

ДальНИИС Госстроя СССР

# Методика

оценки прочности  
и сжимаемости  
крупнообломочных грунтов  
с пылеватым  
и глинистым заполнителем  
и пылеватых  
и глинистых грунтов  
с крупнообломочными  
включениями



Москва 1989

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .</b>	<b>3</b>
1. Общие положения . . . . .	5
2. Определение физических характеристик грунтов . . . . .	7
3. Определение прочностных характеристик грунтов . . . . .	9
4. Определение модулей деформации грунтов . . . . .	14
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Оценка механической прочности крупнообломочных фракций грунта . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Нормативные характеристики с, φ и Е крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Примеры определения нормативных характеристик крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями . . . . .</b>	<b>22</b>

Нормативно-производственное издание

ДальНИИС Госстроя СССР

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И СЖИМАЕМОСТИ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ С ПЫЛЕВАТЫМ И ГЛИНИСТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ И ПЫЛЕВАТЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С КРУПНООБЛОМОЧНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Редактор М.А. Жарикова  
Мл. редактор Т.А. Самсонова  
Технический редактор И.В. Берина  
Корректор Л.А. Егорова  
Оператор М.В. Карапанова  
Н/К

---

Подписано в печать 28.06.89 Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная № 2  
Печать офсетная Усл. печл. 1,39 Усл. кр.-отт. 1,77 Уч.-изд. л. 1,46  
Тираж 9000 экз. Изд. №ХII-3081 Заказ 2517 Цена 5 коп.

---

Стройиздат. 101442 Москва, Каляевская ул., 23а

---

Московская типография № 9  
НПО "Всесоюзная книжная палата"  
Госкомиздата СССР  
109033, Москва, Волочаевская ул., 40

Дальневосточный  
научно-исследовательский институт  
по строительству  
(ДальНИИС) Госстроя СССР

# Методика

оценки прочности  
и сжимаемости  
крупнообломочных грунтов  
с пылеватым  
и глинистым заполнителем  
и пылеватых  
и глинистых грунтов  
с крупнообломочными  
включениями

Москва Стройиздат 1989

**УДК 624.131.439**

*Рекомендовано к изданию Научно-техническим советом  
ДальНИИС Госстроя СССР.*

**Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями /ДальНИИС. – М.: Стройиздат, 1989. – 24 с.**

Рассмотрены вопросы определения физических и прочностных характеристик грунтов, а также модулей их деформации. Даны оценка механической прочности крупнообломочных фракций грунтов.

Для инженерно-технических работников изыскательских и проектных организаций.

M 3204000000 - 224  
----- Инструкт.-нормат., 1 вып. - 101 - 88  
047(01) - 89

© Стройиздат, 1989

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Крупнообломочные грунты с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватые и глинистые грунты с крупнообломочными включениями (для краткости обломочно-пылевато-глинистые грунты) являются сложными природными многокомпонентными системами. Такие грунты, согласно ГОСТ 25100–82, относятся к двум различным подгруппам: подгруппе крупнообломочных и подгруппе пылеватых и глинистых. Исследования ДальНИИС показали, что формальный признак отнесения грунтов к крупнообломочным – содержание в гранулометрическом составе более 50% частиц крупнее 2 мм не является одновременно границей качественного изменения их механических свойств. С позиций закономерностей изменения механических свойств, обломочно-пылевато-глинистые грунты с содержанием 20–90% обломков должны рассматриваться как грунты одного типа.

С другой стороны, отдельно взятые обломки скальных пород (частицы более 2 мм) и пылеватый и глинистый заполнитель (частицы менее 2 мм) принципиально различны как по размеру фракций, так и по механическим свойствам. С этой точки зрения обломочно-пылевато-глинистые грунты можно рассматривать как естественные смеси грунтов двух типов: крупнообломочных и пылеватых и глинистых.

В зависимости от петрографического состава исходной скальной породы, степени ее выветрелости и генетического типа грунта обломки скальных пород, содержащиеся в грунтах, могут иметь различную прочность и окатанность.

В общем случае параметры механических свойств обломочно-пылевато-глинистого грунта зависят от следующих физических характеристик составляющих компонентов:

- гранулометрического (зернового) состава грунта;
- прочности обломков;
- степени окатанности обломков;
- степени глинистости (число пластичности) пылевато-глинистого заполнителя;
- консистенции (показатель текучести) пылевато-глинистого заполнителя;
- плотности грунта.

При шести независимых переменных понять их взаимозависимости и обосновать количественные связи между физическими характеристиками и параметрами механических свойств грунтов на основе систематизации результатов полевых опытов чрезвычайно трудно, поскольку в природных условиях эти факторы присутствуют одновременно и в различных соотношениях. Поэтому экспериментальные исследования, проведенные в ДальНИИС для обоснования положений настоящей Методики, выполнены на модельных грунтах с использованием принципа стабилизации переменных на экстремальных уровнях. Эти исследования привели к установлению безразмерного универсального физического эквивалента механических свойств обломочно-пылевато-глинистого грунта, явившегося основой построения системы связи между его физическими и механическими характеристиками.

Установлено наличие весьма тесных связей физического эквивалента грунтов с их прочностными и деформационными параметрами, а также с плотностью

грунта. Полученные регрессионные уравнения, отображающие эти связи, были положены в основу настоящей Методики, дающей, с одной стороны, возможность контролировать результаты полевых опытов, и, с другой стороны, – определять значения механических параметров обломочно-пылевато-глинистых грунтов через физические характеристики обломков и пылевато-глинистого заполнителя.

Методика разработана ДальнИИС Госстроя СССР (д-р. техн. наук В.И. Федоров, при участии инж. В.В. Сергеиной, кандидатов техн. наук Л.И. Аминовой и В.Н. Шведова, инженеров В.Г. Алекиной, О.В. Добудько и И.Н. Выходцевой).

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Методика устанавливает основные правила определения нормативных значений углов внутреннего трения  $\varphi$ , удельных сцеплений  $c$  и модулей деформации  $E$  по физическим характеристикам компонентов для четвертичных крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями элювиального, делювиального и аллювиального происхождения испытываемых в соответствии ГОСТ 12248-78\* по способу:

консолидированного среза;  
неконсолидированного среза.

П р и м е ч а н и е. Методика не распространяется на определение всех механических характеристик вечномерзлых грунтов, оттаивающих в процессе эксплуатации сооружений, а также характеристик прочности при наличии естественных поверхностей скольжения и для условий вторичного сдвига по подготовленной поверхности.

