zg} = P - \gamma d$

3. Разбиение основания от подошвы фундамента на элементарные слои толщиной \bar{h} $\bar{h} = 0,2 (\text{или } 0,4) b$

4. Построение эпюры напряжений от дополнительного давления $\sigma_{zp} = \alpha p_0$
 α – коэффициент снижения напряжений с глубиной, определяется по таблицам ДБН и зависит от размера и формы фундамента.

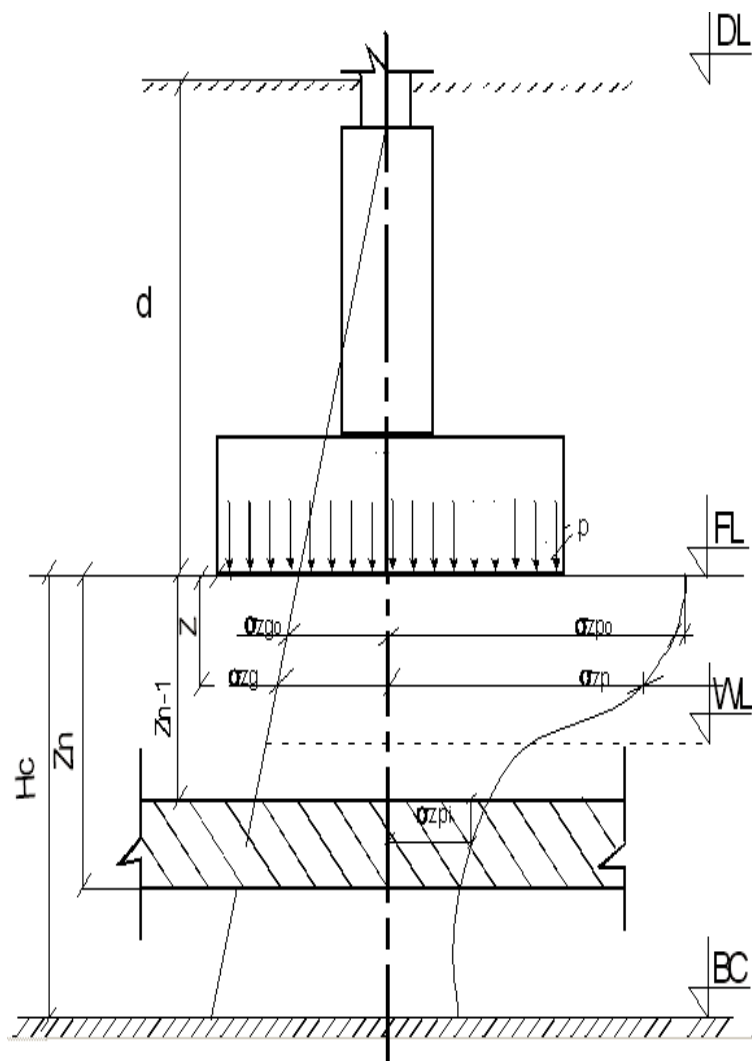
5. Определение нижней границы сжимаемости толщ, которая устанавливается при удовлетворении условия $y_{zp} = 0,2 y_{zg}$

6. Определение осадки $s = b \sum \frac{y_{zpi} \bar{h}}{E_i}$

$\beta = 0,8$ – корректирующий коэффициент, учитывающий несовершенство расчетной схемы; E_i – модуль деформации i слоя грунта

7. Сопоставление расчетной и допускаемой осадки

$$s \leq s_u$$



DL – отметка планировки; FL – отметка заложения фундамента; WL – отметка уровня подземных вод; BC – отметка подошвы сжимаемой толщи; σ_{zg0} , σ_{zg} – соответственно вертикальное напряжение от собственного веса грунта в уровне подошвы и на глубине z от подошвы; σ_{zp0} , σ_{zp} – соответственно дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки в уровне подошвы и на глубине z от подошвы; σ_{zpi} – среднее значение дополнительного вертикального напряжения в элементарном слое грунта, равное полусумме напряжений на верхней границе z_{n-1} и нижней границе z_n элементарного слоя; H_c – глубина сжимаемой толщи.

Рис. 6.5 - Схема к определению осадки фундамента

Лекция 8-9

Свайные и глубокого заложения фундаменты

Область применения: слабые грунты, залегающие с поверхности, высокий уровень подземных вод, точное машиностроение.

Свая – это длинный стержень, погруженный в грунт в готовом виде или изготовленный в нем, который предназначен для передачи нагрузки от здания малосжимаемым грунтам, расположенным на значительных глубинах.

Свайные фундаменты состоят из собственно свай, ростверка и грунта межсвайного пространства.

Виды и типы свай

По материалу сваи разделяются на:

- железобетонные;
- бетонные;
- стальные;
- деревянные;
- комбинированные.

По конструкции сваи различаются:

- по форме поперечного сечения;
- по форме продольного сечения;
- по конструкции нижнего конца: заостренный или плоский, закрытый или открытый, с уширением или камуфлетной пятой;
- по способу армирования.

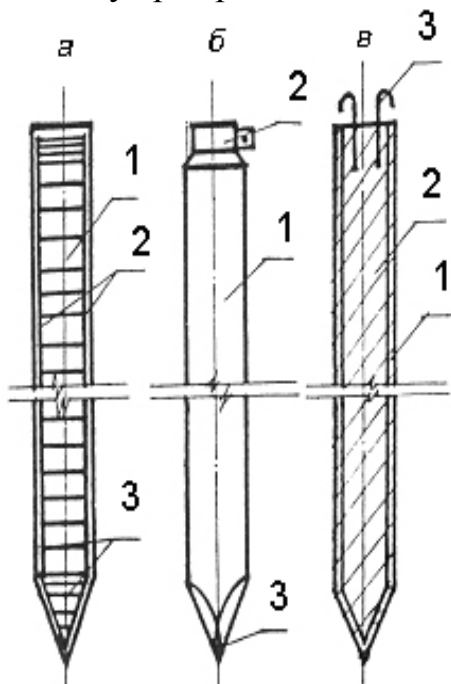


Рис. 8.1 - Виды свай:

- а – железобетонная; 1 – бетон; 2 – продольная арматура; 3 – поперечная арматура;
б – деревянная; 1 – ствол; 2 – бугель (обруч); 3 – металлический башмак; в – металлическая;
1 – труба; 2 – бетон; 3 – арматура

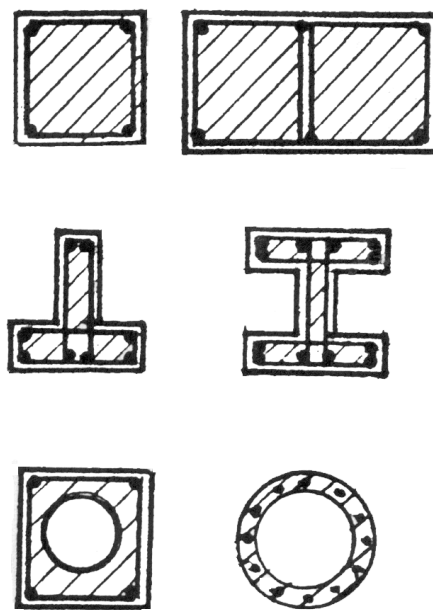


Рис. 8.2 - Формы поперечных сечений железобетонных свай: квадратное, прямоугольное, тавровое, двутавровое, квадратное с полостью, круглое

По способу заглубления в грунт сваи бывают:

- а) забивные (железобетонные, деревянные, стальные), погруженные в грунт без его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, различных вдавливающих устройств;
- б) набивные (бетонные, железобетонные), которые устраиваются в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные вследствие принудительного отжатия грунта;
- в) буровые (буронабивные), устраиваемые в грунте путём заполнения пробуренных скважин бетонной смесью или установкой в них сборных железобетонных элементов;
- г) Винтовые сваи.

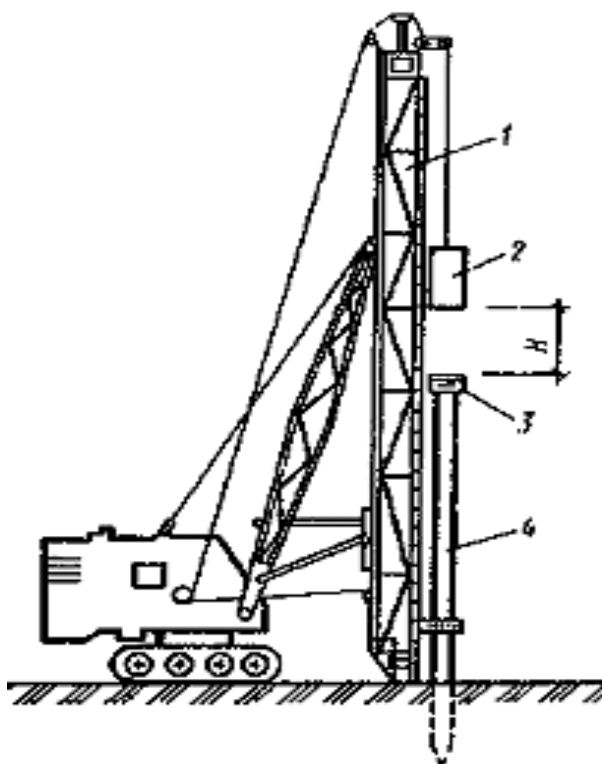


Рис. 8.3 - Забивка сваи механическим молотом:

1 – мачта копра; 2 – подвесной молот;
3 – металлический наголовник; 4 – свая

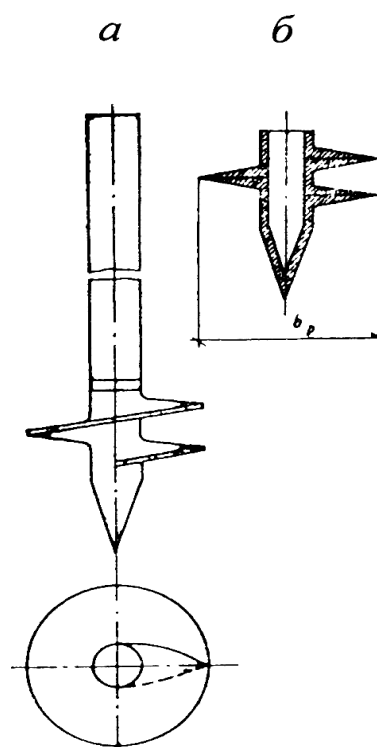


Рис. 8.4 - Винтовая свая:
а – общий вид; б – башмак

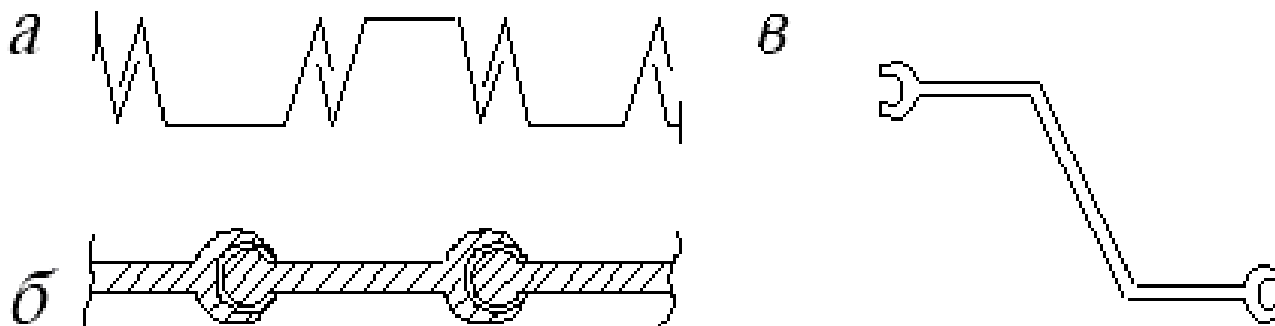


Рис. 8.5 - Профили металлических шпунтовых свай:
а – корытообразный; б – плоский; в – Z-образный

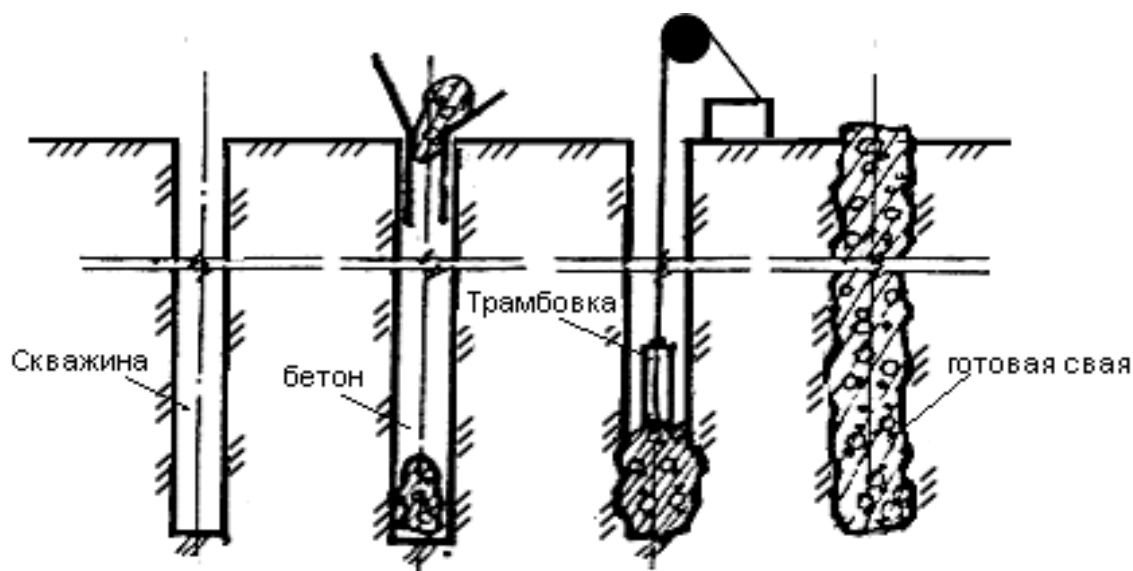


Рис. 8.6 - Примеры устройства буронабивных свай

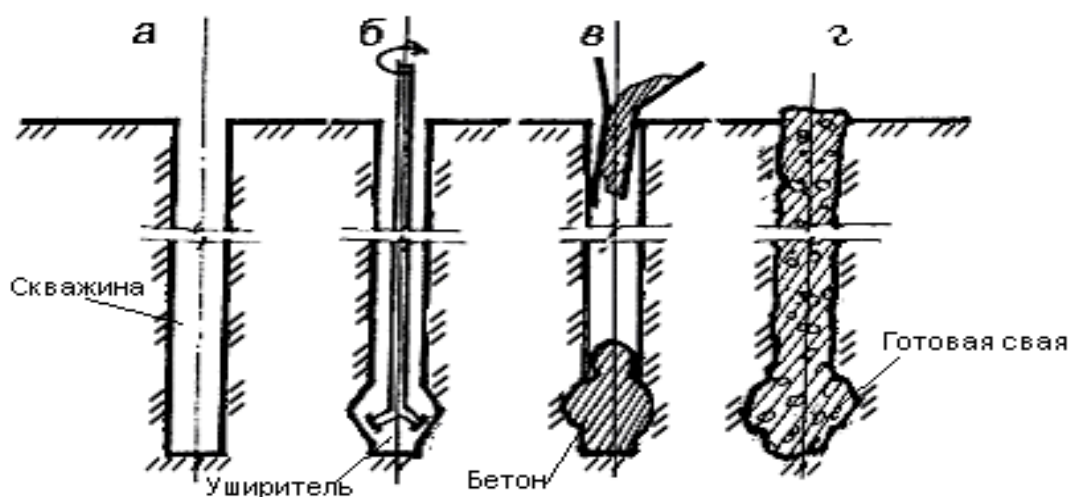


Рис. 8.7 - Технология устройства свай Страуса

Технология устройства свай с уширенной пятой

По характеру работы различаются на:

- *Сваи-стойки* – передают нагрузку только своим нижним концом на скальные, крупнообломочные и малосжимаемые грунты.
- Когда же под нижним концом залегают сжимаемые грунты, нагрузка от сооружения передается не только острием, но и боковой поверхностью свай. В этом случае свая называется *висячей* или *свайей трения*.

Сопротивление основания перемещению висячей свай под нагрузкой называется несущей способностью грунта основания свай или просто – несущей способностью свай – F_d .

“Отказ” свай – погружение от одного удара молота на одну и ту же величину в конце забивки.

“Отдых” свай – способность увеличивать несущую способность через некоторое время: для песков и супесей ~ 1 неделя; для суглинков ~ 2 недели; для глин ~ 3 недели и более.

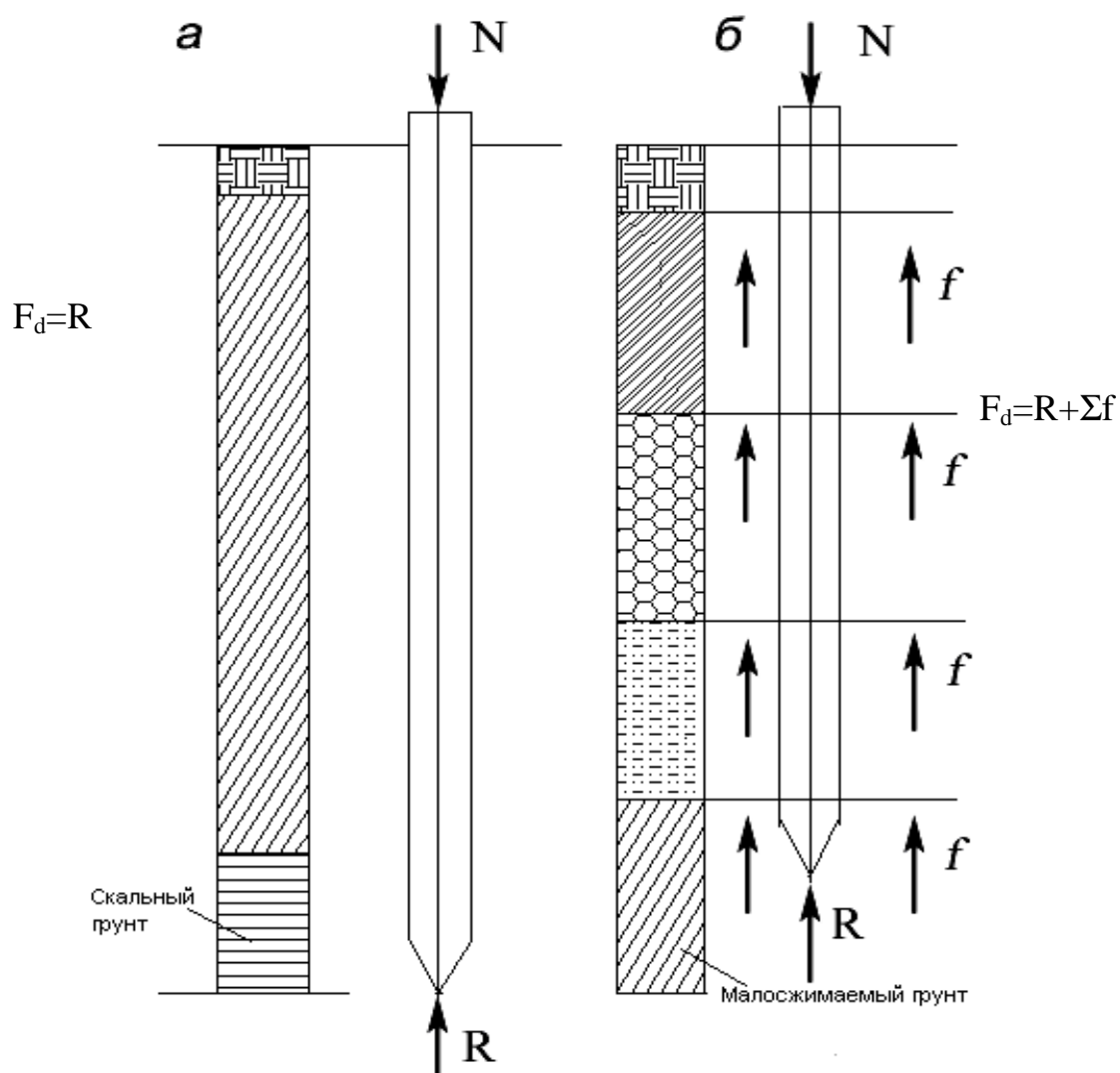


Рис. 8.8 - Схема работы свай в грунте: *а* – свая-стойка; *б* – свая трения; R – несущая способность сваи по острию; f – несущая способность сваи по боковой поверхности

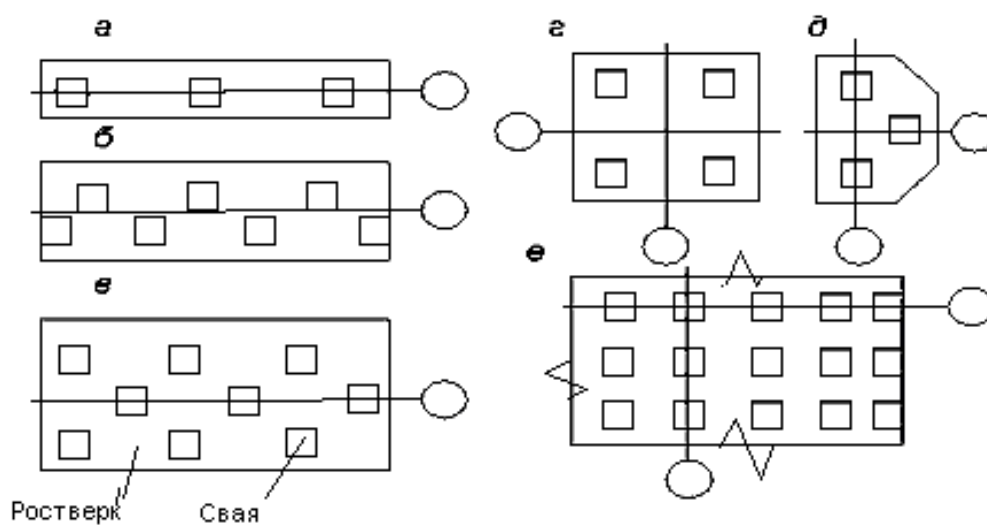


Рис. 8.9 - Схемы расположения свай в ростверках:
а, б, в – ленточный; *г, д* – свайный куст; *е* – свайное поле

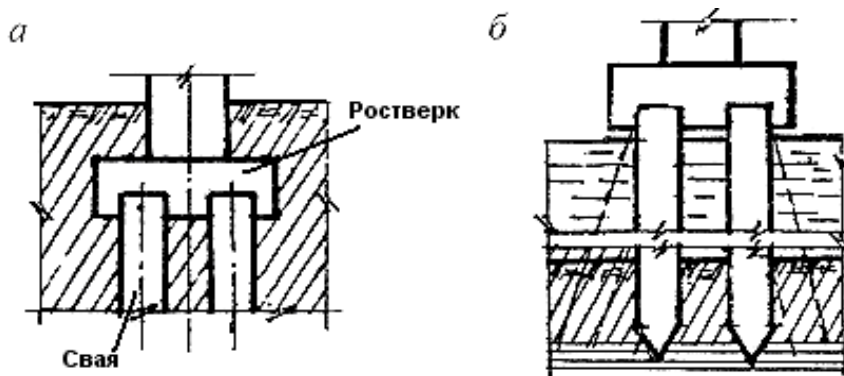


Рис. 8.10 - Виды свайных ростверков: а – низкий; б – высокий

Набивные сваи разделяются на:

- а) устраиваемые путем погружения инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте наконечником или бетонной пробкой, с последующим извлечением этих труб по мере заполнения образованной скважины бетоном.
- б) набивные в выштампованном ложе, формируются с помощью снаряда заданной формы (конической или пирамидальной) с последующим заполнением ложа бетонной смесью.

Диаметр набивных и буронабивных свай колеблется 0,5 – 1,2м, длина – 10 – 15 м.

Буровые сваи делятся на:

- буронабивные сплошного сечения с уширением или без него;
 - буронабивные с уплотненным забоем (втрамбовывание щебня);
 - буронабивные с камуфлетной пяткой;
 - буроинъекционные (бурение с последующим нагнетанием раствора в скважину).
- Диаметр набивных и буронабивных свай колеблется 0,5 – 1,2м, длина – 10 – 15 м.

Определение несущей способности свай (расчет)

$$F_d = \gamma_c \left(\gamma_{CR} \cdot AR + u \sum \gamma_{cf} f_i \cdot h_i \right)$$

γ_c – коэффициент условия работы свай в грунте; A – площадь операния свай на грунт; R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай (определение по таблице СНиП); u – наружный периметр поперечного сечения свай; f_i – расчетное сопротивление i – того слоя грунта на боковой поверхности свай (определение по таблице ДБН); h_i – толщина i – того слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай (слои грунтов следует разбивать на однородные, толщиной не более 2 м); γ_{cf} ; γ_{CR} – коэффициент условия работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности свай учитывающие влияние способов погружения на R и f_i (определение по таблице ДБН); F_u – частное значение предельного сопротивления свай.

$$P = \frac{F_d}{\gamma_k}$$

P – допускаемая нагрузка на сваю; γ_k – коэффициент надежности.

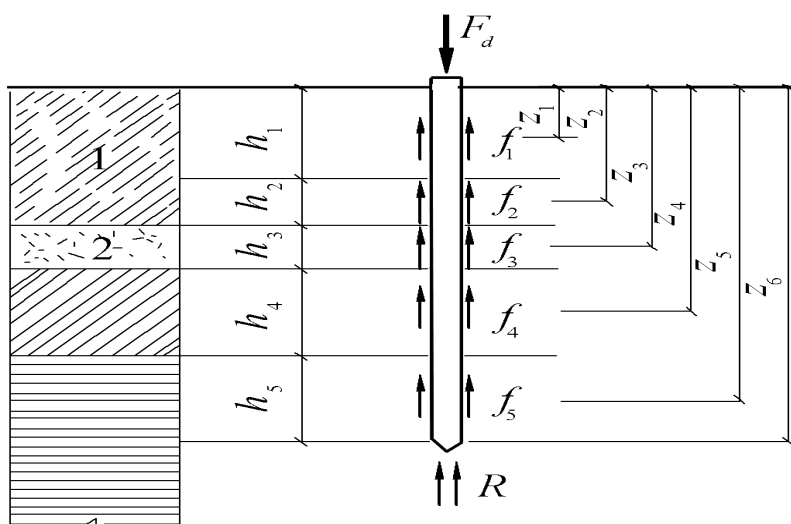


Рис. 8.11 - Расчетная схема к определению несущей способности сваи

Опускные колодцы

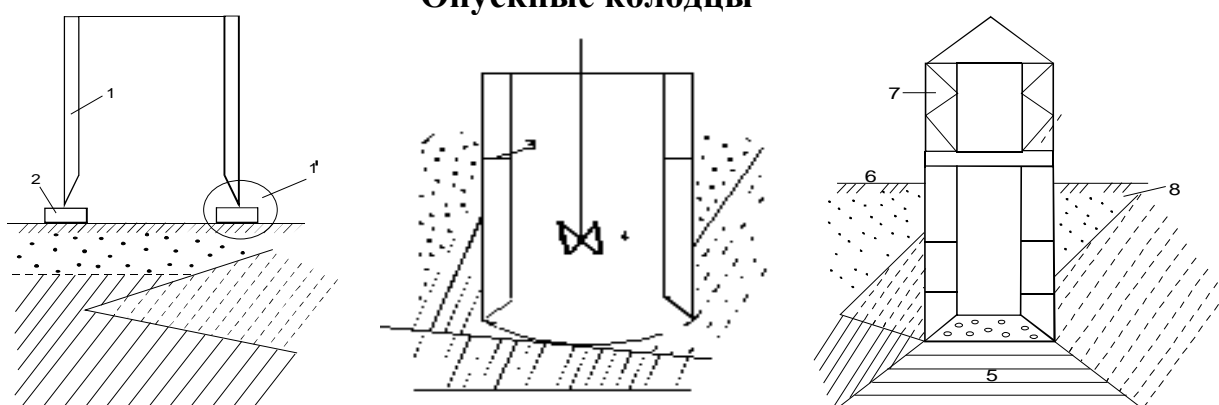


Рис. 8.12 - Опускной колодец:

1 - нож колодца; 1 – стела колодца; 2 – временные подкладки; 3 – стык между секциями стены; 4 – грейфер (землеройный механизм); 5 – днище; 6 – плита покрытия; 7 – верхнее строение; 8 – грунты

Технология погружения опускного колодца

Опускной колодец – открытия сверху и снизу полная конструкция любого очертания в плане (оптимальная форма – круг), погружаемая, как правило, под действием собственного веса или дополнительной пригрузки по мере разработки грунта внутри неё. Область применения:

- в гражданском строительстве: фундаменты, подземные гаражи, насосные станции, подземные хранилища и т.д.;
- в промышленности: металлургические промышленные установки непрерывной разливки стали, отстойники окалины и т.п.

Этапы погружения:

1. Монтаж колодца на временных подкладках. Если высота колодца не более 10 м, то он собирается сразу. Если более, то ярусами. Высота 1 яруса – 5 м, последующих – 4 – 6 м.
2. После удаления временных подкладок погружение колодца происходит по мере разработки грунта внутри него, от центра к периферии.
3. После погружения колодца до проектной отметки, производится бетонирование его днища и работы внутри колодца, связанные с его функциональным назначением.

4. Устраиваются покрытия колодца и надземная конструкция.

Размеры опускаемых колодцев: диаметр – 3 – 60 м, высота колодца кратна 1 м, глубина погружения может достигать 60 и более метров.

Опускаемые колодцы могут быть:

- массивные – (1), толщина стен 0,5 – 3,5 м;
- тонкостенные – (2), толщина стен 0,4 – 0,8 м, как правило, погружаются в тиксотропной рубашке.

Тиксотропия – это свойство некоторых дисперсных систем самопроизвольно восстанавливать свою структуру, разрушенную внешним воздействием.

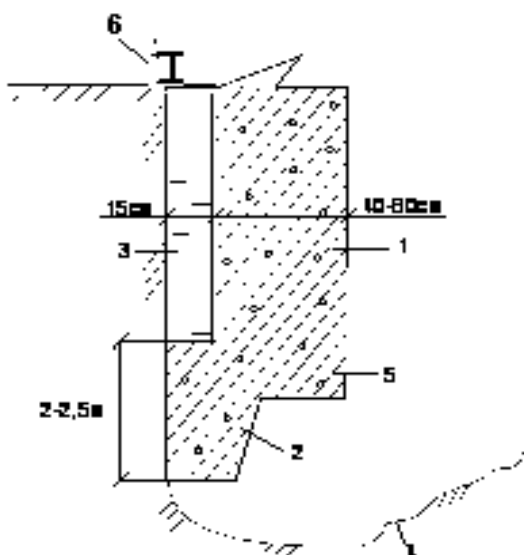


Рис. 8.13 – Тиксотропизация:

- 1 - стена колодца; 2 - нож колодца;
- 3 - тиксотропный раствор; 4 - грунт;
- 5 - металлическая гидроизоляция;
- 6 – форшахта

Фрагмент колодца в тиксотропной рубашке

Способы погружения:

- без водоотлива;
- с открытым водоотливом;
- с понижением иглофильтрами;
- с устройством противофильтрационной завесы.

Некоторые положения расчетов опускаемых колодцев:

Выполняются 2 расчета:

1. на нагрузки при погружении;
2. на нагрузки, действующие в эксплуатационном режиме.

$$Q \geq 1,2 \dots 1,5 T$$

Q – вес колодца;

T – силы трения, действующие по его боковой поверхности .

После погружения колодца до проектной отметки и устройства днища выполняется его расчет на всплытие.

Метод “стена в грунте”

Способ устройства несущих и ограждающих стен в траншеях, отрывааемых *под защитой глинистого раствора* называется *способом “стена в грунте”*. Устойчивость грунтовых стенок обеспечивается за счет повышенного гидростатического давления глинистого раствора по отношению к давлению грунта и грунтовой воды.

Применяется при строительстве подземных этажей высотных зданий, гаражей, глубоких опор большой несущей способности, насосных станций, противо-

фильтрационных завес и т.д. Метод не применяется на карстовых и оползневых площадках, в крупнообломочных грунтах без заполнения и грунтах текучей консистенции.

При строительстве методом "стена в грунте" вначале возводятся в траншеях наружные стены, а затем грунт удаляется из внутренней полости. Основание стен желательно опирать на водоупорный горизонт, что обеспечивает гидроизоляцию котлована, исключает необходимость устройства водопонижения, а иногда и водонепроницаемого днища. Работы выполняются захватками длиной 3 – 6 м, т.е. траншея имеет определенную длину. Траншея разрабатывается под защитой глинистого раствора, а затем грейфером разрабатывают землю. Далее погружают каркас и подают бетонную смесь.

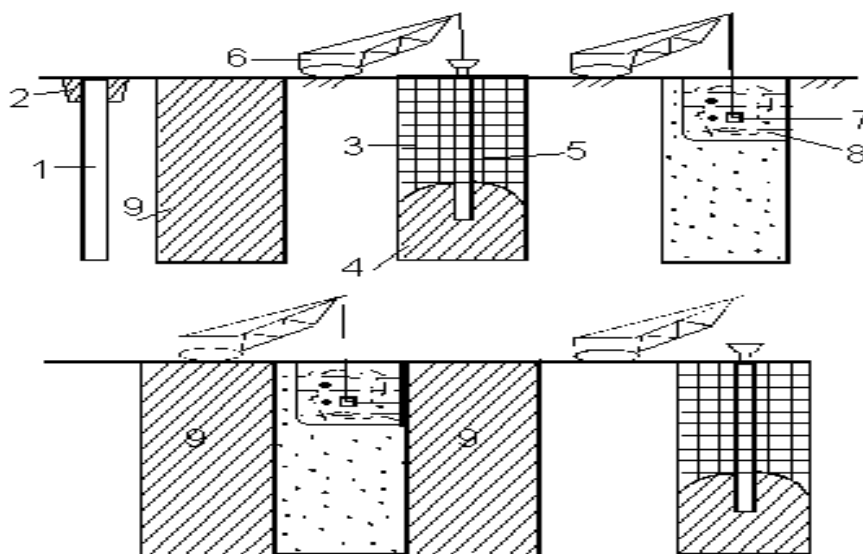


Рис. 8.14 - Технологическая схема устройства "стены в грунте":

- 1 - траншея с глинистым раствором; 2 - воротник; 3 - металлический каркас;
4 - бетонная смесь; 5 - бетонолитная труба; 6 - кран; 7 - грейфер;
8 - разрабатываемый грунт; 9 - готовая стена

Существует два способа устройства "стена в грунте":

- *свайный*: выполняется следующим образом: разбуривают грунт и делают скважины 1. Расстояние между сваями должно быть меньше чем диаметр. Затем бурят новые скважины, которые отсекают часть готовой сваи. Толщина таких стен 0,5 – 1,2 м при глубине до 50 м.

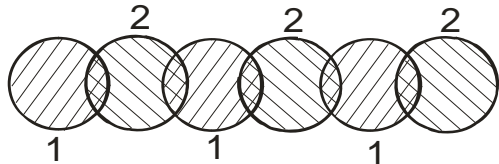


Рис. 8.15 - Свайная стена в грунте

- *траншейный*: выполняется с помощью специальных грейферов. Толщина стен 0,2 – 1,0 м (и больше), глубина 30 – 40 м. Грейфер подвешен на жесткой штанге и разрабатывает грунт, вынимая и выбрасывая его. Секционное заполнение каждой заходки бетоном. Через расстояние 6 – 9 м устанавливаются трубы, и образованная захватка заполняется арматурным каркасом и бетонной смесью; затем трубы вынимаются.

Доп. лекция 10
Конструкции инженерных сетей
Общие сведения

Под инженерными сетями обычно понимается: водопровод, канализация, теплосети, газопроводы, кабели электрические и связи, и т.п. В конструктивном отношении – это либо трубопроводы, уложенные непосредственно в грунт (т.н. бесканальная прокладка), либо трубопроводы, размещенные в непроходных и полупроходных каналах или тоннелях (обычно каналами принято называть непроходные, с высотой в свету до 1700 мм., при большей высоте они называются тоннелями).

В отличие от фундаментов подземные коммуникации имеют несравненно большую протяженность, что приводит к необходимости решения специальных задач при их пересечении с железными и автомобильными дорогами, а также водными преградами. Возникают инженерные проблемы, с действием блуждающих токов, химической и электрохимической коррозией, поскольку зачастую трубопроводы собираются из металлических или железобетонных труб; кроме того, появляется задача недопущения или устранения утечек из водонесущих коммуникаций.

