

Эволюция методов исследований грунтов и методов расчета оснований

Т.Е. Буданова

Задачи для тех, кто не любит философию

► Задача первая:

Песок мелкий однородный.
Глубина отбора пробы: 25 м

Нормативные значения:

$C = 0,005$ МПа, $\varphi = 31^\circ$; $E = 29$ МПа

$K_0 = 0,48$; $\nu = 0,32$

Согласно ГОСТ 12248-2020:

Диапазон определения E

$\sigma_1 = 0,49-0,78$ МПа

$\sigma_2 = \sigma_3 = 0,24$ МПа

► Задача вторая:

Суглинок озерно-болотный,
тугопластичный.

Глубина отбора пробы: 15 м

Нормативные значения:

$C = 0,016$ МПа, $\varphi = 18^\circ$; $E = 11,9$ МПа

$K_0 = 0,7$; $\nu = 0,36$

Согласно ГОСТ 12248-2020:

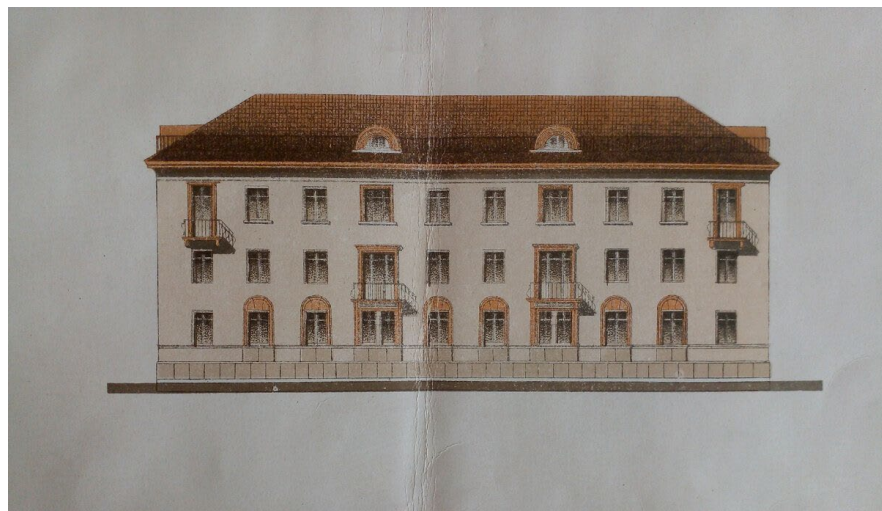
Диапазон определения E

$\sigma_1 = 0,30-0,48$ МПа

$\sigma_2 = \sigma_3 = 0,21$ МПа

Вопрос: Как должна выглядеть кривая $q(\epsilon)$ полученная в приборе трёхосного сжатия?

Типовые и уникальные сооружения



НиТУ 127-55 Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений



Три основных вопроса инженера-конструктора

- ▶ Как называется материал, с которым приходится работать?
- ▶ Какой у этого материала предел прочности?
- ▶ Как ведет себя этот материал в допредельном состоянии?

Необходимые параметры для расчета основания согласно НиТУ 127-55:

- ▶ Сцепление
- ▶ Угол внутреннего трения
- ▶ Модуль сжатия
- ▶ Коэффициент бокового расширения

Нормативные и расчетные характеристики песчаных и глинистых грунтов
(c в $кг/см^2$, φ в град. и E в $кг/см^2$)