1.2. Нормативные характеристики грунтов, определяемые в соответствии с Методикой, допускается использовать для предварительных и окончательных расчетов оснований зданий и сооружений II и III классов и опор воздушных линий электропередачи и связи независимо от их класса.

Методика может быть использована при сопоставлении значений характеристик грунтов, полученных в полевых условиях одним или несколькими способами, при различном процентном содержании обломков, разной их механической прочности, различных типах и консистенции заполнителя.

1.3. В соответствии с ГОСТ 25100-82 крупнообломочные грунты, содержащие в зерновом составе более 50% по массе обломков скальных пород крупнее 2 мм, подразделяются по гранулометрическому составу на типы согласно табл. 1.

Пылеватый и глинистый заполнитель в крупнообломочных грунтах и пылеватые и глинистые грунты с крупнообломочными включениями классифицируются в соответствии с табл. 2.

1.4. Исходными физическими характеристиками при определении нормативных значений параметров механических свойств  $\varphi$ ,  $c$ ,  $E$  крупнообломочных грунтов с

Т а б л и ц а 1

### Крупнообломочные грунты

Типы	Описание
Валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый) – частиц крупнее 200 мм более 50% Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц – щебенистый) – частиц крупнее 10 мм более 50%	При наличии песчаного заполнителя более 40% или пылеватого и глинистого заполнителя более 30% общей массы абсолютно сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта должно содержаться наименование заполнителя. Состав заполнителя устанавливается после удаления из образца крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм.
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц – дресвяный) – частиц крупнее 2 мм более 50%	Для частиц крупнее 2 мм необходимо указывать их петрографический состав.

Таблица 2

Подгруппа обломочных пылеватых и глинистых грунтов (элювиальные, пролювиальные, делювиальные, аллювиальные и др.)		
Тип	Вид	Разновидность
По числу пластичности $I_p$ , %: супеси $I_p \leq I_L \leq 7$ суглинки $7 < I_p \leq 17$ глины $I_p > 17$	По наличию включений: супесь, суглинок или глина с галькой (щебнем) или с гравием (дресвой), если содержание (по массе) соответствующих частиц крупнее 2 мм составляет 15–25%; супесь, суглинок или глина галечниковые (щебенистые) или гравелистые (дресвяные), если содержание (по массе) соответствующих частиц крупнее 2 мм св. 25 до 50%	По консистенции, характеризуемой показателем текучести $I_L$ : или супеси: твердые $I_L < 0$ пластичные $0 \leq I_L \leq 1$ текущие $I_L > 1$ суглинки и глины: твердые $I_L < 0$ полутвердые $0 \leq I_L \leq 0,25$ тугопластичные $0,25 < I_L \leq 0,5$ мягкопластичные $0,5 < I_L \leq 0,75$ текучепластичные $0,75 < I_L \leq 1$ текущие $I_L > 1$

пылевато-глинистым заполнителем и пылевато-глинистых грунтов с крупнообломочными включениями являются:

- гранулометрический (зерновой) состав грунта;
- природная влажность пылевато-глинистого заполнителя;
- пределы пластичности пылевато-глинистого заполнителя (влажность на границе текучести  $w_L$ , влажность на границе раскатывания  $w_p$ );
- механическая прочность крупных обломков (частицы крупнее 2 мм) по испытанию на изтирание (см. п. 2.6).

1.5. Определение нормативных значений механических характеристик обломочно-пылевато-глинистых грунтов по настоящей Методике допустимо при соблюдении условий, указанных в табл. 3.

1.6. В соответствии со СНиП 2.02.01-83 расчетные значения механических характеристик грунтов  $X$  определяются по формуле

$$X = X_n / \gamma_g, \quad (1)$$

где  $X_n$  – нормативное значение механической характеристики, определяемое в соответствии с настоящей Методикой;  $\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту,

принимаемый со следующими значениями (СНиП 2.02.01-83): в расчетах оснований по деформации  $\gamma_g = 1$ ; в расчетах оснований по несущей способности; для удельного сцепления  $\gamma_{g(c)} = 1,5$ ; для угла внутреннего трения –  $\gamma_{g(\varphi)} = 1,15$ .

Таблица 3

Механические характеристики грунта	Способ испытания	Показатель текучести пылевато-глинистого заполнителя $I_L$	Предельные значения процентных содержаний обломков при типе заполнителя, min/max		
			Супесь	Суглинок	Глина
Угол внутреннего трения $\varphi$	Консолидированный срез по фиксированной поверхности	$0 \leq I_L \leq 0,25$	20/90	30/90	40/90
		$0,25 < I_L \leq 0,50$	20/90	30/90	50/90
		$0,50 < I_L \leq 0,75$	20/90	30/90	50/90
Удельное сцепление $c$	Неконсолидированный срез по фиксированной поверхности	$0 \leq I_L \leq 0,25$	20/90	20/90	30/90
		$0,25 < I_L \leq 0,50$	20/90	30/90	40/90
		$0,50 < I_L \leq 0,75$	20/90	30/90	40/90
Модуль деформации $E$	Штамп $F = 5000 \text{ см}^2$	$0 \leq I_L \leq 0,25$	40/90	40/90	40/90
		$0,25 < I_L \leq 0,50$	40/90	40/90	50/90
		$0,50 < I_L \leq 0,75$	40/90	40/90	50/90

При мечание. Для грунтов, в которых содержание крупных обломков меньше указанных пределов или показатель текучести пылевато-глинистого заполнителя  $I_L > 0,75$ , характеристики грунта определяются только по полевым испытаниям.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

2.1. Для установления нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов по рекомендациям Методики используются нормативные значения физических характеристик, вычисленные по формуле

$$\bar{x}_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad (2)$$

где  $x_j$  – частное значение характеристики,  $n$  – число определений характеристики.

2.2. Количество определений каждой (см. п. 1.4) физической характеристики  $n$ , необходимое для вычисления их нормативных значений, зависит от требуемой точности определения соответствующих параметров механических свойств грунта, класса здания или сооружения и указывается в программе исследований.

Количество одноименных частных определений физических характеристик грунта для каждого выделенного на площадке инженерно-геологического элемента должно быть не менее 6.

При мечание. Количество частных определений физических характеристик грунтов допускается уменьшать при наличии одноименных определений в материалах изысканий, выполненных на той же площадке для того же инженерно-геологического элемента.

**2.3.** Гранулометрический состав крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями определяется в соответствии с ГОСТ 12536–79.

