

Министерство образования и науки РФ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра строительных конструкций, оснований и фундаментов

## **МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

*Методические указания  
для выполнения лабораторных работ по теме  
«Физические свойства глинистых и песчаных грунтов»  
для студентов специальности  
270102 - «Промышленное и гражданское строительство»*

Воронеж 2010

УДК 624.131 ( 07)  
ББК 38.58 я7

Составитель О.И. Янина

**Механика грунтов:** метод. указания к выполнению лабораторных работ по теме «Физические свойства глинистых и песчаных грунтов» для студ. спец. 270102 /Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: О.И. Янина. - Воронеж, 2010. - 26 с.

Приведены краткие теоретические сведения и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Механика грунтов»

Предназначены для студентов специальности 270102 « Промышленное и гражданское строительство » всех форм обучения.

Ил. 8. Табл. 20. Библиогр.: 7 назв.

УДК 624.131 ( 07)  
ББК 38.58 я7

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета*

**Рецензент** – М.С. Ким, к.т.н., доц. кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов ВГАСУ

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для подготовки и выполнения лабораторных работ по дисциплине «Механика грунтов» в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования Министерства образования и науки РФ №12 от 07 марта 2000 г. и учебным планом ВГАСУ по специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство».

В работе приведены краткие теоретические сведения о физических свойствах глинистых и песчаных грунтов, необходимые для получения представления об исследуемых показателях.

Методики лабораторного определения показателей физических свойств глинистых и песчаных грунтов, изложенные в данной работе, соответствуют ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» [1]. В приложениях представлены классификации, определяющие разновидности глинистых и песчаных грунтов по ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» [2].

Лабораторные работы оформляются в журналах: делаются записи о процессе выполнения лабораторных работ, о результатах обработки и анализируются полученные значения показателей свойств грунтов.

### ТЕМА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Основными характеристиками физических свойств глинистых грунтов являются *плотность, влажность и пластичность*.

**Влажность грунта  $W$**  - отношение массы воды, содержащейся в грунте, к массе твердых частиц грунта. Единица измерения влажности  $W$  - проценты (%) или доли единицы.

**Пластичность грунта** - способность грунта изменять свою форму без разрыва сплошности или образования трещин под влиянием внешнего воздействия и сохранять эту форму после прекращения этого воздействия. В зависимости от изменения влажности грунт может находиться в трех различных состояниях (консистенциях) - твердом, пластичном и текучем.

Количественно пластичность грунта характеризуется значениями влажностей на границах текучести  $W_L$  и раскатывания  $W_P$ . *Граница текучести  $W_L$*  - влажность, при которой грунт находится на границе между пластичным состоянием и текучим. *Граница раскатывания  $W_P$*  - влажность, при которой грунт находится на границе между пластичным состоянием и твердым.

Единица измерения влажностей  $W_L$  и  $W_P$  - проценты (%).

**Плотность грунта  $\rho$**  - это отношение массы грунта при естественной влажности и сложения к объему, занимаемому этим грунтом.

**Плотность частиц грунта  $\rho_s$**  - масса единицы объема твердых (скелетных) частиц грунта.

Единица измерения плотностей  $\rho$  и  $\rho_s$  - г/см<sup>3</sup>.

Показатели физических свойств глинистых грунтов  $W$ ,  $W_L$ ,  $W_P$ ,  $\rho$  и  $\rho_s$  определяются при лабораторных исследованиях [1]. Эти показатели называют лабораторными.

**Производные (расчетные)** показатели физических свойств глинистых грунтов: число пластичности  $I_P$ , показатель текучести  $I_L$ , плотность скелета грунта  $\rho_d$ , коэффициент пористости  $e$  и коэффициент водонасыщения  $S_r$  - рассчитываются по формулам [2, 3] по нормативным значениям  $W$ ,  $W_L$ ,  $W_P$  и  $\rho$ .

**Число пластичности  $I_P$**  - разность влажностей на границе текучести  $W_L$  и границе раскатывания  $W_P$ . Оно определяет диапазон влажностей, в котором грунт находится в пластичном состоянии. Единица измерения  $I_P$  - проценты (%).

**Показатель текучести  $I_L$**  - отношение разности влажностей, соответствующих состояниям грунта при естественной влажности и влажности на границе раскатывания к числу пластичности. Этот показатель характеризует пластическое состояние (консистенцию) грунта.

**Плотность скелета грунта  $\rho_d$**  - это плотность сухого грунта, определяемая отношением массы грунта за вычетом массы воды в его порах к его первоначальному объему. Единица измерения плотности  $\rho_d$  - г/см<sup>3</sup>

**Коэффициент пористости  $e$**  - отношение объема пор к объему твердых частиц грунта.

**Коэффициент водонасыщения  $S_r$**  - степень заполнения пор грунта водой.

**Классификационными показателями** глинистых грунтов согласно ГОСТ 25100-95 [3] являются число пластичности  $I_P$  и показатель текучести  $I_L$ :  
- по значению  $I_P$  глинистые грунты разделяют на супеси, суглинки и глины;  
- по значению  $I_L$  определяют консистенцию глинистых грунтов: твердая, пластичная и текучая.

Выполнение лабораторных работ и обработка полученных результатов производится в определенной последовательности, представленной на рис. 1.