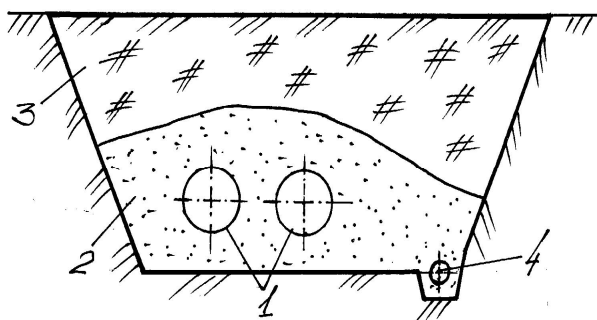


Рис. 10.1 - Бесканальная прокладка:
 1 – трубопроводы; 2 – песчаная обсыпка; 3 – засыпка местным грунтом;
 4 – дренажная труба

В силу указанных обстоятельств проектирование и строительство тех или иных сетей связано с определенной спецификой и поэтому в каждом конкретном случае устанавливаются соответствующие правила, некоторые из которых могут быть обобщены (см.табл.).

Таблица 10.1 Наименьшая глубина заложения инженерных сетей.

№	Подземные сети	Глубина заложения
1	2	3
1	Водопровод при диаметре труб, мм До 300 300-600 более 600	Ниже на 0,2 м Ниже на 0,25 диаметра трубы То же, на 0,5 диаметра трубы
2	Канализация при диаметре труб, мм До 500 Более 500	Ниже на 0,3 То же, на 0,5 м, но не менее 0,7 м от планировочной отметки

1	2	3
3	Газопровод осушенного газа в несуглинистых грунтах в зоне проезжей части: С усовершенствованным покрытием Без усовершенствованного покрытия	0,8 м 0,9м
4	Теплопровод: При прокладке в канале При бесканальной прокладке	0,5 м 0,7м
5	Кабели: Вне проездов При пересечении проездов	0,7 м 1,0 м

Водопроводные сети

Трассы трубопроводов рекомендуется прокладывать вблизи автодорог и проездов, прямолинейно, параллельно линиям застройки, вне бетонных и асфальтовых покрытий. Водопроводные линии во всех грунтах, за исключением скальных, плывунов и илистых, следует укладывать на естественный грунт ненарушенной структуры, выравнивая, а в некоторых случаях профилируя основание. В скальных грунтах выравнивание обеспечивается слоем песчаного грунта толщиной не менее 10 см или слоем супесей и суглинков с их уплотнением; в слабых и илистых грунтах трубы укладываются на искусственное основание.

Уклон линий водопроводной сети должен быть не менее 0,001 по направлению к выпуску; при плоском рельефе уклон может быть уменьшен до 0,0005.

Вода может подаваться по асбоцементным, бетонным, железобетонным, пластмассовым, чугунным, стальным, стеклянным и керамическим трубам. Тот или иной тип трубы выбирается на основании гидравлических, технико-экономических и статических расчетов, с учетом санитарных условий, агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий работы трубопроводов и требований к качеству воды.

Для напорных водоводов, как правило, применяется неметаллические трубы: железобетонные напорные, асбоцементные водопроводные, полиэтиленовые, также чугунные напорные трубы.

Стальные трубы применяются:

- при рабочем давлении более 1,2 МПа;
- для переходов под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги;
- в местах пересечения хозяйственно – питьевого водопровода с сетями канализации;
- при прокладке в труднодоступных местах строительства, в пучинистых, просадочных, набухающих и заторфованных грунтах, на подрабатываемых и карстовых территориях.

При совместной прокладке водоводов в одной траншее с трубопроводами различного назначения расстояние от водопроводных линий до других трубо-

проводов должно устанавливаться проектом с учетом различных условий. Например, при параллельной прокладке водоводов питьевой воды с канализацией, расстояние между трубопроводами должно быть не менее 1,5м при диаметре водовода до 200мм, и 3-х метров - при водоводах бóльшего диаметра; при тех же условиях, но при расположении водопроводных труб ниже канализационных, указанные расстояния должны быть увеличены в отметках на разницу глубин заложения трубопроводов; кроме того, на описываемых участках трассы водопроводные трубы должны быть металлическими.

Расстояние в свету между водопроводными линиями при их пересечении друг с другом и другими трубопроводами должно быть не менее 0,2м; при их пересечении с электрокабелями и кабелями связи расстояние между ними должно быть не менее 0,5м.

Водопроводные линии, транспортирующие воду питьевого качества, при их пересечении с канализационными линиями и трубопроводами ядовитых и пахнущих жидкостей надлежит закладывать выше указанных линий на расстоянии в свету не менее 0,4м. Водоводы, расположенные ниже канализационных линий, устраиваются из стальных труб и заключают их в футляры (расстояние от канализационной трубы до концов футляра должно быть не менее 5м в каждую сторону в связных грунтах и 10м – в несвязных грунтах), а сами канализационные линии укладываются из чугунных труб.

Переходы водопроводных линий под железными и автомобильными дорогами I и II категории, а также под городскими магистралями выполняются в футлярах (кожухах, тоннелях). Переходы обычно устраиваются на прямолинейных участках трубопроводов с пересечением полотна железной или автомобильной дороги под углом, близким к прямому; они, как правило, располагаются в местах с минимальным числом путей, вне мест стрелочных переводов, съездов и пере-крестков, и не ближе 10м от опор контактной сети и фундаментов зданий и сооружений.

Футляры (кожухи) переходов устраиваются из стальных труб при производстве работ открытым способом, способами прокола и продавливания, и из керамических или бетонных блоков при производстве работ способом щитовой проходки. Расстояние от кожуха до подошвы рельса должно быть не менее 2м, а до покрытия проезжей части автодороги – не менее 1,5м. При устройстве переходов способом прокола указанные расстояния увеличиваются до 3 – х для пылевато – глинистых грунтов и 2,5м – для песчаных; при устройстве переходов способом бурения – до 3 – х метров.

В случае перехода водовода через доки, линий дюкеров должно быть не менее 2-х. Дюкеры устайваются из стальных труб с усиленной антикоррозийной защитой, защищенной от механических повреждений.

Глубина укладки подводной части водопровода, считая до верха трубы, должна быть не менее чем на 0,5м ниже дна реки, а в пределах форватера (на судоходных реках) – не менее 1м.

Канализация

Условия трассирования канализационных линий и их устройство в целом аналогичны условиям прокладки других инженерных коммуникаций, в первую

очередь, водопроводов. Для канализационных трубопроводов применяются: самотечных – без-напорные железобетонные, бетонные, керамические, асбоцементные трубы; напорных – напорные железобетонные, асбоцементные, чугунные и пластмассовые трубы.

При параллельной прокладке нескольких напорных трубопроводов расстояние между наружной поверхностью труб должно быть не менее:

- при диаметре труб до 300мм включительно – 0,7м;
- при диаметре труб от 400 до 1000мм – 1,0м;
- то же, более 1000мм – 1,5м.

Расстояние по вертикали от подошвы рельса железнодорожных путей или от верха покрытия автомобильной дороги до верха футляра или тоннеля принимается:

- при открытом способе производства работ не менее 1м;
- при закрытом способе производства работ путем продавливания, горизонтального бурения или щитовой проходки – не менее 1,5м. Внутренний диаметр футляра (при открытом способе) принимается на 200мм более наружного диаметра трубопровода, а пространство между их стрелками заполняется бетоном.

Переход линий канализации через реки осуществляется дюкерами по правилам устройства водоводов. Проектирование и устройство сети на промышленных предприятиях, как правило, сопряжено со спецификой их технологического цикла. В зависимости от состава сточных вод допускается предусматривать прокладку канализационных линий в открытых и закрытых каналах, лотках, тоннелях и по эстакадам. Расстояние от трубопроводов, отводящих сточные воды, содержащие агрессивные токсичные и взрывоопасные вещества, до наружной стенки проходных тоннелей следует принимать не менее 3м, а до подвальных помещений не менее 6м. Для транспортирования указанных сточных вод в зависимости их состава, концентрации и температуры применяются трубы кислотоупорные керамические, керамические с глазурованной поверхностью, фаолитовые, текстфаолитовые, стеклопластиковые, фторопластовые, полиэтиленовые, из нержавеющей стали, стальные, футерованные резиной или пластиком и чугунные асфальтированные; соединения между трубами должны обеспечивать повышенную герметичность трубопровода в целом.

Мероприятия по предупреждению утечек из водопроводящих сетей

Утечки воды из водонесущих коммуникаций и водосодержащих сооружений практически являются едва ли не основной причиной подтопления застроенных территорий. Какие же мероприятия должны применяться для минимизации или полного устранения последствий утечек? Очевидно, что в первую очередь – это удовлетворения требований проектирования и эксплуатации. Затем – применение конструктивно – технологических мероприятий, заключающихся в герметизации стыковых соединений водонесущих труб с помощью различных резиновых колец, манжетов и т. п. В качестве таких герметиков применяются серийно выпускаемые резиновые манжеты Б-1 и Б-2, уплотнительные резиновые кольца круглого и фигурного сечений, пеньковый и асбестовый шнуры, пропитанные битумом, самоуплотняющиеся асбоцементные муфты типа САМ, устраиваются андезитовые или арзамитовые стыки.

Одним из наиболее эффективных способов предотвращения поступления утечек из водонесущих коммуникаций в грунты является их прокладка в непроходных, полупроходных и проходных каналах, снабженных сопутствующим дренажем. Утечки в этом случае собираются в специальные водосборные колодцы, оборудованные устройствами для отвода поступающих в них вод. Для одиночных трубопроводов небольших диаметров перехват утечек может осуществлять с помощью уплотненного глинистого экрана толщиной 0,15.....0,2м, являющегося основанием трубопровода на всем его протяжении; откачка воды в этом случае производится из водонепроницаемых колодцев, располагаемых вдоль линии экрана.

Важнейшим моментом при проектировании водонесущих коммуникаций является прогнозирование времени и скорости подъема УПВ в том или ином месте относительно источника обводнения. Подробно этот вопрос рассмотрен в Пособии СНИП 2.06.15-85, где его решение сводится к следующему:

- грунтовые условия схематизируются и представляются в виде расчетных схем(однородный пласт неограниченной мощности; двуслойный пласт при неограниченной мощности нижнего слоя; однослойный пласт конечной мощности; двухслойный пласт конечной мощности);
- по соответствующей формуле Пособия производится расчет величины и времени УПВ.

Тепловые сети

Принимаются следующие способы подземной прокладки: бесканальная; в непроходных и полупроходных каналах; в городских и внутриквартальных тоннелях совместно с другими коммуникациями.

Бесканальная прокладка применяется, как правило, при условном диаметре трубопроводов менее 400 мм в хороших грунтовых условиях.

Прокладка в непроходных каналах может применяться в любых грунтовых условиях с устройством сопутствующего дренажа и оклеечной гидроизоляции.

Прокладка в полупроходных каналах применяется при пересечении площадей и проездов с усовершенствованным покрытием.

В городских и внутриквартальных тоннелях тепловые сети могут прокладываться совместно с водопроводами диаметром до 300 мм, кабелями связи, силовыми кабелями напряжением до 10 кВ, а в городских тоннелях также с трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 МПа и напорной канализации; во внутриквартальных тоннелях допускается также совместная прокладка водяных сетей диаметром не более 250 мм с газопроводами природного газа давлением до 0,005 МПа диаметром до 150 мм.

Совместная прокладка тепловых сетей с газопроводами сжиженного газа, кислородопроводами, азотопроводами, трубопроводами холода, трубопроводами с легко воспламеняющимися летучим химически едкими и ядовитыми веществами и с бытовой канализацией *не допускается*.

Прокладка тепловых сетей при пересечении железных и автомобильных дорог, трамвайных путей и линий метрополитена предусматривается:

- в каналах - при возможности выполнения строительно - монтажных и ремонтных работ открытым способом;

- в футлярах – при невозможности производства работ открытым способом;
- в тоннелях – в остальных случаях, а также при заглублении от поверхности земли до перекрытия канала (футляра) 2.5 м и более.

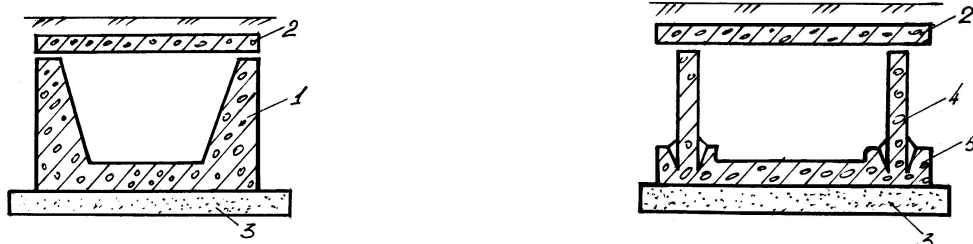


Рис. 10.2 - Непроходные и полупроходные каналы:
а) типа КЛ, б) типа КС: 1- лоток Л, 2- плита перекрытия П, 3- песчаная подготовка, 4- стеновая плита ПС, 5- плита днища ПД

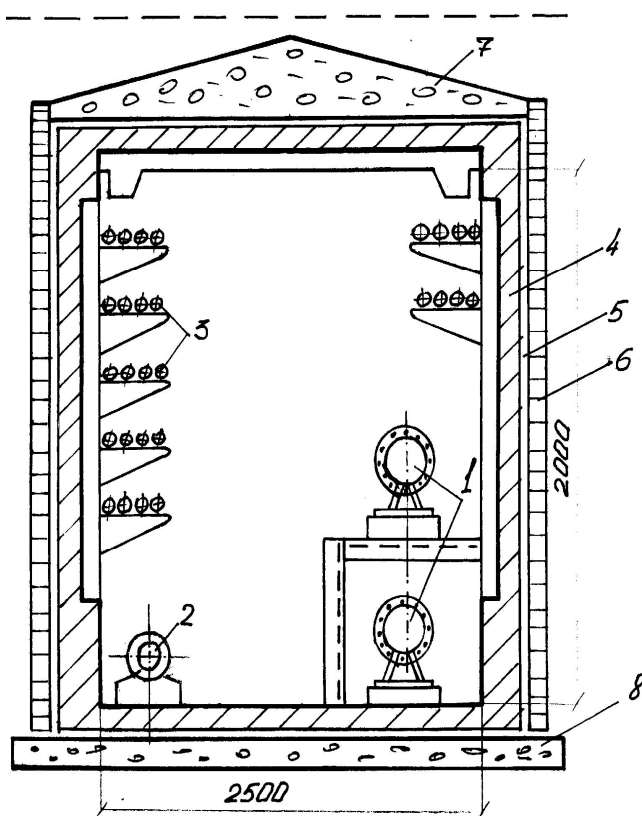


Рис. 10.3 - Совместная прокладка инженер-ных коммуникаций в общем коллекторе:

- 1 - трубопроводы тепловой сети,
- 2 - водопровод, 3 - кабели, 4 - тоннель,
- 5- гидроизоляция, 6 - защитное ограждение гидроизоляции (кирпичная стенка), 7 - защитное бетонное покрытие, 8 - бетонная подготовка

Длину каналов, тоннелей и футляров в местах пересечений необходимо принимать в каждую сторону на 3 м больше размеров пересекаемых сооружений, в том числе сооружений земляного полотна железных и автомобильных дорог.

При прокладке тепловых сетей в футлярах должна предусматриваться усиленная антикоррозионная защита труб тепловых сетей и футляров, а в местах пересечения электрифицированных железных дорог и трамвайных путей дополнительно активная электрохимическая защита.

Наружные поверхности стен и перекрытий каналов, тоннелей, камер и других конструкций тепловых сетей должны покрываться обмазочной битумной изоляцией, а при их прокладке ниже УПВ должен устраиваться сопутствующий дренаж; при прокладке теплотрассы вне дорог и тротуаров с твердым покрытием перекрытия указанных выше конструкций должны иметь оклеечную гидроизоляцию из битумных рулонных материалов.

Для защиты наружной поверхности труб от коррозии в зависимости от способа прокладки и температуры теплоносителя рекомендуются покрытия приведенные в табл.

Таблица 10.2 - Типы покрытия для защиты труб от коррозии

Прокладка	Температура носителя	Типы покрытия	Общая толщина покрытия, мм
1. В тоннелях, технических подпольях (для воды и пара)	Независимо от 300	Масляно – битумные, два слоя по грунтовке ГФ – 021 (в качестве консервационного покрытия), металлизационные, алюминиевое.	0.15 0.2 0.25 0.3-
2. Подземный в непроходных каналах (для воды и пара)	300 180 150	Стеклоэмалевые марки: 105 Т в три слоя 64/64 в три слоя 596 в один слой Органосиликатные (типа ОС – 51 – 03) в три слоя в четыре слоя Изол в два слоя по холодной продольной мастике. Эпоксидные в три слоя по шпатлевке. Металлизационные, алюминиевое с дополнительной защитой.	0.5 0.6 0.5 0.6 0.5 0.6 0.5 0.25 0.3 0.45 5 6 0.3 0.4 0.25 0.3
3. Бесканальный (для воды и пара).	300 180	Стеклоэмалевые по п.2 Защитные – по п.2 (кроме изола).	

Примечание: металлизированные и алюминиевые покрытия применяются для сред с pH от 4.5 до 9.

Непроходные каналы выполняются из сборного бетона и железобетона; при небольшой длине трассы и малых диаметрах труб стены таких каналов допускается устраивать из прочного, хорошо обожженного красного кирпича. Непроходные каналы делятся на одноячейковые, двухячейковые и многоячейковые. Наиболее применяемые каналы разделяются на два типа: первый тип, марки КЛ собирается из лотковых элементов, второй - марки КС – из сборных железобетонных плит. Каналы марок КЛ высотой 300, 450 и 600 мм собираются в форме перевернутой буквы П и перекрываются съемными плоскими плитами; каналы высотой 900 и 1200 мм монтируются из лотковых элементов, уложенных друг на друга с устройством специального соединения. В каналах типа КС сборные стеновые панели устанавливаются в пазы сборных плит днища и замоноличиваются бетоном М – 300 на мелком щебне.

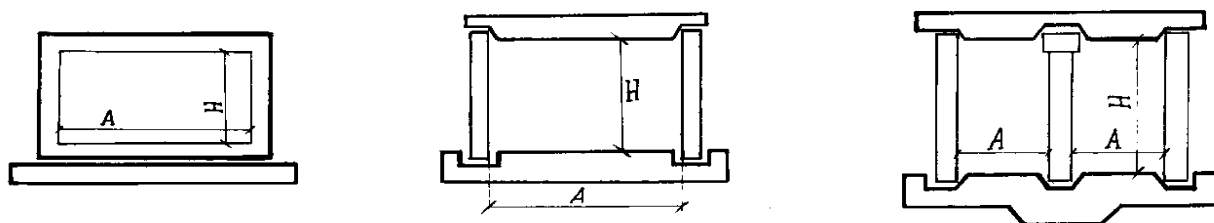


Рис. 10.4 - Виды тоннелей

а) канал одноячейковый

б) тоннель односекционный

в) тоннель двухсекционный

Таблица 10.3 - Размеры каналов и тоннелей

Каналы (одноточечный)		Т – 150 - Т – 240 (односекционный)		2Т – 240 – 2Т – 420 (двухсекционный)		
Размеры в мм						
A	H	A	H	A	B	H
600	300	500	210	2400	5200	2400
	450		3000			
	600		800			210
900	450	21000	210	3600	7600	3000
	600		2100			
	900		2400			
	1200		600			2400
900	2400					
1200	2400					
1500	600	2400	2100	4200	8800	3000
	900		2400			
	1200		2400			

Таблица 10.4 - Условия применения каналов и тоннелей.

Тип канала или тоннеля	Заглубление верха покрытия, м.	Вид грунта. УПВ.	Максимальное давление на грунт основания, МПа.	Вид нагрузки от надземного транспорта.
Т	0.7 – 2.0	Грунты непросадочные, сухие или влажные. УПВ на 1м и более, ниже верха перекрытия.	До 0.15	Автомобильная Н – 30
КС	0.2 – 0.2		0.15	Колесная НК – 80

Односекционные тоннели проектируются из сборных железобетонных стен и перекрытий, а двухсекционные – с монолитным железобетонным днищем и сборными плитами стен и перекрытий; по продольной оси тоннеля устанавливаются сборные железобетонные стойки с шагом 3м и прогоны, на которые опираются плиты перекрытия. Плиты стен соединяются с плитами днища с помощью «щелевого» стыка, обеспечивающего их жесткое защемление.

Доп. лекция 11

Проектирование котлованов и защита фундаментов от подземных вод (общие представления)

Котлован – это выемка в грунтовом массиве, имеющая значительные размеры в плане и предназначенная для строительства фундаментов, подземных сооружений и т.д.

Траншея – это выемка малой ширины и большой протяжности.

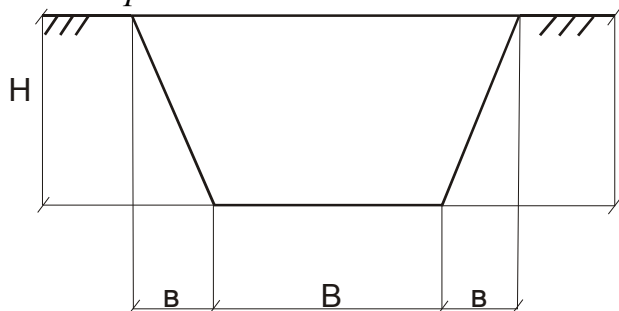


Рис. 11.1 - Схема котлована:

B – ширина котлована; H – глубина котлована; b – заложение откосов котлована

Проект котлована является составной частью общего проекта строительства и включает в себя: планы по дну и по верху, разрезы, привязку к местности, абсолютные отметки заложения дна и поверхности откосов, сведения о способе производства работ, применяемых механизмов и т.д.

При устройстве котлована должны выполняться защитные мероприятия направленные на: сохранение природной структуры грунтов в основании и фундаментов; на обеспечение устойчивости стенок котлована на весь период производства строительных работ.

Замачивание грунтов приводит к уменьшению их прочностных и деформационных характеристик. Заложение откосов проектируется с учетом требования охраны труда и экономических. Размеры дна котлована определяются размерами фундаментов сооружений. Размеры котлована по верху равны размеру дна плюс заложения откосов. Глубина котлована определяется в первую очередь глубиной заложения фундамента, а так же наличием разных конструкций (песчаные подушки, дренажные системы и т.д.).

Таблица 11.1 - Отношения глубины H заложения откоса b

грунты	$H < 1,5$ м	$1,5 \div 3$ м	$H > 3$ м
песчаный влажный	1 : 0,5	1 : 1	1 : 1
супесь	1 : 0,25	1 : 0,67	1 : 0,85
суглинок	1 : 0	1 : 0,5	1 : 0,75
глина	1 : 0	1 : 0,25	1 : 0,5
скальный	-	1 : 0	1 : 0,1
насыпной грунт	1 : 0,67	1 : 1	1 : 1,25

Водопонижение

Производится либо открытым водоотливом, либо глубинной откачкой воды. Выбор способа водопонижения определяется видом подземных вод структурой и текстурой грунтов, геометрией котлована и т.д.

Открытый водоотлив – это водозаборные канавки глубиной 0,3 – 0,6 м., которые устраиваются по дну котлована с уклоном, и по которым вода стекает в *зумпфы* - приямок глубиной 0,8 – 1 м., из которых откачивается насосами.

Фильтрационный приток воды на 1 м² дна котлована рекомендуется принимать равным (м³/час):

- для мелких песков 0,05 – 0,16; – для крупнозернистых 0,30 – 3,0;
- для среднезернистых 0,10 – 0,24; – для трещиноватых скал 0,14 – 0,25

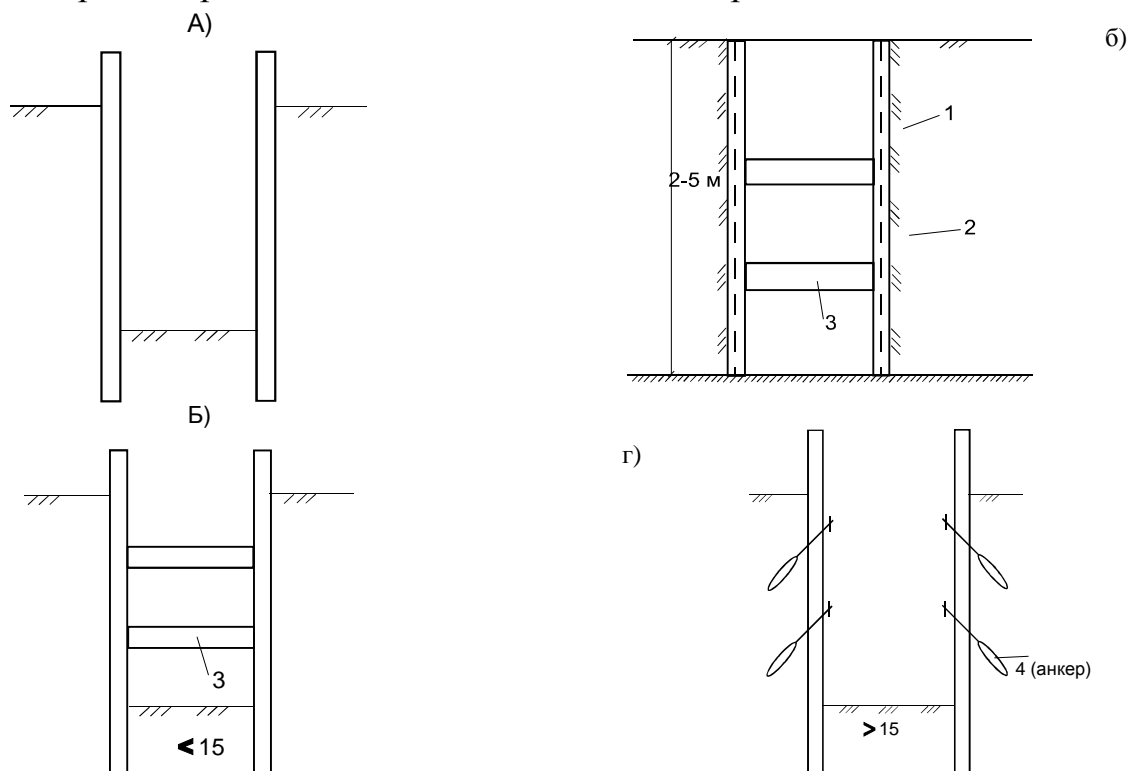


Рис. 11.2 - Способы крепления откосов:

а – забиркой; б,в,г – шпунтом: соответственно – консоль, с распорками, с анкерами;
1 – стойка (брус, двутавр); 2 – забирка (доска, бревно); 3 – распорка (труба, бревно, инвентарное устройство); 4 – анкер

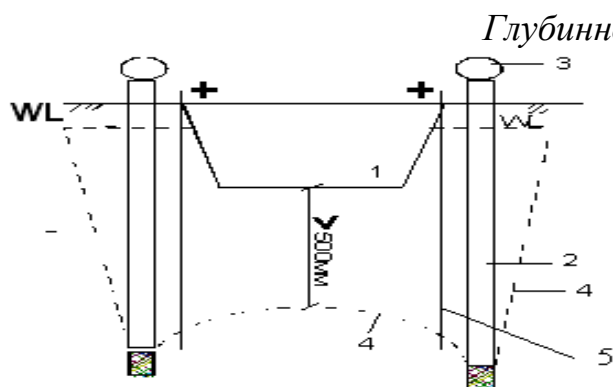


Рис. 11.3 - Схема водопонижения:
1 - котлован; 2 - иглофильтр (катод);
3 – коллектор; 4 - депрессионная кривая;
5 - металлический стержень (анод)

Вследствие глубинного понижения воды, осуществляемого с помощью иглофильтра, образуется депрессионная кривая – новый уровень подземных вод в месте проведения работ.

При необходимости водопонижения в глинистых грунтах, у которых коэффициент фильтрации меньше 0,1 м/с применяется метод электроосмоса, т.е. водопонижения в грунтах, на которые воздействуют постоянным током. Для этого у

бровки котлована забивают металлический стержень, на который подают положительный заряд, к иглофильтру подают отрицательный заряд. При такой схеме вода более интенсивно движется в сторону иглофильтра, откуда и откачивается.

В обычных условиях применяются иглофильтры ЛИУ (легкое иглофильтровое устройство) – стальная трубка диаметром 38 – 50 мм, которая собирается из отдельных звеньев, и нижнее звено имеет специальное фильтрующее устройство, не пропускающее даже мелкие частицы грунта. С помощью ЛИУ воду можно понизить на 4 – 5 м относительно первоначального уровня.

Замораживание грунтов

В особо сложных грунтовых условиях (плывуны и пр.) применяется замораживание грунтов

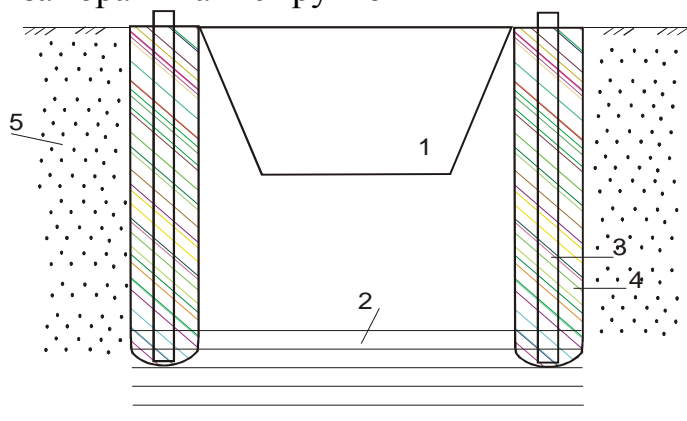


Рис. 11.4 - Схема замораживания
1 – котлован; 2 – водоупор; 3 – замораживающая колонка; 4 – цилиндр мерзлого круга; 5 – водонасыщенный грунт

Замораживание грунта производится с помощью аммиака, или (реже) жидкого азота. Температура грунта после замораживания – $-15 - 20^{\circ}\text{C}$.

Замораживание производится в 2 этапа:

- активное замораживание (40 – 70 дней) – процесс создания защитной стенки вокруг котлована;
- пассивное замораживание – поддержка грунта в замороженном состоянии на весь период проведения работ.

Защита сооружений от подземных вод и сырости

При проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений должна учитываться возможность изменения гидрогеологических условий площадки в процессе строительства и эксплуатации объекта, которые могут быть обусловлены как природными, так и техногенными причинами. В первом случае – это естественные сезонные многолетние колебания уровня подземных вод (УПВ), во втором – возможные техногенные изменения УПВ и изменение степени агрессивности ПВ и коррозионной активности грунтов.

Оценка возможных изменений УПВ на площадке строительства должна выполняться при инженерных изысканиях для зданий и сооружений с учетом указанных выше причин. При выполнении этой оценки необходимо помнить, что новые режимобразующие факторы, изменяющие существующую структуру водного баланса территории, являются дополнительной техногенной нагрузкой на геологическую среду, а возникающие неблагоприятные последствия – в первую очередь

подтопление (а также карст, оползни и т.д.) - это реакция (отклик) среды на действие указанных факторов:

В зависимости от результатов прогнозирования подтопления застраиваемой территории должны предусматриваться предупредительные или защитные мероприятия против него.

Предупредительные мероприятия проводятся на всех потенциально подтопляемых территориях, предназначенных для строительного освоения.

Если при прогнозируемом уровне подземных вод возможно недопустимое ухудшение физико-механических свойств грунтов оснований фундаментов или нарушение нормальной эксплуатации заглубленных помещений, в проекте должны предусматриваться предупредительные мероприятия, включающие в себя, в первую очередь, следующие виды работ:

- устройство защитной гидроизоляции заглубленных сооружений, конструкций и подземных коммуникаций;
- сооружение профилактических пристенных, пластовых и сопутствующих дренажей;
- мероприятия по предупреждению утечек из водопроводящих сетей;
- конструктивные решения, ограничивающие подъем УПВ (противофильтрационные завесы, дренаж, специальные каналы для коммуникаций и т.п.).

Гидроизоляция

В зависимости от используемого материала и способа выполнения различаются следующие типы гидроизоляции: металлическая, окрасочная и оклеечная битумная, штукатурная цементная и наносимая торкретированием цементного раствора, штукатурная асфальтовая из холодных (эмульсионных) мастик, штукатурная асфальтовая из горячих мастик и растворов, литая асфальтовая, пластмассовая (окрасочная и оклеечная).

Металлическая гидроизоляция выполняется в виде сплошного ограждения из стальных листов толщиной не менее 4 мм, соединенных между собой сваркой и с изолируемой конструкцией путем заанкирования в бетон.

Окрасочная битумная гидроизоляция - это 2-...4 слоя нефтяного битума марки Б-П-Ш или БН - общей толщиной 3...6 мм, нанесенных на изолируемую поверхность с увлажняемой стороны.

Оклеечная гидроизоляция проектируется только из гнилостойких рулонных материалов: дегте-битумных (ДБ), гудрокамовых (РГМ), гидроизола (ГИ), изола, стеклоткани и стекловолокна. Гидроизоляционный ковер наклеивается послойно битумом или мастикой со стороны гидростатического напора на ровную огрунтованную разжиженным битумом и высушенную поверхность изолируемой конструкции. Количество слоев гидроизоляции назначается в зависимости от категории изолируемого помещения и действующего гидро-статического напора (см. табл.)

Штукатурная цементная гидроизоляция - это покрытие увлажненной шероховатой изолируемой поверхности цементно-песчаным раствором (состава от 1:1 до 1:2), наносимым механизированным (торкретирование цемент-крошкой) или

ручными способами; торкретирование производится двумя или тремя способами (наметами) при общей толщине изоляции соответственно 25 или 30мм.

Таблица 11.2 - Количество слоев оклеечной гидроизоляции

Назначение гидроизоляции	Количество слоев рулонного материала при категориях помещений		
	I	II	III
1	2	3	4
Против капиллярной влаги и просачивающейся воды	3	2	-
Против гидростатического напора до 5 м	4	3	2
Против гидростатического напора более 5м до 30м	5	4	3

Штукатурная асфальтовая гидроизоляция из холодных мастик – выполняется из эмульсионной асфальтовой мастики, наносимой на изолирующую поверхность со стороны действующего напора несколькими способами (наметами); толщина отдельных слоев холодной мастики при механизированном способе должна быть от 2 до 4 мм, при ручном - до 20мм. Количество слоев и общая толщина гидроизоляции назначаются в зависимости от величины действующего гидростатического напора (см. табл)

Литая асфальтовая гидроизоляция устраивается из асфальтовых материалов (раствора и мастики), наносимых на изолируемую поверхность в расплавленном состоянии путем розлива и разравнивания либо замена шва или полости между отдельными экспериментами сооружения.

Толщина вертикальной гидроизоляции (ширина щели) назначается в зависимости от вида гидроизоляционного материала, высоты одновременной заливки и температуры окружающего воздуха.

Пластмассовая гидроизоляция (окрасочная и оклеечная) выполняется путем окраски изолируемой поверхности несколькими слоями лакокрасочными составами или наклейки на нее (либо укладки насухо со сваркой стыков) листовых и рулонных пластмасс. В качестве окрасочных составов рекомендуется применять этинолевые краски, эпоксидные смолы, венилоденхлоридные краски, шпаклевочный лак №75, кремнийорганические соединения (силиконы), перфонилиновые эмали и др.; в качестве листовых и рулонных пластмасс - полихлорвинил (ПХВ) винипласт, полиизобутилен, полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) и др. Наибольшее применение пластмассовая гидроизоляция имеет в агрессивных средах.

При выборе типа гидроизоляции необходимо учитывать следующие факторы:

- требуемую сухость изолируемого помещения, устанавливаемую в соответствии с той или иной категорией сухости;
- трещиностойкость изолируемых конструкций;
- величину гидростатического напора;
- механические воздействия на гидроизоляцию;
- действие на гидроизоляцию агрессивных сред;
- температурные воздействия на гидроизоляцию;
- стоимость гидроизоляции.

Таблица 11.3 - Штукатурная асфальтовая гидроизоляция из холодных мастик

Назначение гидроизоляции	Гидроизоляция	
	Количество наметов	Общая толщина, мм
1	2	3
При капиллярном подсосе влаги	2	5...7
При напоре до 10м	3...4	10...15
При напоре 10м и более, а также при защите помещений I категории при любом напоре (до 30м)	4...5	15...20

Количество и толщина горизонтальных слоев литой гидроизоляции принимается по табл.