П р и м е ч а н и е. Поскольку при определении прочностных и деформационных характеристик грунтов в соответствии с Методикой используется отношение весовых (процентных) содержаний заполнителя (частицы менее 2 мм) и крупных обломков (частицы более 2 мм), определение гранулометрического состава в соответствии с ГОСТ 12536–79 для каждого выделенного инженерно-геологического элемента допускается проводить только по двум пробам. Для остальных четырех проб достаточно выполнить рассев грунта через сито с размерами отверстий 2 мм и выше и определить лишь суммарные процентные содержания частиц более 2 мм и менее 2 мм.

**2.4.** Для определения природной влажности глинистого заполнителя отбираются пробы из мелкоземной части грунта. После определения влажности отобранных проб каждая проба мелкозема размачивается и пропускается через сито 2 мм. Обломки на сите высушиваются до постоянной массы и взвешиваются, определяют их влажность и процентное содержание в пробе. Влажность пылеватого и глинистого заполнителя  $w_1$  определяют по формуле

$$w_1 = 100w - p_2 W_2 / 100 - p_2 \quad (3)$$

где  $w$  – влажность пробы (валовая);  $w_2$  – влажность обломоков, %;  $p_2$  – процентное содержание обломков в пробе мелкозема.

При определении влажности пылеватого и глинистого заполнителя следует руководствоваться также ГОСТ 5180–84.

**2.5.** Предел пластичности (границы текучести и раскатывания) пылевато-глинистого заполнителя определяются в соответствии с ГОСТ 5180–84.

**2.6.** Подобно скальным грунтам по пределу прочности на одноосное сжатие обломки скальных пород, содержащиеся в крупнообломочных грунтах с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтах с крупнообломочными включениями, по коэффициенту истираемости  $k_e$  классифицируются в соответствии с табл. 4. При этом разновидности крупных обломков по коэффициенту истираемости  $k_e$  аналогичны разновидностям скальных грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии  $R_c$ .

Коэффициент истираемости  $k_e$  определяется испытанием обломков на истирание во вращающемся барабане до точки отказа (см. прил. 1) и вычисляется по формуле

$$k_e = (q_0 - q_1) / q_0, \quad (4)$$

где  $q_0$  – начальная масса пробы крупнообломочных фракций грунта (до испытания на истирание);  $q_1$  – масса остатка на сите 2 мм после испытания пробы на истирание.

Допускается оценка прочности крупных обломков через коэффициент истираемости  $k_e^{10}$ , определяемый по выходу фракций менее 2 мм после обработки

пробы в полочном барабане за один 10-минутный цикл. Для этого предварительно должны быть проведены сопоставительные параллельные испытания проб грунта с определением значений  $k_e$  и  $k_e^{10}$ .

Испытание крупных обломков на истирание производится в соответствии с правилами, изложенными в прил. 1.

Таблица 4

Разновидность обломков по прочности	Коэффициент истираемости	
	$k_e$	$k_e^{10}$
Очень прочные	$k_e < 0,05$	$k_e^{10} < 0,02$
Прочные	$0,05 \leq k_e < 0,1$	$0,02 \leq k_e^{10} < 0,04$
Средней прочности	$0,1 \leq k_e < 0,2$	$0,04 \leq k_e^{10} < 0,12$
Малопрочные	$0,2 \leq k_e < 0,4$	$0,12 \leq k_e^{10} < 0,28$
Пониженной прочности	$k_e > 0,4$	$k_e^{10} > 0,28$

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

3.1. Нормативные значения углов внутреннего трения крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями применительно к схеме консолидированного среза  $\varphi_n$ , определяются по формуле

$$\varphi_n = k_1 k_{\varphi}^{46(0,3)} ; \quad (5)$$

с использованием кривой I рис. 1

$$\varphi_n = k_1 k_{\varphi} \varphi_{n1}, \quad (6)$$

где  $k_1$  – коэффициент на окатанность крупных обломков для угла внутреннего трения: для грунтов, содержащих окатанные обломки  $k_1$  определяется по графику рис. 2, для грунтов с остроугольными обломками, независимо от их прочности, следует принимать  $k_1 = I$ ;  $k_{\varphi}$  – коэффициент, учитывающий прочность крупных обломков, определяется по табл. 5;  $\varphi_{n1}$  – нормативное значение угла внутреннего трения при консолидированном срезе грунта, содержащего остроугольные обломки очень прочных скальных пород ( $k_1 = k_{\varphi} = 1$ ), определяется по кривой I рис. 1;  $m_T$  – физический эквивалент грунта, определяемый по формуле

$$m_T = p_1/p_2 I_p (1 + I_L), \quad (7)$$

где  $p_1$  – процентное (по массе) содержание пылеватого или глинистого заполнителя в гранулометрическом составе грунта, определяется последовательным суммированием процентных содержаний всех частиц менее 2 мм;  $p_2$  – то же, крупных обломков, определяется последовательным суммированием процентных содержаний всех частиц крупнее 2 мм;  $I_p$  – число пластичности пылеватого или глинистого

Таблица 5

Коэффициент истираемости обломков $k_e$	Коэффициент $k_\varphi$ при значениях $m_T$									
	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,05	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1
0,1	0,87	0,88	0,89	0,9	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	1
0,2	0,77	0,77	0,78	0,81	0,83	0,85	0,87	0,9	0,94	0,98
0,3	0,63	0,64	0,66	0,69	0,72	0,75	0,77	0,81	0,86	0,93
0,4 и более	0,52	0,53	0,54	0,57	0,61	0,65	0,67	0,72	0,78	0,88

Причение. Для промежуточных значений коэффициента истираемости обломков  $k_e$  и значений эквивалента  $m_T$  коэффициент  $k_\varphi$  следует определять линейной интерполяцией.