**Лабораторные определения показателей физических свойств глинистого грунта  $W$ ,  $W_L$ ,  $W_P$ ,  $\rho$**  - см. лаб. раб. № 1...5

**Расчет производных показателей физического состояния глинистого грунта  $I_P$ ,  $I_L$ ,  $\rho_d$ ,  $e$ ,  $S_r$**  - см. лаб. раб. № 6

**Определение разновидностей глинистого грунта по  $I_P$  и  $I_L$  по ГОСТ 25100-95** - см. табл. П.1.1...П.1.3

Рис.1. Алгоритм выполнения работ

## Лабораторная работа № 1

### Определение влажности грунта $W$ методом высушивания до постоянной массы

#### 1.1. Цель работы

Определение влажности грунта  $W$ .

#### 1.2. Приборы, оборудование и материалы

Шкаф сушильный с термометром со шкалой от  $0^{\circ}$  до  $200^{\circ}\text{C}$ , эксикатор с хлористым кальцием  $\text{CaCl}_2$ , бюксы, шпатель, нож, щипцы тигельные и весы лабораторные.

#### 1.3. Порядок выполнения работы

1. Взвесить пустой бюкс с точностью до  $0,01$  г ( $m_0$ ).
2. Поместить в бюкс пробу грунта массой  $15\dots 50$  г, закрыть крышкой и взвесить ( $m_1$ ).
3. Открыть бюкс и вместе с крышкой поставить в сушильный шкаф. Сушить бюкс в шкафу при температуре  $t$  равной  $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  в течение 5 ч.
4. Охладить бюкс после высушивания в эксикаторе с хлористым кальцием  $\text{CaCl}_2$  до комнатной температуры и взвесить ( $m_2$ ).
5. Провести повторное высушивание бюкса с грунтом в течение 2 ч и взвесить. Расхождение результатов двух последующих взвешиваний не должно превышать  $0,02$  г.
6. Результаты выполнения работы с расчетом влажности  $W$  оформляются в журнале - табл. 1.

Таблица 1

#### Журнал определения влажности грунта $W$

Но- мер опы- та	Но- мер бюк- са	Масса пустого бюкса с крышкой	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой	Масса высушен- ного грунта с бюксом и крышкой	Влажность	
					$W = [(m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)] 100\%$	
		$m_0, \text{г}$	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	отдельной пробы	нормативное значение
					$W_i, \%$	$W, \%$

## Лабораторная работа №2

### Определение влажности грунта на границе текучести $W_L$ методом балансирующего конуса

#### 2.1. Цель работы

Определение влажности грунта на границе текучести  $W_L$ .

#### 2.2. Приборы, оборудование и материалы

Балансирный конус (рис. 2), шкаф сушильный, два эксикатора, один из них с хлористым кальцием  $CaCl_2$ , бюксы, шпатель, щипцы тигельные, весы лабораторные, ступка и чашка фарфоровые, вазелин технический, секундомер, пипетка, вода дистиллированная и сито №1.

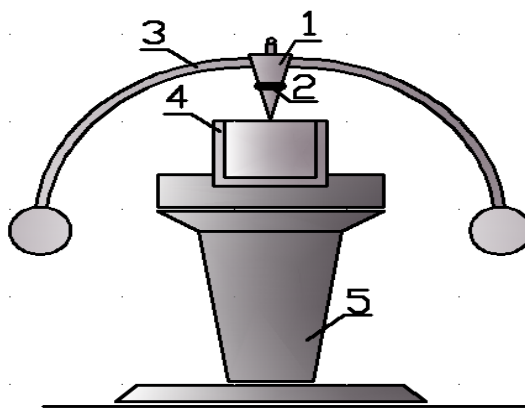


Рис 2. Балансирный конус:

- 1- металлический пенетрационный конус с углом при вершине  $30^0$ ;
- 2- кольцевая риска на высоте 10 мм от вершины конуса;
- 3- балансирующая дуга с двумя противовесами;
- 4- чашка для грунтовой пасты; 5- подставка

#### 2.3. Порядок выполнения работы

1. Подготовить грунт к исследованию:
  - высушить на воздухе в течение суток;
  - просеять через сито №1 для удаления растительных остатков более 1 мм;
  - приготовить пасту из грунта, добавив дистиллированной воды. Приготовленную грунтовую пасту выдержать в эксикаторе в течение 2 ч.

2. Заполнить грунтовой пастой чашку для грунта (рис. 2). Грунт укладывать плотно, небольшими порциями. Поверхность грунта заглаживать шпателем вровень

с краями чашки. Балансирный конус смазать тонким слоем вазелина. Поднести конус к поверхности грунтовой пасты, плавно опустить в грунт и определить глубину погружения конуса через 5 с.

3. Выполнить требования к проведению испытаний:

- при погружении конуса на глубину 10 мм за 5 с грунт имеет влажность, соответствующую влажности на границе текучести  $W_L$ ;
- при погружении конуса на глубину менее 10 мм необходимо грунтовую пасту извлечь из чашки, добавить пипеткой по каплям воду, тщательно перемешать, выдержать в эксикаторе 2 ч и повторить испытание;
- при погружении на глубину более 10 мм следует грунтовую пасту переложить в фарфоровую чашку, подсушить на воздухе, непрерывно перемешивая шпателем, и повторить испытание.