Таблица 11.4 - Литая асфальтовая гидроизоляция

Назначение гидроизоляции	Варианты	Толщина отдельных слоев, мм			
		первого слоя		второго слоя	
		из асфальтовой мастики	из асфальтового раствора	из асфальтовой мастики	из асфальтового раствора
1	2	3	4	5	6
Против капиллярной влаги	1	5...7	-	-	-
	2	-	12...15	-	-
Против гидростатического напора	1	5...7	-	5...7	-
	2	5...7	-	-	15...20
	3	-	15...20	-	15...20
Против гидростатического напора свыше 10м также при защите помещений I-ой категории при любом напоре (до 30м)	1	7...10	-	7...10	-
	2	7...10	-	-	2...25
	3	-	20...25	-	20...25

Все изолируемые помещения делятся на три категории, характеризующиеся степенью сухости ограждающих конструкций:

- I-я категория - помещения с сухой поверхностью ограждающих конструкций, допускаются лишь сырые пятна общей площадью не более 1%;
- II-я категория - помещения с отдельными влажными участками ограждающих конструкций, общая площадь которых не должна превышать 20% всей поверхности;
- III-я категория - помещения с выделением капельной влаги на стенах и полу (но не потолке) при условии, что общая площадь увлажненных участков должна быть не более 20% всей поверхности ограждающих конструкций.

По трещиностойкости все изолируемые конструкции разделяются на три группы в зависимости от предельной величины расчетного раскрытия трещин:

- I-я группа - трещиностойкие конструкции без раскрытия трещин;
- II-я группа - конструкции с ограниченным раскрытием трещин до 0.05 и 0.1мм;
- III-я группа - конструкции, рассчитываемые только на прочность.

Ниже на рисунках приведены схемы гидроизоляции различных фундаментов и подземных сооружений.

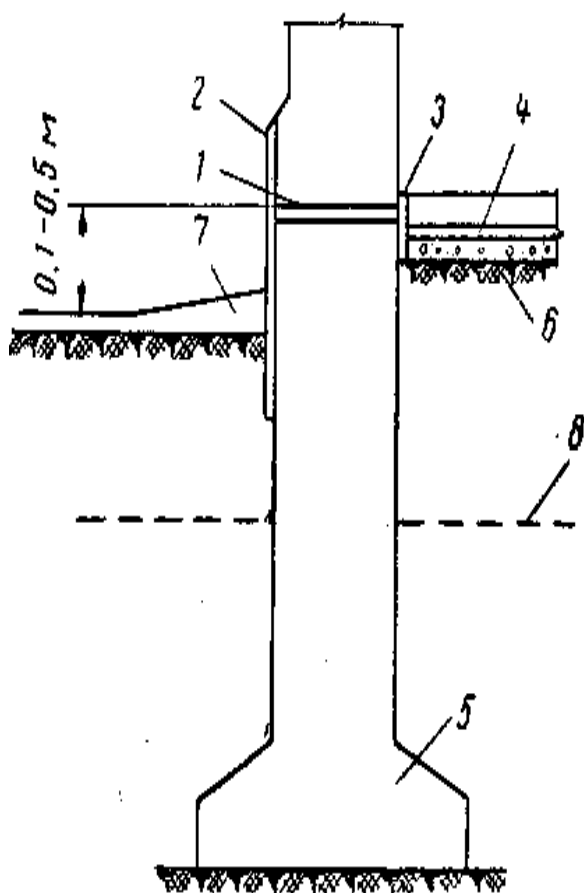


Рис. 11.5 - Устройство противокапиллярных прокладок в стенах:

1 – противокапилляр-ная прокладка;
2 – цементная штукатурка; 3 – покрытие мастикой; 4 - гидроизоляция пола; 5 – фунда-мент; 6 – бетонная подготовка; 7 – от-мостка; 8 – максимальный уровень грунто-вых вод

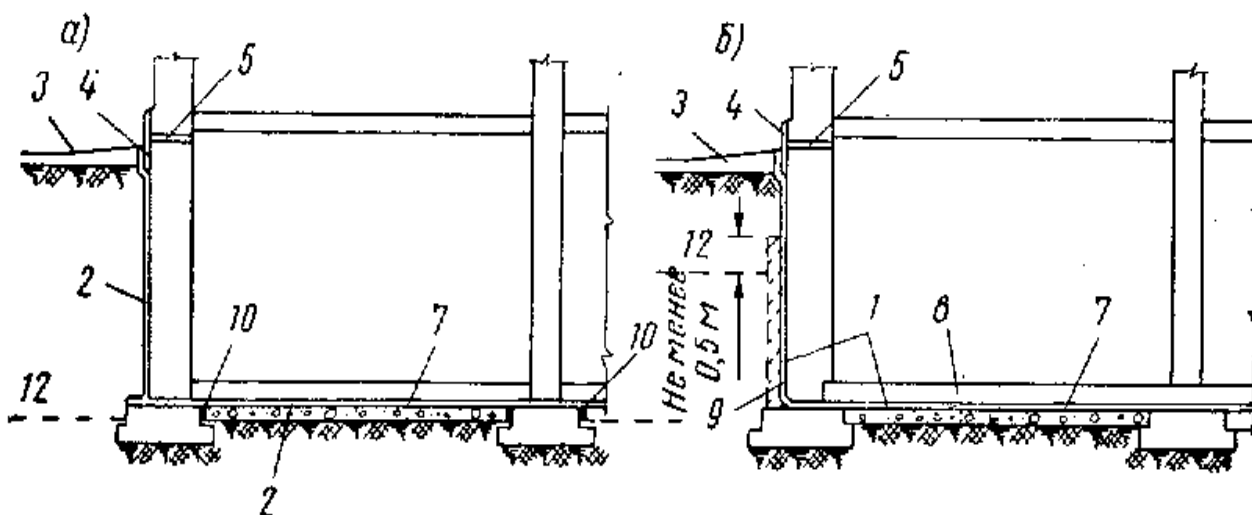


Рис. 11.6 - Гидроизоляция подвалов:

а – от грунтовой капиллярной влаги б – от напора грунтовых вод (железобетонное днище заанкерено в стены); 1– гидроизоляция от напора грунтовых вод;
2 – гидроизоляция от капиллярной влаги; 3 – отмостка; 4 – цементная штукатурка;
5 – противокапиллярная прокладка; 7 – бетонная подготовка; 8 – заанкеренная железобетонная плита; 9 – защитное ограждение; 10 – окраска мастикой;
12 – максимальный уровень грунтовых вод

Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений

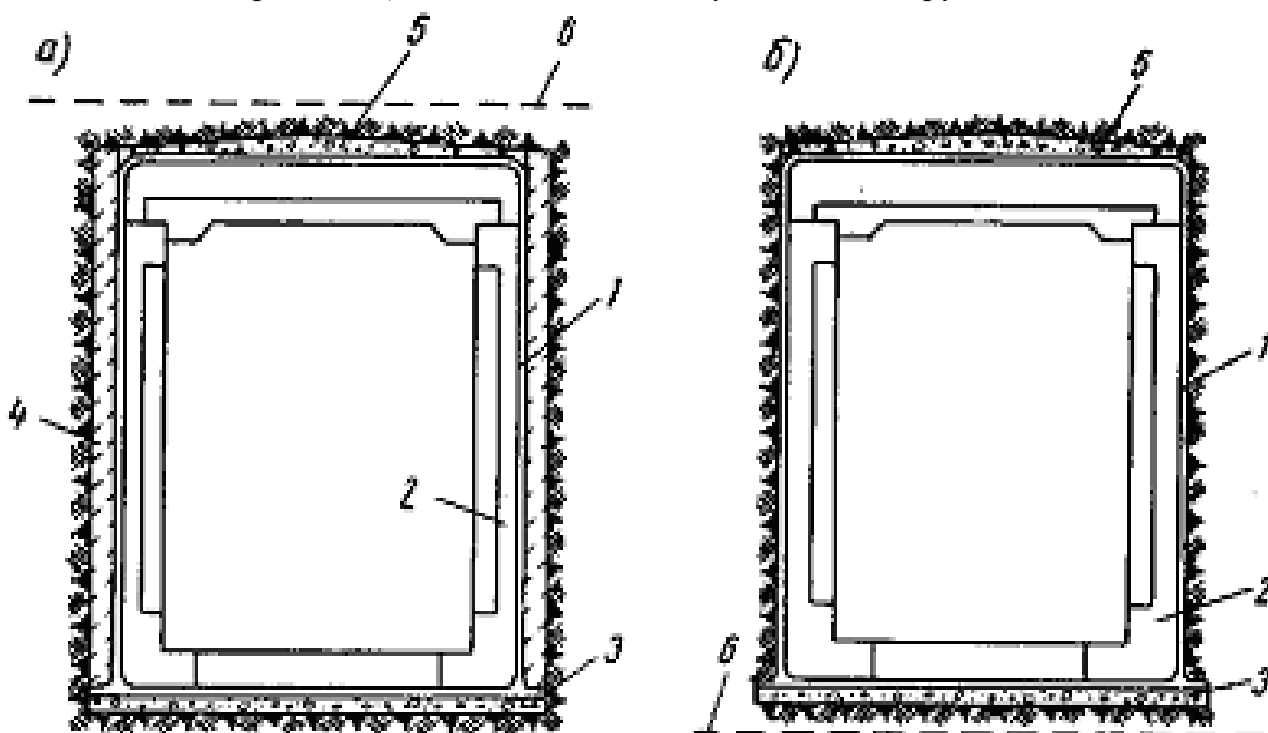


Рис. 11.7 - Схема гидроизоляции подземных сооружений: а – от напора грунтовых вод; б – от грунтовой капиллярной влаги.

1 – гидроизоляция; 2 – несущая конструкция; 3 – бетонная подготовка;
4 – защитное ограждение гидроизоляции на стенах; 5 – защитное покрытие;
6 – максимальный уровень грунтовых вод

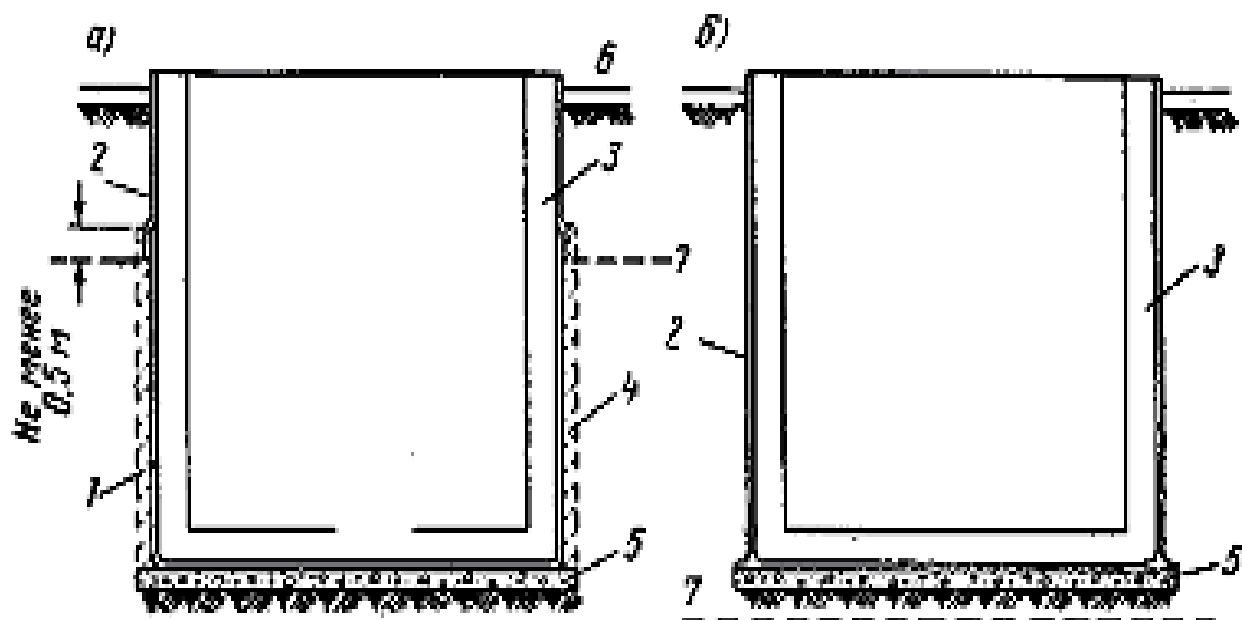


Рис. 11.8 - Схема гидроизоляции заглубленных сооружений:

а – от напора грунтовых вод; б – от грунтовой капиллярной влаги.

1 – гидроизоляция от напора грунтовых вод; 2 – то же, от капиллярной влаги;
3 – несущая конструкция; 4 – защитное ограждение; 5 – бетонная подготовка;
6 – уровень земли; 7 – максимальный уровень грунтовых вод.

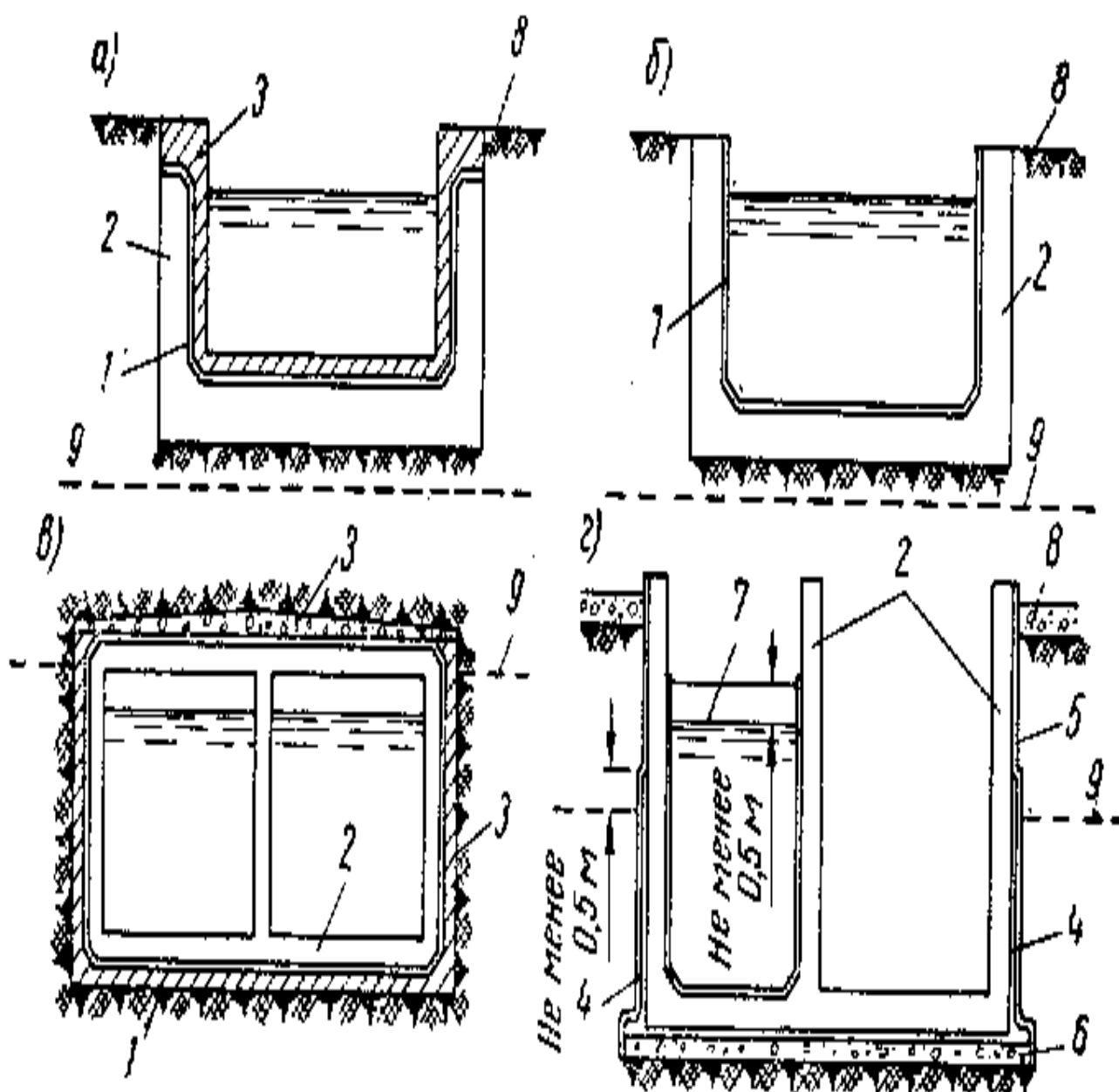


Рис. 11.9 - Гидроизоляция водонаполненных сооружений:

а – с защитным ограждением (при необходимости защиты гидроизоляции от механических повреждений и при проточной воде); б – без защитного ограждения (при создании возможности периодического осмотра и ремонта гидроизоляции в непроточной воде); в – при наличии напора грунтовых вод; г – то же (вариант с гидроизоляцией торкретированием); 1 – гидроизоляция от гидростатического напора; 2 – несущая конструкция; 3 – защитное ограждение; 4 – торкрет; 5 – гидроизоляция от грунтовой капиллярной влаги; 6 – бетонная подготовка; 7 – максимальный уровень воды в сооружении; 8 – уровень земли; 9 – максимальный уровень грунтовых вод

Гидроизоляция опускных колодцев и кессонов.

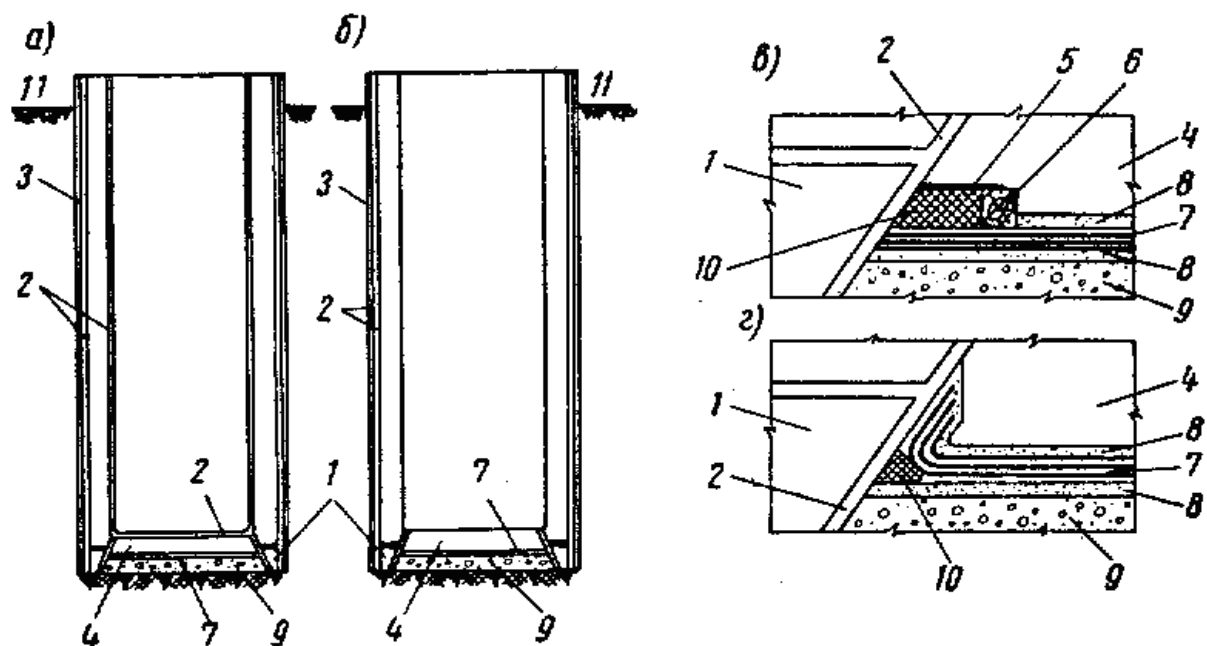


Рис. 11.10 - Гидроизоляция опускных колодцев: а – с двух сторон; б – с одной наружной стороны; в, г – сопряжения оклеечной гидроизоляции с цементной гидроизоляцией стен; 1 – нож опускного колодца; 2 – цементная гидроизоляция (торкрет); 3 – окрасочная битумная гидроизоляция; 4 – днище опускного колодца; 5 – лист оклеечной гидроизоляции; 6 – деревянная рейка 50x50мм; 7 – оклеечная гидроизоляция; 8 – выравнивающая и защитная стяжки; 9 – бетонная подготовка; 10 – битумная мастика; 11 – уровень земли

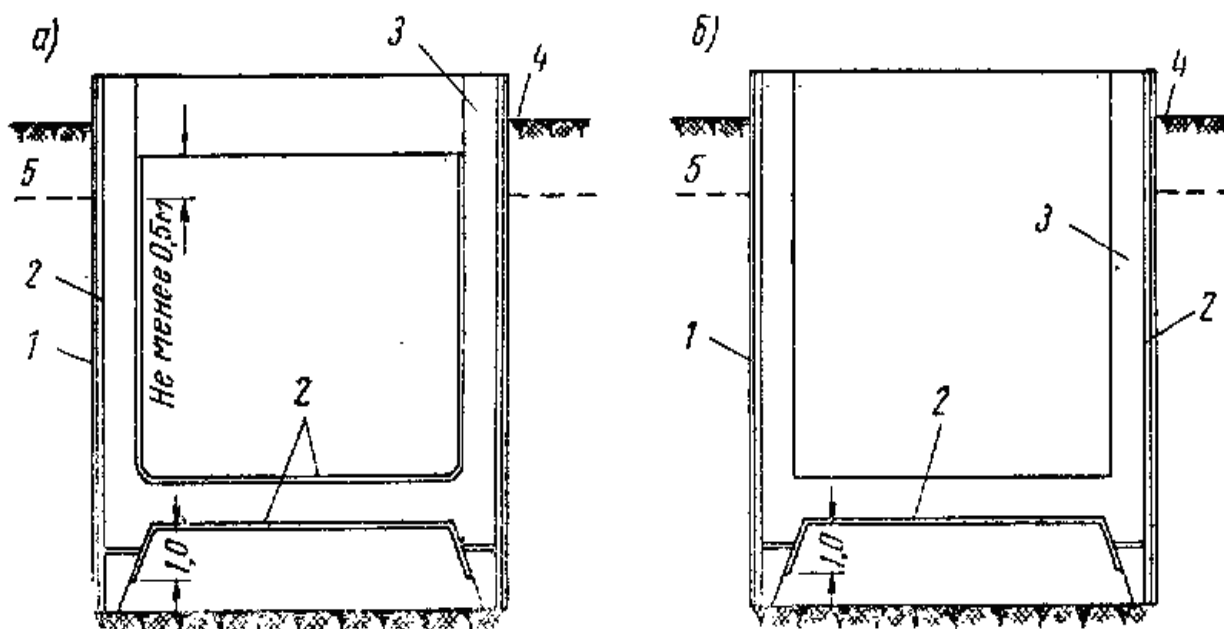


Рис. 11.11 - Гидроизоляция кессонов: а – с двух сторон; б – с одной наружной стороны; 1 – окрасочная битумная гидроизоляция; 2 – цементная гидроизоляция; 3 – несущая конструкция; 4 – уровень земли; 5 – максимальный уровень грунтовых вод

Для защиты здания и сооружений от подземных вод применяются следующие типы дренажей:

- закрытый безтрубчатый;
- совершенный и несовершенный трубчатый;
- пластовый, пристенный, лучевой, горизонтальный, вертикальный, комбинированный.

Дренаж – это устройство, предназначенное для отвода подземных вод от защищаемой конструкции.

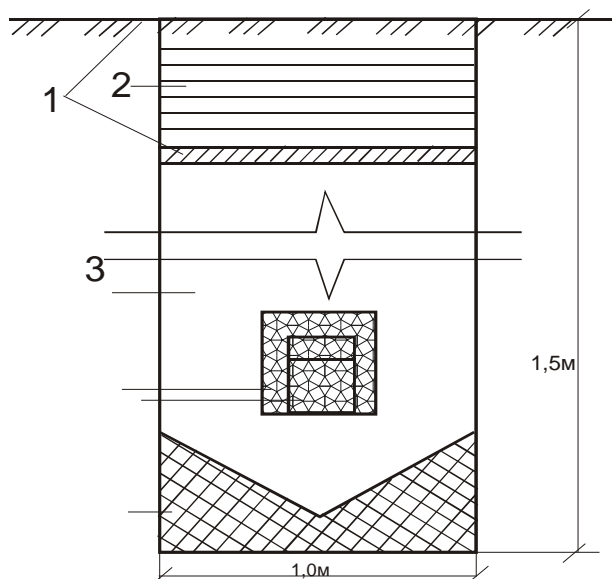


Рис. 11.12 - Схема дренажа:

- 1 - дёрн, перевернутый корнями вверх;
 2 - уплотнённая глина; 3 – песок;
 4 – щебень; 5 - каменная кладка;
 6 - глинобетонная подушка

Закрытый безтрубчатый дренаж

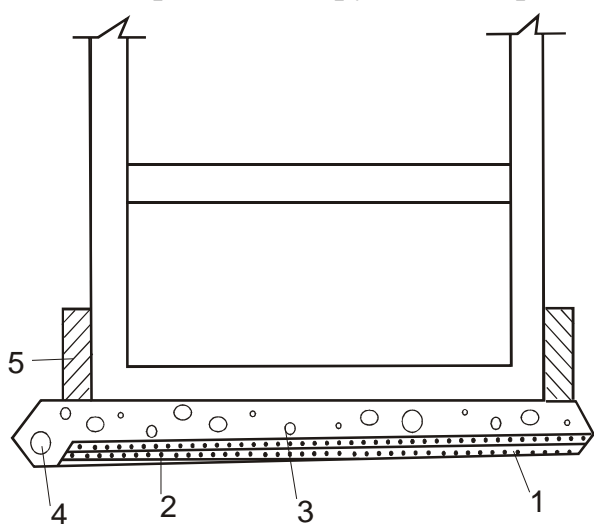


Рис. 11.13 - Схема дренажа:

- 1 - песчаный слой; 2 - защитный щебёнчатый слой; 3 - песчано-гравийный слой; 4 - дренажная труба;
 5 - пристенный дренаж

Пластовый дренаж

Дренаж, прорезающий водоносный слой полностью и доходящий до водоупорна, называется *совершенным*, а прорезающий частично – *несовершенным*.

- трубы диаметром 150 мм, $i = 0,005$
- трубы диаметром 200мм, $i = 0,003$

Пластовый дренаж устраивается под всем пятном сооружения.

Пристенные и пластовые дренажи, сооружаемые, как правило, в период строительства, препятствуют подъему УПВ под защищаемыми сооружениями, а также снижают возможность дополнительного инфильтрационного питания подземных вод за счет перехвата и отвода утечек сооружений с «мокрым» технологическим процессом, отстойников и резервуаров.

Пристенные дренажи представляют собой вертикальные или наклонные фильтрующие призмы из песчаных грунтов или пористобетонных плит, блоков, сочлененные в нижней части с дренажной трубой (трубофильтром), имеющей фильтрующую обсыпку из рыхлой песчано-гравелистой смеси или фильтрующую обертку из стеклоткани, минерального войлока и т.п. Эти дренажи применяются для сооружений, расположенных непосредственно на водоупоре, препятствуя боковому притоку подземных вод со стороны, а также дренируя инфильтрационные воды, накапливающиеся в грунтах обратной засыпки фундаментных пазух, траншей и котлованов.

Пластовые дренажи состоят обычно из песчано-гравелистых слоев, укладываемых в основании защищаемого объекта и совмещаемых с дренажными трубами, снабженными фильтрами и имеющими уклон в сторону водоприемника. Такие дренажи применяются для защиты заглубленных частей зданий и сооружений, размещаемых на слабопроницаемых грунтах при условии, что водопровод находится ниже подошвы фундаментов.

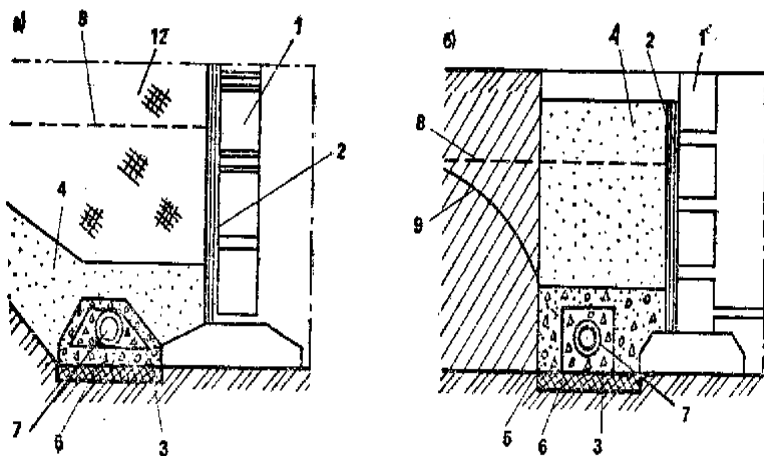


Рис. 11.14- Схемы пристенных дренажей:

1 – защищаемое сооружение; 2 – гидроизоляция; 3 – дренажная труба; 4 – трубофильтр; 5 – глинисто-щебеночная подготовка; 6 – песок; 7 – щебень; 8 – грунт обратной засыпки

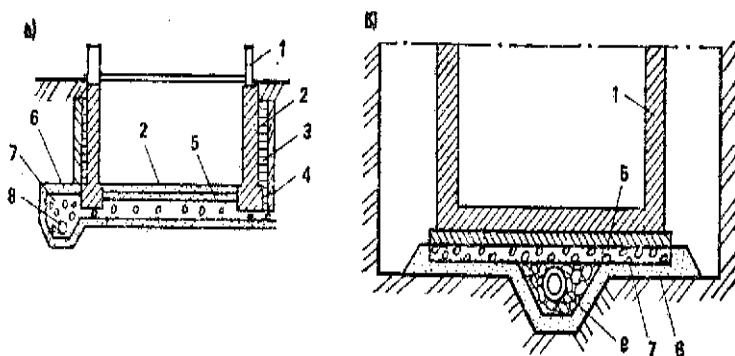


Рис. 11.15 - Схемы пластовых дренажей:

1 – защищаемое сооружение; 2 – гидроизоляция; 3 – прижимная стенка; 4 – глиняный замок; 5 – песчано-гравийный слой; 6 – песок; 7 – щебень; 8 – дренажная труба

Противофильтрационные завесы представляют собой вертикальную водонепроницаемую штору в грунте толщиной 0.15...0.6м, служащую для защиты какого-либо сооружения от подтопления; глубина завесы, как правило, определяется глубиной водоупора, но не исключены случаи устройства завес и в грунтах неограниченной мощности.

Устройство противofiltrационных завес осуществляется методом «стена в грунте», и в качестве материала заполнителя завесы могут использоваться бетоны, глинистые, цементно-глинистые и цементные растворы, а также карбамидные смолы и силикат натрия с различными отвердителями.

Проектирование противofiltrационных завес, по сути, сводится к построению депрессионной кривой за счет подбора их геометрических параметров и материала заполнителя.

Ниже приведена схема к расчету противofiltrационной завесы, доходящей до водоупора.

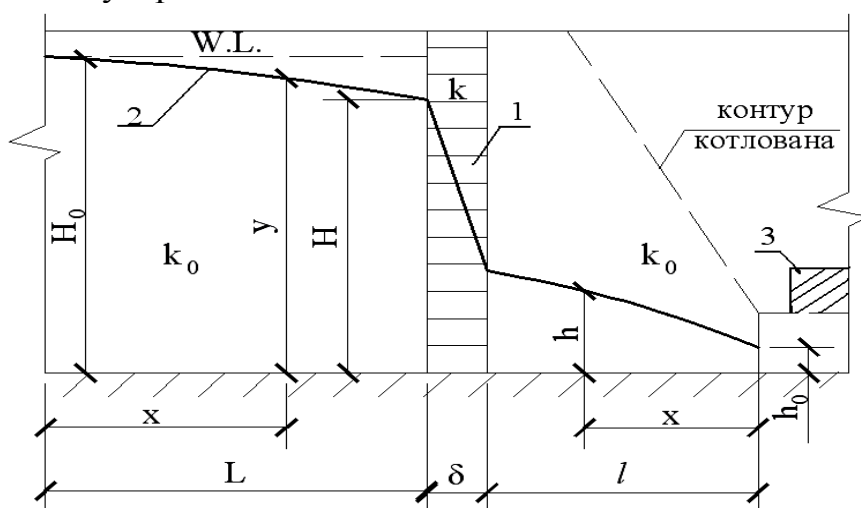


Рис. 11.16 - Расчетная схема:

1 – противofiltrационная завеса; 2 – депрессионная кривая; 3 – фундамент защищаемого сооружения.

Высота фильтрационного потока перед завесой H вычисляется по формуле:

$$H = \sqrt{H_0^2 - \frac{kL(H_0^2 - h_0^2)}{k(L-l) + k_0\delta}}$$

Высота фильтрационного потока y завесы со стороны защищаемого объекта определяется зависимостью:

$$h = \sqrt{h_0^2 - \frac{kl(H_0^2 + h_0^2)}{k(L+l) + k_0\delta}}$$

В формулах: H_0 - высота фильтрационного потока на границе области питания; h_0 - высота потока в котловане; L - расстояние от области питания до противofiltrационной завесы; l - расстояние от края дна котлована до завесы; δ - толщина противofiltrационной завесы; k_0 - коэффициент фильтрации грунта; k - коэффициент фильтрации тела завесы.

Защита конструкций от подтопления

На застроенных и подтопленных городских территориях основным способом защиты оснований и фундаментов отдельных зданий, коммуникаций или территории в целом от подземных вод является сооружение дренажа.

Дренажная система должна обеспечивать на защищаемой территории понижение уровня подземных вод (УПВ) до требуемых величин, быть простой, долговечной и экономичной в эксплуатации. Например, под зданиями и сооружениями УПВ должен располагаться ниже отметки заложения подошвы фундаментов не менее, чем на 0.5 м при условии их защиты от капиллярной влаги путем устройства гидроизоляции.

Мероприятия по общей защите застроенных территорий от подтопления осуществляются в тех случаях, когда на рассматриваемой территории располагается большое количество нуждающихся в защите зданий и сооружений. При этом используются однолинейные, двухлинейные и площадочные системы дренажей. При очаговом характере подтопления в защите, как правило, нуждаются отдельные объекты. В этом случае защита выполняется с помощью локальных дренажей - контурных (кольцевых), линейных, лучевых и т. д.

Всякое дренажное сооружение состоит из двух основных элементов - водоприемного и водоотводящего. Первый из них обеспечивает прием воды из водоносного пласта, второй - отвод поступившей воды за пределы осушаемой территории, который может быть самотечным или принудительным. В зависимости от характера пространственного расположения водоприемного и водоотводящего конструктивных частей дренажи подразделяются на горизонтальные, вертикальные и комбинированные.

Горизонтальный дренаж является наиболее распространенным видом и применяется для защиты от подтопления как значительных территорий, так и небольших площадок и отдельных объектов. В современных условиях городской застройки обычно устанавливается закрытый (глубина до 6...8м) дренаж трубчатого типа трех видов: с трубчатой основой из керамических, асбоцементных, бетонных, реже пласт-массовых труб с двумя - тремя слоями фильтрующей обсыпки из песка, щебня или гравия;

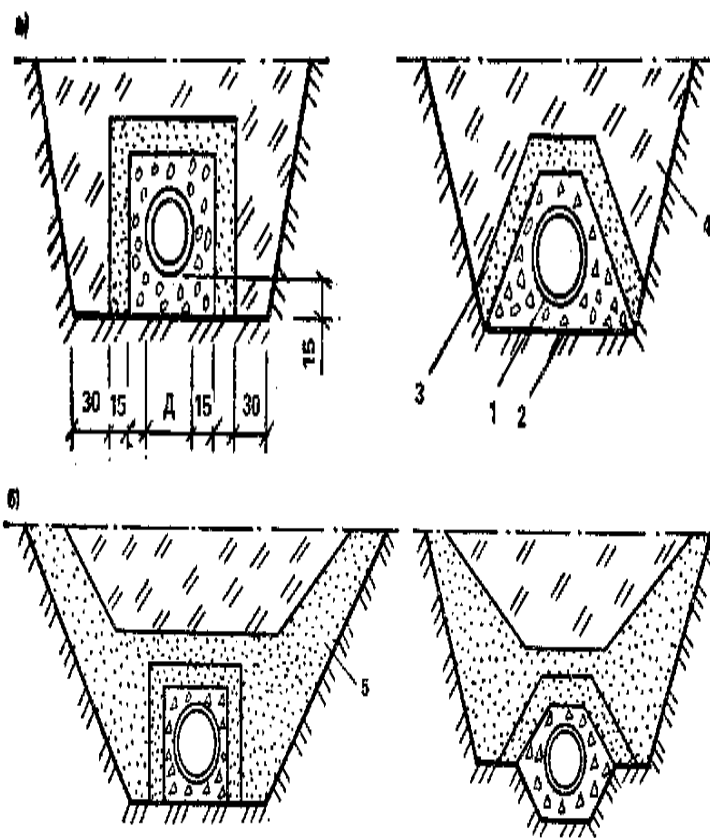


Рис. 11.17 - Схема горизонтальных трубчатых дренажей:

а - с двухслойной обсыпкой; б - с трехслойной обсыпкой;

1 - дренажная труба; 2 - щебень или гравий; 3 - крупнозернистый песок; 4 - обратная засыпка траншеи местным грунтом; 5 - разнозернистый песок.