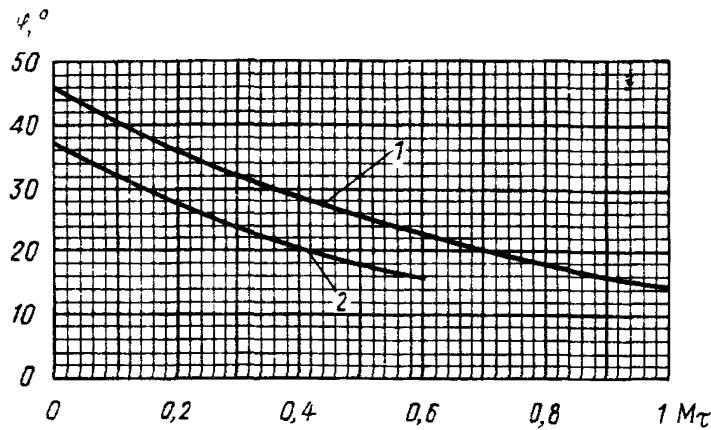


Рис. 1. График зависимости нормативных углов внутреннего трения  $\varphi_{n1}$  и  $\varphi_{n2}$  крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями от физического эквивалента грунта  $M\tau$ . Грунты с очень прочными ( $k_e < 0,05$ ), остроугольными обломками

1 – консолидированный срез; 2 – неконсолидированный срез

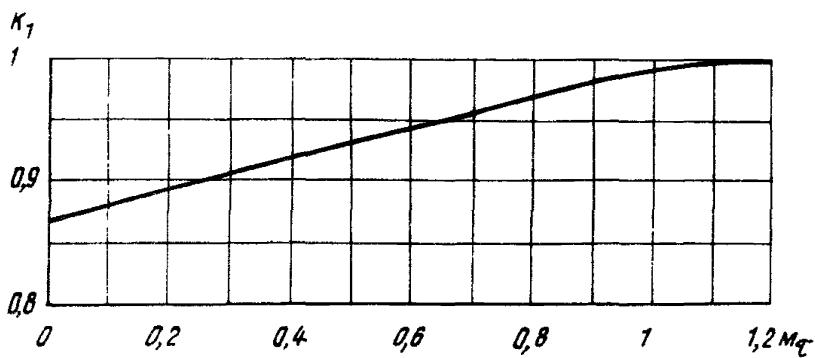


Рис. 2. График коэффициента  $k_1$  на окатанность крупных обломков для угла внутреннего трения в зависимости от физического эквивалента грунта  $M\tau$

заполнителя, в долях единицы;  $I_L$  – показатель текучести пылеватого или глинистого заполнителя.

П р и м е ч а н и е. Определение  $\varphi_n$  по формулам (5) и (6) справедливо в интервале значений физического эквивалента  $0 < M\tau \leq I_L$ .

3.2. Нормативные значения удельных сцеплений крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с круп-

нообломочными включениями применительно к схеме консолидированного среза определяется по формуле

$$c_n = k_2 k_\rho \tau^{0.32} / (1 + I_L)^{3.62}; \quad (8)$$

с использованием номограммы рис. 3

$$c_n = k_2 k_\rho c_{n1}, \quad (9)$$

где  $k_2$  – коэффициент на окатанность крупных обломоков для удельного сцепления: для грунтов, содержащих окатанные обломки, следует принимать  $k_2 = 0,9$ ; для грунтов с остроугольными обломками, независимо от их прочности,  $k_2 = 1$ ;  $k_\rho$  – коэффициент, учитывающий плотность грунта, принимается по табл. 6 в зависимости от степени соответствия фактической плотности грунта  $\rho$ ,  $\text{t/m}^3$ , его нормированным значениям, указанным в табл. 7;  $m_\tau$ ;  $I_L$  – имеют те же значения, что и в формуле (7);  $c_{n1}$  – нормативное значение удельного сцепления при консолидированном срезе грунта нормированной плотности, содержащего очень прочные остроугольные обломки ( $k_2 = k_\rho = 1$ ), определяется по номограмме рис. 3.

Т а б л и ц а 6

Плотность грунта $\rho$ , $\text{t/m}^3$	Коэффициент $k_\rho$
Соответствует значениям, указанным в табл. 7	1
Превышает эти значения на 0,1	1,1
Менее этих значений на 0,1	0,9
То же, на 0,2	0,8

Т а б л и ц а 7

Показатель текучести заполнителя $I_L$	Нормированные значения плотности грунта $\rho_n$ , $\text{t/m}^3$ , при содержании крупных обломков (частицы больше 2 мм), %						
	20	30	40	50	60	73	100
$0 \leqslant I_L \leqslant 0,25$	2,03	2,08	2,13	2,17	2,21	2,27	1,7
$0,25 < I_L \leqslant 0,5$	2,02	2,07	2,11	2,15	2,19	2,26	1,7
$0,5 < I_L \leqslant 0,75$	2,00	2,05	2,09	2,13	2,17	2,25	1,7

где  $k_2$ ;  $k_\rho$ ;  $m_\tau$ ;  $I_L$  – имеют те же значения, что и в формуле (8);  $c_{n2}$  – нормативное значение удельного сцепления при неконсолидированном срезе грунта нормированной плотности, содержащего остроугольные обломки очень прочных скальных пород ( $k_2 = k_\rho = 1$ ), определяется по номограмме рис. 4.

П р и м е ч а н и е. Определение удельного сцепления по формулам (12) и (13) справедливо в интервале значений физического эквивалента грунта  $0 < m_\tau \leqslant 0,6$  с учетом п. 1.5.

3.3. Нормативные значения углов внутреннего трения крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем пылеватых и глинистых грунтов с

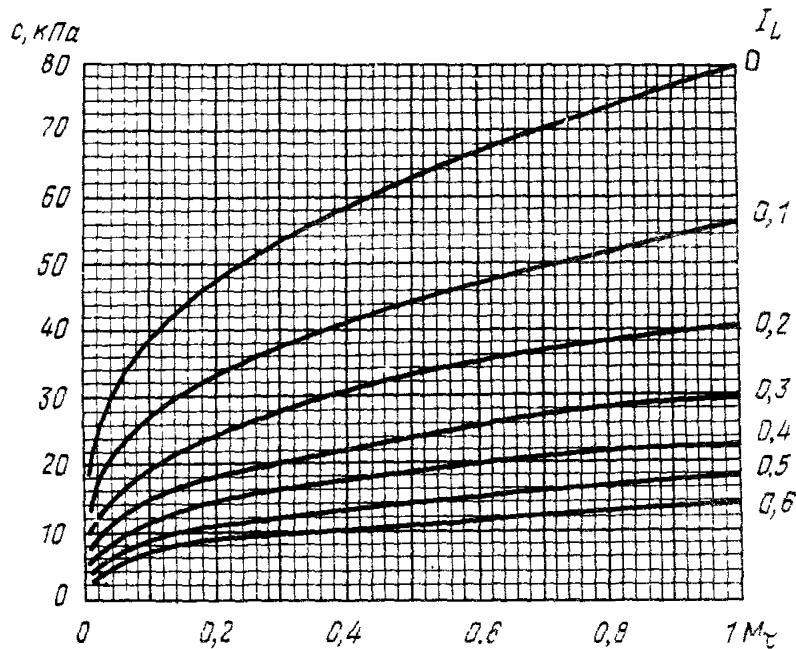


Рис. 3. Номограмма зависимости нормативного удельного сцепления  $c_{n1}$  крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями от физического эквивалента грунта  $m_T$  и показателя текучести  $I_L$  пылеватого или глинистого заполнителя. Грунты с очень прочными ( $k_e < 0,05$ ), остроугольными обломками. Консолидированный срез