4. Отобрать из чашки пробу грунта массой 15...20 г для определения влажности на границе текучести  $W_L$  методом высушивания до постоянной массы по методике лабораторной работы №1.

5. Результаты выполнения работы с расчетом влажности на границе текучести  $W_L$  оформляются в журнале - табл. 2.

Таблица 2

*Журнал определения влажности грунта на границе текучести  $W_L$*

Но- мер опы- та	Но- мер бюк- са	Масса пустого бюкса с крышкой  $m_0, г$	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой  $m_1, г$	Масса высушен- ного грунта с бюксом и крышкой  $m_2, г$	Влажность $W_L = [(m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)] 100\%$	
					отдельной пробы  $W_i, \%$	нормативное значение  $W, \%$

### Лабораторная работа № 3

#### Определение влажности грунта на границе раскатывания $W_p$ методом раскатывания грунта в жгут

##### 3.1. Цель работы

Определение влажности грунта на границе раскатывания  $W_p$ .

##### 3.2. Приборы, оборудование и материалы

Пластина стеклянная, шкаф сушильный, эксикатор с хлористым кальцием  $CaCl_2$ , бюксы, шпатель, щипцы тигельные и весы лабораторные.

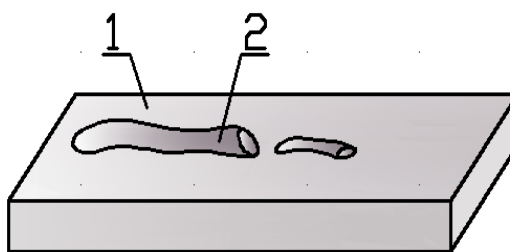


Рис. 3 Раскатывание грунта в жгут на стеклянной пластине:  
1- пластина стеклянная; 2- жгут из грунтовой пасты ( $d=3$  мм)

### 3.3. Порядок выполнения работы

1. Подготовка грунта: подсушить грунтовую пасту (40...50 г), оставшуюся от определения влажности на границе текучести  $W_L$ . Пасту сушить на воздухе, перемешивая шпателем или между ладонями.

2. Раскатать пасту на стеклянной пластине в жгуты  $d=3,0$  мм (рис.3).

3. Выполнить требования к проведению испытаний:

- при сохранении сплошности и пластичности жгутов подсушить грунт и вновь раскатать в жгуты.

- при распадении жгутов по поперечным трещинам на отдельные кусочки длиной 3...10 мм грунт имеет влажность, соответствующую влажности на границе раскатывания  $W_p$ .

4. Собрать кусочки жгутов (10...15 г) в бюкс для определения влажности на границе раскатывания  $W_p$  по методике лабораторной работы №1.

5. Результаты выполнения работы с расчетом влажности на границе раскатывания  $W_p$  оформляются в журнале - табл. 3.

Таблица 3

Журнал определения влажности грунта на границе текучести  $W_p$

Но- мер опы- та	Но- мер бюк- са	Масса пустого бюкса с крышкой  $m_0, г$	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой  $m_1, г$	Масса высушен- ного грунта с бюксом и крышкой  $m_2, г$	Влажность $W_p = [(m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)] 100\%$	
					отдельной пробы  $W_i, \%$	нормативное значение  $W, \%$



## Лабораторная работа № 4

### Определение плотности грунта $\rho$ методом режущего кольца

#### 4.1. Цель работы

Определение плотности грунта  $\rho$ .

#### 4.2. Приборы, оборудование и материалы

Кольцо-пробоотборник ( $V=140\text{см}^3$ ), нож, линейка, пресс винтовой, пластины из тонкого стекла, вазелин технический и весы лабораторные.

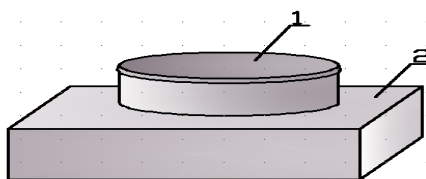


Рис. 4. Заполнение кольца-пробоотборника грунтом:  
1- кольцо; 2- грунт

#### 4.3. Порядок выполнения работы

1. Взвесить пустое кольцо и стеклянные пластины ( $m_1$ , г).
2. Заполнить кольцо грунтом, установив его на поверхность грунта (рис. 4). Удалить грунт вокруг кольца ножом, зачистить поверхность грунта вровень с краями кольца и закрыть торцы стеклянными пластинами. Взвесить кольцо с грунтом и пластинами ( $m_2$ , г).
3. Результаты выполнения работы с расчетом плотности  $\rho$  оформляются в журнале - табл. 4.

Таблица 4

#### Журнал определения плотности грунта $\rho$

Но- мер опы- та	Но- мер коль- ца	Масса кольца и пластин  $m_1, \text{г}$	Масса кольца с грунтом и пласти- нами  $m_2, \text{г}$	Объем грунта  $V, \text{см}^3$	Плотность $\rho = (m_2 - m_1)/V, \text{г/см}^3$	
					отдельной пробы  $\rho_i, \text{г/см}^3$	нормативное значение  $\rho, \text{г/см}^3$

## Лабораторная работа № 5

### Определение плотности грунта $\rho$ методом взвешивания в воде парафинированного образца

#### 5.1. Цель работы

Определение плотности грунта  $\rho$ .