Эффективность работы дренажных устройств и срок их службы зависят, в первую очередь, от следующих факторов: материала труб и конструкции их стыков, формы и размера водоприемных отверстий в трубах, качества фильтрационных обсыпок или оберток.

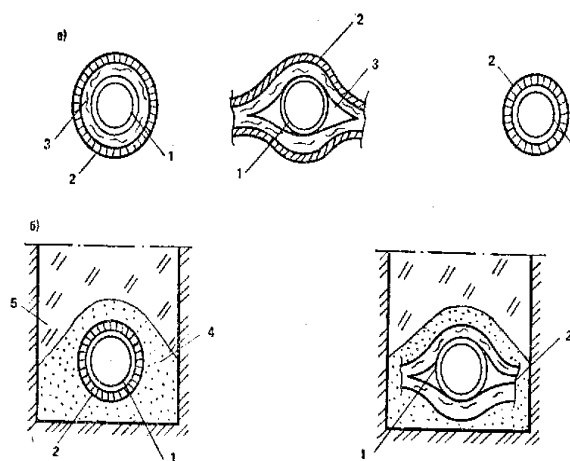


Рис. 11.18 - Конструкции трубчатого горизонтального дренажа с фильтрующими обертками из волокнистых материалов:

а - варианты сочетания волокнистых материалов с дренажной трубой; б - конструктивные схемы дрен; 1 - дренажная труба; 2 - стеклохолст или стеклосетка; 3 - стекловолокно; 4 - песчаная обсыпка; 5 - обратная засыпка: - с трубчатой основой и фильтрующими обертками из различного типа тканых и нетканых минеральных или полимерных материалов; - с применением трубо-фильтров в сочетании с одним слоем песчаной обсыпки, или с фильтрующей оберткой, или без них

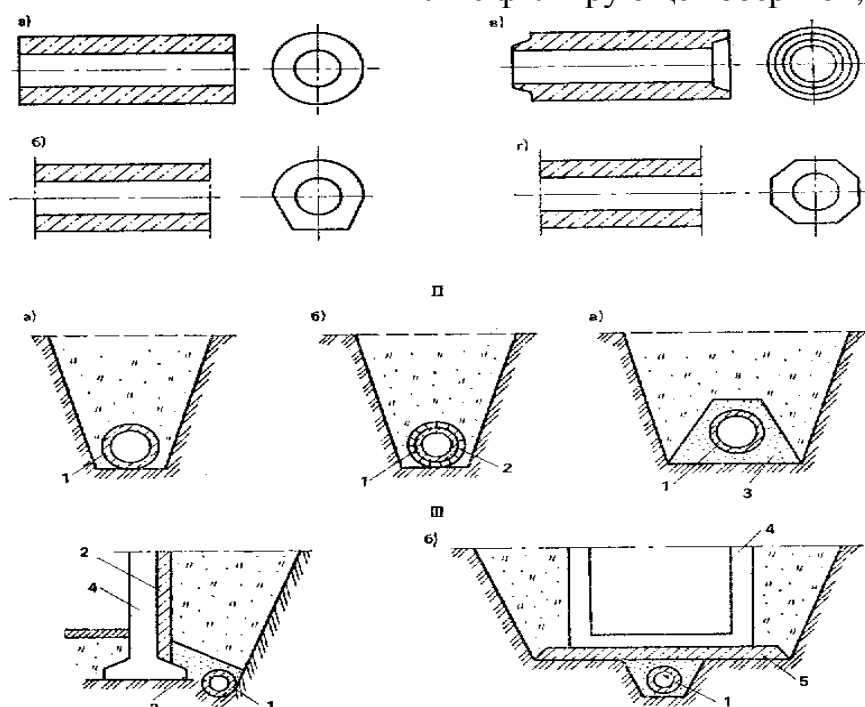


Рис. 11.19 - Конструкции дренажей с применением трубофильтров:

I. Формы сечения трубо-фильтров и характер торцов: а - цилиндрическая круглая с плоским торцом; б - с фальцевым торцом; в - с плоским основанием; г - многогранная; II. Схемы укладки трубофильтров в дренажах: а - без обсыпки; б - с применением фильтрующих обертки; в - с обсыпкой песком; III. Конструктивные схемы дренажей с трубофильтрами: а - пристенный дренаж; б - сопутствующий дренаж тоннеля; 1 - трубо-фильтр; 2 - фильтрующая обертка; 3 - обсыпка; 4 - контур защищаемого сооружения; 5 - щебень

Лучевой дренаж представляет собой горизонтальные трубчатые дренажи, выполненные методом горизонтального бурения из заглубленных сооружений или специальных шахтных колодцев диаметром до 4.5...5м, шурфов и т. п., когда проходка открытых траншей для укладки горизонтальных дрен по каким-либо обстоятельствам затруднена или невозможна, а также при необходимости укладки

дрен на глубину, превышающую среднюю глубину проходки открытых траншей, обеспечиваемую возможностями землеройных машин. Водоприемным элементом лучевой дрены является перфорированная труба с обертками из волокнистых материалов или трубофилтра, которые вдвигаются в буровую трубу и остаются в полости горизонтальной скважины после извлечения обсадных труб.

Схема лучевого дренажа показана ниже. Из одного шахтного колодца последовательно могут буриться в разные стороны 4...6 лучей длиной 30м и более. Шахтный ствол, из которого производится бурение, имеет бетонированные стены и днище, устраиваемое ниже отметки дрены на 2.5...3м; в стволе устанавливается поворотная монтажная площадка, оснащенная гидродомкратами, маслонасосами, насосами для подачи воды, размывающей грунт и грязевым насосом, откачивающим буровой шлам.

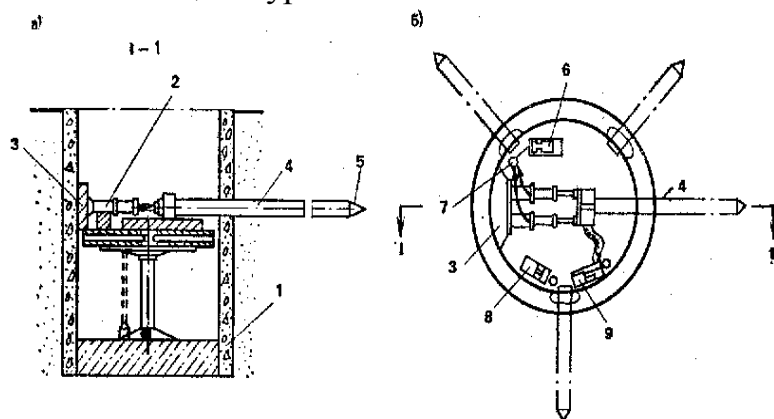


Рис. 11.20 - Лучевой дренаж:
а – разрез по 1-1; б – план
1 – шахтный колодец; 2 – гидродомкраты; 3 – упорный блок; 4 – дрен; 5 – буровой конус; 6 – маслонасосы; 7 – маслоотстойник; 8 – насос для откачки шлама из колодца; 9 – насос подачи воды для гидробурения

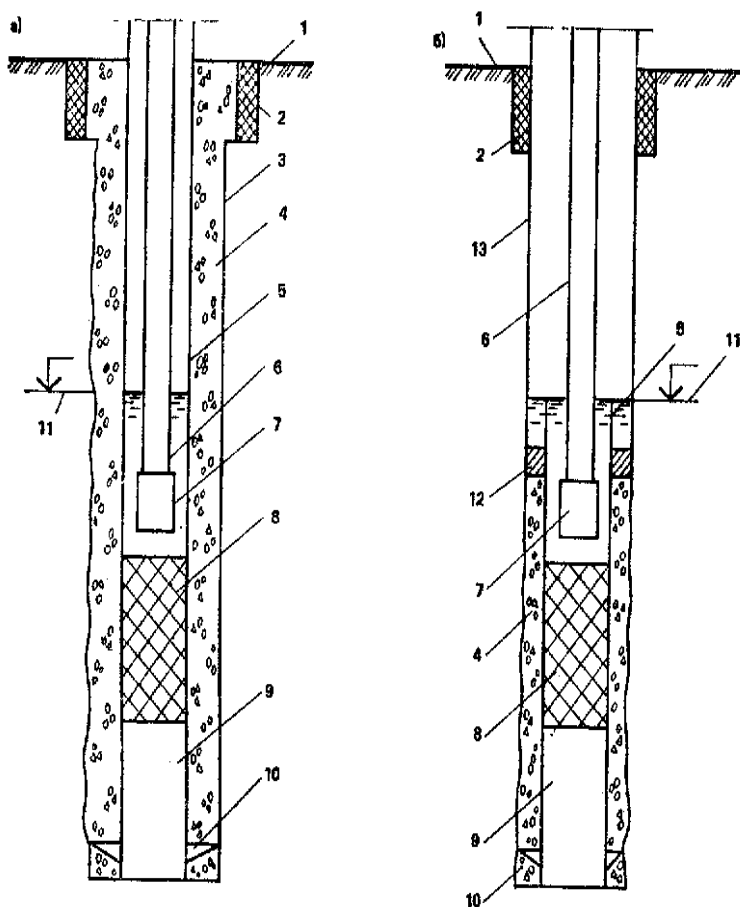


Рис. 11.21 - Схемы конструкций скважин вертикального дренажа:
а – без крепления обсадными трубами; б – с частичным креплением обсадными трубами
1 – цементный замок; 2 – кондуктор; 3 – ствол скважины; 4 – песчано-гравийная засыпка; 5 – фильтровая колонна; 6 – водо-подъемная колонна; 7 – насос; 8 – фильтр; 9 – отстойник; 10 – направляющий (центрирующий) фонарь; 11 – динамический уровень воды в скважине; 12 – сальниковое уплотнение; 13 – обсадная труба

Таблица 11.5 -Номенклатура труб и трубофильтров

№ п/п	Виды труб	Внутренний диаметр, мм	Допустимая глубина укладки труб, м	Длина звена, м
1	2	3	4	5
1.	Керамические дренажные	150	3.5	0.33
2.	Керамические канализационные	150	7.5	0.33
		200	6.0	0.5
		250	5.5	0.5
		300	5.0	0.5
3.	Асбоцементные безнапорные	200	3...6	3.95
4.	Бетонные и железобетонные	250	3.5	
5.	Полиэтиленовые гладкостельные ПВП и ПНП	110	до 8.0	
		140	до 8.0	
		160	до 8.0	
		200	до 8.0	
6.	Гибкие витые из ПХВ или гофрированные изПВП	100	до 4.7	
		125	до 4.7	
		150	до 4.7	
		200	до 4.7	
7.	Трубофильтры керамзитобетонные дренажные	150	по расчету	0.825
8.	Трубофильтры из пористого полимербетона	200	до 5.0	
9.	Трубы дренажные из крупнопористого фильтрационного бетона	200	8...10	
		400	8.0	
		500	8.0	

Лучевой дренаж особенно эффективен при наличии в толще обводненных малопроницаемых грунтов маломощного слоя с высокой водопроницаемостью, отбор воды из которого будет идентичен осушительному действию пластового дренажа.

В некоторых случаях, например, при высокой плотности застройки территории и ее насыщенности подземными коммуникациями целесообразно устройство галерейного дренажа, проходной водосборной галереи высотой 1.6 и 1.8м, выполняемой методом подземной проходки на глубинах 10м и более.

Вертикальный дренаж представляет собой ряд или группу вертикальных скважин, предназначенных для отбора подземных вод и снижения их уровня и применяется в тех случаях когда устройство горизонтального дренажа затруднительно, невозможно или экономически нецелесообразно.

С учетом геолого-гидрогеологических условий вертикальные дренажи рекомендуется применять:

- в обводненных грунтах высокой проницаемости (при коэффициентах фильтрации более 5м/сут), мощности обводненных грунтов, превышающей несколько метров и глубине залегания водопровода свыше 8...10м;
- при двухслойном строении обводненной толщи, когда верхний слой сложен слабопроницаемыми глинистыми грунтами, а нижний - хорошо проницаемыми;
- при многослойном строении обводненной толщи грунтов значительной (более 10м) мощности.

Вертикальный дренаж состоит из следующих конструктивных элементов:

- ствол с обсадными трубами (или без них);
- фильтр с надфильтрованной трубой;
- водопроводное оборудование.

Простейшие варианты устройства дренажной скважины на рис 11.22.

Обсадные трубы используются для крепления вертикальных стенок скважины во время ее проходки и, нередко, в период эксплуатации; в большинстве случаев, после оснащения дренажной скважины обсадные трубы извлекаются полностью или частично.

Основными элементами фильтра являются каркас и водоприемная поверхность. Первый может быть стержневым, трубчатым, с округлой или щелевой перфорацией, а также из цтамированного листа; вторая выполняется в виде проволоочной оболочки, металлических и неметаллических сеток, трубофильтров из различных искусственных пористых материалов, а также песчано-гравийной засыпки (см. рис. 11.22)

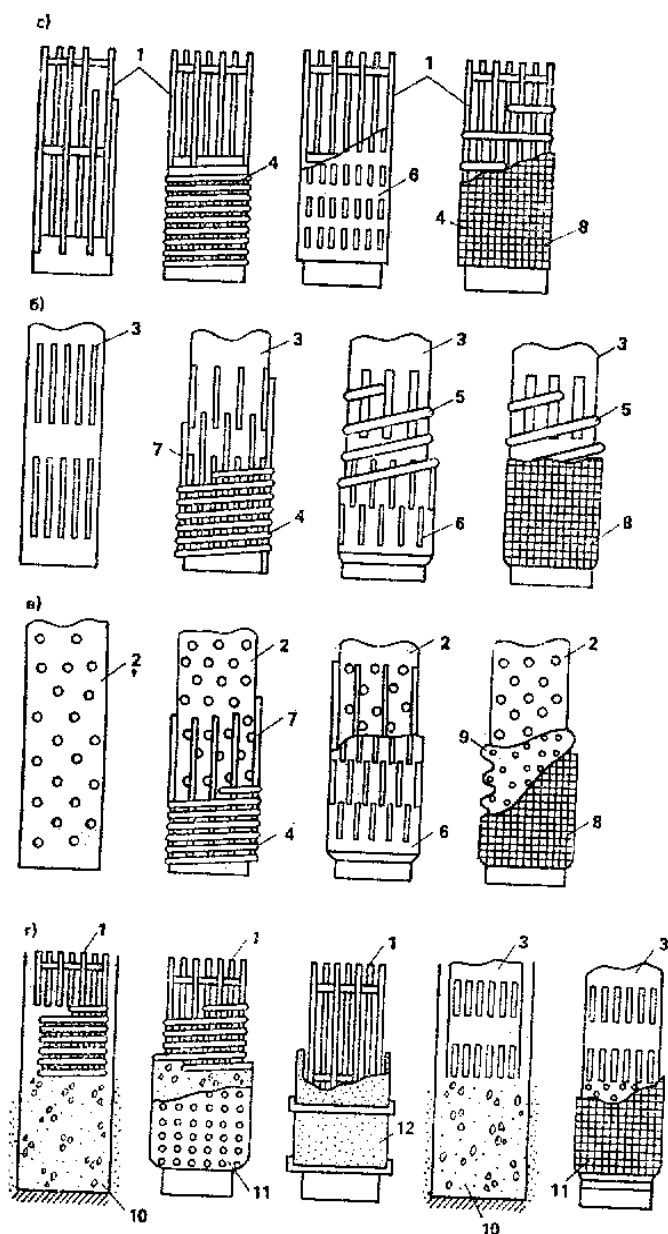


Рис. 11.22 - Конструктивные типы фильтров скважин вертикальных дренажей.

а – на основе стержневых каркасов; б – на основе трубчатых каркасов со щелевой перфорацией; в – на основе трубчатых каркасов с круглой перфорацией; г – гравийные фильтры; 1 – стержневой каркас на опорных кольцах; 2 – трубчатый каркас с круглой перфорацией; 3 – щелевой трубчатый каркас; 4 – проволоочная обмотка из нержавеющей стали; 5 – опорная проволоочная спираль; 6 – штампованный лист из нержавеющей стали; 7 – опорные проволоочные стержни под проволоочную обмотку и штампованный лист; 8 – сетка из нержавеющей стали или латуни; 9 – сетка подкладная, синтетическая; 10 – рыхлая обсыпка; 11 – гравийная обсыпка в кожухе; 12 – гравийный блок

В качестве водопроводных устройств применяются насосы с погруженными электродвигателями типа ЭУВ, с трансмиссионным приводом типов УЦТВ, АТН и А, горизонтальные центробежные насосы, а также вакуумные или водоподъемное оборудование.

Комбинированный дренаж представляет собой горизонтальные дрены, укладываемые обычно на глубине 6...8м с рядом вертикальных самоизливающихся скважин.

Некоторые сведения о проектировании дренажей.

Проектирование дренажей производится на основе их гидрогеологических и гидравлических расчетов. В первом случае строятся депрессионные кривые, определяются такие показатели как предельное положение уровней в междренье, время достижения этих понижений, а также притоки воды в дрены.

Гидравлические расчеты дренажей включают в себя:

- в горизонтальных дренажах - определение водоприемной и водопрпускной способности труб, подбор крупности обсыпок;
- в вертикальных дренажах - определение размеров водоприемных отверстий каркаса фильтра, подбор дренажных обсыпок и расчет системы водоотвода;
- в пластмассовых и пристенных дренажах - подбор крупности и толщины фильтрующих постелей и призм, а также определение их водопрпускной способности.

С формулами для расчетов и примерами расчетов дренажей можно ознакомиться в справочном пособии к СНиПу 2.06.15-85 и другой литературе.

Защитные мероприятия от коррозии

Защита от химической коррозии

Если подземные воды или промышленные стоки агрессивны по отношению к материалам подземных конструкций или могут повысить коррозионную активность грунтов, должны предусматриваться антикоррозионные мероприятия, которые регламентируются СНиП по проектированию защиты строительных конструкций от коррозии. В соответствии с указанными нормами подземная среда по степени воздействия на подземные конструкции подразделяется на слабоагрессивную, среднеагрессивную и сильноагрессивную. Следствием того или иного воздействия являются, как правило, потеря прочности или значительное повреждение, и в конечном счете, разрушение конструкции. В табл. 11.6 приведены данные об агрессивном воздействии среды на незащищенные конструкции.

Степень агрессивного воздействия среды устанавливается изыскательской организацией в зависимости от показателей агрессивности среды - воды, обусловленной наличием в ней различных щелочей, солей, сульфатов, кислот и т.д.

Бетонные и железобетонные конструкции подземных частей зданий и сооружений должны проектироваться и изготавливаться с соблюдением следующих требований:

- а) вяжущее - портландцемент, шлакопортландцемент; при наличии в агрессивной среде сульфатосодержащих соединений - сульфатостойкие цементы;
- б) мелкий заполнитель - чистый песок с модулем крупности 2 - 2.5;
- в) крупный заполнитель - фракционированный щебень из вершинных неветрившихся пород;

- г) вода для затворения бетонной смеси - в соответствии с требованиями ДСТУ «Вода для бетонов и растворов» (морские, болотные и сточные воды использовать не допускается).

Таблица 11.6 - Агрессивное воздействие среды на незащищенные конструкции

Степень агрессивного воздействия среды	Результаты эксплуатации конструкций в течение года	
	Снижение прочности в зоне коррозии, %	Внешние признаки коррозии
1	2	3
Слабоагрессивная	5	Слабое поверхностное разрушение материала
Среднеагрессивная	5-20	Повреждение углов или волосные трещины
Сильноагрессивная	20	Ярко выраженное разрушение материалов (сильное растрескивание)

Бетон железобетонных конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах по водопроницаемости должен иметь марку не ниже.....

Антикоррозионная защита поверхности подземных конструкций зданий и сооружений (фундаментов, тоннелей, каналов, коллекторов и т.п.), а также ограждающих конструкций подвальных помещений (стен, полов), подвергающихся воздействию агрессивных подземных и производственных вод, должна выполняться в соответствии с рекомендациями таблицы. 11.7.

Таблица 11.7 - Антикоррозионная защита поверхности конструкций

Вариант защиты	Вид защитного покрытия поверхности подземных конструкций при воздействии среды		
	Слабоагрессивной	Среднеагрессивной	Сильноагрессивной
1	2	3	4
1	Битумно-латексные эмульсии	Холодные и горячие асфальтовые мастики	Эпоксидные, каменно-угольные-эпоксидные, битумноэпоксидные
2	Битумно-латексные покрытия и мастики	Оклеечные битумными рулонными материалами (гидроизол, бризол, изол) с защитной стенкой	Оклеечные, усиленные рулонными материалами с защитной стенкой
3	Битумные покрытия холодные и горячие	Битумнолатексные мастики	Оклеечные, химическими пленочными материалами (полиизо-бутилен, полиэтилен, поливинил-хлорид) или армированные стекло-тканью
4	-	-	Полимеррастворы на основе термо-реактивных синтетических смол

Примечание: защита тонкостенных подземных конструкций толщиной менее 0.5м, см. ДБН 2.03.11-85.

Для защиты подошвы фундаментов от слабо - и среднеагрессивных подземных вод должно предусматриваться устройство подготовки из втрамбованного в грунт щебня толщиной не менее 100мм с проливкой битумом до полного насыщения; при воздействии сильноагрессивной среды по подготовке должна укладываться стяжка из кислотостойкого асфальта и двухслойная рулонная гидроизоляция.

Железобетонные сваи в слабо- и среднеагрессивных средах должны быть защищены пропиткой горячим битумом или петролатумом, а в сильноагрессивных - нанесением эпоксидного покрытия.

Для конструкций, в которых устройство защиты поверхности невозможно (буриабивные сваи, конструкции, возводимые методом «стена в грунте»), должна применяться первичная защита за счет специальных видов цемента и заполнителя, введения различных добавок, повышающих стойкость бетонов и т.п.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ



Лабораторная работа № 1

Определение гранулометрического состава грунта

Цель лабораторной работы – определить гранулометрический состав грунта и установить его наименование.

Гранулометрическим составом называется количественное соотношение частиц различной крупности в дисперсных грунтах.

Для определения гранулометрического состава пород выполняется так называемый гранулометрический анализ. В настоящее время разработано много способов гранулометрического анализа грунтов. Наибольшее распространение получил ситовой метод гранулометрического анализа грунтов.

Для определения гранулометрического состава составляющие грунт частицы разделяют на отдельные группы (фракции). Методы разделения зависят от крупности частиц d .

Таблица 1.1 - Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по гранулометрическому составу

% содержание частиц A_i крупнее размера d		Вид грунта
$d, \text{мм}$	$A_i, \%$	
>200	>50	Крупнообломочный (рис. 1-а): валунный (глыбовый) 1 галечниковый (щебенистый) 2 гравийный (дресвяный) 3
>10	>50	
>2	>50	
>2	>25	Песок (рис. 1-б) гравелистый 4 крупный 5 средней крупности 6 мелкий 7 пылеватый 8
>0,5	>50	
>0,25	>50	
>0,1	≥ 75	
>0,1	<75	
>0,1	<75	

После проведения гранулометрического анализа исследуемого грунта, используя классификационные границы (см. табл.1.1), строят график гранулометрического состава (рис.1.1), по результатам которого определяют вид грунта, который устанавливают по первой справа классификационной границе, пересекаемой кривой.

В зависимости от крупности частиц и их процентного содержания различают песок гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий и пылеватый. К крупнообломочным относят грунты, в которых частицы крупнее 2 мм составляют более 50 % (гравийные, галечниковые, валунные).

Гранулометрический состав позволяет косвенно судить о некоторых строительных свойствах грунта. С уменьшением размеров частиц возрастает суммарная площадь их поверхности на единицу объема, что увеличивает коагуляционные связи (связи молекулярного и водно-коллоидного притяжения между частицами и их водными оболочками).

Так, между частицами галечниковой и гравийной фракции коагуляционные связи отсутствуют. Эти грунты отличаются хорошей водопроницаемостью,

полным отсутствием капиллярного поднятия, неизменностью свойств при изменении влажности.

Песчаные грунты хорошо пропускают воду, имеют незначительную величину капиллярного поднятия, но меняют строительные свойства при изменении влажности.

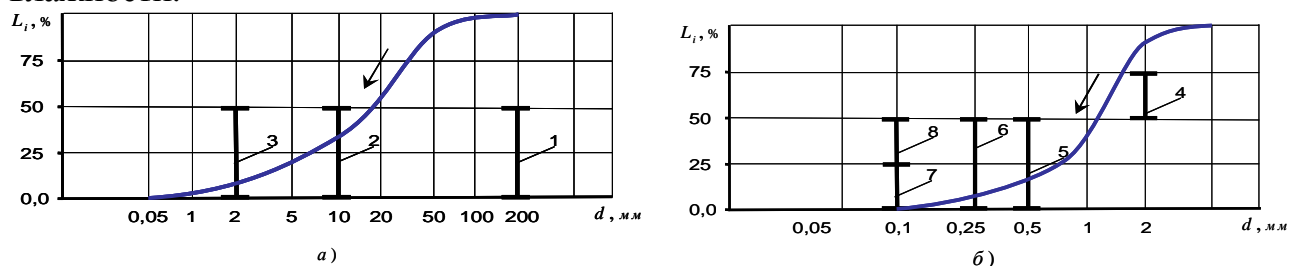


Рис. 1.1 - Классификационные границы:

L_i - содержание частиц меньше определенного размера; d - размер частиц;

а) галечниковый (щебенистый) грунт; б) песок крупный

Пылеватые грунты имеют малую водопроницаемость, но значительную высоту капиллярного поднятия.

Глинистые частицы резко изменяют свойства грунтов при их увлажнении (приобретают пластичность и липкость, увеличиваются в объеме), придают грунтам водонепроницаемые свойства.

Необходимое оборудование и материалы

Комплект стандартных сит.

Весы электронные.

Порядок выполнения работы

1. Предназначенный для опыта грунт доводят до воздушно-сухого состояния, рассыпая его тонким слоем на листе бумаги и оставляя его в таком виде на 1-2 суток. Комки грунта осторожно растирают в фарфоровой ступке резиновым пестиком.

2. Из размельченного грунта методом «квартования» отбирают среднюю пробу. Для этого рассыпанный тонким слоем грунт двумя взаимно-перпендикулярными линиями разделяют на четыре части (квадрата), два квадранта, расположенные по диагонали, удаляют, а два других оставляют. Остаток смешивают, разравнивают и снова повторяют операцию деления грунта квартованием. Квартование продолжают до тех пор, пока не останется объем грунта, достаточный для опытной пробы. Вес опытной пробы для грунтов, не содержащих частиц крупнее 2 мм принимают около 100 г. Для грунтов содержащих менее 10% частиц крупнее 2 мм - около 500 г., при содержании от 10 до 30 % частиц крупнее 2 мм - 1000 г, при содержании этих частиц свыше 30% не менее 2000 г.

3. Отобранную среднюю пробу взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и результат записывают в журнал.

4. Взвешенную пробу грунта высыпают в собранный комплект сит с поддоном, закрывают крышкой и весь комплект подвергают легкому встряхиванию до полной сортировки грунта.

5. Для проверки чистоты сортировки берут отдельное сито из комплекта с фракцией грунта, закрывают его крышкой и ведут дополнительное просеивание над

листом бумаги, если отсеивание наблюдается, то отделение частиц данной фракции произошло не достаточно. Это сито вновь включают в набор сит и продолжают дальнейшую сортировку, а зерна грунта, просеянные на лист бумаги, высыплют в сито нижележащей фракции.

6. После просеивания содержимое каждого сита и поддона высыплют в отдельные предварительно взвешенные, фарфоровые чашки и определяют чистый вес каждой фракции с точностью до 0,01 г.

7. После окончания взвешивания определяют весовое процентное содержание каждой i -й фракции по формуле:

$$a_i = \frac{P_{i3}}{N_{пробы}} \cdot 100\% ,$$

где $P_{i3} = P_{i2} - P_{i1}$ - чистый вес i -й фракции; $N_{пробы}$ - навеска средней пробы грунта; P_{i2} - вес i -й фракции с чашкой; P_{i1} - вес чашки.

Вес и процентное содержание каждой фракции записываются в таблицу 1.2.

8. Для контроля качества ситового анализа следует сложить веса всех фракций, сравнить их общий вес с навеской пробы и определить процент раструски по формуле:

$$\tilde{N} = \frac{N_{пробы} - \sum P_{i3}}{N_{пробы}} \cdot 100\% .$$

Процент раструски может составлять $C < 0,5\%$.

9. Рассчитывается последовательно и записывается в таблицу суммарное содержание частиц крупнее определенного размера: $A_i = A_{i-1} + a_i$.

10. Рассчитывается последовательно и записывается в таблицу суммарное содержание частиц мельче определенного размера: $L_i = 100 - A_i$.

Таблица 1.2 - Результаты определения содержания фракций грунта

Проба грунта с чашкой N , г		Вес чашки $N_{тары}$, г				Чистый вес пробы $N_{пробы}$, г		
Размер частиц фракции	>10, мм	10...5, мм	5...2, мм	2...1, мм	1...0,5, мм	0,5...0,25, мм	0,25...0,1, мм	<0,1, мм
P_{i2} , г								
P_{i1} , г								
P_{i3} , г								
Относительное весовое содержание определенных фракций								
a_i , %								
A_i , %								
L_i , %								

11. Построение графика гранулометрического состава (пример на рисунке 1.1) и классификация (определение наименования) исследуемого грунта.

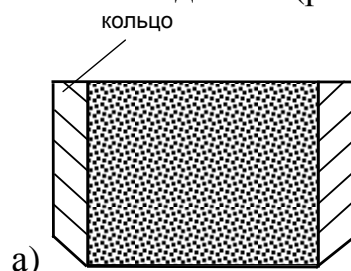
Лабораторная работа № 2

Определение плотности грунта методом режущего кольца (ДСТУ В.2.1-1-95)

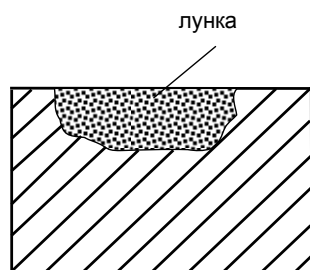
Цель лабораторной работы – определить плотность грунта.

Плотностью грунта называется масса единицы объема грунта в его естественном состоянии.

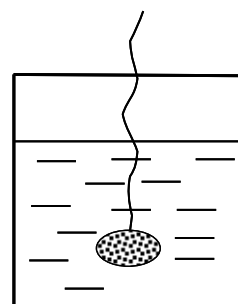
Существуют различные лабораторные методы определения плотности. Ее можно определять методами режущего кольца (рис.2.1-а), методом лунки (рис.2.1-б), взвешивания в воде (метод парафирования) и взвешивания в нейтральной жидкости (рис.2.1-в).



а)



б)



в)

Рис.2.1 - Методы определения плотности грунта:

а) метод режущего кольца; б) метод лунки; в) метод взвешивания в воде

В данной работе плотность грунта устанавливается посредством определения веса грунта в известном объеме кольца.

Необходимое оборудование и материалы

- Весы лабораторные с разновесами.
- Нож с прямым лезвием.
- Лопатка плоская.
- Пластины гладкие (стекло, металл).
- Насадка для вдавливания колец.
- Вазелин технический.
- Режущие кольца пробоотборники.
- Монолит грунта.

Порядок выполнения работы

1. Штангенциркулем измерить внутренний диаметр $D_{вн}$ и высоту H режущего кольца. Вычислить объем кольца по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{вн}^2}{4} \cdot H [\text{см}^3].$$

2. Смазать внутреннюю поверхность кольца тонким слоем технического вазелина и взвесить его (m_0).

3. Взвесить пластины (m_1).

4. Установить режущий край кольца на предварительно выровненную ножом поверхность образца грунта. Вручную через насадку вдавить кольцо в грунт, не допуская перекосов. По мере вдавливания излишки грунта подрезать ножом (рис.3.1-а). Погружение прекратить, когда грунт заполнит кольцо и выйдет из него на 1...2 мм (рис.3.1-б).

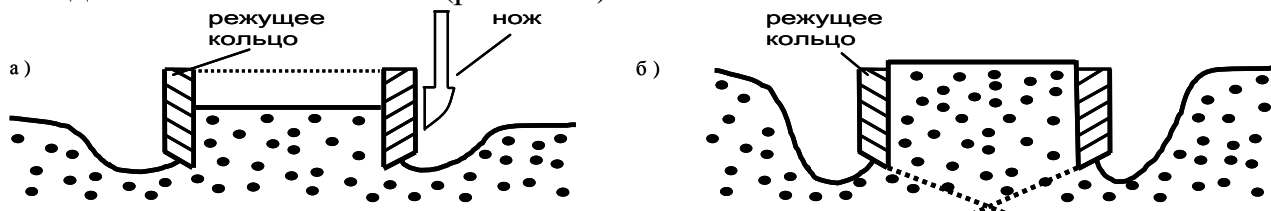


Рис.3.1 - Отбор проб грунта методом режущего кольца

5. Грунт ниже кольца подрезать «на конус» (рис.3.1-б), извлечь образец из монолита на ноже и установить на пластину (вверх конусом).

6. Грунт, выступающий за края кольца срезать ножом, зачистить поверхность грунта вровень с краями кольца и закрыть торцы пластинками. Мелкие раковины зашпаклевать (без нажима) грунтом.

7. Тщательно очистить поверхность кольца и пластинок от остатков грунта. Взвесить кольцо с грунтом и пластинами (m_2).

Взвешивание во всех случаях выполняются с точностью до 0,01 г.

Таблица 2.1 - Результаты определения плотности грунта

№ п/п	Масса, г			Плотность грунта ρ , г/см ³	
	Кольца m_0	Пластин m_1	Кольца с пластинами и грунтом	Отдельной пробы	Средняя
1					
2					
3					
4					

8. Плотность грунта вычисляется по формуле: $\rho = \frac{m_2 - m_0 - m_1}{V}$ [г/см³].

9. Результаты испытаний записываются в таблицу 2.1.

Вычисления выполняются с точностью до 0,01 г/см³, а количество параллельных определений должно быть не менее 2-х для каждого образца грунта. При этом разница между параллельными определениями не должна превышать для пылевато-глинистых грунтов 0,03 г/см³, а для песчаных 0,04 г/см³.

Плотность грунта ρ принимается как среднее арифметическое значение результатов параллельных испытаний.

Лабораторная работа № 3

Определение природной влажности грунта методом взвешивания (ДСТУ Б В.2.1-1-95)

Цель лабораторной работы – определить влажность грунта методом высушивания до постоянной массы.

Природной влажностью грунта называется отношение массы воды в объеме грунта к массе этого грунта, высушенного до постоянной массы.

Характеристика «влажность» используется при определении удельного веса скелета грунта, степени заполнения пор грунта водой, консистенции связных грунтов и т.д.

Влажность определяют весовым методом по результатам взвешивания пробы влажного грунта и той же пробы грунта после его высушивания при температуре 105°C в сушильном шкафу (термостате).

Величина природной влажности грунта определяет его состояние и поведение под нагрузкой. Особое значение имеет для глинистых грунтов, резко изменяющих свои свойства в зависимости от степени увлажнения.

Существуют различные лабораторные методы определения влажности. В соответствии с ДСТУ Б В.2.1-1-95 влажность грунта рекомендуется определять методом высушивания до постоянной массы.

Имеются и ускоренные методы, которые применяются при массовых определениях, т.к. позволяют отказаться от длительного высушивания грунта в сушильном шкафу. К ним относятся методы определения влажности с помощью влагомера ВЛ-20 и путем высушивания проб грунта сжиганием таблеток сухого спирта (метод Радионова, Веприцкой) и денатурированного спирта, которым насыщается исследуемый грунт.

Необходимое оборудование и материалы

- Технические весы с разновесами.
- Шкаф сушильный.
- Термометр со шкалой от 0 до 200°C.
- Бюксы металлические с крышками или стеклянные стаканчики.
- Щипцы.
- Эксикатор с хлористым кальцием.

Порядок выполнения работы

1. В таблицу результатов определения влажности (табл. 3.1) записать данные о бюксе (номер бюкса)

2. Взвесить пустой пронумерованный бюкс с крышкой (m_0), данные записать в таблицу.

3. Отобранную пробу грунта массой 15-50 г поместить в бюкс, закрыть его крышкой и взвесить (m_1), данные записать в таблицу.