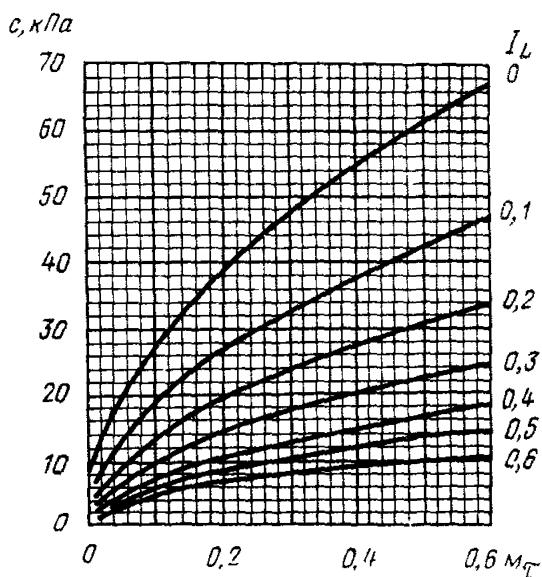


Рис. 4. Номограмма зависимости нормативного удельного сцепления  $c_{n2}$  крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями от физического эквивалента грунта  $m_T$  и показателя текучести  $I_L$  пылеватого или глинистого заполнителя. Грунты с очень прочными ( $k_{io} < 0,03$ ), остроугольными обломками. Неконсолидированный срез

крупнообломочными включениями применительно к схеме неконсолидированного среза  $\varphi'_n$ , град, определяется по формулам

$$\varphi'_n = k_n k_\varphi 37 (0,234)^{M_T}, \quad (10)$$

с использованием кривой 2 рис. 1

$$\varphi'_n = k_1 k_\varphi \varphi_{n2}, \quad (11)$$

где  $k_1$ ;  $k_\varphi$ ;  $M_T$  – имеют те же значения, что и в формуле (6);  $\varphi_{n2}$  – нормативное значение угла внутреннего трения при неконсолидированном срезе грунта, содержащего остроугольные обломки очень прочных скальных пород; ( $k_1 = k_\varphi = 1$ ), определяется по кривой 2 рис. 1.

**П р и м е ч а н и е.** Определение  $\varphi'_n$  по формулам (10) и (11) справедливо в интервале значений физического эквивалента грунта  $0 < M_T \leq 0,6$ .

**3.4.** Нормативные значения удельных сцеплений крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями применительно к схеме неконсолидированного среза  $c'_n$ , кПа, определяются по формулам

$$c'_n = k_2 k_\rho 87 M_T^{0,51} / (1 + I_L)^{3,85}, \quad (12)$$

с использованием nomogramмы рис. 4

$$c'_n = k_2 k_\rho c_{n2}, \quad (13)$$

**3.5.** Для предварительной оценки и ориентировочных расчетов нормативные значения углов внутреннего трения и удельных сцеплений крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями допускается принимать по формулам (6), (9), (11), (13) с определением  $\varphi_{n1}$ ;  $c_{n1}$ ;  $\varphi_{n2}$ ;  $c_{n2}$  по таблицам 1 и 2 прил. 2.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ

**4.1.** Нормативные значения модулей деформации  $E$ , МПа, крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями определяются по формуле

$$E = k_E k_\rho k_L 1 / (0,088 M_T - 0,15 M_T I_p + 0,017), \quad (14)$$

где  $M_T$  – физический эквивалент грунта по формуле (7);  $I_p$  – число пластичности пылеватого или глинистого заполнителя, в долях единицы;  $k_E$  – коэффициент, учитывающий прочность крупных обломков, определяется по табл. 8;  $k_L$  – коэффициент, зависящий от физического эквивалента грунта  $M_T$  и показателя текучести пылеватого или глинистого заполнителя  $I_L$ , определяется по табл. 9;  $k_\rho$  – коэффициент, учитывающий плотность грунта, принимается по табл. 6 в зависимости от степени соответствия фактической плотности грунта  $\rho$ ,  $\text{т}/\text{м}^3$  ее нормированным значениям, указанным в табл. 7.

При меч ани е. Определение модулей деформации грунтов по формуле (14) справедливо при значениях физического эквивалента грунта в интервале  $0 < m_T \leq 0,6$  с учетом рекомендаций п. 1.5.

Таблица 8

Прочность обломков по коэффи- циенту ис- тираемости $k_e$	Коэффициент $k_E$ при значениях эквивалента $m_T$							
	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
< 0,1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,2	0,88	0,89	0,90	0,93	0,95	0,98	1	1
0,3	0,76	0,78	0,81	0,86	0,91	0,96	0,98	1
0,4	0,64	0,67	0,71	0,79	0,86	0,94	0,96	1

При меч ани е. Для промежуточных значений коэффициента истираемости обломков  $k_e$  и физического эквивалента грунта  $m_T$  значения  $k_E$  следует определять линейной интерполяцией.

Таблица 9

Показатель текучести заполнителя $I_L$	Коэффициент $k_L$ при значениях эквивалента $m_T$							
	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0	1	1	1	1	1	1	1	1
0,1	1	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
0,2	1	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86
0,3	1	0,88	0,84	0,80	0,78	0,76	0,75	0,74
0,4	1	0,81	0,74	0,68	0,65	0,62	0,61	0,60
0,5	1	0,72	0,63	0,54	0,49	0,45	0,43	0,42
0,6	1	0,65	0,53	0,42	0,36	0,31	0,29	0,28

При меч ани е. Для промежуточных значений показателя текучести  $I_L$  и физического эквивалента грунта  $m_T$  значения  $k_L$  следует определять линейной интерполяцией.