#### 5.2. Приборы, оборудование и материалы

Парафин, нож, нить, стакан с водой и весы лабораторные.

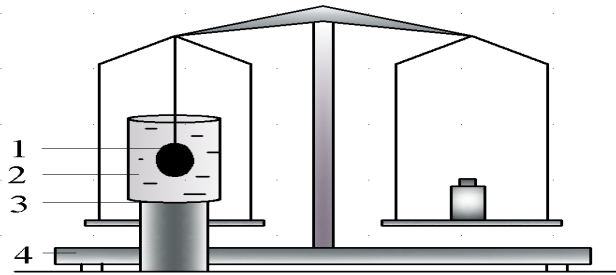


Рис. 5. Взвешивание в воде парафинированного образца:  
1- образец на нити; 2 – стакан с водой; 3 – подставка; 4 – весы

#### 5.3. Порядок выполнения работы

1. Вырезать из грунта образец овальной формы объемом около  $30 \text{ см}^3$ , перевязать его нитью крест-накрест и взвесить ( $m_0$ , г).
2. Парафинировать грунт: образец грунта опустить на 1...2 с в парафин разогретый до температуры  $t = 57...60^\circ\text{C}$ ; нарастить оболочку парафина толщиной до  $0.5...1,0 \text{ мм}$ ; охладить на воздухе и взвесить парафинированный образец ( $m_1$ , г).
3. Взвесить парафинированный образец в стакане с водой (рис. 4), подвесив его на нити к коромыслу весов ( $m_2$ , г).
4. Результаты выполнения работы с расчетом плотности  $\rho$  оформляются в журнале - табл. 5.

Таблица 5

#### Журнал определения плотности грунта $\rho$

Но- мер опы- та	Масса образца  $m_0$ , г	Масса парафи- нирован- ного образца  $m_1$ , г	Масса парафи- нирован- ного об- разца в воде  $m_2$ , г	Плотность*	
				$\rho = \rho_{\text{п}} m_0 / [\rho_{\text{п}} (m_1 - m_2) - (m_1 - m_0) \rho_w]$ , г/см <sup>3</sup>	
				плотность отдельной пробы $\rho_i$ , г/см <sup>3</sup>	нормативное значение плотности $\rho$ , г/см <sup>3</sup>

**Примечание\***: плотность парафина  $\rho_{\text{п}} = 0,9 \text{ г/см}^3$ ; плотность воды  $\rho_w = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

## Лабораторная работа № 6

### Определение разновидностей глинистого грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95

#### 6.1. Цель работы

Определение разновидностей глинистого грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95.

#### 6.2. Приборы, оборудование и материалы

Калькулятор, ГОСТ 25100-95.

#### 6.3. Порядок выполнения работы

1. Рассчитать производные показатели характеристик физического состояния грунта по нормативным значениям влажности  $W$ , влажности на границе текучести  $W_L$ , влажности на границе раскатывания  $W_P$  и плотности  $\rho$ , полученным при выполнении лаб. раб. № 1...5, по формулам 6.1...6.5.

$$\text{Число пластичности } I_p = W_L - W_P, \quad (6.1)$$

где  $W_L$  - влажность на границе текучести, %;

$W_P$  - влажность на границе раскатывания, %.

$$\text{Показатель текучести } I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}, \quad (6.2)$$

где  $W$  - влажность грунта, %.

$$\text{Плотность скелета грунта } \rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad (6.3)$$

где  $\rho$  - плотность грунта, г/см<sup>3</sup>.

$$\text{Коэффициент пористости } e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (6.4)$$

где  $\rho_s$  - плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>. Для супесей - 2,70 г/см<sup>3</sup>, для суглинков - 2,71 г/см<sup>3</sup>, для глин - 2,74 г/см<sup>3</sup>.

$$\text{Коэффициент водонасыщения } S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad (6.5)$$

где  $\rho_w = 1,00$  г/см<sup>3</sup> - плотность воды.

2. Определить разновидности грунта по числу пластичности  $I_P$ , показателю текучести  $I_L$  и относительной деформации морозного пучения  $e_{fn}$  согласно ГОСТ 25100-95 (табл. П.1.1... П.1.3).

3. Написать номенклатурное наименование грунта по его разновидностям.

4. Результаты работы оформляются в табл. 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1

*Расчет производных показателей физических свойств глинистого грунта*

Нормативные значения показателей физического состояния глинистого грунта (по лабораторным определениям)				Производные показатели физических свойств глинистого грунта				
$W$ , %	$W_L$ , %	$W_p$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$I_p = W_L - W_p$ , %	$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}$	$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}$ , г/см <sup>3</sup>	$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$

Таблица 6.2

*Определение разновидностей глинистого грунта по ГОСТ 25100-95*

Значения классификационных показателей	Разновидности глинистого грунта
Число пластичности $I_P =$ _____ %	
Показатель текучести $I_L =$ _____	
Относительная деформация пучения $e_{fn} =$ _____	
Номенклатурное наименование грунта по ГОСТ 25100-95 - _____	

### Вопросы для контроля знаний

#### по теме «Физические свойства глинистых грунтов»

1. Перечислить основные характеристики физических свойств грунтов.
2. Какие показатели физических свойств глинистых грунтов определяются при лабораторных исследованиях, а какие вычисляются по формулам?
3. Что называют влажностью грунта  $W$ , плотностью грунта  $\rho$  и плотностью частиц грунта  $\rho_s$ ?
4. Какие показатели определяют пластичность глинистого грунта?
5. Перечислить методы определения показателей  $W$ ,  $W_L$ ,  $W_p$ ,  $\rho$ .
6. Какие разновидности глинистых грунтов выделяют по классификациям ГОСТ 25100-95.