Наименование видов грунтов	Характеристика грунтов	Характеристика грунтов при коэффициенте пористости e												
		0,41—0,5		0,51—0,6		0,61—0,7		0,71—0,8		0,81—0,95		0,96—1,1		
		нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	нормативные	расчетные	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Песчаные грунты	гравелистые и крупные	c	0,02	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		φ	43	41	40	38	38	36	—	—	—	—	—	—
		E	460	—	400	—	330	—	—	—	—	—	—	—
	средней крупности	c	0,03	—	0,02	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—
	φ	40	38	38	36	35	33	—	—	—	—	—	—	
	E	460	—	400	—	330	—	—	—	—	—	—	—	
	мелкие	c	0,06	0,01	0,04	—	0,02	—	—	—	—	—	—	
	φ	38	36	36	34	32	30	—	—	—	—	—	—	
	E	370	—	280	—	240	—	—	—	—	—	—	—	
	пылеватые	c	0,08	0,02	0,06	0,01	0,04	—	—	—	—	—	—	
	φ	36	34	34	32	30	28	—	—	—	—	—	—	
	E	140	—	120	—	100	—	—	—	—	—	—	—	
Глинистые грунты при влажности на границе раскатывания W_p в %	9,5—12,4	c	0,12	0,03	0,08	0,01	0,06	—	—	—	—	—	—	
		φ	25	23	24	22	23	21	—	—	—	—	—	
		E	230	—	160	—	130	—	—	—	—	—	—	
	12,5—15,4	c	0,42	0,14	0,21	0,07	0,14	0,04	0,07	0,02	—	—	—	
		φ	24	22	23	21	22	20	21	19	—	—	—	
		E	350	—	210	—	150	—	120	—	—	—	—	
	15,5—18,4	c	—	—	0,50	0,19	0,25	0,11	0,19	0,08	0,11	0,04	0,08	0,02
	φ	—	—	22	20	21	19	20	18	19	17	18	16	
	E	—	—	300	—	190	—	130	—	100	—	80	—	
18,5—22,4	c	—	—	—	—	0,68	0,28	0,34	0,19	0,28	0,10	0,19	0,06	
	φ	—	—	—	—	20	13	19	17	18	16	17	15	
	E	—	—	—	—	300	—	180	—	130	—	90	—	
22,5—26,4	c	—	—	—	—	—	—	0,82	0,36	0,41	0,25	0,36	0,12	
	φ	—	—	—	—	—	—	18	16	17	15	16	14	
	E	—	—	—	—	—	—	260	—	160	—	110	—	
26,5—30,4	c	—	—	—	—	—	—	—	—	0,94	0,40	0,47	0,22	
	φ	—	—	—	—	—	—	—	—	16	14	15	13	
	E	—	—	—	—	—	—	—	—	220	—	140	—	

СНиП II-Б-62 Основания зданий и сооружений.

Таблица 12

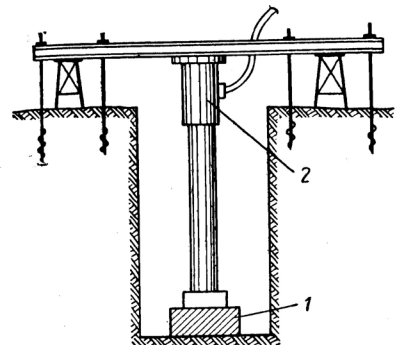
Виды зданий и сооружений и грунтов, для которых расчет основания может производиться по нормативным давлениям (см. пп. 5.10—5.14) без проверки осадок

Виды зданий и сооружений и их основная характеристика	Виды грунтов основания
<p>А. Промышленные здания</p> <p>1. Одноэтажные с несущими конструкциями, малочувствительными к неравномерным осадкам (например, отдельные колонны на отдельно стоящих фундаментах со свободно опертыми фермами или балками и т. п.) и грузоподъемностью кранов до 50 т включительно</p> <p>2. Многоэтажные (высотой до шести этажей включительно) с сеткой колонн не более 6x9 м</p> <p>Б. Жилые и общественные здания</p> <p>Многоэтажные прямоугольной формы в плане и постоянной этажности (высотой до пяти этажей включительно) с несущими крупноблочными, кирпичными или другими видами каменных стен, а также со стенами из крупных панелей</p> <p>В. Сельскохозяйственные здания и сооружения</p> <p>Независимо от конструктивной формы и расположения в плане</p> <p>Примечание. Рекомендациями табл. 12 допускается пользоваться и для зданий иного назначения, чем указано в таблице, при аналогичных с ними конструкциях и нагрузках.</p>	<p>1. Пески плотные или глинистые грунты твердой консистенции независимо от характера их залегания и величины суммарных нормативных нагрузок, либо</p> <p>2. пески (кроме пылеватых) средней плотности, глинистые грунты податливой и тугопластичной консистенции или грунты других видов, сжимаемость которых не превышает сжимаемости перечисленных в п. 2 грунтов, при горизонтальном выдержанном по толщине залегании слоев грунта (при этом уклон допускается не более 0,1) и фундаментах, отличающихся по ширине в пределах одного здания (или отдельного блока здания) не более чем в 2 раза — для промышленных зданий и не более чем в 1,5 раза — для жилых и общественных зданий</p>