4.2. Для предварительных и ориентировочных расчетов нормативные значения модулей деформации крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями допускается определять по формуле (15) с использованием табл. 3 прил. 2

$$E = k_E k_{\rho} E_1, \quad (15)$$

где  $k_E$ ;  $k_{\rho}$  – имеют те же значения, что и в формуле 14;  $E_1$  – нормативное значение модуля деформации для грунтов, содержащих очень прочные обломки, определяется по табл. 3 прил. 2.

## Оценка механической прочности крупнообломочных фракций грунта

### По испытаниям на истирание в полочном барабане

1. Отобранные в шурфах или в скважинах образцы грунта нарушенной структуры, достаточные для получения из них крупнообломочных фракций (частицы более 2 мм) не менее 5 кг из каждой геологической выработки (для каждого выделенного инженерно-геологического элемента), помещают в жесткую тару и доставляют в лабораторию.

2. Образец грунта нарушенной структуры промывают водой на сите 2 мм. Остаток на сите подсушивают до воздушно-сухого состояния.

3. Квартованием остатка на сите 2 мм отбирают две пробы крупнообломочных фракций для испытаний на истирание массой  $2 \pm 0,3$  кг.

4. Пробы засыпают в полочный барабан и после обработки ее в течение 10 мин (частота вращения барабана  $55\text{--}65\text{ мин}^{-1}$ ) просеивают через сите 2 мм и определяют массу частиц более и менее 2 мм. Дальнейшую обработку пробы в барабане ведут циклами по 2 минуты. После каждого 2-минутного цикла выполняют рассеивание и взвешивание фракций пробы более и менее 2 мм. Истирание пробы обработкой в барабане продолжают до тех пор, пока прирост массы фракций менее 2 мм после очередного 2-минутного цикла станет равным 0,5% начальной массы пробы (точка отказа). Установленное для этого момента значение массы фракций менее 2 мм используют для вычисления коэффициента истираемости обломков.

П р и м е ч а н и е. При определении коэффициента истираемости обломков по сокращенному циклу испытаний  $k_e^0$  пробы обрабатываются в барабане однократно в течение 10 минут.

5. Определяют коэффициент истираемости обломков  $k_e$  и оценивают их механическую прочность в соответствии с п. 2.6.

Нормативное значение коэффициента истираемости обломков для каждого выделенного инженерно-геологического элемента определяют по результатам испытаний не менее чем шести проб в соответствии с п. 2.1.

### По испытаниям на срез в стандартном сдвиговом приборе

1. После выполнения операций по пп. 1 и 2, предусмотренных подразделом настоящего Приложения, остаток на сите 2 мм просеивают через сите 10 мм. Прошедшие через это сите обломки квартуют на 6 частей.

2. Загружают по три кольца сдвигового прибора обломками каждой отквартованной части с уплотнением до  $\rho = 1,65 - 1,7 \text{ г}/\text{см}^3$  и проводят срезы при нормальных давлениях: 0,1; 0,2 и 0,3 МПа, согласно ГОСТ 12248-78\* применительно к методике консолидированного среза.

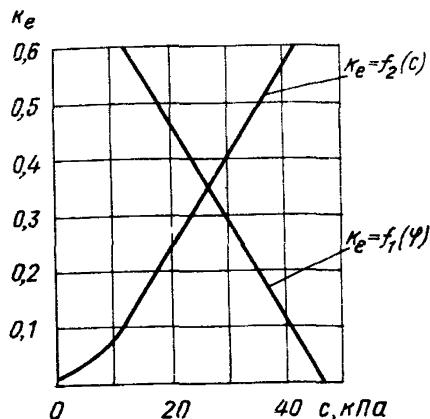


График зависимости коэффициента истираемости  $k_e$  крупнообломочных фракций грунта от угла внутреннего трения –  $k_e = f_1(\phi)$  и удельного сцепления –  $k_e = f_2(c)$  при консолидированном срезе

3. Определяют нормативные значения угла внутреннего трения  $\phi$  и удельного сцепления  $c$  в соответствии с ГОСТ 20522–75.

4. Определяют значения коэффициентов истираемости обломков по углу внутреннего трения  $k_e = f_1(\phi)$  и удельному сцеплению  $k_e = f_2(c)$  по рис. прил. 1. За нормативное значение принимают среднее арифметическое величин  $k_e$  по  $\phi$  и  $c$ .

**Нормативные характеристики  $c$ ,  $\varphi$  и  $E$  крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым  
заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями**

Обломки очень прочные ( $k_e < 0,03$ )

Таблица 1

Заполнитель и пределы нормативных значений его показателя текучести $I_L$	Обозначение характеристики грунта	Характеристики грунтов при содержании крупных обломков, %							
		20	30	40	50	60	70	80	90
Суспесь	$c_{n1}$	28	24	21	18	16	14	12	9
	$\varphi_{n1}$	38	41	43	44	44	45	45	46
	$c_{n1}$	11	9	8	7	6	5	4	3
	$\varphi_{n1}$	36	40	42	43	44	45	45	46
Суглинок	$c_{n1}$	—	36	31	27	24	19	17	14
	$\varphi_{n1}$	—	31	36	39	41	43	44	45
	$c_{n1}$	—	18	16	14	12	11	9	7
	$\varphi_{n1}$	—	29	34	38	40	42	44	45
Глина	$c_{n1}$	—	11	10	8	7	6	5	4
	$\varphi_{n1}$	—	27	32	36	39	42	44	45
	$c_{n1}$	—	43	38	33	29	25	21	16
	$\varphi_{n1}$	—	23	29	34	37	40	43	45
$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c_{n1}$	—	—	19	17	15	13	11	8
	$\varphi_{n1}$	—	—	26	31	36	39	42	44
	$c_{n1}$	—	—	—	10	9	8	6	5
	$\varphi_{n1}$	—	—	—	30	34	38	41	44

Таблица 2

Обломки очень прочные ( $k_e < 0,03$ )

Заполнитель и пределы нормативных значений его показателя текучести $I_L$	Обозначения характеристик грунта	Характеристики грунтов при содержании крупных обломков, %							
		20	30	40	50	60	70	80	90
Супесь	$c_{n2}$	11	8	6	5	4	3	3	2
	$\varphi_{n2}$	28	31	33	34	35	36	36	37
	$c_{n2}$	40	31	24	20	16	13	10	6
	$\varphi_{n2}$	17	23	27	30	32	34	35	36
Суглинок	$c_{n2}$	21	16	12	10	8	6	5	3
	$\varphi_{n2}$	14	21	26	29	31	33	35	36
	$c_{n2}$	—	9	7	6	5	4	3	2
	$\varphi_{n2}$	—	19	24	28	30	32	34	36
Глина	$c_{n2}$	—	42	34	27	22	17	13	9
	$\varphi_{n2}$	—	16	21	25	29	31	33	35
	$c_{n2}$	—	—	17	14	11	9	7	4
	$\varphi_{n2}$	—	—	19	23	27	30	33	35
<sup>1</sup>	$c_{n2}$	—	—	10	8	6	5	4	3
	$\varphi_{n2}$	—	—	16	21	26	29	32	35