### Литература [2...4]

## ТЕМА 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Для песчаных грунтов основными характеристиками физических свойств являются *гранулометрический состав, влажность и плотность*.

**Гранулометрический состав  $G$**  - содержание частиц различных размеров по отношению к массе абсолютно сухого грунта, выраженное в процентах.

Размер частиц определяется их диаметром  $d$ , мм. Группы частиц определенного размера называют *фракциями*. В песчаных грунтах выделяют следующие фракции:  $> 2$  мм;  $2 \dots 0,5$  мм;  $0,5 \dots 0,25$  мм;  $0,25 \dots 0,1$  мм;  $< 0,1$  мм.

Показателем неоднородности песчаного грунта является *степень неоднородности  $C_U$* , которая определяется отношением  $d_{60}/d_{10}$ . «Действующий» (эффективный) диаметр  $d_{10}$  - размер частиц, меньше которого в данном грунте содержится 10% частиц по массе. Под «контролирующим» диаметром  $d_{60}$  понимают размер частиц, меньше которого в данном грунте содержится 60% частиц по массе. Значение диаметров  $d_{60}$  и  $d_{10}$  определяют по суммарной кривой, построенной по результатам определения гранулометрического состава (рис. 6).

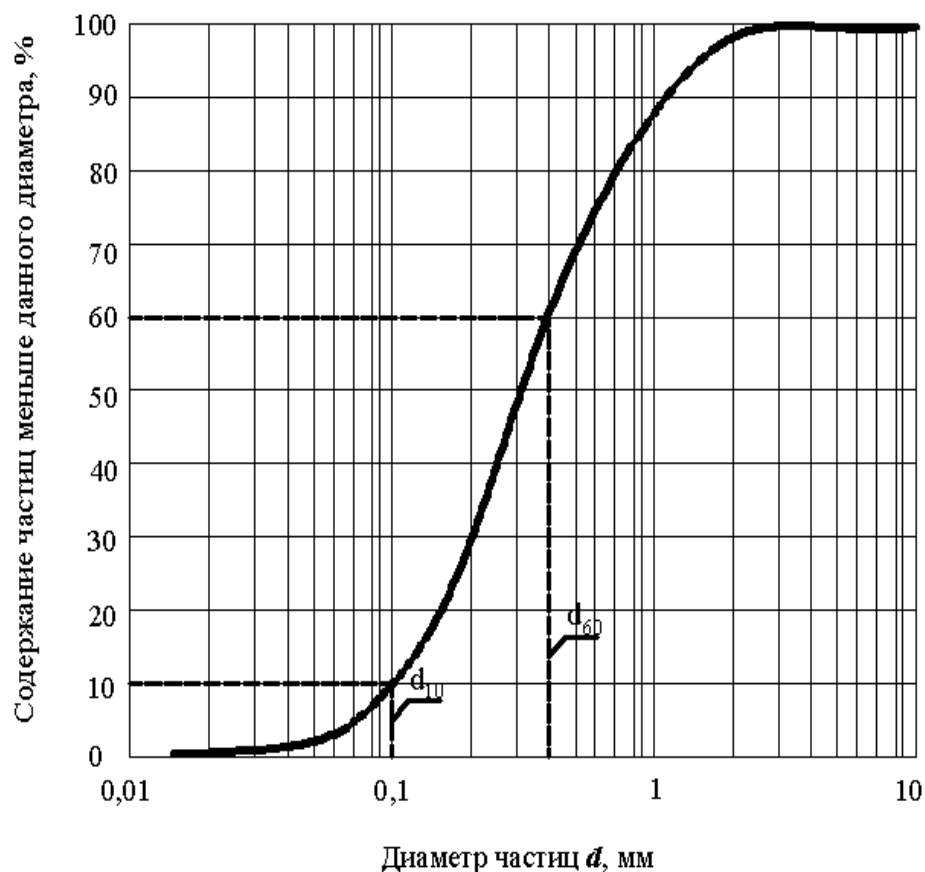


Рис. 6. Суммарная кривая гранулометрического состава:  $d_{10}$  - «действующий» диаметр;  $d_{60}$  - «контролирующий» диаметр

Показатели физических свойств песчаных грунтов: гранулометрический состав  $G$ , влажность  $W$ , плотность  $\rho$  и плотность частиц  $\rho_s$  - определяются при лабораторных исследованиях в соответствии с ГОСТ 5180-84 и 12536-79 [1, 4], и они называются *лабораторными*.

По нормативным значениям  $W$ ,  $\rho$  и  $\rho_s$  рассчитываются по формулам *производные (расчетные)* показатели физических свойств песчаных грунтов [2,3]: *плотность скелета грунта*  $\rho_d$ , *коэффициент пористости*  $e$  и *коэффициент водонасыщения*  $S_r$ .

Определения показателей  $W$ ,  $\rho$ ,  $\rho_s$ ,  $\rho_d$ ,  $e$ ,  $S_r$  даны в теме 1.