4. Открыть бюкс, поместить его в сушильный шкаф вместе с крышкой. Выдержать в шкафу при температуре (105°C±2%). Песчаный грунт высушивается в течение 3-х часов, а остальные - в течении 5 часов.

5. Закрывать бюкс крышкой, поместить в эксикатор с хлористым кальцием и охладить до комнатной температуры.

6. Вынуть бюкс, взвесить его с высушенным грунтом (m'_2) и снова поместить в сушильный шкаф для дополнительного просушивания в течении 1 часа, если грунт песчаный, и в течении 2-х часов в остальных случаях. После окончания просушивания бюкс с грунтом снова вынуть из шкафа, охладить и взвесить (m''_2). Повторное высушивание выполнять до тех пор, пока разность масс грунта с бюксом при двух последних взвешиваниях составит не более 0,02 г. За результат принимается минимальная масса (m''_2).

7. Влажность вычисляется по формуле:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0},$$

где w - природная влажность; m_0 - масса пустого бюкса; m_1 - масса бюкса с влажным грунтом; m_2 - масса бюкса с сухим грунтом.

Вычисления выполняются с точностью до 0,1% при $w < 30\%$ и с точностью до 1% при $w > 30\%$, а количество параллельных определений должно быть не менее 2-х для каждого образца грунта. Разница между параллельными определениями не должна превышать 2%.

Таблица 3.1 - Результаты определения влажности

№ опыта	№ бюкса	Масса бюкса, г					Весовая влажность, %	
		пустого	с влажным грунтом	с сухим грунтом			отдельной пробы	средняя
				m'_2	m''_2	m_2	w_i	w_{cp}
1								
2								
3								
4								

В качестве окончательного значения влажности грунта принимается среднее арифметическое значение результатов параллельных испытаний.

Лабораторная работа № 4

Определение характеристик влажностей и консистенции пылевато-глинистого грунта (ДСТУ Б В.2.1-1-95)

Цель лабораторной работы - определить наименование и консистенцию пылевато-глинистого грунта.

В зависимости от количества воды в порах глинистых грунтов их свойства могут резко изменяться. Глинистый грунт при увеличении влажности может переходить из твердого в пластичное или текучее состояния и обратно при высыхании. Состояния глинистого грунта в зависимости от его влажности называются *консистенцией глинистого грунта*.

Способность глинистых грунтов удерживать воду зависит от количества глинистых частиц в грунте, между которыми образуются водно-коллоидные связи, которые придают грунту связность и влияют на работу таких грунтов под нагрузкой. Поэтому для глинистых грунтов определяются характеристики, отражающие способность этих грунтов удерживать воду и состояние грунтов при природной влажности. Для нахождения этих характеристик в лабораторных условиях определяют влажности на границах перехода глинистого грунта из одного состояния в другое (рис.4.1).

Граничное состояние при переходе из пластичного состояния в твердое называется **границей раскатывания** и определяется методом раскатывания в жгут, а при переходе из пластичного состояния в текучее – **границей текучести** и определяется методом погружения стандартного балансирного конуса (конус Васильева).

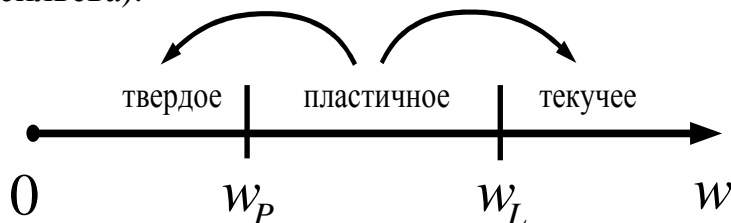


Рис.4.1 - Схема состояний глинистого грунта в зависимости от его влажности

При определении граничных состояний глинистого грунта методом высушивания определяются соответствующие им влажности w_p и w_L . Разные глинистые грунты имеют свои величины характерных влажностей w_p и w_L . Используя полученные значения влажностей на границах и естественной влажности, расчетом определяют классификационные характеристики глинистых грунтов.

Число пластичности I_p глинистого грунта определяется по формуле:

$$I_p = w_L - w_p.$$

По числу пластичности I_p глинистые грунты подразделяют согласно ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 4.1).

Таблица 4.1 - Разновидность глинистых грунтов по пластичности

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p
Супесь	1...7
Суглинок	7...17
Глина	>17

Показатель текучести I_L характеризует состояние глинистых грунтов при природной влажности:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p},$$

где w - естественная влажность исследуемого грунта.

В зависимости от значения I_L различают следующие состояния грунтов согласно ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл.4.2).

Показатель текучести грунта I_L используется при выборе глубины заложения фундаментов, определении расчетного сопротивления грунта, определении несущей способности свай и т.д.

Таблица 4.2 - Разновидность глинистых грунтов по консистенции

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести I_L
Супесь:	
твердая	<0
пластичная	0...1
текучая	>1
Суглинки и глины:	
твердые	<0
полутвердые	0,00...0,25
тугопластичные	0,25...0,50
мягкопластичные	0,50...0,75
текучепластичные	0,75...1,00
текучие	>1,00

Необходимое оборудование и материалы

- Весы технические с разновесами.
- Шкаф сушильный.
- Термометр с пределом измерений от 0 до 200°C.
- Бюксы металлические или стаканчики с крышками.
- Эксикатор с хлористым кальцием.
- Шпатели металлические.
- Нож с прямым лезвием.
- Щипцы тигельные.
- Ступка фарфоровая и пестик.
- Вода дистиллированная.
- Балансирный конус, технический вазелин.
- Секундомер.

Порядок выполнения работы

а) Определение влажности на границе текучести w_L .

Влажность на границе текучести соответствует весовой влажности грунта, при которой стандартный конус погружается в грунтовое тесто за 5 секунд под действием собственного веса на глубину 10 мм.

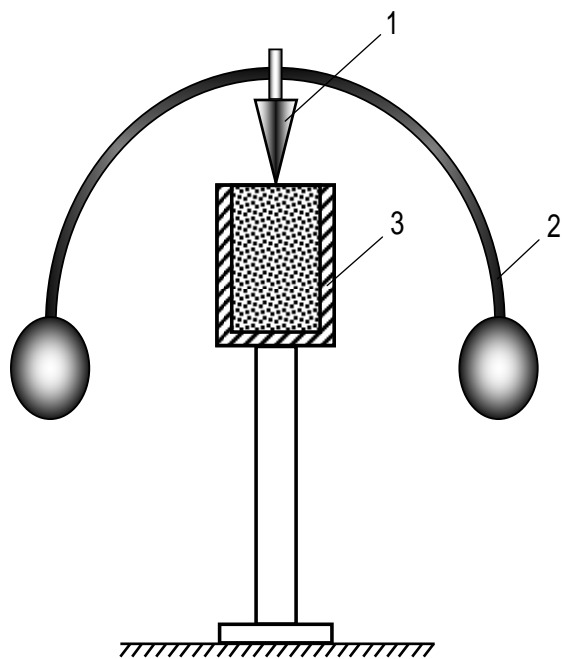
Стандартным называется конус 1 с углом при вершине 30° (рис. 4.2), масса которого вместе с балансирным устройством 2 составляет 76 г. На расстоянии 10 мм от вершины на конусе нанесена круговая черта (риска).

Определение границы текучести состоит в подборе соответствующей влажности испытываемого грунта.

Опыт ведется следующим образом:

1. Грунтовое тесто тщательно перемешать с помощью шпателя и «вмазать» без пустот в металлический стаканчик 3. Поверхность грунта выравнивать правилом вровень с краями стаканчика.

2. Острие конуса 1, смазанного тонким слоем вазелина, поднести к самой поверхности грунта и мгновенно отпустить, позволяя конусу погрузиться в грунт под влиянием собственного веса. Через 5 секунд отметить положение круговой черты.



3. Если погружение конуса менее 10 мм, грунт из стаканчика переложить в чашку и после добавления воды снова тщательно перемешать. Затем опыт повторить.

Если конус погрузился более чем на 10 мм, следует добавить сухой грунт, перемешать его с влажным и повторить опыт.

4. Для определения влажности, соответствующей пределу текучести, из стаканчика отобрать пробу грунта (не менее 10 г) и поместить в бюкс.

5. Определить влажность, как описано в работе №3. Результаты записать в таблицу 4.3.

Рис.4.2 - Прибор для определения предела текучести

б) Определение влажности на границе раскатывания w_p .

Влажность на границе раскатывания соответствует весовой влажности, при которой грунт, раскатываемый в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки (гранулы) длиной 3...8 мм.

Определение границы раскатывания состоит в подборе (путем подсушивания) соответствующей влажности грунта.

Для определения границы раскатывания используют грунтовое тесто, оставшееся от определения границы текучести.

Таблица 4.3 - Результаты определения влажности глинистого грунта на границах текучести и раскатывания

№ опыта	№ бюкса	Масса бюкса, г					Весовая влажность, %	
		пустого	с влажным грунтом	с сухим грунтом			отдельной пробы	средняя
				m'_2	m''_2	m_2	w_i	w_{cp}
1							$w_{L,1}$	w_L
2							$w_{L,2}$	
3							$w_{P,1}$	w_P
4							$w_{P,2}$	

Опыт ведется в такой последовательности:

1. В чашку с грунтовым тестом добавить немного сухого грунта (порошка) и массу хорошо перемешать шпателем.
2. Небольшой комочек грунта раскатать на ладони до образования жгута диаметром около 3 мм.
3. Если жгут не распадается на куски, его смять в шарик и снова раскатать в жгут до указанного диаметра. Длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжать до тех пор, пока жгут при диаметре 3 мм не покроется сетью трещин и не начнет распадаться на отдельные кусочки (гранулы) длиной 3...10 мм (рис.4.3).

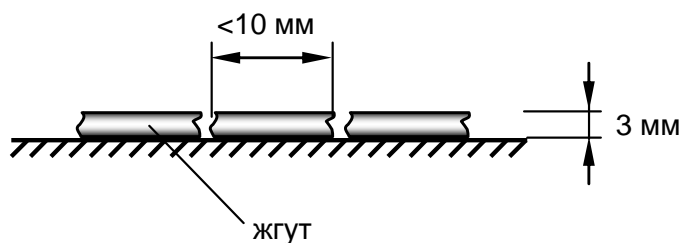


Рис.4.3 - Определение границы пластичности

4. Полученные кусочки грунта поместить в бюкс. Во время работы бюкс следует держать закрытым для предохранения грунта от высыхания. Необходимо набрать не менее 10 г грунта.

5. Определить влажность грунта w_p и занести данные в таблицу 4.3.

в) Определение наименования грунта и его консистенции.

Пользуясь найденными значениями w_L и w_P определить число пластичности I_p , показатель текучести I_L и установить наименование грунта и его консистенцию по таблицам 4.1-4.2, приведенным в начале работы.

Лабораторная работа № 5

Определение плотности сложения песка

Цель лабораторной работы - определить коэффициент пористости песка и установить его плотность.

Плотность сыпучих (песчаных) грунтов может быть оценена через коэффициент пористости по ДСТУ Б В.2.1-2-96. В данной работе опыт проводится с песком средней крупности нарушенной структуры. По коэффициенту пористости e пески подразделяют согласно таблицы 5.1.

Таблица 5.1 - Разновидность песков по плотности сложения

Разновидность песков	Коэффициент пористости e		
	Пески гравелистые, крупные и средней плотности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$<0,55$	$<0,60$	$<0,60$
Средней плотности	$0,55 \dots 0,70$	$0,60 \dots 0,75$	$0,60 \dots 0,80$
Рыхлый	$>0,70$	$>0,75$	$>0,80$

Коэффициент пористости вычисляют по формуле

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d},$$

где ρ_s - плотность частиц грунта, принимаемого в данной работе равной $2,65 \text{ г/см}^3$; ρ_d - плотность сухого грунта, г/см^3 .

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w},$$

где ρ - плотность грунта, г/см^3 ; w - влажность грунта, доли ед.

Так как опыт проводится с песком в воздушно сухом состоянии, то, пренебрегая его гигроскопической влажностью (считая $w = 0$), определяем плотность грунта и приравниваем ее к плотности сухого грунта, т.е. считаем, что $\rho_d = \rho$.

Необходимое оборудование и материалы

- Коробка с песком.
- Цилиндр с днищем.
- Сетка латунная – 2 шт.
- Ложка и резиновый молоточек.
- Правило.
- Весы.
- Металлический поддон.

Порядок выполнения работы

1. Заготовить форму записи (табл. 5.2) и внести в нее объем и массу цилиндра с днищем, которые указаны на стенке самого цилиндра.

Таблица 5.2 - Результаты определения плотности песка

Масса цилиндра Q_1 , г	Масса цилиндра с грунтом Q_2 , г	Масса песка $Q_2 - Q_1$, г	Объем цилиндра, V , см ³	Плотность $\rho = \frac{Q_2 - Q_1}{V}$, г/см ³	Коэффициент пористости	Плотность сложения песка по ДСТУ
1	2	3	4	5	6	7

2. В цилиндр, установленный на металлическом поддоне, ложкой насыпать песок в 1...2 см и уплотнить постукиванием резиновым молоточком по цилиндру. Избыток песка срезать правилом. Нужно добиться, чтобы объем песка был строго равен объему цилиндра. Это условие позволит после взвешивания цилиндра с песком вычислить плотность песка.

3. Вычислить коэффициент пористости e . По приведенным выше данным установить плотность сложения песка (см. табл. 5.1).

Лабораторная работа № 6

Определение степени водопроницаемости песчаного грунта в фильтрационном приборе КФ-1(ДСТУ Б В.2.1-23:2009)

Цель лабораторной работы – определить коэффициент фильтрации грунта.

Степень водопроницаемости – характеристика, отражающая способность грунтов пропускать (фильтровать через свои поры) воду и количественно выражающаяся в коэффициенте фильтрации K_{ϕ} , м/сут. Коэффициентом фильтрации K_{ϕ} называют скорость фильтрации воды при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации

$$V_{\phi} = K_{\phi} \cdot l.$$

Коэффициент фильтрации используется при определении притока воды к котлованам, дренажным и водозаборным устройствам, расчете осадки фундаментов во времени, фильтрационных потерь воды через земляные сооружения и т.д. Если пропускать воду через образец грунта площадью A и толщиной l при напоре H , то за время t профильтруется вода в объеме

$$Q = K_{\phi} \cdot A \cdot I \cdot t, \text{ где } I - \text{гидравлический градиент: } I = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{H}{l}.$$

$$\text{Отсюда коэффициент фильтрации, см/с: } K_{\phi} = \frac{Q}{A \cdot I \cdot t}.$$

Коэффициент фильтрации зависит от гранулометрического состава и плотности песка, температуры воды и некоторых других факторов. В настоящей работе опыт проводится с песком, уложенным в стальной цилиндр (из лабораторной работы № 5).

Вода для фильтрации подается из мерного сосуда Мариотта 4 (рис.6.1), который автоматически поддерживает постоянный уровень воды, практически совпадающий с поверхностью песка. Поэтому напор H равен пути фильтрации l , т.е. $I = \frac{H}{l} = 1$; таким образом, $K_{\phi} = \frac{Q}{A \cdot t}$.

Необходимое оборудование и материалы

- Цилиндр с песком (из работы № 5).
- Сосуд с внутренней подвижной площадкой.
- Пластмассовая крышка (муфта) и латунная сетка.
- Мерный сосуд Мариотта.
- Колба с водой.
- Часы с секундной стрелкой.

Порядок выполнения работы

1. Сосуд 5 заполнить на 2/3 объема водой. Цилиндр с песком 1 установить на подвижную площадку 6, вращая гайку 7, опустить его в воду и выдержать до полного водонасыщения (потемнения поверхности) песка.

В мерном сосуде надо одновременно взять отсчет по его шкале, заметить время по секундомерной стрелке часов и принять его за t ; второй отсчет по часам взять, когда уровень воды совпадет с делением шкалы 90, результаты записать в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты определения коэффициента фильтрации

Номер опыта	Объем профильтровавшейся воды Q , см ³	Продолжительность фильтрации t , с	Площадь прибора A , см ²	Коэффициент фильтрации K_{ϕ} , см/с	Средний коэффициент фильтрации K_{ϕ}^{cp} , см/с
1	2	3	4	5	6
1			25		
2			25		

6. Не перекладывая песок, следует повторить опыт (см. пп. 4-5). Коэффициент фильтрации вычислить с точностью до двух значащих цифр после запятой. Результаты занести в таблицу 6.1.

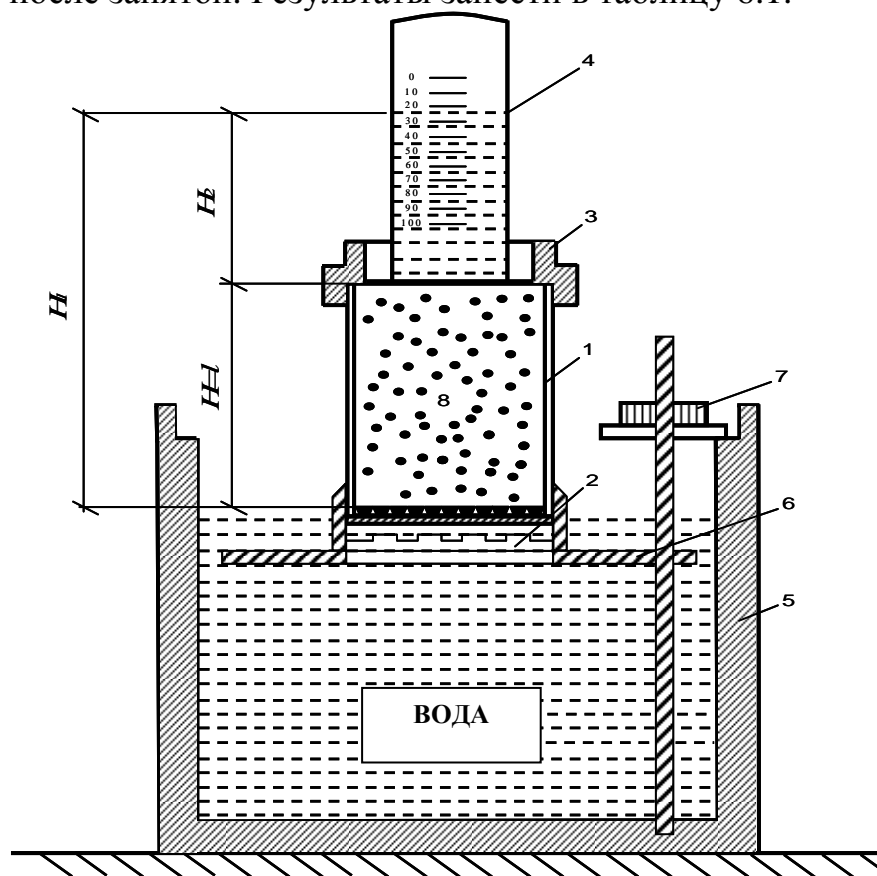


Рис.6.1 - Прибор для определения коэффициента фильтрации КФ-1:

1 – цилиндр с песком; 2 – перфорированное дно; 3 – крышка; 4 – мерный сосуд Мариотта; 5 – сосуд (корпус прибора); 6 – подвижная площадка; 7 – подъемный винт; 8 – испытуемый образец грунта

2. Цилиндр вынуть из сосуда, воду вылить, а подвижную площадку поднять в верхнее положение.

3. На песок положить латунную сетку, на цилиндр надеть крышку 3, и цилиндр с песком установить на площадку 6.

4. Мерный сосуд 4 заполнить водой, налить воду на латунную сетку, зажать отверстие сосуда пальцем, быстро повернуть его вверх дном и вставить в крышку прибора так, чтобы стекло касалось латунной сетки.

5. С появлением пузырьков воздуха в

Лабораторная работа № 7

Определение характеристик предельного сопротивления грунта сдвигу (ДСТУ Б В.2.1-7-00)

Цель лабораторной работы – определить удельное сцепление и угол внутреннего трения пылевато-глинистого грунта.

Сопротивление сдвигу τ_u определяется в условиях предельного равновесия грунта и равняется наименьшему касательному напряжению τ' , при котором грунт, находящийся под нормальным давлением σ , разрушается (сдвигается).

В песчаных (несвязных) грунтах сопротивление сдвигу обусловлено силами внутреннего трения между частицами грунта.

Сопротивление сдвигу связных грунтов складывается из двух частей: сил внутреннего трения и сил сцепления. Только преодолев эти силы, можно вызвать сдвиг одной части грунта относительно другой.

Зависимость между сопротивлением сдвигу и нормальным давлением устанавливается экспериментально.

Предельное сопротивление грунтов сдвигу есть функция первой степени от нормального давления (закон Кулона):

- для песчаных грунтов $\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$;
- для глинистых $\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$;

где τ_u - сопротивление сдвигу, МПа; σ - нормальное напряжение по площадкам сдвига, МПа; φ - угол внутреннего трения, град; c - удельное сцепление, МПа.

В результате эксперимента получают прочностные характеристики грунта φ и c . Их используют при определении расчетного сопротивления грунта, оценке устойчивости сооружений и земляных откосов, определении бокового давления грунта на ограждающие конструкции и решении ряда других задач.

Различают быстрый сдвиг, когда за время испытаний влажность практически не изменяется (закрытая система), и медленный, когда вода свободно выдавливается из пор грунта (открытая система).

В лаборатории кафедры «Механика грунтов, фундаментов и инженерной геологии» НАГХ опыт проводится по открытой системе в сдвижном приборе ПСГ-2 (рис.7.1). Нормальное (вертикальное) давление σ передается на цилиндрический образец грунта 1, находящийся в приборе, через рычаг 2 посредством гирь 3, а горизонтальная (сдвигающая) сила F - через рычаг 4. Отношение плеч обоих рычагов 1:10.

В ходе эксперимента сдвигающая сила постепенно (ступенями) увеличивается до тех пор, пока ее величина не превзойдет прочность образца на сдвиг.

В данной работе необходимо найти величины предельной сдвигающей силы F при вертикальных давлениях 0,1; 0,2 и 0,3 МПа. Для этого учебную группу делят на подгруппы, каждая из которых выполняет опыт на сдвиг.

Необходимое оборудование и материалы

- Срезные приборы с наборами гирь.
- Индикаторы для измерения деформаций.

- Часы с секундной стрелкой.
- Образцы глинистого грунта в кольцах - 3 шт.

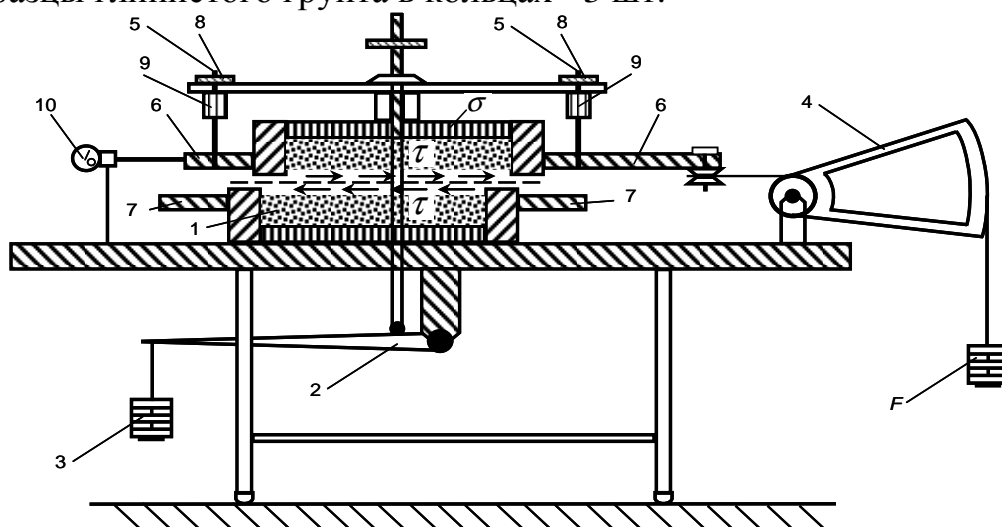


Рис.7.1. - Схема прибора для определения сопротивления грунта сдвигу (ПСГ-2)

Подготовительные работы

До начала проведения опыта в прибор –уплотнитель помещали три одинаковых образца глинистого грунта, где они уплотнялись в течение 24 часов (до полного затухания осадок).

Образец №1 уплотнялся при нормальном давлении $\sigma_1 = 0,1$ МПа, образец №2 - при $\sigma_2 = 0,2$ МПа и №3 - при $\sigma_3 = 0,3$ МПа.

До начала эксперимента нужно перенести в тетрадь таблицу 7.1, где указаны величины ступеней сдвигающих нагрузок, подобранных так, что приращение касательных напряжений первой ступени составляет $q_1 = 0,2 \sigma_A$, второй - $q_2 = 0,1 \sigma_A$, третьей и всех последующих $q_{3,i} = 0,05 \sigma_A$.

Таблица 7.1 - Величины ступеней сдвигающих нагрузок (вес гирь)

Нормальные напряжения на поверхности сдвига, МПа	Ступени сдвигающей нагрузки, Н (г)		
	первая q_1	вторая q_2	третья и все последующие $q_{3,i}$
1	2	3	4
$\sigma_1 = 0,1$	8 (800)	4 (400)	2 (200)
$\sigma_2 = 0,2$	16(1600)	8 (800)	4 (400)
$\sigma_3 = 0,3$	24(2400)	12 (1200)	6 (600)

Затем готовят форму для записи данных, получаемых в ходе проведения опыта (табл. 7.2).

До начала работы необходимо научиться быстро и правильно брать отсчеты по индикатору. Индикатор (рис.7.2) - измерительный прибор пружинного типа. На малом круге циферблата 1 отсчитываются целые миллиметры, а на большом 2 - доли миллиметра. Цена деления большого круга - 0,01 мм; тысячные доли при

отсчете берутся на глаз. Отсчет снимается по черным цифрам. Отсчет на рисунке 7.2 равен 2,270 мм.

Таблица 7.2 - Данные хода опыта по определению предельной сдвигающей нагрузки при нормальном напряжении σ_i , МПа

Номер ступени нагрузки	Величина ступени нагрузки q_i , Н	Суммарная нагрузка на подвеске (от начала опыта) $\sum_{i=1}^n q_i$, Н	Время от начала приложения данной ступени нагрузки, мин	Отсчет по индикатору, мм	Деформация сдвига за каждую минуту, мм
1	2	3	4	5	6
1			0		
			1		
			2		
			...		

Порядок выполнения работы

1. В таблицу 7.2 записать вес гирь первой ступени нагрузки (указан в табл. 7.1) и показания индикатора 10.

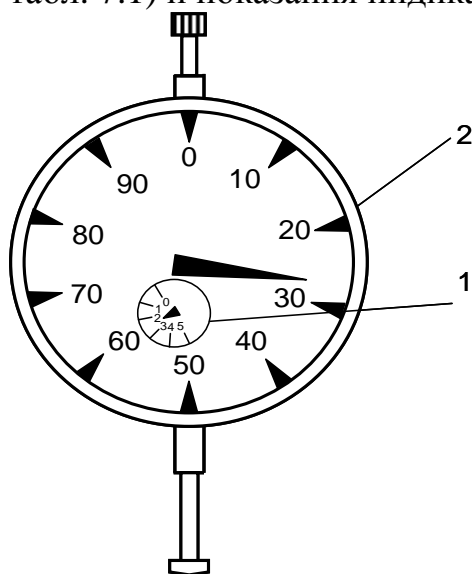


Рис.7.2 - Индикатор для измерения деформаций

2. Стопорные винты 5, соединяющие верхнюю 6 и нижнюю 7 каретки сдвижного прибора, вывинтить так, чтобы их концы на 3...5 мм не доходили до выступов нижней каретки.

3. На верхнюю резьбовую часть винтов 5 навинтить гайки 8 до упора в перекладину. Затем, придерживая винт за утолщенную часть с накаткой 9 (чтобы он не вращался), следует обе гайки 8 одновременно повернуть еще на 1-2 оборота так, чтобы между верхней и нижней каретками сдвижного прибора образовался зазор 1...1,5 мм.

4. Установить индикатор 10 в специальный держатель так, чтобы ножка индикатора упиралась в верхнюю каретку сдвижного прибора и отсчет по малому лимбу составлял примерно 8...9 мм.

5. Подготовить гири для передачи на образец первой ступени сдвигающей нагрузки (вес гирь указан в табл. 7.1).

6. Рычаг передачи горизонтальной нагрузки соединить тросом с верхней кареткой сдвижного прибора, набросив трос на ролик каретки.

7. Приложить первую ступень q_1 , сдвигающей силы. Один студент укладывает на подвеску плавно, без удара, гири первой ступени, а другой замечает время. Третий студент через каждые 60 сек. снимает отсчет (показания) по индикатору и записывает их в таблицу 7.2.

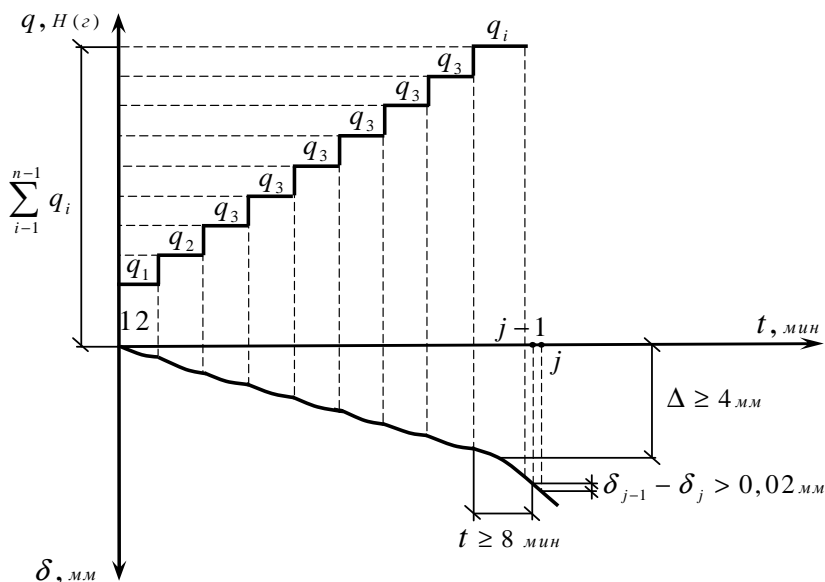


Рис.7.3 - График изменения деформаций сдвига во времени от заданной нагрузки

Сдвигающую нагрузку выдерживать до тех пор, пока два последующих отсчета по индикатору не будут отличаться друг от друга менее чем на 0,02 мм (два деления по большому лимбу индикатора). После этого, не снимая первой ступени q_1 , добавить вторую ступень нагрузки q_2 (рис. 7.3).

8. Вторую и все последующие ступени сдвигающей нагрузки $q_3 - q_i$ прикладывают и выдерживают так же, как и первую ступень.

9. Сдвигающую нагрузку увеличить до разрушения (сдвига) образца.

Начало разрушения определяют по двум признакам (см. рис. 7.3):

- деформация сдвига δ после приложения очередной ступени горизонтальной нагрузки не загасает за время $t \geq 8$ мин, т. е. за каждую последующую минуту разница $\delta_{j-1} - \delta_j$ будет превышать 0,02мм;
- суммарная деформация сдвига Δ достигает 4 мм ($\Delta \geq 4$ мм).

10. За предельную сдвигающую нагрузку F_u принимают горизонтальную

нагрузку перед разрушением образца (без последней ступени): $F_u = 10 \sum_{i=1}^{n-1} q_i$.

Касательное напряжение τ' в плоскости сдвига, соответствующее нагрузке F_u , принимают равным сопротивлению грунта сдвигу при данном нормальном напряжении σ : $\tau_u = \tau' = \frac{F_u}{A}$, где A - площадь поверхности сдвига, равная 40 см².

Обработка результатов испытаний

Обработка результатов испытаний заключается в определении сопротивления грунта сдвигу τ_u при вертикальных напряжениях σ_1, σ_2 и σ_3 построении графика зависимости $\tau_u = f(p)$:

1. Результаты всех сдвиговых испытаний заносятся в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 - Результаты определения сопротивления грунта сдвигу

Номер подгруппы	Нормальное напряжение в плоскости сдвига σ , МПа	Величина предельной горизонтальной нагрузки F_u , Н (г)	Сопротивление грунта сдвигу $\tau_u = \tau' = \frac{F_u}{A}$, МПа
1	2	3	4
1	0,1		
2	0,2		
3	0,3		

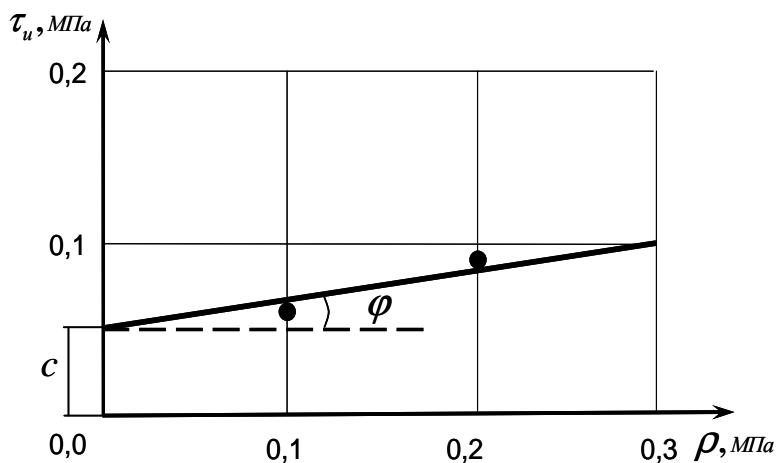


Рис.7.4 - График сопротивления грунта сдвигу

2. График зависимости $\tau_u = f(\rho)$ (рис. 7.4) строят в одинаковом масштабе для τ и σ , который рекомендуется принять: 5 см = 0,1 МПа. По полученным опытными точкам проводят осредненную прямую до пересечения с осью ординат.

3. Угол внутреннего трения грунта φ и удельное сцепление c определяют из

прямой к оси абсцисс или с помощью транспортира с точностью до 1° ; c - по масштабу, как отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат, с точностью до 0,001 МПа.

**Компрессионные испытания грунта и определение его модуля деформации
(ДСТУ Б В.2.1-7-00)**

Цель лабораторной работы – определить модуль деформации песчаного и глинистого грунтов.

Модуль деформации является одним из показателей сжимаемости грунта и используется в расчетах осадок фундаментов. Он аналогичен модулю упругости для твердых тел, но, в отличие от последнего, учитывает как упругие, так и остаточные деформации. Модуль деформации определяется в полевых условиях испытанием грунта в шурфах и скважинах с помощью штампов, а в лабораторных условиях – в стабилометрах или по результатам компрессионных испытаний.

Компрессионным сжатием грунта называется сжатие без возможности бокового расширения. Этим условиям соответствует сжатие грунта под действием вышележащего слоя грунта или по центру площадного фундамента. Полученная после проведения компрессионных испытаний зависимость между коэффициентом пористости грунта e и действующим давлением σ называют компрессионной зависимостью (рис.8.1): $e = f(\sigma)$.

Основным методом построения компрессионных кривых является вычисление коэффициента пористости по осадкам образцов грунта при уплотнении их в компрессионной приборе соответствующей нагрузкой σ_i :

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \frac{\Delta h_i}{h}, \quad (1)$$

где e_0 - начальный коэффициент пористости грунта, соответствующий плотности и влажности грунта перед приложением нагрузки; Δh_i - полная осадка, при соответствующей нагрузке σ_i , измеренная от начала нагружения; h - начальная высота образца.

Определенные по компрессионной кривой коэффициент сжимаемости m_0

и коэффициент относительной сжимаемости m_v :
$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0}, \quad (3)$$

позволяют вычислить модуль деформации исследуемого грунта E [МПа], исходя из следующих зависимостей:

$$E = \frac{\beta(1 + e_0)}{m_0} = \frac{\beta}{m_v}; \quad (4)$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}, \quad (5)$$

Где β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта, зависящий от коэффициента Пуассона ν ; (принять для песка $\nu = 0,25$, для глины $\nu = 0,35$).