Таблица 3

Обломки прочные ( $k_e \leq 0,1$ )

Заполнитель и пределы нормативных значений его показателя текучести $I_L$	Обозначения характеристик грунта	Модуль деформации $E_1$ , МПа, при содержании в грунте крупных обломков, %						
		40	50	60	70	80	90	
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	$E_1$	35	40	45	49	53	57
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E_1$	30	36	41	46	50	55
Суглинки	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$E_1$	—	25	31	36	43	51
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$E_1$	—	—	18	24	31	45
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$E_1$	25	30	36	41	47	53
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$E_1$	—	20	25	31	37	47
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$E_1$	—	—	12	18	24	37

1. Нормативные значения характеристик  $\varphi_{n1}$ ;  $c_{n1}$  в табл. 1 соответствуют схеме консолидированного среза, а  $\varphi_{n2}$ ;  $c_{n2}$  в табл. 2 – схеме неконсолидированного среза и относятся к грунтам нормированной плотности (табл. 7), в которых крупные обломки имеют остроугольную форму и представлены очень прочными скальными породами ( $k_e < 0,05$ ):

для грунтов, имеющих окатанные обломки (гравий, галька), табличные значения угла внутреннего трения следует принимать с коэффициентом на окатанность  $k_1$ , определяемым по графику рис. 2 Методики, удельного сцепления – с коэффициентом  $k_2 = 0,9$ ;

для грунтов, имеющих обломки с прочностью  $k_e > 0,05$ , табличные значения углов внутреннего трения следует умножать на коэффициент  $k_\varphi$  учитывающий прочность обломков, определяемый по табл. 5;

при фактической природной плотности грунтов, отличающейся от нормированной табл. 7, значения удельного сцепления следует принимать с коэффициентом  $k_p$ , определяемым по табл. 6.

2. Характеристики грунтов даны для средних значений чисел пластичности заполнителя (супеси  $I_p = 3,5$ ; суглинки  $I_p = 12$ ; глины  $I_p = 22,5$ ) и средних значений показателя текучести  $I_L$ , указанных в интервалах. Для промежуточных значений чисел пластичности и показателей текучести глинистого заполнителя, а также процентного содержания крупных обломков значения  $\varphi_{n1}$  и  $c_{n1}$ ;  $\varphi_{n2}$  и  $c_{n2}$  следует определять линейной интерполяцией.

3. При значениях показателя текучести заполнителя  $I_L < 0$  характеристики  $\varphi_{n1}$  и  $c_{n1}$ ;  $\varphi_{n2}$  и  $c_{n2}$  следует принимать по соответствующему нижнему пределу ( $I_L = 0$ ).

4. При значениях показателя текучести заполнителя  $I_L > 0,95$  характеристики  $\varphi_n$ ;  $c_n$ ;  $\varphi'_n$ ;  $c'_n$  следует определять по данным непосредственных испытаний этих грунтов.

5. Нормативные значения модуля деформации  $E_1$ , приведенные в табл. 3, относятся к грунтам нормированной плотности (табл. 7) как с остроугольными, так и с окатанными обломками, представленнымиющими прочными скальными породами ( $k_e < 0,1$ ):

для грунтов, имеющих обломки с прочностью  $k_e \geq 0,1$ , табличные значения модулей деформации следует умножать на коэффициент  $k_E$ , учитывающий прочность обломков, определяемый по табл. 8;

при фактической природной плотности грунтов, отличающейся от нормированной табл. 7, значения модуля деформации следует принимать с коэффициентом  $k_p$ , определяемым по табл. 6.

6. Модули деформации даны для средних значений чисел пластичности заполнителя (супеси –  $I_p = 3,5$ ; суглинки –  $I_p = 12$ ; глины  $I_p = 22,5$ ). Для промежуточных значений чисел пластичности и показателей текучести глинистого заполнителя, а также процентного содержания в грунте крупных обломков значения  $E_1$  следует определять линейной интерполяцией.

7. При значениях показателя текучести заполнителя  $I_L > 0,75$  модули деформации грунтов следует определять по результатам полевых испытаний.

**Примеры определения нормативных характеристик  
крупнообломочных грунтов с пылеватым  
и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых  
грунтов с крупнообломочными включениями**

**Пример 1**

Наименование грунта: щебенистая делювиальная глина. Коэффициент истираемости крупнообломочных фракций грунта  $k_e = 0,02$ .

Физические характеристики заполнителя: естественная влажность в долях единицы  $w_1 = 0,320$ ; влажность на границе текучести  $w_L = 0,536$ ; влажность на границе раскатывания  $w_p = 0,313$ . Плотность грунта  $\rho = 2,13 \text{ т}/\text{м}^3$ .

**Зерновой состав грунта**

Крупность частиц, мм	при содержании частиц, %
40–20 . . . . .	34,2
20–10 . . . . .	4
10–5 . . . . .	2
5–2 . . . . .	1,6
2–1 . . . . .	0,7
1,05 . . . . .	0,1
0,5–0,05 . . . . .	11,1
0,05–0,005 . . . . .	15,1
Менее 0,005 . . . . .	31,2

Число пластичности заполнителя (в долях единицы) составляет

$$I_p = 0,536 - 0,313 = 0,223.$$

Показатель текучести заполнителя

$$I_L = (0,320 - 0,313) / 0,223 = 0,03.$$

Физический эквивалент грунта

$$m_T = 58,2 / 41,8 / 0,223 (I_L + 0,03) = 0,32.$$

Нормированная плотность грунта по табл. 7, при содержании обломков  $p_2 = 42\%$  и показателе текучести заполнителя  $I_L = 0,03$ ,

$$\rho_n = 2,14 \text{ т}/\text{м}^3.$$

Для условий консолидированного среза определяем по формулам (6) и (9):

$$\varphi_n = k_1 k_{\varphi} \varphi_{n1} = 1 \cdot 1 \cdot 31,5 = 31^\circ;$$

$$c_n = k_2 k_\rho c_{n2} = 1 \cdot 1 \cdot 50 = 50 \text{ кПа.}$$

Для условий неконсолидированного среза определяем по формулам (11) и (13) :

$$\varphi'_n = k_1 k_\varphi \varphi_{n2} = 1 \cdot 1 \cdot 23 = 23^\circ;$$

$$c'_n = k_2 k_\rho c_{n2} = 1 \cdot 1 \cdot 43 = 43 \text{ кПа.}$$

Нормативное значение модуля деформации определяем по формуле (15) :

$$E = k_E k_\rho E_1 = 1 \cdot 1 \cdot 27 = 27 \text{ МПа.}$$

При определении нормативных характеристик по формулам получим следующие значения.