*Классификационными показателями* для песчаного грунта согласно ГОСТ 25100-95 [3] являются коэффициент пористости  $e$ , коэффициент водонасыщения  $S_r$ , гранулометрический состав  $G$  и степень неоднородности  $C_U$ . По этим показателям определяются *разновидности* песчаных грунтов (табл. П.2.1 ...П.2.5) и их *номенклатурное наименование*.

Выполнение лабораторных работ и обработка полученных результатов производится в определенной последовательности, представленной на рис. 7.

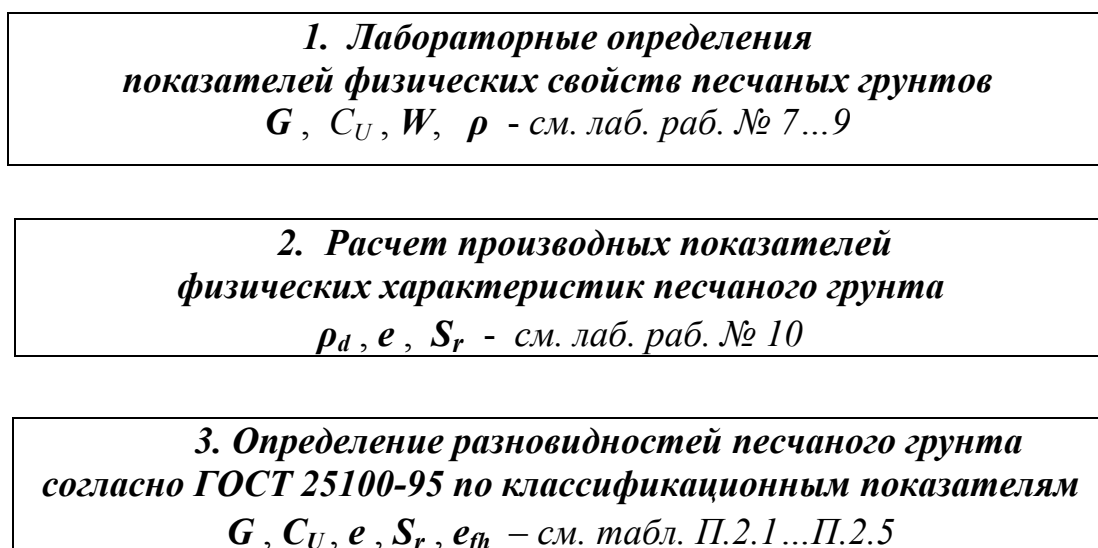


Рис.7. Алгоритм выполнения работ

## Лабораторная работа № 7

### Определение гранулометрического состава $G$ песчаных грунтов ситовым методом

#### 7.1. Цель работы

Определение гранулометрического состава  $G$  песчаных грунтов.

#### 7.2. Средства и оборудование

Набор стандартных сит с размерами отверстий 2,0; 0,5; 0,25; 0,1 мм, весы лабораторные, ступка, пестик с резиновым наконечником, фарфоровая чашка, ложка, лист бумаги, шпатель, миллиметровая бумага, линейка.



Рис. 8. Набор стандартных сит

#### 7.3. Порядок выполнения работы

1. Подготовить к анализу среднюю пробу песчаного грунта методом квартования: пробу массой 3,0 кг насыпать тонким слоем на лист плотной бумаги и разделить шпателем на четыре квадрата; песок из двух противоположных квадратов удалить, а из двух оставшихся взять пробу грунта: 100 г - для песков, не содержащих частиц крупнее 2,0 мм; 500 г - для песков, содержащих частицы крупнее 2,0 мм до 10%; 1000 г - для песков, содержащих частицы крупнее 2,0 мм до 30% .

2. Растереть отобранную пробу песка в фарфоровой ступке для удаления агрегатов и просеять грунт ручным способом через набор сит в течение 5...10 мин. Чистоту просеивания каждого сита проверить над листом бумаги.

3. Взвесить пустую фарфоровую чашку ( $m_1$ , г) и затем на этой чашке взвесить песок с каждого сита и поддона ( $m_2$ , г).

4. Результаты выполненной работы и их обработка оформляются в журнале - табл. 7.

Журнал определения гранулометрического состава  $G$ 

Наименование	Диаметр отверстий сит, мм				
	2	0,5	0,25	0,1	под-дон
	Размеры фракций, мм				
	>2	2- 0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
Масса пробы песка $m_0$ , г					
Масса пустой чашки $m_1$ , г					
Масса чашки с фракцией грунта $m_2$ , г					
Масса фракции грунта $m_3 = m_2 - m_1$ , г					
Гранулометрический состав $G = (m_3 / m_0) 100 \%$					
Содержание частиц <b>крупнее</b> данного диаметра, %					
Содержание частиц <b>менее</b> данного диаметра, %					
«Контролирующий» диаметр $d_{60} =$					
«Действующий» диаметр $d_{10} =$					

5. Построить суммарную кривую гранулометрического состава в полулогарифмическом масштабе (рис. 7) по результатам ситового анализа:

- по оси абсцисс отложить размеры диаметров частиц в миллиметрах, пропорциональные логарифмам. Принимаем, что значение  $\lg 10 = 1$  соответствует отрезку длиной 4,0 см, тогда  $\lg 2 - 1,2$  см,  $\lg 3 - 1,9$  см,  $\lg 4 - 2,4$  см,  $\lg 5 - 2,8$  см,  $\lg 6 - 3,1$  см,  $\lg 7 - 3,4$  см,  $\lg 8 - 3,7$  см,  $\lg 9 - 3,8$  см. Эти отрезки откладываются по оси абсцисс от начала координат;

- по оси ординат - значения суммарного содержания частиц *меньше* данного диаметра в масштабе 1 см равен 10 %.