Полученная компрессионная зависимость (рис.8.1) являясь логарифмической (нелинейной) может быть упрощена в небольших пределах изменения давления прямолинейной зависимостью AB . Тангенс угла наклона прямой AB

характеризует сжимаемость грунта в выбранном пределе давления и называется коэффициентом сжимаемости:

$$m_0 = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

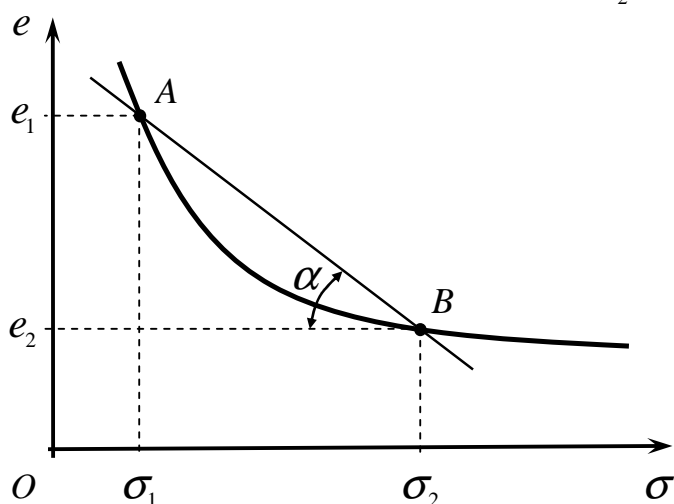


Рис.8.1 - Компрессионная зависимость

Кроме определения модуля деформации, в данной работе изучается характер развития осадки песчаного и глинистого грунтов во времени.

Деформации образца песчаного грунта происходят очень быстро и завершаются (стабилизируются) в течение нескольких минут. В образце глинистого грунта деформации развиваются медленно и заканчиваются через несколько часов (около суток). Аналогично в натурных условиях: осадка зданий на песчаном

основании завершается за период строительства, а на глинистых — продолжается много лет.

Необходимое оборудование и материалы

- Рычажный пресс для приложения нагрузки.
- Одометр с глинистым грунтом (1 образец).
- Одометр с песчаным грунтом (1 образец).
- Индикаторы для измерения деформаций (4 шт.).
- Часы с секундной стрелкой.

Подготовительные работы

Уплотнение образцов грунта происходит в металлических рабочих кольцах одометров без возможности его бокового расширения. Высота колец $h = 20$ мм, а площадь $A = 60 \text{ см}^2$.

До приложения нагрузки (при $\sigma_0 = 0$ МПа) были поставлены индикаторы и записаны исходные отчеты по ним. Затем к образцам была приложена первая ступень нагрузки, созданная весом гирь 30Н и соответствующая давлению $\sigma_1 = 0,05$ МПа (см. таблицу прибора). При этом давлении образцы уплотняли в течение суток ($T=24\text{ч}$) до полной стабилизации осадок.

При подготовке опыта из монолитов грунта в кольца были отобраны образцы песчаного и глинистого грунтов ненарушенной структуры, а в бюксы взяты пробы грунта для определения влажности.

Рабочие кольца с грунтом до компрессионных испытаний были взвешены, после чего рассчитана плотность грунта (см. лаб.работу №2). По влажности и удельному весу определены начальные коэффициенты пористости e_0 глинистого и песчаного грунтов. (см. лаб.работу №3).

Одометры с грунтом были установлены под рычажные прессы.

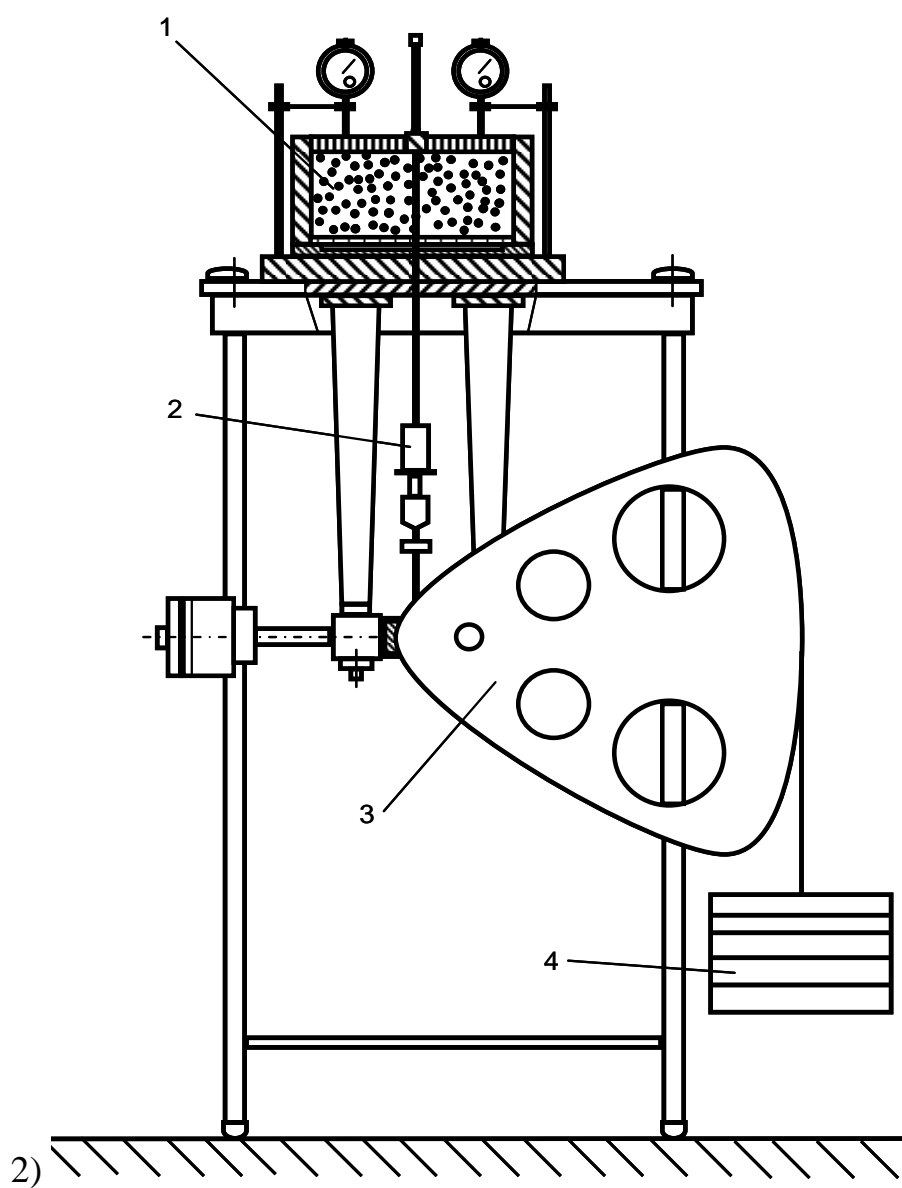
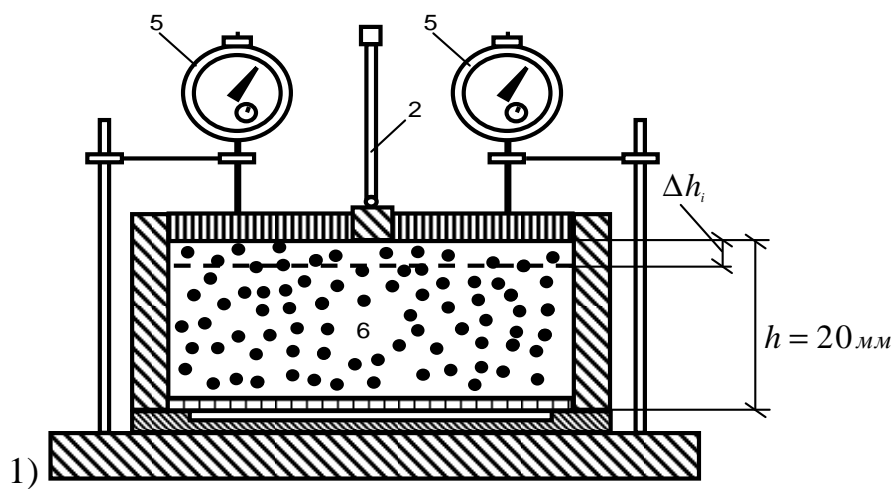


Рис.8.2 - Установка для компрессионных испытаний грунта:
 1 – одомер с грунтом; 2 – рама для передачи нагрузки на грунт; 3 – рычажное устройство; 4 – гири; 5 – индикаторы; 6 – образец грунта

Порядок выполнения работы

1. Подготовить таблицу 8.1.

2. Перенести показания индикаторов при $\sigma_0 = 0$ МПа в таблицу 8.1.

3. Ступенями по 0,0125-0,1000 МПа (в зависимости от вида грунта, программы испытаний) приложить к образцу давление. Каждую ступень давления выдерживать, регулярно регистрируя показания индикаторов, до достижения условной стабилизации деформаций грунта. Критерием условной стабилизации на каждой ступени считать деформацию не более 0,01 мм за последние 4...16 часов наблюдений для песчаных...глинистых грунтов соответственно.

Примечание: В учебном опыте величину давления на каждой ступени принять по 0,05 МПа, а полное давление ограничить 0,20-0,30 МПа. Время наблюдений на каждой ступени ограничить 5-10 минутами.

4. Данные показаний индикаторов перенести в таблицу.

5. Одновременно с занесением в таблицу отсчетов по индикаторам заполнить все остальные ее графы.

Примечание: В учебном опыте принять начальные коэффициенты пористости (при $\sigma_0 = 0$ МПа) для глины $e_0 = 1,100$, а для песка $e_0 = 0,800$. Все вычисления производить с точностью до 0,001.

6. По достижении условной стабилизации на последней ступени, произвести разборку и чистку одометра.

Таблица 8.1 - Результаты компрессионных испытаний грунтов

Интенсивность давления σ , МПа	Время T от начала приложения нагрузки	Отсчеты по индикаторам, мм			Полная деформация при данном давлении Δh_i , мм	Коэф. пористости e_i
		Левый	Правый	Среднее		
1	2	3	4	5	6	7
Глинистый грунт						
$\sigma_0 = 0,00$	0				$\Delta h_0 = 0$	$e_0 = 1,100$
$\sigma_1 = 0,05$	24ч				$\Delta h_i = \dots$	$e_i = \dots$
$\sigma_i = \dots$	0					
...						
...						
Песчаный грунт						
$\sigma_0 = 0,00$	0				$\Delta h_0 = 0$	$e_0 = 0,800$
$\sigma_1 = 0,05$	24ч				$\Delta h_i = \dots$	$e_i = \dots$
$\sigma_i = \dots$	0					
...						
...						

7. После обработки результатов испытаний построить компрессионную кривую сжатия образцов песчаного и глинистого грунтов. Масштаб по оси абсцисс (σ_i)

выбрать в пределах 0,1 МПа – 40 мм; по оси ординат (e_i) – 0,100 – 10 мм. По вертикальной оси за начало координат нужно принять $e = 0,600$ (см. рис.8.3).

8. По формулам (2,4) в заданном интер-вале давления определить коэффициент сжимаемости и модуль деформации грунтов. Сделать вывод о сжимаемости исследуемых грунтов.

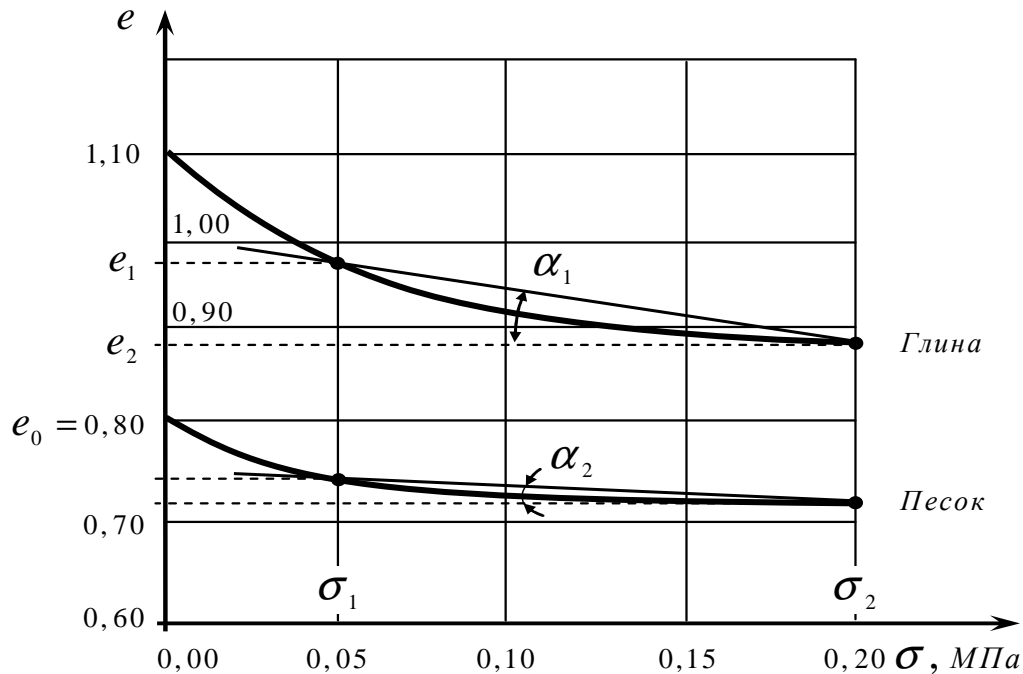
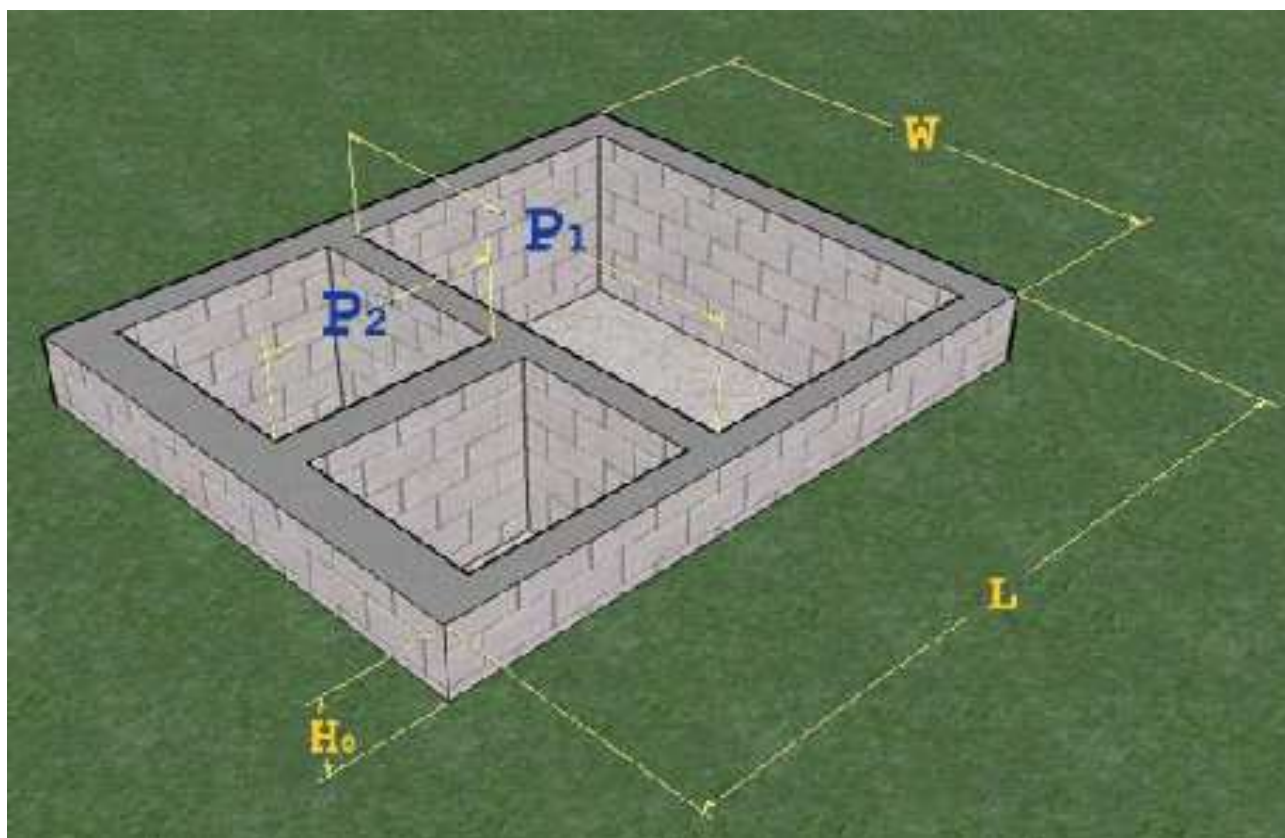


Рис.8.3 - Компрессионные кривые



ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ



РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНА

Общие положения

Оценка возможности потери устойчивости природных склонов или грунтовых откосов, котлованов, насыпей, дамб во многих случаях является определяющей при проектировании сооружений. Выполняемые при этом расчёты в нормативных документах называются расчётами по первому предельному состоянию, или по несущей способности, по устойчивости.

В общем случае потеря устойчивости склона (откоса) проявляется в виде смещения грунтового массива и происходит вследствие нарушения структуры грунта, появления мест разрыва его сплошности и формирования, в конечном счёте, зоны обрушения, которая ограничена некоторой поверхностью скольжения. Положение в пространстве указанной поверхности определяется напряжённо-деформированным состоянием (НДС) грунтового массива и соответствует тому моменту, когда касательное напряжение, действующее по элементарной площадке скольжения, равно величине сопротивления грунта сдвигу на этой площадке. Следовательно, на всей поверхности обрушения грунт (равно как и грунтовый массив в целом) находится в состоянии предельного равновесия, т.е. для всей поверхности справедлива зависимость Кулона. За пределами призмы обрушения грунт считается недеформируемым.

Существует немало способов расчёта устойчивости откоса (склона), в большинстве из которых геометрия поверхности скольжения считается заданной. Для условия плоской задачи наиболее часто применяются произвольного очертания (обычно заменяемые ломаной линией), плоские или круглоцилиндрические линии скольжения.

Основы метода круглоцилиндрических поверхностей скольжения

Широко распространенный инженерный метод расчёта, применение которого наиболее целесообразно в случаях, когда в грунтовом массиве нет явно выраженной поверхности скольжения. Метод использует допущение о возможности смещения откоса (склона) по *круглоцилиндрической поверхности скольжения* относительно некоторого центра вращения. Местоположение последнего первоначально неизвестно и потому *производится подбором*, исходя из условия получения минимального значения коэффициента запаса устойчивости $k_{st\ min}$, Устойчивость обеспечивается, если выполняется требование:

$$k_{st\ min} \geq k_{st}^H,$$

где k_{st}^H - нормативный коэффициент устойчивости, устанавливаемый требованиями проекта.

Расчётный коэффициент запаса устойчивости определяется из выражения

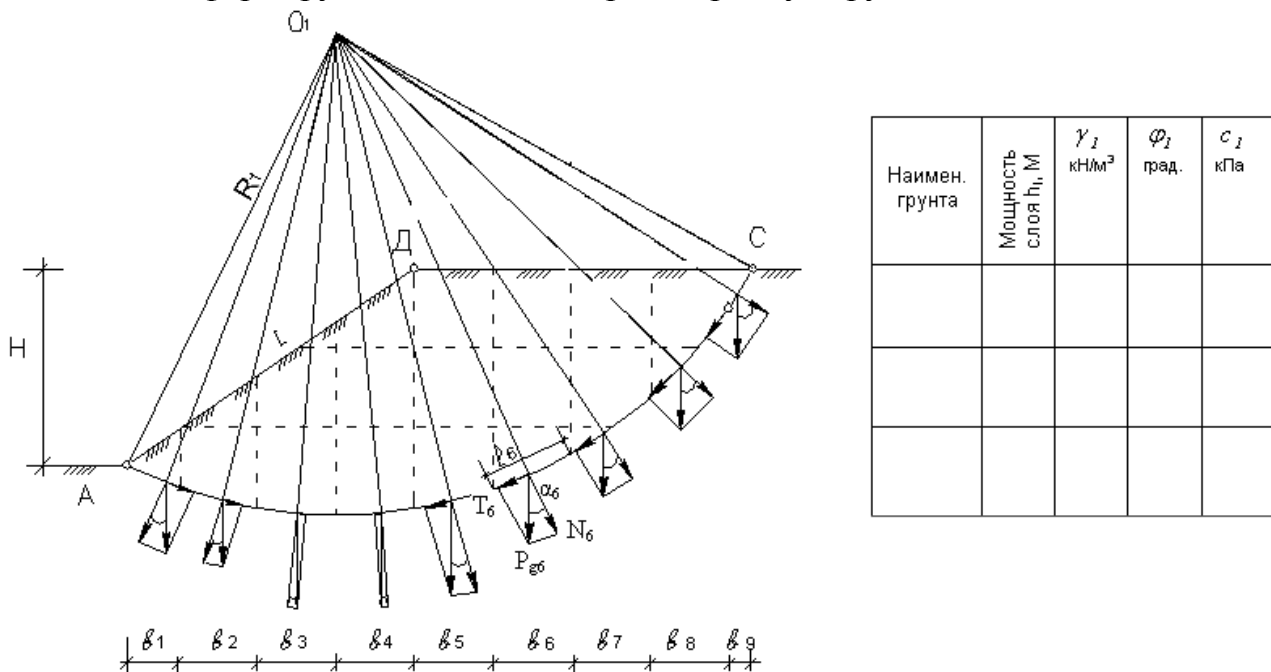
$$k_{st} = M_{sr} / M_{sa},$$

где M_{sr} и M_{sa} - моменты относительно центра вращения соответственно всех удерживающих и сдвигающих сил.

В общем случае к удерживающим F_{sr} относятся силы трения, действующие по поверхности скольжения и препятствующие смещению призмы обрушения, а также силы сцепления в грунте. К сдвигающим F_{sa} относятся силы, действующие по поверхности скольжения, но в направлении возможного смещения грунтового массива и, кроме того, все силы, действующие в том же направлении: от поверхностной пригрузки постоянной и (или) временной, вероятной горизонтальной силы и т.д.

Этапы расчёта и некоторые практические рекомендации

- 1) В соответствии с заданием на миллиметровке (удобнее) или на бумаге формата А4 (А3) вычертить откос (склон). Рекомендуемый масштаб 1:200.
- 2) Провести циркулем из некоторого произвольно выбранного центра O_1 радиусом $O_1 A$ дугу, определяющей положение предполагаемой поверхности скольжения, формирующей, в свою очередь, призму обрушения.



К расчёту устойчивости склона

Рис. 1

- 3) Смещаемый массив считается недеформируемым и все его точки участвуют в общем движении. Расчёт ведётся на 1м длины откоса (из плоскости чертежа).

- 4) Определить графически величину радиуса R_L .

- 5) Призму обрушения разбить вертикальными линиями на отдельные элементы, ширина которых b_i принимается равной 2-4м. Далее каждый элемент в свою очередь рассматривается состоящим из нескольких простейших геометрических фигур – треугольника, прямоугольника и трапеции (участок фигуры, сформированный i – тым отрезком линии скольжения, аппроксимируется прямой линией). Характер разбивки назначается с учётом неоднородности грунтов и

профиля склона так, чтобы в пределах дуги скольжения каждого i – го элемента угол внутреннего трения φ и удельное сцепление грунта c были постоянны.

6) Вес грунта в объёме элемента P_{g_i} определяется как сумма произведений площади той или иной простейшей фигуры на удельный вес соответствующего ей грунта и прикладывается в центре тяжести элемента, находящегося на его оси симметрии (незначительным смещением ц.т., вносимым треугольными составляющими, можно пренебречь).

7) Нагрузка от веса грунта каждого элемента переносится в уровень его основания (см. рис.), где раскладывается на нормальную N_i (по радиусу вращения) и касательную к поверхности скольжения T_i силы.

8) Измеряются (транспортиром) углы α_i .

9) Также графически либо аналитически определяется длина дуги скольжения l_i каждого i – того элемента

$$l_i = b_i / \cos \alpha_i$$

10)

11) Момент сил $\sum T_i$ относительно точки O_1 , стремящихся сместить отсек обрушения ADC по направлению своего действия, будет равен

$$M_{sa} = R_1 \sum_{i=1}^n T_i$$

12)

13) Этому смещению противодействуют силы трения и сцепления, приложенные к грунтовому массиву по поверхности скольжения AC

длиной $\sum_{i=1}^n l_i$. Расчётный момент этих сил относительно того же центра вращения O_1 , может быть определён из выражения

$$M_{sr} = R_1 \sum_{i=1}^n N_i \operatorname{tg} \varphi_{li} + R_1 \sum_{i=1}^n c_{li} l_i$$

14) Для удобства вычислений все расчёты ведутся в табличной форме (см. табл.).

15) Коэффициент запаса устойчивости определяется по формуле, который записывается в виде

$$k_{st_i} = \frac{R_1 \sum F_{sr_i} + R_1 \sum c_{li} l_i}{R_1 \sum F_{sa_i}}$$

16) Сопоставляются величины расчётного k_{st_i} и требуемого норматив-

ного k_{st}^H коэффициентов запаса устойчивости (принять $k_{st}^H = 1,2$) и на этом здесь расчёт заканчивается.

Сводная таблица расчетов

№ элемент а	Вес элемента $P_{gi}, \text{кН}$	Угол $\alpha_i,$ град	$N_i =$ $P_{gi} \cdot \cos \alpha_i$	Угол $\varphi_i,$ град	Удерживающая сила $F_{sr_i} =$ $N_i \operatorname{tg} \varphi_i$	Сдвигающая сила $F_{sa_i} = T_i =$ $P_{gi} \cdot \sin \alpha_i$	Удельное сцепление $c_i,$ кПа	Длина дуги $l_i, \text{м}$
					$\sum F_{sr}$	$\sum F_{sa}$		
Примечание: при подсчете сдвигающих сил составляющие T_i , направленные в противоположную сдвигу сторону, принимаются с обратным знаком								

На практике же необходимо наметить новые центры вращения $O_2 \dots O_n$, найти коэффициенты $k_{st2} \dots k_{stn}$ и определить, в конечном счёте, $k_{st \min} \geq k_{st}^H$.

Поскольку выполнение указанных расчётов вручную весьма трудоёмко, разработаны специальные компьютерные программы, с помощью которых путём перебора вариантов определяется наименьшее значение коэффициента запаса устойчивости. Если $k_{st} < k_{st}^H$, то нужно принять меры по повышению устойчивости откоса (устройство более пологого его очертания, заглубление фундамента и увеличение его ширины, устройство свайного фундамента и т.п.), после чего выполнить расчёты с учётом новых условий.

Расчет устойчивости откоса с помощью компьютера

В этом разделе в несколько упрощенном виде показана реализация метода круглоцилиндрических поверхностей с помощью вычислительной техники. Рассматривается задача определения наименьшего коэффициента запаса устойчивости откоса, сложенного однородным грунтом (что зачастую встречается на практике). Для возможности использования исходных данных характеристики грунтов, слагающих откос, усредняются с помощью известных формул

$$\gamma_I = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i}; \quad \varphi_I = \frac{\sum \varphi_i h_i}{\sum h_i}; \quad c_I = \frac{\sum c_i h_i}{\sum h_i}$$

Безусловно, такое упрощение является не вполне корректным, однако в учебных целях допустимо, поскольку, в первую очередь, позволяет записать выражение для определения коэффициента запаса устойчивости в довольно простой форме:

$$k_{st \min} = \frac{tg \varphi_I \sum P_{gi} \cos \alpha_i + c_I L}{\sum P_{gi} \sin \alpha} \geq k_{st}^H,$$

где L – общая длина дуги (поверхности) скольжения.

Эта формула использована для составления компьютерной программы; при этом, для получения более точного результата, суммы заменены значениями интегралов.

Почему «более точному»? Когда (в предыдущем разделе) подсчитывался вес i – того элемента P_{gi} , как правило, i -тая дуга поверхности скольжения аппроксимировалась прямой линией что вносило некоторую погрешность в конечный результат; при применении интегралов аппроксимация не нужна. В результате получены аналитические выражения для вычисления коэффициентов запаса устойчивости откоса k_{st} в зависимости от положения центра вращения и значения радиуса круглоцилиндрической поверхности. С помощью метода многомерной оптимизации составлен алгоритм и программа нахождения координат оптимального центра вращения O_i , соответствующего минимальному значению коэффициента запаса устойчивости $k_{st \min}$. Последняя позволяет определить значение $k_{st \min}$ в автоматическом или ручном режимах. Здесь программа реализована во втором варианте (ручном режиме), что

позволяет студенту быть соавтором поиска $k_{st \min}$, задавая значения координат центров вращения O_i и наблюдая изменения очертания дуг скольжения.

Методика поиска оптимального центра вращения O иллюстрируется рисунком и заключается в следующем.

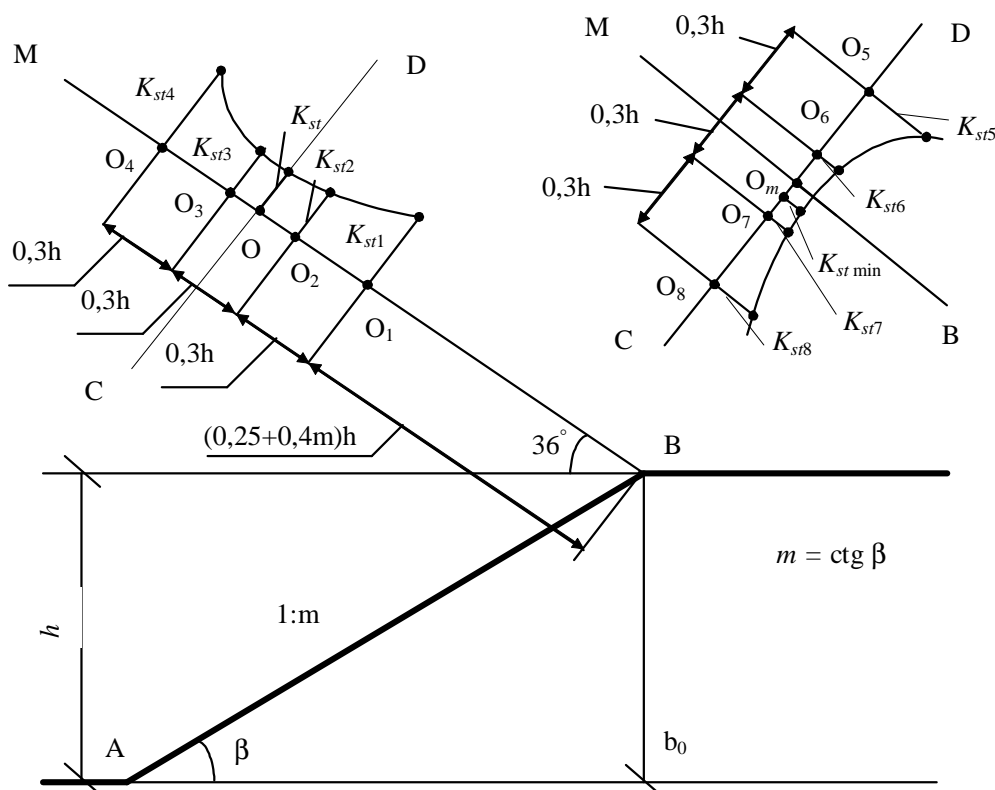


Рис. 2

К поиску центра вращения наиболее опасной поверхности скольжения

Сначала (см. рис. на экране компьютера либо на миллиметровке, в масштабе, принятом ранее, рисуется откос, и из бровки откоса, под углом 36° к горизонтали, проводится линия ВМ, на которой откладываются центры $O_1 \dots O_4$ (O_n). В соответствии с масштабом определяются координаты центра $O_1 - x_1$ и y_1 . Все необходимые для расчета данные вводятся в компьютер в соответствии с требованиями «Управление программой» (см. окно).

Управление программой «ОТКОС – R»

3.1. Вставить носитель с программой.

3.2. Запустить программу (два клика, появление окна программы).

3.3. Выполнить операции заполнения полей:

3.3.1. Заполнить текстовое поле «удельный вес», γ (кН/м³);

3.3.2. Заполнить текстовое поле «угол внутреннего трения», φ_i ;

3.3.3. Заполнить текстовое поле «удельное сцепление», c_i (кПа);

3.3.4. Заполнить текстовое поле «высота откоса», h (м);

3.3.5. Заполнить текстовое поле «заложение откоса», b_0 (м);

3.3.6. Ввести координаты центра вращения $O_i - x_i$ и y_i .

3.4. Дать команду «Рассчитать» для вывода на экран результата расчета k_{st1} , который заносится в таблицу 2.

3.5. Дать команду «График» для вывода на экран графической части расчета (см. рис.).

Рис. 3 - Окно программы

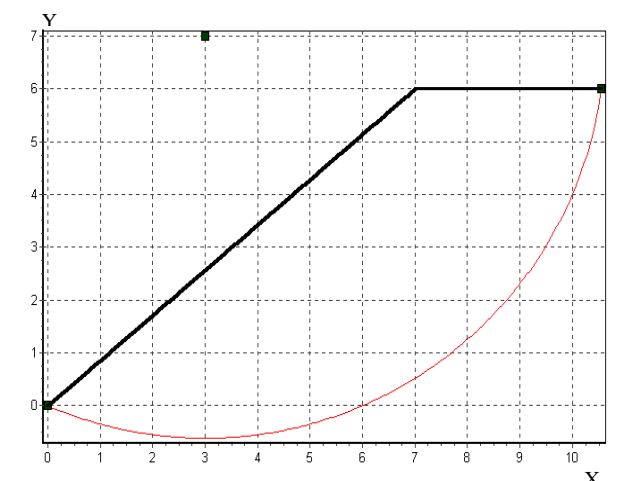


Рис. 4 - График поверхности скольжения с центром вращения O_1

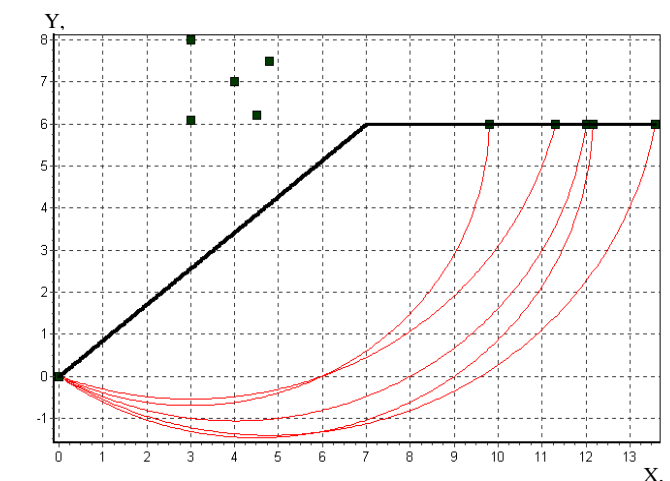


Рис. 5 - Кривые поверхностей скольжения

3.6. Для последующих вариантов расчета с другими исходными данными повторить все п.п. 3.3...3.5.

Примечание: 1) разделителем целой и дробной частей вводимых чисел является либо «точка», либо «запятая» (в зависимости от настройки операционной системы Windows).

Далее описанная выше процедура выполняется для других положений центров вращения $O_2...O_4$. Затем из точек $O_1...O_4$ к линии ВМ восстанавливаются перпендикуляры, на которых (в выбранном произвольном масштабе) откладываются значения $k_{st1...4}$ (соответственно), соединяемые плавной кривой. Через точку ее экстремума к прямой ВМ восстанавливается перпендикуляр (линия СД), на котором, согласно рисунку, откладываются центры $O_5...O_k$ (O_8), и вся описанная выше процедура вычислений k_{sti} и построения графиков повторяется (для удобства чтения рисунка повторный этап иллюстрируется схемой б). В случае

дальнейшего поиска точки **O** можно построить кривые равных коэффициентов запаса устойчивости и тогда положение центра вращения, отвечающего наименьшему значению $k_{st\ min}$ определится с наибольшей точностью. Здесь ограничимся указанным объемом вычислений и будем считать, что $k_{st\ min}$ соответствует центру **O** с координатами x и y .

Нормативный коэффициент запаса устойчивости k_{st}'' сопоставить с $k_{st\ min}$.

Все графические построения поверхностей скольжения должны быть выведены на печать, а все полученные значения коэффициентов запаса устойчивости – помещены в таблицу.3. Распечатки должны быть помещены в пояснительной записке.