$$E_k (0,1-0,2) * m_k = E$$

m_k - Коэффициент Агишева

Штамповые испытания



Испытание грунта (на сжатие) штампом

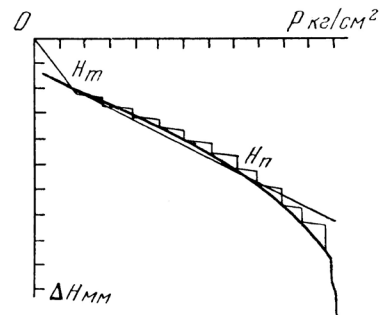
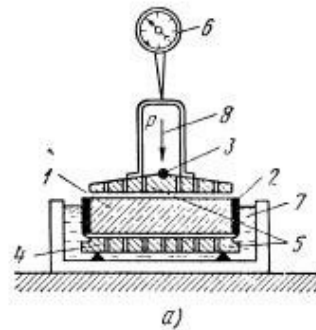
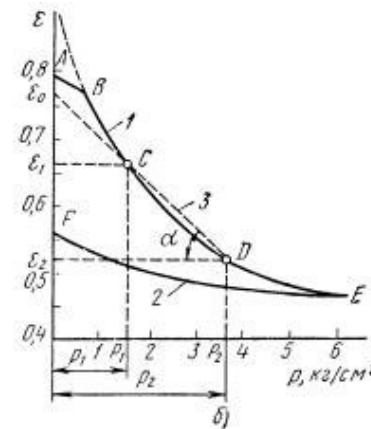


График зависимости осадки от удельной нагрузки

Компрессионные испытания



а)



б)

Схема компрессионного прибора:

а — компрессионные испытания; 1 — образец грунта; 2 — кольцо; 3 — поршень; 4 — пористое дно; 5 — фильтровальная бумага; 6 — измеритель осадок; 7 — ванна для воды при изучении водонасыщенных грунтов; 8 — нагрузка; б — компрессионная кривая; 1 — кривая нагружения; 2 — кривая разгрузки; 3 — отрезок прямой

СНИП II-15-74 Приложение 2. Таблицы нормативных и расчетных характеристик грунтов. Прочность и деформируемость песков

Таблица 1
 Нормативные значения удельных сцеплений c^H , кгс/см²,
 углов внутреннего трения φ^H , град
 и модулей деформации E , кгс/см² песчаных грунтов
 (независимо от происхождения, возраста и влажности)

Виды песчаных грунтов	Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Пески гравелистые и крупные	c^H	0,02	0,01	—	—
	φ^H	43	40	38	—
	E	500	400	300	—
Пески средней крупности	c^H	0,03	0,02	0,01	—
	φ^H	40	38	35	—
	E	500	400	300	—
Пески мелкие	c^H	0,06	0,04	0,02	—
	φ^H	38	36	32	28
	E	480	380	280	180
Пески пылеватые	c^H	0,08	0,06	0,04	0,02
	φ^H	36	34	30	26
	E	390	230	180	110

СНИП II-15-74 Приложение 2. Таблицы нормативных и расчетных характеристик грунтов. Прочность глинистых

Таблица 2

Нормативные значения удельных сцеплений c^H , кгс/см² и углов внутреннего трения φ^H , град глинистых грунтов четвертичных отложений