6. Определить по суммарной кривой гранулометрического состава значения диаметров  $d_{60}$  и  $d_{10}$ .

## Лабораторная работа № 8

Определение влажности песчаного грунта  $W$  методом высушивания до постоянной массы

## 8.1. Цель работы

Определение влажности песчаного грунта  $W$ .

## 8.2. Приборы, оборудование и материалы

Шкаф сушильный с термометром со шкалой от  $0^\circ$  до  $200^\circ\text{C}$ , эксикатор с хлористым кальцием  $\text{CaCl}_2$ , пронумерованные алюминиевые стаканчики с крышками (бюксы), шпатель, нож, щипцы тигельные и весы лабораторные.



### 8.3. Порядок выполнения работы

1. Выполнить работу по методике, изложенной в лаб. раб. № 1.
2. Результаты выполненной работы оформляются в журнале - табл. 8.

Таблица 8

Журнал определения влажности грунта  $W$

Но- мер опы- та	Но- мер бюк- са	Масса пустого бюкса с крышкой  $m_0, г$	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой  $m_1, г$	Масса высушен- ного грунта с бюксом и крышкой  $m_2, г$	Влажность $W = [(m_1 - m_2) / (m_2 - m_0)] 100\%$	
					отдельной пробы  $W_i, \%$	нормативное значение  $W, \%$

### Лабораторная работа № 9

#### Определение плотности песчаного грунта $\rho$ методом режущего кольца

##### 9.1. Цель работы

Определение плотности песчаного грунта  $\rho$ .

##### 9.2. Приборы, оборудование и материалы

Кольцо-пробоотборник объемом  $V=150 \text{ см}^3$ , нож, линейка, пресс винтовой, пластины из тонкого стекла, вазелин технический.

##### 9.3. Порядок выполнения работы

1. Выполнить работу по методике, приведенной в лаб. раб. №4.
2. Результаты выполненной работы с расчетом плотности  $\rho$  оформляются в журнале - табл. 9.

Таблица 9

Журнал определения плотности грунта  $\rho$

Но- мер опы- та	Но- мер коль- ца	Масса кольца и пласти- нок  $m_1, г$	Масса кольца с грунтом и пласти- нами  $m_2, г$	Объем грунта  $V, \text{ см}^3$	Плотность $\rho = (m_2 - m_1) / V, г/\text{см}^3$	
					отдельной пробы  $\rho_i, г/\text{см}^3$	нормативное значение  $\rho, г/\text{см}^3$

## Лабораторная работа № 10

### Определение разновидностей песчаного грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95

#### 10.1. Цель работы

Определение разновидностей песчаного грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95.

#### 10.2. Приборы, оборудование и материалы

Калькулятор, ГОСТ 25100-95.

#### 10.3. Порядок выполнения работы

1. Рассчитать производные показатели характеристик физического состояния грунта по нормативным значениям влажности  $W$  и плотности  $\rho$ , полученным при выполнении лаб. раб. № 8 и 9, по формулам 10.1...10.3.

$$\text{Плотность скелета грунта } \rho_d = \frac{\rho}{1+W}, \quad (10.1)$$

где  $\rho$  - плотность грунта, г/см<sup>3</sup>.

$$\text{Коэффициент пористости } e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (10.2)$$

где  $\rho_s$  - плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>. Для песков -  $\rho_s = 2,66$  г/см<sup>3</sup>.

$$\text{Коэффициент водонасыщения } S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad (10.3)$$

где  $\rho_w = 1,00$  г/см<sup>3</sup> - плотность воды.

2. Определить разновидности песчаного грунта по следующим классификационным показателям: гранулометрический состав  $G$ , степень неоднородности  $C_u$ , коэффициент пористости  $e$ , коэффициент водонасыщения  $S_r$  и относительная деформация морозного пучения  $e_{fn}$  согласно ГОСТ 25100-95 (табл.П.2.1...П.2.6). Написать номенклатурное наименование грунта.

3. Результаты выполненной работы оформляются в журналах - табл. 10.1 и 10.2

Таблица 10.1

*Расчет производных показателей физических свойств песчаного грунта*

Нормативные значения показателей физических свойств песчаного грунта (по лабораторным исследованиям)		Производные показатели физических свойств песчаного грунта		
$W$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$ , г/см <sup>3</sup>	$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$	$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$

Определение разновидностей песчаного грунта по классификациям ГОСТ 25100-95

Значения классификационных показателей	Разновидности песчаного грунта
Грансостав $G$ : содержание фракции крупнее _____ мм составляет _____ %	
Степень неоднородности $C_U = d_{60}/d_{10} =$ _____	
Коэффициент пористости $e =$ _____	
Коэффициент водонасыщения $S_r =$ _____	
Относительная деформация морозного пучения $e_{fh} =$ _____	
Номенклатурное наименование грунта по ГОСТ25100-95 – _____	