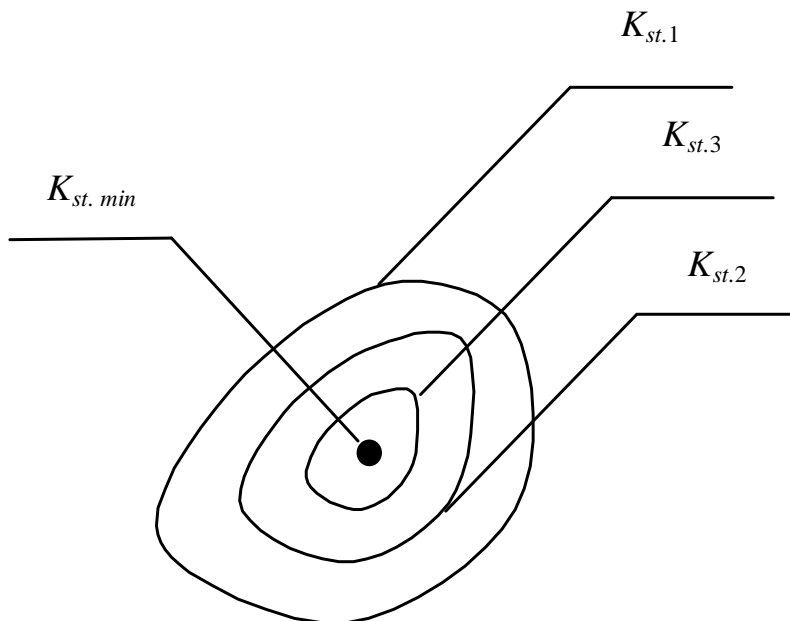


Рис. 6 - Кривые равных коэффициентов запаса устойчивости

Таблица 3 - Результаты расчета

X_i	Y_i	R_i	k_{sti}

Расчет фундаментов на естественном основании

Общие указания

В результате выполнения работы должны быть решены следующие задачи:

- построена литологическая колонка (взять из приложения А);
- определены по таблицам (ДБН) или Приложения Б величины прочностных и деформативных характеристик несущего слоя грунта;
- определена глубина заложения, размеры и площадь подошвы фундамента;
- построены эпюры давлений в грунте и вычислена осадка фундамента;

Исходные данные

Типы фундаментов

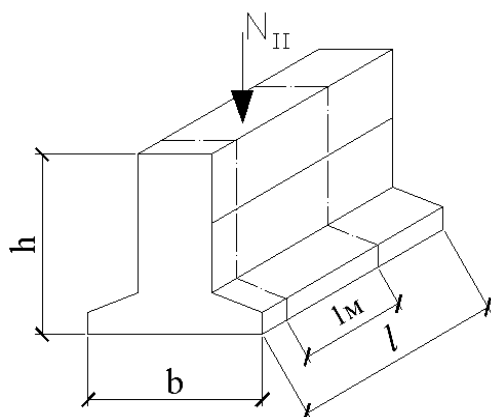


Рис. 7:

I – ленточный железобетонный сборный :
 b – ширина подошвы фундамента;
 $l = 1$ м – длина фундамента;
 h – высота фундамента;
 $A = b \cdot 1 = b$, м² – площадь подошвы
 фундамента.

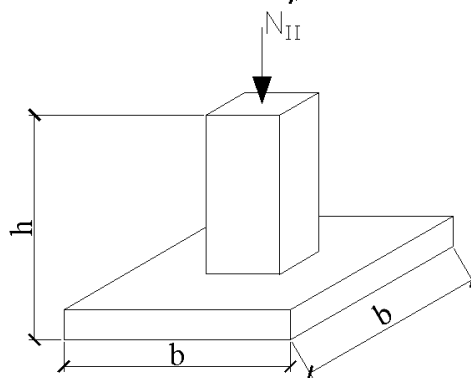


Рис. 8:

II – отдельный квадратный железобетонный,
 монолитный :
 b – ширина подошвы фундамента;
 l – длина фундамента;
 $b = l$

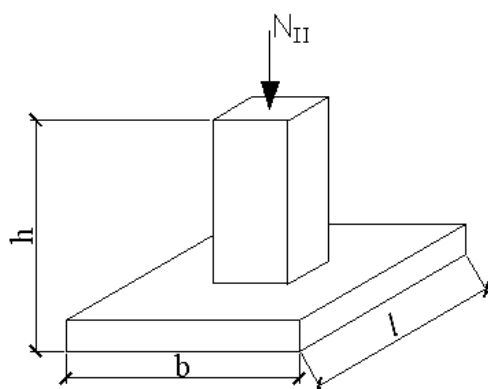


Рис. 9:

$A = b^2$, м²;
 III – отдельностоящий прямоугольный
 железобетонный монолитный (рис. 2.3)
 b – ширина подошвы фундамента;
 l – длина фундамента
 $l/b = \eta = 1,4$ м;
 $A = b^2 \cdot \eta l$, м²;

Вертикальная нагрузка N_{II} приложена ко всем фундаментам центрально.

Этапы выполнения работы

Графическая часть работы: литологическая колонка, эпюры давлений в грунте; расчетная часть - на бумаге формата А4.

Построение литологической колонки

По данным подразд. 2.1 на миллиметровке формата А4 строят литологическую колонку (вертикальный масштаб М 1:100 при ширине колонки 50-70 мм).

Определение физико-механических характеристик грунтов

Физические характеристики определяют по следующим формулам:

Удельный вес сухого грунта, $\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$,

Коэффициент пористости, $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$,

Удельный вес грунта, взвешенного в воде, $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$,

Число пластичности, $I_p = w_l - w_p$,

Показатель текучести, $I_l = \frac{w - w_p}{I_p}$ от.ед

Степень влажности, $S_r = \frac{w \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w}$,

где γ_w - удельный вес воды, равный 10кН/м³.

На основании полученных данных по таблицам Приложения Б определяют значения механических характеристик: угла внутреннего трения ϕ_{II} , удельного сцепления C_{II} , расчетного сопротивления грунта R_0 , модуля деформации грунта E_0 .

Полученные данные заносятся в таблицу, примет которой см. далее.

Определение ширины подошвы фундамента

Производят предварительное определение ширины подошвы фундамента

$$b = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d} - \text{фундамент ленточный;}$$

$$b = \sqrt{\frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d}} - \text{фундамент квадратный ;}$$

$$b = \sqrt{\frac{N_{0II}}{(R_0 - \gamma_{mt} \cdot d) \cdot \eta}} - \text{фундамент прямоугольный;}$$

где $\gamma_{mt} = 20 \text{ кН/м}^3$ – средневзвешенное значение удельного веса фундамента и грунта на его уступах.

Зная величины b и d , а также расчетные характеристики грунтов, вычисляют значение расчетного сопротивления основания с учетом прочностных характеристик грунтов для безподвальных зданий

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot [M_{\gamma} K_z b \gamma_{II} + M_g d \gamma'_{II} + M_c C_{II}]$$

M_{γ}, M_g, M_c - определяются по табл. Б.4; $\gamma_{II} = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i}$ - осредненное значение

удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента.

При вычислениях по значения ϕ_{II} и C_{II} берутся для грунта несущего слоя, $k = 1,1$; $k_z = 1$; $\gamma'_{II} = \gamma_{II}$; $\gamma_{c1} = 1$; $\gamma_{c2} = 1$.

Полученную величину R подставляют в одну из формул или и вновь определяют ширину подошвы фундамента b . Операция подбора b может повторяться несколько раз (метод последовательных приближений) и считается законченной, если выполняется условие

$$|b_n - b_{n+1}| \leq 0,1 \text{ м}$$

Ширина подошвы сборного ленточного фундамента (тип I) принимается $b = 800 \div 3200$ мм (с шагом через 200 мм), для монолитных фундаментов (тип II и III) $b = b_{расч.}$ (с округлением до 0,1 м в большую сторону).

Производят проверку условия

$$p \leq R, \quad (3.6)$$

где $p = \frac{N_{0II}}{A}$ - среднее давление грунта по подошве фундамента.

Если указанное условие не выполняется, площадь подошвы увеличивают на 15-20 %.

Расчет осадки (этапы расчета)

По методу послойного суммирования выполняют расчет деформации основания.

Этап 1. В нижней половине миллиметровой бумаги формата А4 воспроизводят контур геологической колонки с разделяющими слои грунтов границами, на которой (по оси колонки в выбранном ранее масштабе) размещают фундамент с размерами b и d .

Этап 2. По формуле определяют ординаты σ_{zg} эпюры вертикальных напряжений в основании фундамента от собственного веса грунта (на отметках заложения подошвы фундамента, границ между слоями; начало эпюры в точке пересечения вертикальной оси фундамента и поверхности грунта), которые откладывают в некотором масштабе (1мм - 5 или 10 кПа) слева от оси фундамента.

$$\sigma_{zg} = \gamma'_{II} d + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i,$$

где $\gamma_i h_i$ - соответственно удельный вес и толщина i -го слоя грунта.

Этап 3. Основание фундамента, начиная от его подошвы, разбивают на элементарные слои толщиной $\bar{h} = 0,2$ м.

Этап 4. Определяют дополнительное вертикальное давление на основание

$$p_0 = p - \sigma_{zg0},$$

где $\sigma_{zg0} = \gamma'_{II} d$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта вна уровне подошвы фундамента.

Этап 5. Дополнительные вертикальные напряжения от фундамента σ_{zp} на границе каждого элементарного слоя определяют по формуле

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_0,$$

где α - коэффициент уменьшения напряжений с глубиной, определять по табл.Б.5, в зависимости от параметров $\xi = \frac{2z}{b}$ и $\eta = \frac{l}{b}$, где $Z = \sum_0^n \bar{h}$ - глубина от подошвы фундамента ($\eta = 1$ для фундамента типа II, $\eta = 1,4$ для фундамента типа III, для фундамента типа I значения η приведены в правом крайнем столбце таблицы).

Физико-механические характеристики грунтов.

ИГЭ-1	1	№ инж.-геол. элемента
	2	Наименование элемента
	3	Влажность природная, w , от.ед.
	4	Влажность на границе пластичности, w_p , от.ед.
	5	Влажность на границе текучести, w_p , от.ед.
	6	Число пластичности I_p , от.ед.
	7	Показатель текучести I_l
	8	Удельный вес грунта γ , кН/м ³
	9	Удельный вес частиц грунта γ_s , кН/м ³
	10	Удельный вес сухого грунта γ_d , кН/м ³
	11	Коэффициент пористости e , от.ед.
	12	Степень влажности S_r , от.ед.
	13	Угол внутреннего трения, φ , градусы
	14	Удельное сцепление c , кПа
	15	Модуль деформации E , МПа
	16	Условное расчетное сопротивление R_0 , кПа

Этап 6. По полученным значениям σ_{zp} справа от оси фундамента строят эпюру дополнительных вертикальных напряжений в грунте.

Этап 7. Нижнюю границу снижаемой толщи основания находят на глубине H_c , где выполняется условие.

$$\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$$

Для установления глубины H_c ординаты эпюры σ_{zg} уменьшают в пять раз и полученные значения откладывают справа от вертикальной оси фундамента; точка пересечения эпюр σ_{zp} и $0,2\sigma_{zg}$ дает глубину H_c , ниже которой деформация основания мала и не влияет на общую осадку фундамента.

Этап 8. Осадку основания S определяют методом послойного суммирования до глубины H_c по формуле

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp_i} \cdot \bar{h}}{E_i},$$

где $\beta = 0,8$ - безразмерный коэффициент; n - число слоев, на которое разбита сжимаемая толщина основания; $\sigma_{zp_i} = \frac{\sigma_{zp} + \sigma_{zp_i}}{2}$ - среднее значение дополнительного напряжения в i -м элементарном слое; \bar{h} и E_i соответственно толщина и модуль деформации i -го элементарного слоя грунта.

3.3.7. Расчет осадки заканчивают, если выполняется условие

$$s \leq s_u,$$

где s - расчетная осадка; $s_u = 8$ см - осадка допускаемая [1].

Пример расчета, см. Приложение В.

ЗАДАЧИ

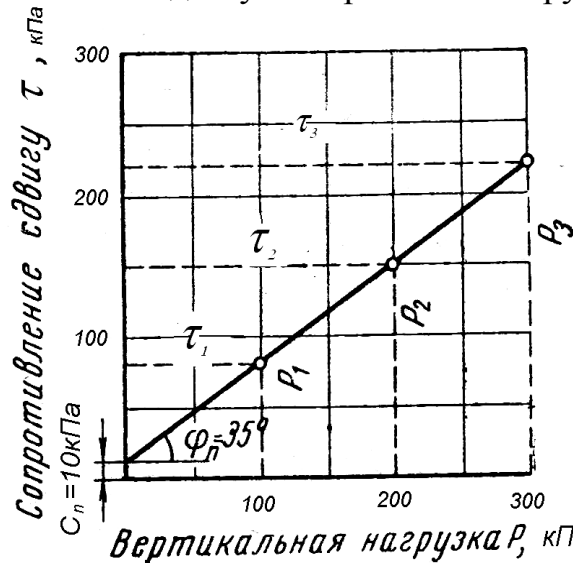
Задача №1

Песок намывается в подходную к мосту песчаную насыпь с удельным весом скелета $\gamma_d = 1,64 \text{ кН/м}^3$. При указанной плотности песок был испытан на сдвиг в одноплоскостном приборе. В результате получены следующие данные:

- при вертикальной нагрузке $p_1 = 100 \text{ кПа}$, сопротивление сдвигу $\tau_1 = 80 \text{ кПа}$;
- при вертикальной нагрузке $p_2 = 200 \text{ кПа}$, сопротивление сдвигу $\tau_2 = 150 \text{ кПа}$;
- при вертикальной нагрузке $p_3 = 300 \text{ кПа}$, сопротивление сдвигу $\tau_3 = 220 \text{ кПа}$.

Определить прочностные характеристики песка: угол внутреннего трения φ_n и удельное сцепление c_n .

Решение. Данные опытов на сдвиг наносят на график зависимости : сопротивление сдвигу τ - нормальная нагрузка p . Опытные точки соединяют прямой.



Отрезок, отсекаемый этой прямой на оси ординат, принимается за удельное сцепление c_n . Его величина обычно снимается прямо с графика (в соответствии с масштабом). В данном случае удельное сцепление равно $c_n = 10 \text{ кПа}$. Угол внутреннего трения φ_n определяется как тангенс угла наклона прямой сдвига. Поскольку в условиях примера опытные точки идеально ложатся на прямую сдвига; тангенс угла наклона этой прямой будет равен

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\tau_2 - \tau_1}{p_2 - p_1} = \frac{\tau_3 - \tau_2}{p_3 - p_2} = \frac{150 - 80}{200 - 100} = \frac{220 - 150}{300 - 200} = 0,7$$

следовательно $\varphi_n = 35^\circ$.

Варианты заданий к примеру №1

№ п/п	$\tau_i, \text{кПа}$		
	τ_1	τ_2	τ_3
1	60	130	210
2	70	140	220
3	50	130	200
4	65	140	205
5	75	125	230
6	80	130	190
7	85	120	210
8	90	150	230
9	95	160	235
10	100	160	240
11	70	130	190
12	60	125	220
13	80	160	240
14	50	110	180

15	75	110	190
16	85	140	225
17	70	135	205
18	80	140	220
19	50	140	190
20	60	120	200
21	75	110	230
22	80	120	205
23	70	160	235
24	95	140	220
25	100	120	210
26	50	125	240
27	85	130	190
28	75	160	225
29	65	120	200
30	90	110	235

Примечания: 1) γ_d изменяется в интервале $1,55-1,70 \text{ кН/м}^3$

2) вертикальная нагрузка во всех вариантах принимается равной: $p_1 = 100 \text{ кПа}$, $p_2 = 200 \text{ кПа}$, $p_3 = 300 \text{ кПа}$.

Задача №2

При испытании песка одной и той же плотности в стабилометре получены следующие данные:

- при боковом давлении $p_2' = 60 \text{ кПа}$, образец разрушился под вертикальной нагрузкой $p_1' = 235 \text{ кПа}$;
- при боковом давлении $p_2'' = 85 \text{ кПа}$, образец разрушился под вертикальной нагрузкой $p_1'' = 235 \text{ кПа}$;
- при боковом давлении $p_2''' = 130 \text{ кПа}$, образец разрушился под вертикальной нагрузкой $p_1''' = 430 \text{ кПа}$.

Определить параметры сдвига песка.

Решение. 1. На разности главных напряжений $p_i - p_{i+1}$ строим три круга Мора и проводим касательную к этим кругам.

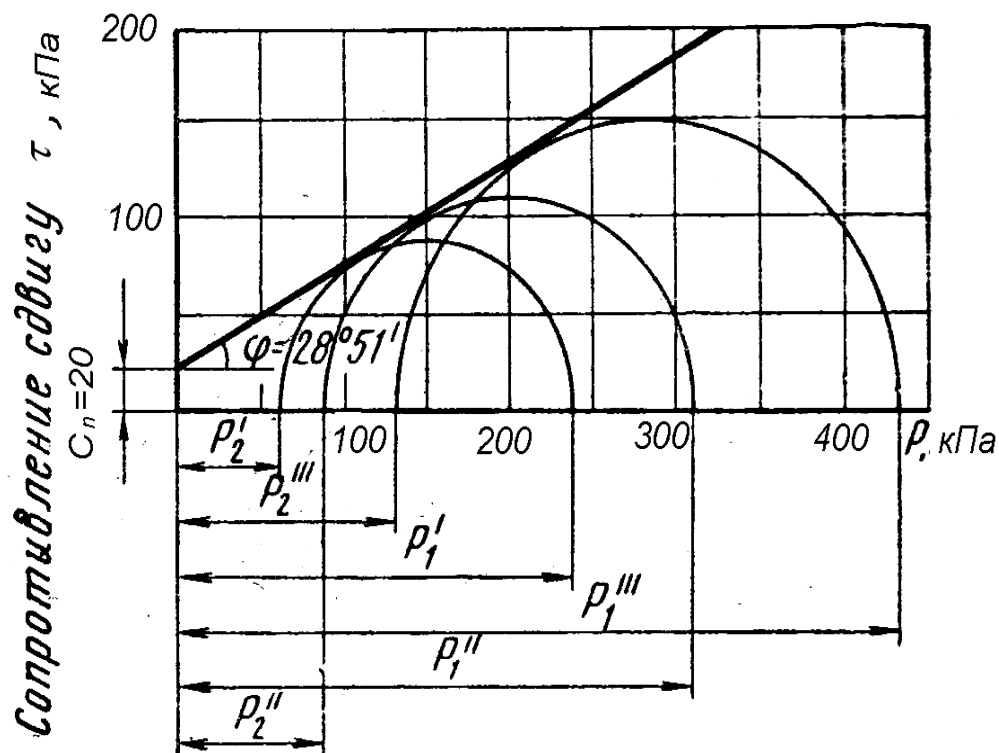


Диаграмма сдвига песка по данным испытания в стабилометре

2. Удельное сцепление c_n , определяем с учетом масштаба графика по отрезку, который отсекает на оси ординат касательная к кругам Мора. Эта величина равна $c_n = 20 \text{ кПа}$.

3. Определяем угол наклона касательной. Для этого с графика снимаем любые две ординаты τ . Например, для $p = 200 \text{ кПа}$ $\tau = 125 \text{ кПа}$, $p = 300 \text{ кПа}$ $\tau = 180 \text{ кПа}$. Тогда

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{180 - 125}{300 - 200} = 0,55 \text{ и } \varphi_n = 28^\circ 50'.$$

Варианты необходимых данных к задаче №2

№ п/п	Опыт 1		Опыт 2	
	P_i	P_{i+1}	P_i	P_{i+1}
1	200	65	280	105
2	195	50	290	120
3	200	70	390	135
4	205	75	310	140
5	210	60	360	145
6	230	75	400	150
7	230	80	400	140
8	220	85	410	120
9	240	80	400	120
10	240	95	460	120
11	245	100	430	115
12	230	95	410	105
13	250	90	450	130
14	280	95	460	150
15	200	60	410	140
16	210	75	380	120
17	210	80	380	115
18	220	85	400	130
19	230	90	405	150
20	250	95	430	160
21	250	80	460	145
22	200	85	430	130
23	200	75	400	120
24	220	70	370	110
25	230	65	450	130
26	235	60	440	140
27	225	85	400	120
28	225	50	400	115
29	280	55	420	130
30	270	90	410	120

Задача №3, вариант 1

В результате опытов на сдвиг глинистого грунта, по методу незавершенной консолидации, получены следующие значения угла внутреннего трения φ_w и удельного сцепления c_w .

Влажность W , %	26,5	27,3	29,0	30,5	32,0
Угол внутреннего трения φ^0	16	14	12	11,3	11
Общее сцепление c_w , кПа	23	9	9	7,5	7,5

Определить:

1) сопротивление сдвигу грунта с влажностью 28 % при вертикальной нагрузке $p=200$ кПа и

2) установить значение структурного сцепления c_c и связности грунта Σ_w .

Решение. 1. По данным таблицы строим графики зависимости φ_w и c_w от влажности.

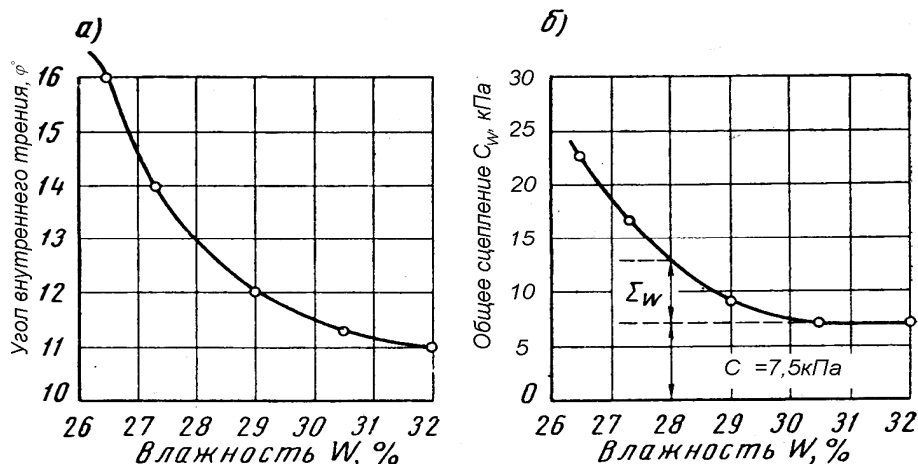


График зависимости от влажности: а - угла внутреннего трения; б – сцепления

1) С графика снимаем значения φ_{28} и c_{28} . В условиях задачи они оказываются равными: $\varphi_{28}=12^\circ$, $c_{28}=13\text{ кПа}$.

2) По найденным значениям определяем сопротивление сдвигу глинистого грунта с влажностью 28% под нагрузкой 200 кПа

$$\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi_w + c_w = 200 \operatorname{tg} 12^\circ + 13 + 54 \text{ кПа}$$

3. Разделение общего сцепления c_w на сцепление связности Σ_w и структурное сцепление c_c производим по рисунку 14-б. Оно оказывается равным: $c_c = 7,5 \text{ кПа}$; $\Sigma_w = 13 - 8 = 5 \text{ кПа}$.

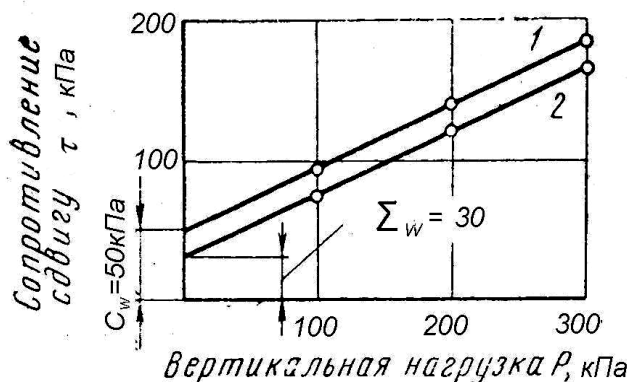
Задача №3, вариант 2

По методу плашек произведен опыт на сдвиг глинистого грунта. Полученные результаты представлены в таблице.

Вертикальная нагрузка p , кПа	1	2	3
сопротивление сдвигу монолита τ , кПа	100	147	190
сопротивление сдвигу плашек τ_n , кПа	75	120	165

Определить значение сцепления связности грунта Σ_w .

Решение. 1. По данным таблицы строим графики сдвига.



Зависимость сопротивления сдвигу от нормальной нагрузки: 1 - для монолита; 2 - для плашек

2. Прямая сдвига монолита 1 включает в себя все компоненты сдвига $\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi_w + \Sigma_w + c_c$

Прямая сдвига плашек 2 включает лишь силы трения и сцепления связности Σ_w .

$$\tau_n = p \cdot \operatorname{tg} \varphi_w + \Sigma_w$$

Следовательно сцепление связности Σ_w – есть отрезок, отсекаемый на оси ординат прямой сдвига 2, его величина, в условиях примера, равна 30 кПа. Поскольку общее сцепление c_w равно 50 кПа, то величина структурного сцепления равна: $c_c = 50 - 30 = 20$ кПа.

Задача №4

При компрессионных испытаниях глинистого грунта, получены следующие данные:

нагрузка коэф. пористости
при $p_1 = 100$ кПа $e_1 = 0,675$;
при $p_2 = 200$ кПа $e_2 = 0,662$.

Построить компрессионную кривую в интервале нагрузок от 100 до 1000 кПа

Решение. Наиболее задача решается при помощи упрощенной формулы

проф. Н.Н.Иванова: $e_i = e_0 - \frac{\ln p}{B}$, где e_0 – начальный коэф. пористости.

1. Определяем значение коэффициента B по данным испытаний при $p_2 = 200$ кПа, $e_0 = e_1 = 0,675$.

$$0,662 = 0,675 - \frac{\ln 2}{B}$$

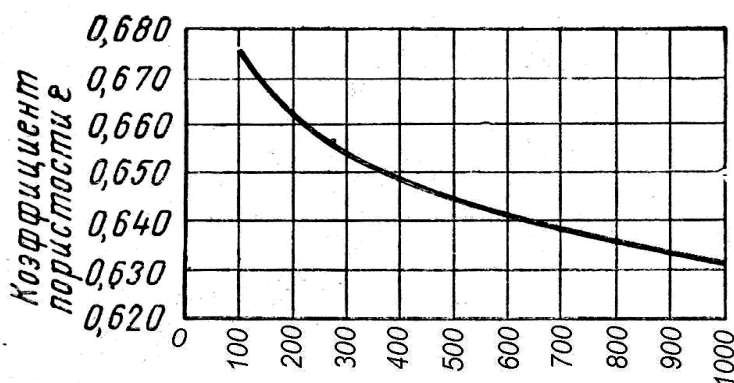
Откуда $B = 53,3$ (нагрузка p берется в кг/см²)

2. Значение коэффициента пористости e рассчитываются для каждой ступени нагрузки при $B = 53,3$.

$p, \text{кг/см}^2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e	0,675	0,662	0,654	0,649	0,645	0,641	0,639	0,636	0,634	0,632

Например для $p_3 = 300$ кПа ; $e = 0,675 - \frac{\ln 3}{53,3} = 0,654$.

И так для каждой ступени нагрузки. Построенная по данным таблицы компрессионная кривая представлена на рисунке.



Компрессионная кривая

Задача №5 - 1

В результате реконструкции моста, нагрузка на основание опоры увеличилась с 200 кПа до 300 кПа.

Определить коэффициент сжимаемости грунта непосредственно под подошвой фундамента опоры, если компрессионные испытания грунта показали, что коэффициент пористости грунта при $p_1 = 200$ кПа $e_1 = 0,675$, а при $p_2 = 300$ кПа $e_2 = 0,665$.

Решение. Коэффициент сжимаемости грунта определяем по формуле

$$\alpha = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = \frac{0.675 - 0.665}{3 - 2} = 0,01 \text{ см}^2 / \text{кг}.$$

В данной формуле значения p_1 и p_2 требуется брать в кгс/см^2

Задача №5 - 2

Определить модуль деформации грунта E_0 , если при при компрессионных испытаниях, при увеличении нагрузки с $p_1=100 \text{ кПа}$ до $p_2=300 \text{ кПа}$, коэффициент пористости грунта уменьшился с $e_1=0,610$ до $e_2=0,595$.

Решение. 1. Определяем коэффициент сжимаемости грунта.

$$\alpha = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = \frac{0.610 - 0.595}{3 - 1} = 0,008 \text{ см}^2 / \text{кг}$$

В данной формуле значения p_1 и p_2 требуется брать в кгс/см^2

2. Рассчитывается значение компрессионного модуля деформации E_0 .

$$E_0 = \frac{1 + 0,610}{0,008} = 20,1 \text{ МПа}$$

Задача №5 - 3

Определить свободный модуль деформации грунта E_p , если при компрессионных испытаниях под нагрузкой $p=300 \text{ кПа}$, модуль осадки оказался равным $e_p=5 \text{ мм/м}$. Коэффициент Пуассона $\nu=0,35$.

Решение. 1. Находим компрессионный модуль деформации грунта E_0 .

При заданных значениях e_p и p значение E_0 равно:

$$E_0 = \frac{P}{e_p} * 1000 = \frac{300}{5} * 1000 = 60 \text{ МПа}$$

2. Определяем свободный модуль деформации грунта E_p .

а) Вычисляем переходный коэффициент M при $\nu=0,35$

$$M = \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} = \frac{1 - 0.35}{(1 + 0.35)(1 - 2 \cdot 0.35)} = 1.6$$

б) Рассчитываем свободный модуль деформации

$$E_p = \frac{E_0}{M} = \frac{60000}{1.6} = 37500 \text{ кПа} = 37,5 \text{ МПа}$$

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА



ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В методических указаниях рассматриваются две формы самостоятельного обучения:

Самостоятельная работа студентов (СРС)

Самостоятельная работа студентов под руководством и с участием преподавателя.

Под руководством преподавателя выполняется часть курсовой (расчетно-графической) работы (до 50% объема).

Подход к самостоятельному изучению учебного материала у каждого студента может быть разным. Но на основании имеющегося опыта работы со студентами при самостоятельном изучении учебного материала рекомендуется вести конспект, отражающий содержание предлагаемой литературы (учебников и учебных пособий), а также современных достижений отечественной и зарубежной науки в области грунтоведения и фундаментостроения, публикуемых в периодической печати. Изучение каждой темы следует завершать самопроверкой по предлагаемому списку вопросов.

Конспект должен быть кратким за счет концентрации изучаемого материала и введения аббревиатур (в разумных пределах). Записи должны быть четкими и поэтому доступными при повторных просмотрах конспекта. В конспекте обязательно помещают рисунки и расчетные схемы, без которых изучение дисциплины, особенно самостоятельное, затруднено. Умению самостоятельно (не под диктовку) вести конспект необходимо учиться. При серьезном отношении к делу опыт конспектирования приобретает быстро.

Формулы рекомендуется не заучивать, а стараться понять их сущность и логику выводов.

При выполнении этих рекомендаций можно ожидать от выпускника вуза самостоятельности и творческого подхода к решению стоящих перед ним задач.

Тематический план самостоятельной работы студентов (СРС)

3.М.1: Механика грунтов

Лабораторные методы определения физических характеристик грунтов. Лабораторные методы определения механических свойств. Луковицы напряжений. Предельное напряженное состояние грунта в точке. Круги Мора. Использование прочностных характеристик для определения расчетного сопротивления грунта. Напряжения в грунтовом массиве от действия равномерно распределенной нагрузки по прямоугольной площадке загрузки вдоль вертикальных осей:

- ось проходит через центр площадки;
- ось проходит через угол площадки;
- ось проходит через точку, расположенную произвольно внутри площадки;
- ось проходит через точку, расположенную за пределами площадки.

Деформации, причины их возникновения, способы измерений. Модуль деформации, определяемый полевым штампом. Изменение осадок грунта во времени.

3.М.2: Основания и фундаменты.

Внецетренно нагруженные фундаменты: расчетная схема. Статические и динамические методы определения несущей способности свай. Кессоны и

оболочки. Основы расчета осадок фундамента на просадочном грунте. Подземные воды. Фундаменты в вытрамбованных котлованах.

ПЛАН САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПОД РУКОВОДСТВОМ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ (С/П)

Под руководством преподавателя выполняются курсовая (расчетно-графическая) работа, варианты которых представлены ниже.

РАСЧЁТЫ УСТОЙЧИВОСТИ

В настоящей работе проверяется условие устойчивости откоса или склона.

Задача решается графоаналитическим методом *круглоцилиндрических поверхностей скольжения*, и сводится к определению коэффициента устойчивости k_{st} склона (откоса), в том числе с помощью ПК.

Все необходимые для выполнения работы сведения и исходные данные приведены в таблицах 1 и 2 и на соответствующих рисунках-схемах.

Варианты грунтовых условий

Таблица 1

Вариант и отметка WL	Вид грунта	Мощность слоя, м	Удельный вес, γ_I , кН/м ³	Угол внутреннего трения φ_I , град.	Удельное сцепление c_I , кПа
1 WL - 2м	Песок	2	19,3	30	0,1
	Суглинок	10	18,5	18	26
2 WL - 4 м	Суглинок	4	19,0	20	17,5
	Песок	8	16,9	32	0,2
3 WL - 5м	Песок	2	18,1	28	0,03
	Супесь	3	19,1	25	19
	Суглинок	7	17,0	20	33
4 WL - 6 м	Глина	3	18,0	22	35
	Песок	3	20,0	26	0,04
	Супесь	10	19,6	18	7
5 WL - 2 м	Песок	2	17,2	32	0,8
	Суглинок	9	18,3	18	28
	Глина	4	19,1	20	33
6 WL - 7 м	Суглинок	4	18,8	19	29
	Песок	10	19,7	30	0,7
	Глина	3	18,1	15	34

Примечание: характеристики грунтов ниже WL принимать с учетом взвешивающего действия воды; в вариантах 5 и 6 глина является водоупором.

Исходные данные для расчёта

Таблица 2

№ п/п	Высота склона <i>H</i> , м	Уклон <i>i</i>	Ширина здания <i>B</i> , м	Варианты грунтовых условий
1.	6	1:1,4	5	1
2.	6	1:1,5	5	
3.	6	1:1,6	5	
4.	6	1:1,7	5	
5.	6	1:1,8	5	
6.	7	1:1,8	6	2
7.	7	1:1,7	6	
8.	7	1:1,6	6	
9.	7	1:1,5	6	
10.	7	1:1,4	6	
11.	8	1:1,4	9	3
12.	8	1:1,5	9	
13.	8	1:1,6	9	
14.	8	1:1,7	9	
15.	8	1:1,8	9	
16.	9	1:1,8	12	4
17.	9	1:1,7	12	
18.	9	1:1,6	12	
19.	9	1:1,5	12	
20.	9	1:1,4	12	
21.	10	1:1,4	15	5
22.	10	1:1,5	15	
23.	10	1:1,6	15	
24.	10	1:1,7	15	
25.	10	1:1,8	15	
26.	11	1:2	18	6
27.	11	1:1,8	18	
28.	11	1:1,7	18	
29.	11	1:1,6	18	
30.	11	1:1,5	18	

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Задание и данные для расчета

Вариант задания	Варианты геологических условий (Приложение А)	Типы фундаментов	Глубина заложения фундамента, d, м	Вертикальная нагрузка на фундамент N _{оп} , кН
I	2	3	4	6
1	1	I	1,4	450
2	2	I	1,6	340
3	3	III	1,0	790
4	4	II	1,4	607
5	5	I	1,5	550
6	6	II	1,1	460
7	7	I	1,5	350
8	8	II	1,6	410
9	9	II	1,2	530
10	10	III	1,1	780
11	11	II	1,5	640
12	12	III	1,2	790
13	13	I	1,5	340
14	14	II	1,8	620
15	15	III	1,2	450
16	16	I	1,2	540
17	17	I	1,1	380
18	18	III	1,3	800
19	19	III	1,2	670
20	20	II	1,7	850
21	21	I	1,4	505
22	22	III	1,3	630
23	23	II	1,0	620
24	24	I	1,4	380
25	25	I	1,6	410
26	26	II	1,4	820

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите физические характеристики грунтов, дайте им пояснения.
2. Какие виды грунтовой воды рассматриваются в механике грунтов?
3. Что такое структура и текстура грунтов?
4. Какие свойства грунтов обусловлены пористостью?
5. Сформулируйте закон Кулона.
6. Назовите показатели сжимаемость грунтов.
7. Назовите прочностные показатели грунтов.
8. Что такое вращательный срез? Какой показатель определяется методом вращательного среза?
9. Что такое дисперсный грунт?
10. Как определяют напряжения в грунте от действия внешних нагрузок?
11. Что такое природное давление? Как оно определяется?
12. Как выглядят эпюры контактных напряжений?
13. Назовите фазы уплотнения грунта.
14. Что такое критическое и предельное напряжения в грунте?
15. Как определить напряжения под подошвой фундамента при его внецентренном нагружении?
16. Как определяется модуль деформации?
17. Что такое контактные напряжения?
18. Составьте схему определения осадки грунта методом послойного суммирования.
19. Составьте схему определения осадки грунта методом эквивалентного слоя.
20. Что такое фильтрационная теория консолидации?
21. Как определяется осадка грунта во времени?
22. Что такое начальный гидравлический градиент?
23. Назовите основные материалы, применяемые для устройства фундаментов.
24. Назовите основные конструкции фундаментов неглубокого заложения.
25. Как формируется условие прочности основания.
26. Как определяется модуль деформации с помощью прессиометра.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа №1:

1. В чем заключается отличие грунта от горной породы?
2. Что означают термины «двухфазный грунт» и «трехфазный грунт»?
3. В каких случаях гранит может быть назван грунтом?
4. К какой группе грунтов по происхождению относятся намывные грунты?
5. Как называется фракция грунта с размерами частиц от 0,05 до 2,00мм? Какой физический смысл заключен в указанных классификационных границах?
6. Как называется грунт, в котором преобладают окатанные частицы размером более 10 мм?
7. Почему глинистые грунты не классифицируют по гранулометрическому составу?
8. Как находится степень неоднородности грунта?
9. При каком значении степени неоднородности гранулометрического состава грунт считается однородным?
10. Какой грунт является предпочтительным для использования в качестве основания здания – глина или песок? Поясните ответ.