Для условий консолидированного среза – по формулам (5) и (8) :

$$\varphi_n = k_1 k_\varphi 46(0,3)^{M_T} = 1 \cdot 1 \cdot 46(0,3)^{0,32} = 31^\circ;$$

$$c_n = k_2 k_\rho 79 M_T^{0,32} / (I + I_L)^{3,62} = 1 \cdot 1 \cdot 79 \cdot 0,32^{0,32} / (1 + 0,03)^{3,62} = 49 \text{ кПа.}$$

Для условий неконсолидированного среза – по формулам (10) и (12) :

$$\varphi'_n = k_1 k_\varphi 37(0,234)^{M_T} = 1 \cdot 1 \cdot 37 \cdot (0,234)^{0,32} = 23^\circ;$$

$$c'_n = k_2 k_\rho 87 M_T^{0,51} / (1 + I_L)^{3,85} = 87 \cdot 0,32^{0,51} / (1 + 0,03)^{3,85} = 43 \text{ кПа.}$$

Модуль деформации грунта определяем по формуле (14) :

$$E = k_E k_L k_\rho 1 / (0,088 M_T - 0,15 M_T I_p + 0,017) = 1 \cdot 0,933 \cdot 1 \cdot 1 / (0,088 \cdot 0,32 - 0,15 \cdot 0,32 \cdot 0,223 + 0,017) = 27 \text{ МПа.}$$

## Пример 2

Наименование грунта: элювиальный щебень с суглинком. По результатам испытаний коэффициент истираемости крупнообломочных фракций грунта  $k_e = 0,17$ .

Физические характеристики заполнителя: естественная влажность в долях единицы  $w_1 = 0,245$ , влажность на границе текучести  $w_L = 0,37$ , влажность на границе раскатывания  $w_p = 0,228$ , плотность грунта  $\rho = 2 \text{ т}/\text{м}^3$ .

### Зерновой состав природного грунта

Крупность частиц, мм	при содержании частиц, %:
40 . . . . .	5
40–20 . . . . .	28,5

20–10 . . . . .	19,2
10–5 . . . . .	4,1
5–2 . . . . .	3,2
2–1 . . . . .	1,2
1–0,5 . . . . .	0,8
0,5 – 0,05 . . . . .	1,2
0,05–0,005 . . . . .	26,6
менее 0,005 . . . . .	10,2

Число пластичности заполнителя (в долях единицы) составит

$$I_p = 0,37 - 0,228 = 0,142.$$

Показатель текучести заполнителя

$$I_L = (0,245 - 0,228) / 0,142 = 0,12.$$

Физический эквивалент грунта при  $p_1 = 40\%$ ,  $p_2 = 60\%$  и установленных выше значениях числа пластичности и показателя текучести

$$m_T = 40 / 60 \cdot 0,142 (1 + 0,12) = 0,106.$$

Определяем следующие значения нормативных характеристик грунта:  
для условий консолидированного среза по формулам (6) и (9) с использованием кривой 1 рис. 1 и рис. 3:

$$\varphi_n = k_1 k_\varphi \varphi_{n1} = 1 \cdot 0,813 \cdot 40 = 32^0;$$

$$c_n = k_2 k_\rho c_{n1} = 1 \cdot 0,89 \cdot 26 = 23 \text{ кПа};$$

для условий неконсолидированного среза по формулам (11) и (13) с использованием кривой 2 рис. 1 и рис. 4:

$$\varphi'_n = k_1 k_\varphi \varphi_{n2} = 1 \cdot 0,813 \cdot 31,5 = 26^0;$$

$$c'_n = k_2 k_\rho c_{n2} = 1 \cdot 0,89 \cdot 18 = 16 \text{ кПа};$$

модуль деформации грунта по формуле (15) с использованием табл. 3 прил. 2

$$E = k_E k_\rho E_1 = 0,932 \cdot 0,89 \cdot 30 = 25 \text{ МПа.}$$

### Пример 3

Наименование грунта: аллювиальный гравий с супесью.

Физические характеристики заполнителя: естественная влажность в долях единицы  $w_1 = 0,272$ , влажность на границе текучести  $w_L = 0,3$ , влажность на границе раскатывания  $w_p = 0,24$ , плотность грунта  $\rho = 2,15 \text{ т/m}^3$ , коэффициент истираемости обломков  $k_\theta = 0,1$ .

### Зерновой состав грунта

Крупность частиц, мм	при содержании частиц, %
40–20 . . . . .	5
20–10 . . . . .	4
10–5 . . . . .	35,5
5–2 . . . . .	15,3
2–1 . . . . .	11,8
1–0,5 . . . . .	6,1
0,5–0,05 . . . . .	7,8
0,05–0,005 . . . . .	9,2
менее 0,05 . . . . .	5,3

Число пластиичности заполнителя (в долях единицы) составит

$$I_p = 0,3 - 0,24 = 0,06.$$

Показатель текучести

$$I_L = (0,272 - 0,240) / 0,06 = 0,53.$$

Физический эквивалент грунта

$$m_T = 40,2 / 59,8 \cdot 0,06 (1 + 0,53) = 0,062.$$

Определяем следующие нормативные характеристики грунта:  
для условий консолидированного среза – по формулам (6) и (9) :

$$\varphi_n = 0,88 \cdot 0,88 \cdot 42,5 = 33^\circ; c_n = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 65 = 56 \text{ кПа};$$

для условий неконсолидированного среза – по формулам (11) и (13) :

$$\varphi'_n = 0,88 \cdot 0,88 \cdot 33,5 = 26^\circ; c'_n = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 4 = 3 \text{ кПа};$$

модуль деформации грунта – по формуле (15) с использованием табл. 3 прил. 2

$$E = k_E k_\rho E_1 = 1 \cdot 0,97 \cdot 37 = 36 \text{ МПа}.$$