Виды глинистых грунтов и пределы нормативных значений их консистенции		Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c^H φ^H	0,15 30	0,11 29	0,08 27	—	—	—	—
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	c^H φ^H	0,13 28	0,09 26	0,06 24	0,03 21	—	—	—
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c^H φ^H	0,47 26	0,37 25	0,31 24	0,25 23	0,22 22	0,19 20	—
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	c^H φ^H	0,39 24	0,34 23	0,28 22	0,23 21	0,18 19	0,15 17	—
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	c^H φ^H	—	—	0,25 19	0,20 18	0,16 16	0,14 14	0,12 12
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c^H φ^H	—	0,81 21	0,68 20	0,54 19	0,47 18	0,41 16	0,36 14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	c^H φ^H	—	—	0,57 18	0,50 17	0,43 16	0,37 14	0,32 11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	c^H φ^H	—	—	0,45 15	0,41 14	0,36 12	0,33 10	0,29 7

СНИП II-15-74 Приложение 2. Таблицы нормативных и расчетных характеристик грунтов. Деформируемость глинистых

Таблица 3

Нормативные значения модулей деформации глинистых грунтов E , кгс/см²

Происхождение и возраст глинистых грунтов	Виды глинистых грунтов и пределы нормативных значений их консистенции		Модули деформации грунтов E при коэффициенте пористости e , равном											
			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	$0 \leq I_L \leq 0,75$	—	320	240	160	100	70	—	—	—	—	—
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	340	270	220	170	140	110	—	—	—	—
			$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	320	250	190	140	110	80	—	—	—	—
	Глины	$0,50 < I_L \leq 0,75$	—	—	—	170	120	80	60	50	—	—	—	—
		$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	—	280	240	210	180	150	120	—	—	—	—
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	—	—	210	180	150	120	90	—	—	—	—
Флювиогляциальные	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	—	330	240	170	110	70	—	—	—	—	—	
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	—	400	330	270	210	—	—	—	—	—	—
	$0,25 < I_L \leq 0,5$		—	350	280	220	170	140	—	—	—	—	—	
Моренные	Супеси Суглинки	$0,5 < I_L \leq 0,75$	—	—	—	170	130	100	70	—	—	—	—	
		$I_L \leq 0,5$	750	550	450	—	—	—	—	—	—	—	—	
Юрские отложения оксфордского яруса	Глины	$-0,25 \leq I_L \leq 0$	—	—	—	—	—	—	270	250	220	—	—	
		$0 < I_L \leq 0,25$	—	—	—	—	—	—	240	220	190	150	—	
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	—	—	—	—	—	—	—	—	160	120	100	

Система качества инженерных изысканий

- ▶ **СНиП II-9-78 Нормы проектирования. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. и РУКОВОДСТВО ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**
- ▶ **СБОРНИК ЦЕН НА ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 1985 г** Содержал цены на изыскательские работы и указания о порядке их применения. Обязателен при определении стоимости изыскательских работ для капитального строительства, выполняемых организациями независимо от их ведомственной принадлежности
420 таблиц!!!

Стоимость испытаний грунтов, сравнительная таблица

Виды испытаний	По цене 1982 г	Ссылка на норматив	По цене 1991 г	Ссылка на норматив	Коэффициент к СБЦ (Письмо Минстроя России № 13023-ИФ/09 от 07.03.2024)	Договорной коэффициент = 1!
Определение номенклатуры грунта нарушенной структуры	4,80 ₹	т. 295 п.2	18,2	т. 63 п.3	66,38	1 208,12 ₹
Определение номенклатуры грунта ненарушенной структуры	13,00 ₹	т. 295 п. 4	47,1	т. 63 п.8	66,38	3 126,50 ₹
Определение прочности и деформируемости для "типовых сооружений по ГОСТу" самым простыми методами	55,00 ₹	т. 295 п. 18	193	т. 63 п.25	66,38	12 811,34 ₹

Три основных вопроса инженера-конструктора

- ▶ Как называется материал, с которым приходится работать?
- ▶ Какой у этого материала предел прочности?
- ▶ Как ведет себя этот материал в допредельном состоянии?

- ▶ Или, если проще, какие (численно) значения s , ϕ и E мне нужно взять для того или иного метода расчета для того или иного грунта?

Спасибо за внимание....