Лабораторная работа №2:

1. Из каких компонентов состоит грунт?
2. Что такое плотность грунта? Назовите ее характерные значения для песка.
3. Какой метод не применим для определения плотности грунта: лунки, парафинирования, пикнометрический или метод режущего кольца?
4. Для каких грунтов при определении плотности используется метод парафинирования? Объясните почему.
5. Как можно определить плотность щебенистого грунта?
6. Какую характеристику грунта определяют с помощью пикнометра?
7. Можно ли использовать метод режущего кольца для определения плотности песка? Поясните ответ.
8. Приведите основные преимущества и недостатки метода режущего кольца.
9. Изменится ли плотность грунта, если его поры заполнить водой?
10. Каким образом связана плотность грунта с его удельным весом?

Лабораторная работа №3:

1. Что называется влажностью грунта?
2. Каким образом можно определить массу воды, заключенную в порах исследуемого образца грунта?
3. Приведите характерные значения влажности грунтов в естественных условиях.
4. Как поровая вода влияет на свойства грунтов?
5. Какой грунт будет сушиться дольше – песок или глина? Почему?
6. Какой грунт будет увлажняться быстрее – песок или глина? Почему?
7. Может ли влажность грунта составлять 100%?

Лабораторная работа №4:

1. Для чего служит балансирующий конус? Поясните.
2. Почему при раскатывании глинистой пасты жгут не образуется? В чем ошибка?
3. Каким методом определяют влажности на границах раскатывания и текучести?
4. Существуют ли другие методы определения граничных состояний глинистых грунтов?
5. Как определяется число пластичности?
6. Что такое консистенция глинистого грунта?
7. Какой грунт пластичнее – глина или суглинок? Почему?
8. Как можно выгодно использовать свойства консистенции глинистого грунта?
9. Какой вид глинистого грунта лучше всего использовать для строительства деревенской печи? Поясните.
10. Классифицируйте грунт по следующим характеристикам: $w = 0,12$, $w_L = 0,22$, $w_P = 0,08$.

Лабораторная работа №5:

1. Что выражает коэффициент пористости?
2. В каких пределах обычно изменяется коэффициент пористости песка?
3. Назовите грунт с наиболее высоким коэффициентом пористости. Укажите его характерные значения.
4. Назовите грунты, у которых коэффициент пористости близок к нулю.
5. На какие разновидности делят пески по коэффициенту пористости?
6. Какой песок будет иметь больший удельный вес – рыхлый или средней плотности?
7. Уплотнится ли песчаный грунт, если его пролить водой? Поясните.
8. Чем отличается пористость от коэффициента пористости?

Лабораторная работа №6:

1. Что называют фильтрацией? В чем ее отличие от миграции?
2. Запишите формулу закона Дарси.
3. Что такое градиент напора? Какова его размерность?
4. Что такое коэффициент фильтрации?
5. Укажите характерные значения коэффициента фильтрации песка.
6. В каких грунтах начальный градиент напора не равен нулю?
7. Назовите методы, которыми можно пользоваться при определении коэффициента фильтрации грунтов в полевых условиях?
8. Для чего служит пьезометр?
9. Почему при равном значении коэффициента пористости песка и глины коэффициент фильтрации второго грунта на несколько порядков ниже?
10. Какой грунт лучше фильтрует воду – песчаный или глинистый и почему?

Лабораторная работа №7:

1. Объясните, чем обусловлено сопротивление грунтов сдвигу?

2. Какие приборы используются для определения прочностных характеристик грунта в лабораторных условиях?
3. Покажите схему испытаний грунта в приборе прямого плоскостного среза.
4. Укажите ориентировочное значение угла внутреннего трения песка, а также глины в текучем состоянии.
5. Почему в компрессионном и сдвиговом приборах днище и поршень выполнены перфорированными?
6. Каково соотношение α и φ в песках.
7. Что такое удельное сцепление грунта? Покажите на графике.
8. Для каких грунтов удельным сцеплением грунта можно пренебречь?
9. Запишите закон Кулона для связных грунтов. Назовите входящие в него параметры.
10. Расставьте в порядке возрастания удельного сцепления следующие грунты: супесь, суглинок, песок.

Лабораторная работа №8:

1. Что такое сжимаемость грунта и чем она обусловлена?
2. Почему отношение диаметра к высоте образца в компрессионном приборе должно быть не менее 3,5?
3. Как называется график зависимости коэффициента пористости от давления?
4. Запишите формулу для расчета модуля деформации грунта по результатам компрессионных испытаний.
5. Что учитывает коэффициент β при расчете модуля деформации по результатам компрессионных испытаний?
6. Каким параметром характеризуется сжимаемость грунта? Укажите интервал его изменения для песков и глинистых грунтов.
7. При каком значении модуля деформации грунты считаются слабыми (сильнодеформируемыми)?
8. Какой метод определения модуля деформации E является самым надежным?
9. Для каких грунтов характерно значение $E = 0,1 \dots 0,5$ МПа?
10. Почему E называют модулем деформации, а не модулем упругости как в сопротивлении материалов?

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ
по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»
для студентов специальности ОВ, ВВ и ТОРБ

1. Грунтовые основания. Происхождение грунтов
2. Составные части(компоненты) грунтов
3. Гранулометрический состав грунтов.
4. Понятие о структуре и текстуре грунтов
5. Физические свойства грунтов и их характеристики
6. Пределы Аттерберга (I_p , I_L , w_p , w_L)
7. Сжимаемость грунтов. Компрессионные испытания
8. Полевые методы определения модуля деформации грунтов
9. Предельное сопротивление грунтов сдвигу при прямом плоскостном срезе
10. Закон Кулона для несвязных и связных грунтов
11. Водопроницаемость грунтов. Законы движения воды в грунте
12. Эффективные и нейтральные давления (напряжения) в грунте
13. Напряжения в грунте от сосредоточенной силы
14. Напряжения в грунте от распределенной нагрузки
15. Предельное напряженное состояние массива грунта. Фазы работы грунтового основания
16. Определение начального критического давления
17. Определение конечного критического давления
18. Расчет конечных осадок
19. Алгоритм расчета конечной осадки основания фундамента
20. Свайные фундаменты. Виды и конструкции свай.
21. Забивные сваи. Висячие сваи и сваи-стойки.
22. Определение несущей способности свай
23. Технология устройства опускных колодцев.
24. Оболочки. Кессоны.
25. Метод «стена в грунте»

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтярев Б.М. , Дзекцер Е.С., Муфтахов А.Ж. Защита оснований зданий и сооружений от воздействия подземных вод. -М., СИ, 1985.
2. Основания и фундаменты. Справочник. - М., ВШ, 1991.
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. СНиП 2.02.01-83 - М., СИ, 1986.
4. Правила учета степени ответственности зданий и сооружений.
5. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85.-М., СИ, 1991.
6. СН 301-65. Указания по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений.-М., СИ, 1965.
7. СН 65-76. Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами. -М., 1976.
8. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство сооружений и фундаментов способами «стена в грунте», - М., СИ, 1986.
9. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. - М., Госстрой СССР, 1986.
10. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии. - М., Госстрой СССР, 1986.
11. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. - М., «Транспорт», 1980.
12. Березанцев В.Г. Расчет оснований сооружений. – Л.: Стройиздат, 1970. – 207 с.
13. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1990. –207 с.
14. Вялов С.С. Геологические основы механики грунтов. – М.: «Высшая школа», 1978. –310 с.
15. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. – М.: Стройиздат, 1971. – 366 с.
16. Гольдштейн М.Н. и др. Расчеты осадок и прочности оснований здания и сооружений. – К.: «Будивельник», 1977. – 207 с.
17. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: Стройиздат, 1988. –415 с.
18. Зоценко М.Л. и др. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. –К.: «Вища школа», 1992. – 407 с.
19. Кушнир С.Г. Расчет осадок оснований зданий и сооружений. – К.: «Будивельник», 1990. – 141 с.
20. Малышев М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. – М.:Стройиздат, 1980. – 136 с.
21. Мулин В.И. Механика грунтов для инженеров-строителей. – М.: Стройиздат, 1988. –118 с.
22. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика /Под редакцией Сорочана Е.А. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.

23. Smith G .N. Elements of soil mechanics for civil and mining engineers. – New York, 1970. – 424 p.
24. Somerville S. H., Paul V. A. Dictionary of geotechnics – London, 1986. – 240 p.
25. Терцаги К. Теория механики грунтов.–М.: Госстройиздат, 1961– 507 с.
26. Цитович Н.А. Механика грунтов.– М.: «Высшая школа», 1983. – 288 с.
27. Швецов Г.И. Основания и фундаменты. Справочник. – М.: «Высшая школа», 1991. –382 с.
28. Шутенко Л.Н., Лупан Ю.Т., Рудь А.Г. и др. Основания и фундаменты. – Х.: ХНАГХ, 2004. – 674 с.
29. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.1-4-96.
30. Кушнир С.Я., Пульников С.А. МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ к лабораторным занятиям по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для студентов очной формы обучения по специальности 071100 «Динамика и прочность машин», Издательство «Нефтегазовый университет», 2009. – 32с.
31. Ухов С.Б., Семенов В.В и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебное пособие для строительных вузов 2-ое изд., перераб. и доп.- М:Выш.шк., 2002.-566с.:ил.
32. Далматов Б.Н. Механика грунтов, основания и фундаменты.- М.:Стройиздат, 1988 г.
33. Бородавкин П.П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве: Учебник для вузов.-2-е издание, перераб. и дополнен. - М.: Недра, 1986г.
34. Цытович Н.А. Механика грунтов.- М.: Высшая школа, 1980 г.
35. Алексеев С.И. Механика грунтов: учебное пособие – СПб.: Петербургский университет путей сообщения, 2007 – 111с.
36. Алексеев С.И. Основания и фундаменты: учебное пособие – СПб.: Петербургский университет путей сообщения, 2007 – с. 111.
37. Швець В.Б., Бойко З.П. Вінникова Ю.Л., Механіка ґрунтів та основи та фундаменти: підручник. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2012 р.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Вариант 1

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно- растительный слой					
4	Супесь желто- бурая, макропористая	11	13	19	19	26,9
5	Суглинок желто- бурый, водонасыщенный	18	14	27	18,9	27
3	Супесь желто- бурый, водонасыщенный	18	14	18	18,9	26,9

Вариант 2

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно- растительный слой					
5	Песок средней крупности светло-желтый	0,9	-	-	16,9	26,5
3	Супесь краснобурая влажная	19	13	17	19,2	26,4
4	Песок мелкий, желтый, влажный	11,2	-	-	17,2	26,4

Вариант 3

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
6	Песок мелкий, желтый, влажный	11,2	-	-	17,2	26,4
2	Песок серовато желтый, мелкий	13	-	-	15,1	26,5
3	Супесь серовато-желтая	10	14	20	9	27,4

Вариант 4

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
3	Супесь серая, влажная	17	13	19	18,6	27
7	Песок желтый плотный	15			17,8	27
1	Суглинок влажный, плотный	19	17	28	19,5	27,4

Вариант 5

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
7	Песок средней крупности	0,4			15,9	26,1
3	Супесь красно-бурая, влажная	13	13	19	18,1	26,5
4	Песок мелкий, влажный	9,3			18,2	26,5

Вариант 6

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Супесь серовато-бурая мелкозернистая, мокрая средней плотности	15.4	15	21.6	20	26.7
5	Суглинок зеленоватого цвета с ржаво-желтыми пятнами, лажный	31	19	33	19	27.2
3	Супесь зеленовато-серая, мокрая	21	16.6	22.5	20.3	26.6

Вариант 7

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
3	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	13			19,7	26,6
4	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный	18	14	27	18,9	27
5	Песок серовато-желтый, плотный	10			19	27,4

Вариант 8

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Супесь серовато-бурая мелкозернистая, мокрая средней плотности	15.9	15.3	22.1	19,8	27
5	Суглинок зеленоватого цвета с ржаво-желтыми пятнами, лажный	34	18	32.1	18.5	27.1
5	Супесь зеленовато-серая, мокрая	23	16,8	22.8	19.6	27.5

Вариант 9

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
7	Супесь желто-бурая, макропористая	11	13	19	19	26,9
2	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	17			19,3	26,7
5	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	14			19,7	26,6

Вариант 10

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Супесь серовато-бурая мелкозернистая, мокрая средней плотности	16,8	16	22	19,3	27,1
5	Суглинок зеленоватого цвета с ржаво-желтыми пятнами, лажный	30	19,4	34	18	26,9
5	Супесь зеленовато-серая, мокрая	24	17,1	23	20	27,1

Вариант 11

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
5	Супесь желто-бурая, макропористая	9	12	18.5	18.8	26,6
4	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный	19	14	26	19.5	27.3
3	Супесь желто-бурый, водонасыщенный	18	14	18	19.2	26.8

Вариант 12

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
6	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный, с прослойками песка	23	14	27	20.1	27.2
7	Песок глинистый желтого цвета, мелко-зернистый, мокрый.	17			19,3	26.7
1	Песок глинистый желтого цвета, мелко-зернистый, мокрый.	14			19,7	26,6

Вариант 13

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_b , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Суглинок темно-бурый	17	16	30	17,7	27,8
5	Суглинок желто-бурый, влажный	18	17	33	19,3	26,3
3	Лессовидный суглинок	16	17	25	18,5	27

Вариант 14

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_b , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
3	Суглинок шоколадно бурый	17	20	35	19,7	27,1
3	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	17			19,3	26,7
8	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный, с прослойками песка	23	14	27	20,1	27,2

Вариант 15

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
7	Супесь желто-бурый, водонасыщенный	18	14	18	18,9	26,9
5	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный, с прослойками песка	22	15	27	20,4	26,8
3	Супесь желто-бурая, макропористая	11	13	19	19	26,9

Вариант 16

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Суглинок темно-бурый	17	16	30	17,7	27,8
6	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	17			19,3	26,7
8	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный, с прослойками песка	23	14	27	20,1	27,2

Вариант 17

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
8	Песок желто-бурый, рыхлый, насыщенный водой	27,2			17,5	26,2
2	Суглинок буро-жёлтый, пластичный	25	18	32,5	18,45	27,2
3	Суглинок буро-жёлтый, пластичный	25	18	32,5	18,95	27,3

Вариант 18

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Суглинок светло-бурый, пластичный	23,1	19,8	30,8	19,5	27,1
4	Суглинок желто-бурый пластичный	25,83	20	31	19,36	27,2
4	Супесь зелено-бурая, текучая	23	18	22	18,5	27,9

Вариант 19

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
4	Супесь зелено-бурая, текучая	23	18	22	18,5	27,9
5	Песок зеленовато-бурый, пылеватый, насыщенный водой	21,1			18,2	26,2
3	Глина бурая, пластичная	31,7	23,6	41,9	20,1	27,2

Вариант 20

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
7	Почвенно-растительный слой	0,5				
2	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	3	13			19,7
5	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный	4	18	14	27	18,9

Вариант 21

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
6	Супесь желто-бурая, макропористая	11	13	19	19	26,9
5	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный	18	14	27	18,9	27
2	Супесь желто-бурый, водонасыщенный	18	14	18	18,9	26,9

Вариант 22

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
5	Песок средней крупности	0,4			15,9	26,1
3	Супесь красно-бурая, влажная	13	13	19	18,1	26,5
5	Песок мелкий, влажный	9,3			18,2	26,5

Вариант 23

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
5	Супесь серая, влажная	17	13	19	18,6	27
5	Песок желтый плотный	15			17,8	27
1	Суглинок влажный, плотный	19	17	28	19,5	27,4

Вариант 24

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
5	Суглинок темно-бурый	17	16	30	17,7	27,8
5	Суглинок желто-бурый, влажный	18	17	33	19,3	26,3
5	Лессовидный суглинок	16	17	25	18,5	27

Вариант 25

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
6	Песок желто-бурый, рыхлый, насыщенный водой	27,2			17,5	26,2
4	Суглинок бурожелтый, пластичный	25	18	32,5	18,45	27,2
5	Суглинок бурожелтый, пластичный	25	18	32,5	18,95	27,3

Вариант 26

Мощность слоя, м	Наименование элемента	Влажность природная w , %	Влажность на границе пластичности w_p , %	Влажность на границе текучести w_l , %	Удельный вес грунта γ_d , кН/м ³	Удельный вес частиц γ_s , кН/м ³
0,5	Почвенно-растительный слой					
3	Суглинок шоколадно бурый	17	20	35	19,7	27,1
8	Песок глинистый желтого цвета, мелкозернистый, мокрый.	17			19,3	26,7
4	Суглинок желто-бурый, водонасыщенный, с прослойками песка	23	14	27	20,1	27,2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения φ_n , град, и модуля деформации E , МПа, песков

Пески	Обозначение характеристик и грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	c_n	2	1	-	-
	φ_n	43	40	38	-
	E	50	40	30	-
Средней крупности	c_n	3	2	1	-
	φ_n	40	38	35	-
	E	50	40	30	-
Мелкие	c_n	6	4	2	-
	φ_n	38	36	32	28
	E	48	38	28	18
Пылеватые	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36	34	30	26
	E	39	28	18	11

Таблица Б.2

Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения φ_n , град., глинистых грунтов.

Наименование грунтов и границы значений их показателя текучести		Обозначение характеристики грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e					
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	-	-
		φ_n	30	29	27	24	-	-
	$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	-
		φ_n	28	26	24	21	18	-
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19
		φ_n	26	25	24	23	22	20
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	39	34	28	23	18	15
		φ_n	24	23	22	21	19	17
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	-	-	25	20	16	14
		φ_n	-	-	19	18	16	14
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	-	81	68	54	47	41
		φ_n	-	21	20	19	18	16
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	-	-	57	50	43	37
		φ_n	-	-	18	17	16	14
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	-	-	45	41	36	33
		φ_n	-	-	15	14	12	10

Таблица Б.3 - Нормативные значения модуля деформации глинистых грунтов

Происхождение и возраст		Наименования грунтов и границы нормативных значений их показателя текучести I_L		Модуль деформации E , МПа, при коэффициенте пористости e										
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6
Четвертичные отложения	Аллювиальные, делювиальные, озерные, озерно-аллювиальные	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	-	32	24	16	10	7	-	-	-	-	-
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	34	27	22	17	14	11	-	-	-	-
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	32	25	19	14	11	8	-	-	-	-
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	-	17	12	8	6	5	-	-	-
	Глины		$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	-	28	24	21	18	15	12	-	-	-
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	-	-	21	18	15	12	9	-	-	-
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	-	-	15	12	9	7	-	-	-
	Флювиогляциальные	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	-	33	24	17	11	7	-	-	-	-	-
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	40	33	27	21	-	-	-	-	-	-
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	35	28	22	17	14	7	-	-	-	-
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	-	-	-	17	13	10	-	-	-	-	-
	Моренные	Супеси, суглинки	$I_L \leq 0,5$	60	50	40	-	-	-	-	-	-	-	-
Юрские отложения оксфордского яруса		Глины	$-0,25 \leq I_L \leq 0$	-	-	-	-	-	-	27	25	22	-	-
			$0 \leq I_L \leq 0,25$	-	-	-	-	-	-	24	22	19	15	-
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	-	-	-	-	-	-	-	-	16	12	10

Таблица Б.4 - Расчетное сопротивление R_0 глинистых грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значение R_0 , кПа, при показателе текучести	
		$I_L = 0$	$I_L = 1$
Супеси	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Таблица Б.5 - Расчетное сопротивление R_0 песков

Пески	Значение R_0 , кПа, в зависимости от плотности песков	
	плотные	Средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
маловлажные	400	300
средней влажности и насыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
средней влажности	200	150
насыщенные водой	150	100

Таблица Б.6 - Коэффициенты M_γ , M_q , M_c

Угол внутрен- него трения	Коэффициенты			Угол внутрен- него трения	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14	23	0,66	3,65	6,24
1	0,01	1,06	3,23	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	25	0,78	4,11	6,67
3	0,04	1,18	3,41	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	27	0,91	4,64	7,14
5	0,08	1,32	3,61	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	29	1,06	5,25	7,67
7	0,12	1,47	3,82	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	31	1,24	5,95	8,24
9	0,16	1,64	4,05	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	33	1,44	6,76	8,88
11	0,21	1,83	4,29	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	37	1,95	8,81	10,37
15	0,32	2,30	4,84	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

Таблица Б.7 - Коэффициент α

ζ	Коэффициент α для фундаментов							
	Круглых	Прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$ равным						ленточных ($\eta \geq 10$)
		1	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример расчета

Исходные данные:

Заданные физические характеристики приведены в табл. 2В.1

Грунтовые воды отсутствуют.

Фундамент ленточный, высота фундамента $h=1,4$ м; нагрузка на фундамент 340 кН.

Район строительства – Харьков.

В соответствии с заданием и требованиями подразд.3.1 строим литологическую колонку (рис. П1).

Глубина промерзания грунтов равна 1 м.

Принимаем глубину заложения подошвы фундамента $d=1.4+0.15=1.55$ м.

По таблицам Приложения Б определяем расчетные характеристики грунтов .

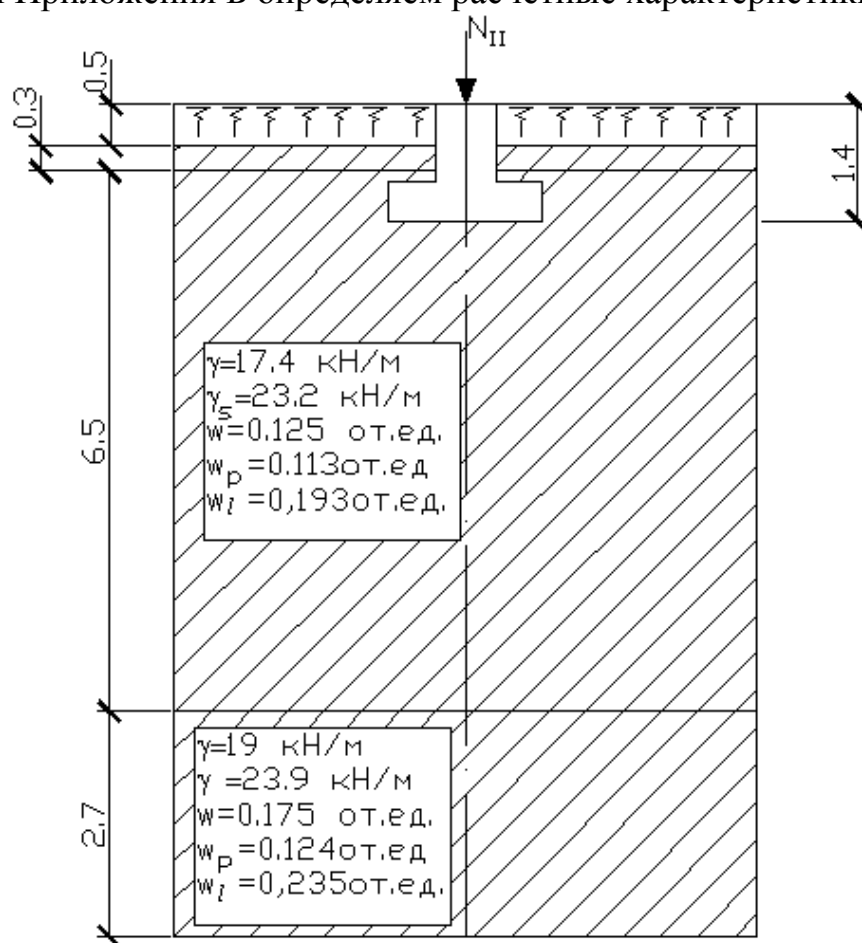


Рис.В1. – Литологическая колонка

Определение размеров подошвы фундамента. По формуле (3.2) устанавливаем предварительную ширину подошвы фундамента.

Ширина подошвы ленточного фундамента
$$b = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d},$$

где $N_{0II} = 340607$ кН (нагрузка на фундамент); $R_0 = 400$ кПа (расчетное сопротивление основания); $\gamma_{mt} = 20$ кН/м³; $h = 1,4$ (высота фундамента).

№ инж.-геол. элемента	Наименование элемента	Влажность природная, w , от.ед.	Влажность на границе пластичности, w_p , от.ед.	Влажность на границе текучести, w_l , от.ед.	Число пластичности I_p , от.ед.	Показатель текучести I_l	Удельный вес грунта γ , кН/м ³	Удельный вес частиц грунта γ_s , кН/м ³	Удельный вес сухого грунта γ_d , кН/м ³	Коэффициент пористости e	Степень влажности S_r	Угол внутреннего трения, φ , градусы	Удельное сцепление c , кПа	Модуль деформации E , МПа	Условное расчетное сопротивление R_0 , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ИГЭ-3	Суглинок желто-бурый	0,125	0,113	0,193	0.08	0.15	17,4	23,2	15.46	0.5	0,58	26	42	31	293
ИГЭ-4	Суглинок серовато – желто-бурый	0,175	0,124	0,235	0.111	0.46	19,0	23,9	16.17	0.48	0,87	24	36	29	280

Таким образом, $b = \frac{340}{293 - 20 \cdot 1.4} = 1,28 \text{ м.}$

По табл. Б.4 определяем значения коэффициентов:

$$M_\gamma = 0,84; M_c = 6,9; M_q = 4,37.$$

$$\gamma_{II}^{cp} = \frac{\gamma_{II3} h'_3 + \gamma_{II4} h_4}{h_3 + h_4} = \frac{17.4 \cdot 5.8 + 19 \cdot 2.7}{5.8 + 2.7} = 17.9 \text{ кН/м}^3;$$

$$\gamma_{II3} = 17,4 \text{ кН/м}^3; \gamma_{II4} = 19 \text{ кН/м}^3; h'_3 = 5,8 \text{ м}; h_4 = 2,7 \text{ м};$$

$$\gamma_{II} = \gamma'_{II} = 17,9 \text{ кН/м}^3.$$

По формуле (3.4) вычисляем R :

$$R = \frac{1 \cdot 1}{1.1} [0.84 \cdot 1 \cdot 1.28 \cdot 17.9 + 4.37 \cdot 1.4 \cdot 17.9 + 6.9 \cdot 42] = 0.91 [19.2 + 109.5 + 289.8] = 0.91 [418.6] = 381 \text{ кПа}$$

Выполняем требования подразд. 3.2.3.

$$b = \frac{340}{381 - 20 \cdot 1.4} = 0,96 \text{ м.}$$

$$1,28 - 0,96 > 0,1;$$

$$R = \frac{1 \cdot 1}{1.1} [0.84 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 17.9 + 4.37 \cdot 1.4 \cdot 17.9 + 6.9 \cdot 42] = 0.91 [14.43 + 109.5 + 289.8] = 0.91 [413.8] = 376,6 \text{ кПа}$$

$$b = \frac{340}{376,5 - 20 \cdot 1.4} = 0,97 \text{ м.}$$

$$0,98 - 0,97 < 0,1;.$$

Принимаем ширину подошвы фундамента $b = 1 \text{ м.}$

Определение площади подошвы фундамента и проверки условия (3.6).

площадь квадратного фундамента $A = b \cdot 1$.

$$A = 1 \text{ м}^2.$$

$$P_{II} = \frac{340}{1} = 340 \text{ кПа} \quad (P_{II} \leq R); \quad 340 < 376,5.$$

Расчет осадки фундамента.

Определяем напряжение от собственного веса грунта, кН/м^2 ,

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i,$$

$$\sigma_{zgo} = \gamma_1 d = 17.4 \cdot 1.4 = 24.4;$$

$$\sigma_{zg1} = 24.4 + 17.4 \cdot 5.8 = 125.3;$$

$$\sigma_{zg2} = 125.3 + 19 \cdot 2.7 = 80 + 124,8 = 176.6.$$

Определяем дополнительные напряжения

$$p_0 = p - \sigma_{zgo} = 340 - 24.4 = 315,6 \text{ кПа.}$$

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_0,$$

где $\alpha = f(\eta \cdot \xi)$

$\eta = \frac{l}{b} > 10$ - для ленточного фундамента;

$\xi = \frac{2z}{b}$ ($z = \sum_{i=1}^n \bar{h}$, где \bar{h} - толщина элементарного слоя; $\bar{h} = 0.2 \text{ м}$).

По табл. Б.7] определяем значения α и затем σ_{zp} , кПа:

$$\xi = 0; \quad \sigma_{zpo} = \alpha_0 \cdot P_0 = 1 \cdot 315,6 = 315,6;$$

$$\xi = 0,4; \quad \sigma_{zp1} = \alpha_1 \cdot P_0 = 0,96 \cdot 315,6 = 302,9;$$

$$\xi = 0,8; \quad \sigma_{zp2} = 0,8 \cdot 315,6 = 252,5;$$

$$\xi = 1,2; \quad \sigma_{zp3} = 0,606 \cdot 315,6 = 191,3;$$

$$\xi = 1,6; \quad \sigma_{zp4} = 0,449 \cdot 315,6 = 141,7;$$

$$\xi = 2; \quad \sigma_{zp5} = 0,336 \cdot 315,6 = 106,0;$$

$$\xi = 2,4; \quad \sigma_{zp6} = 0,257 \cdot 315,6 = 81,1;$$

$$\xi = 2,8; \quad \sigma_{zp7} = 0,201 \cdot 315,6 = 63,4;$$

$$\xi = 3,2; \quad \sigma_{zp8} = 0,160 \cdot 315,6 = 50,5;$$

$$\xi = 3,6; \quad \sigma_{zp9} = 0,131 \cdot 315,6 = 41,3;$$

$$\xi = 4; \quad \sigma_{zp10} = 0,108 \cdot 315,6 = 34,1;$$

$$\xi = 4,4; \quad \sigma_{zp11} = 0,091 \cdot 315,6 = 28,7;$$

$$\xi = 4,8; \quad \sigma_{zp12} = 0,077 \cdot 315,6 = 24,3;$$

$$\xi = 5,2; \quad \sigma_{zp13} = 0,067 \cdot 315,6 = 21,14.$$

$$\xi = 5,6; \quad \sigma_{zp9} = 0,058 \cdot 315,6 = 18,3;$$

$$\xi = 6; \quad \sigma_{zp10} = 0,051 \cdot 315,6 = 16,1;$$

$$\xi = 6,4; \quad \sigma_{zp11} = 0,045 \cdot 315,6 = 14,2;$$

Находим величину сжимаемой толщи, исходя из условия (3.9), и производим суммирование по формуле (3.10). $E = E_3$ или $E = E_4$ в зависимости от слоя:

$$\sigma_{zpi} = \frac{\sigma_{zp1} + \sigma_{zp2}}{2},$$

$$S = 0,8 \cdot 0,2 \left(\frac{315,6 + 302,9}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{302,9 + 191,3}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{191,3 + 141,7}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{141,7 + 106}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{106 + 81,1}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{81,1 + 63,4}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \right. \\ \left. + \frac{63,4 + 50,5}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{50,5 + 41,3}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{41,3 + 34,1}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{34,1 + 28,7}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{28,7 + 24,3}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{24,3 + 21,14}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{21,14 + 18,3}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \right. \\ \left. + \frac{18,3 + 16,1}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} + \frac{16,1 + 14,2}{2 \cdot 31 \cdot 10^3} \right) = 0,0066 \text{ м} = 0,66 \text{ см}$$

Проверяем условие (3.11): $0,66 \text{ см} < 8 \text{ см}$.

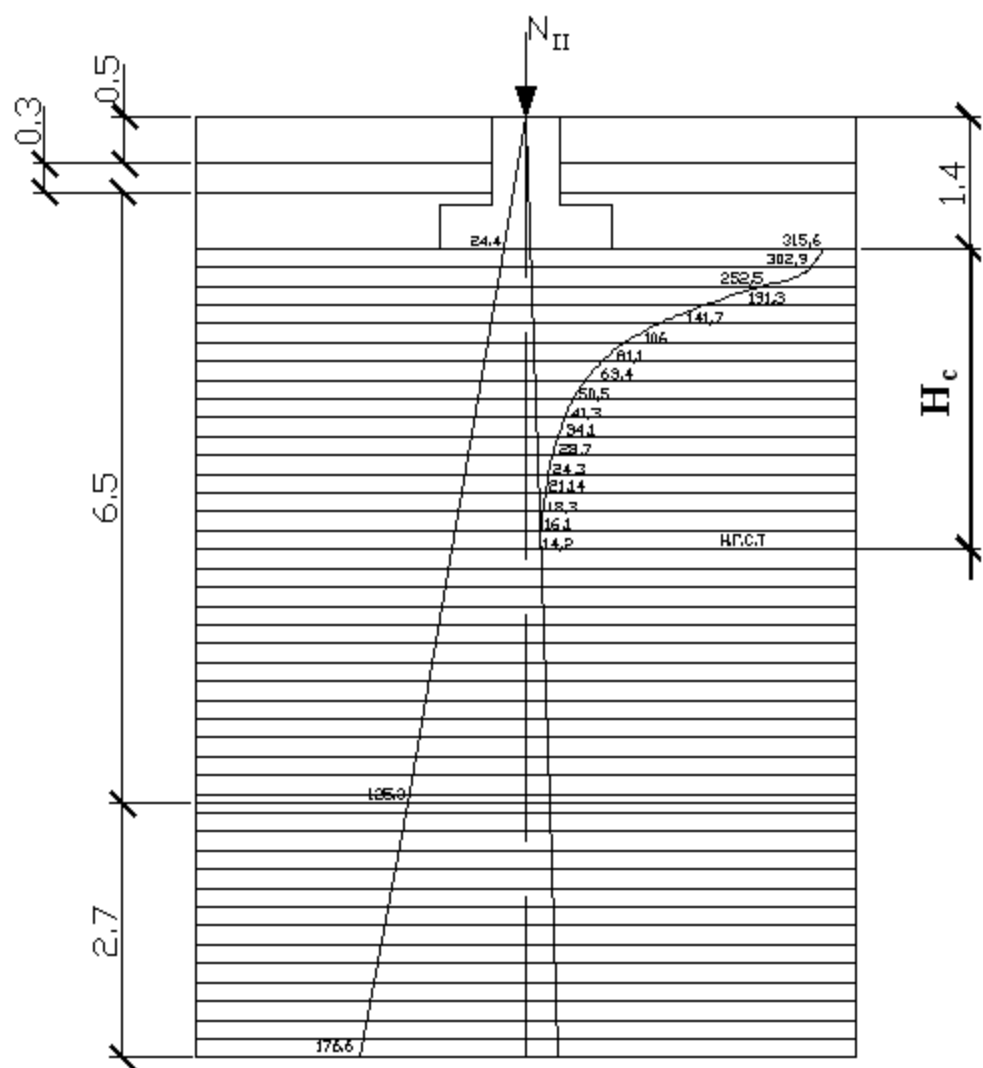


Рис.В.2. К расчету осадки

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта

Глубина погружения нижнего конца свай, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R , кПа						
	песчаных грунтов средней плотности						
	граве- листых	крупных	-	средней крупности	мелких	пыле- ватых	-
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	2	3	4	5	6	7	8
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1600}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6200}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
22	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

Примечания:

1. Над чертой даны значения для песчаных грунтов, под чертой – для пылевато-глинистых.
2. В табл. глубину погружения нижнего конца свай и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 метров следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 до 10 м – от условной отметки, расположенной на 3 м выше уровня среза или на 3 м ниже уровня подсыпки.

**Расчетные сопротивления на боковой поверхности
свай и свай-оболочек**

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Песчаные грунты средней плотности								
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые
	Пылевато-глинистые грунты при показателе текучести I_L , равном								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	58	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7
Примечания: При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.									

Навчальне видання

Таранов Валентин Георгійович,
Набока Олексій Олександрович,
Александрович Вадим Анатолійович

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС

з дисципліни

«МЕХАНІКА ҐРУНТІВ, ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ»

(для студентів 3 та 4-го курсів усіх форм навчання,
напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)»
та 6.060101 «Будівництво»)

(рос. мовою)

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 5Л, 26М

Підп. до друку 23.02.2012

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 9,4

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.