**Вопросы для контроля знаний по теме  
«Физические свойства песчаных грунтов»**

1. Перечислить основные характеристики физических свойств песчаных грунтов.
2. Что называют гранулометрическим составом  $G$ , влажностью грунта  $W$ , плотностью грунта  $\rho$  и плотности частиц грунта  $\rho_s$ ?
3. Что называют плотностью скелета грунта  $\rho_d$ , коэффициентом пористости  $e$  и коэффициентом водонасыщения  $S_r$ .
4. Какие показатели физических свойств песчаных грунтов определяются при лабораторных исследованиях, а какие вычисляют по формулам?
5. Какие показатели физических свойств песчаных грунтов определяются при лабораторных исследованиях, а какие вычисляют по формулам?
6. Перечислить методы определения показателей  $G$ ,  $W$  и  $\rho$ .
7. Как построить суммарную кривую гранулометрического состава  $G$ ?
8. Что называют «контролирующим» диаметром  $d_{60}$  и «эффективным» диаметром  $d_{10}$ .
9. Какие разновидности песчаных грунтов выделяют по классификациям ГОСТ 25100-95?

**Литература [2...4]**

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. - М.: Изд-во стандартов, 2005. -24с.
2. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.- М.: Изд-во стандартов, 1996.-30с.
3. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. - М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. -43с.
4. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состояния. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 24с.
- 5 Механика грунтов [Электронный ресурс]: журналы для выполнения лаб. работ по механике грунтов для студ. спец. 270102 – «ПГС», №619 /Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; состав.:О.И. Янина. – Воронеж, 2010. - 22 с.
6. Ким, М.С. Основы механики грунтов / М.С. Ким. Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2006, 100 с.
7. Алексеев, В.М. Физико-механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения / В.М. Алексеев, П.И. Калугин / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2009, 89 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Разновидности глинистых грунтов по ГОСТ 25100-95

Таблица П.1.1

*Разновидности глинистых грунтов  
по числу пластичности  $I_p$*

<i>Число пластичности <math>I_p</math>, %</i>	<i>Разновидности грунта по <math>I_p</math></i>
$1 < I_p \leq 7$	<i>супесь</i>
$7 < I_p \leq 17$	<i>суглинок</i>
$I_p > 17$	<i>глина</i>

Таблица П.1.2

*Разновидности глинистых грунтов  
по показателю текучести  $I_L$*

<i>Наименование грунта по <math>I_p</math></i>	<i>Показатель текучести <math>I_L</math></i>	<i>Разновидности грунта по <math>I_L</math></i>
<i>Супесь</i>	$0 < I_L$	<i>твердая</i>
	$0 \leq I_L \leq 1,00$	<i>пластичная</i>
	$I_L > 1,00$	<i>текучая</i>
<i>Суглинок и глина</i>	$0 < I_L$	<i>твердые</i>
	$0 \leq I_L \leq 0,25$	<i>полутвердые</i>
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	<i>тугопластичные</i>
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	<i>мягкопластичные</i>
	$0,75 < I_L \leq 1,00$	<i>текучепластичные</i>
	$I_L > 1,00$	<i>текучие</i>

Таблица П.1.3

*Разновидности глинистых грунтов  
по относительной деформации морозного пучения  $e_{fn}$*

<i>Характеристика грунтов по <math>I_L</math></i>	<i>Разновидности грунта по <math>e_{fn}</math></i>	<i>Относительная деформация морозного пучения <math>e_{fn}</math></i>
<i>твердые <math>I_L &lt; 0</math></i>	<i>практически непучинистый</i>	$0,01 < e_{fn}$
<i>полутвердые <math>0 &lt; I_L \leq 0,25</math></i>	<i>слабопучинистый</i>	$0,01 \leq e_{fn} \leq 0,035$
<i>тугопластичные <math>0,25 &lt; I_L \leq 0,50</math></i>	<i>среднепучинистый</i>	$0,035 < e_{fn} \leq 0,07$
<i>мягкопластичные, текучепластичные, текучие <math>I_L &gt; 0,50</math></i>	<i>сильнопучинистый и чрезмерно пучи- нистый</i>	$e_{fn} > 0,07$

**Приложение 2**

***Разновидности песчаных грунтов по ГОСТ 25100-95***

Таблица П.2.1

*Разновидности песчаных грунтов  
по гранулометрическому составу  $G$*

<i>Размер частиц <math>d</math>, мм</i>	<i>Содержание частиц, %</i>	<i>Разновидности грунта по <math>G</math></i>
$> 2$	$> 25$	<i>гравелистый</i>
$> 0,50$	$> 50$	<i>крупный</i>
$> 0,25$	$> 50$	<i>средней крупности</i>
$> 0,10$	$\geq 75$	<i>мелкий</i>
$< 0,10$	$< 75$	<i>пылеватый</i>

Таблица П.2.2

Разновидности песчаных грунтов  
по степени неоднородности  $C_U$

Степень неоднородности $C_U$	Разновидности грунта по $C_U$
$C_U \leq 3$	однородный
$C_U > 3$	неоднородный

Таблица П.2.3

Разновидности песчаных грунтов  
по коэффициенту пористости  $e$

Коэффициент пористости $e$			Разновидности грунта по $e$
Пески гравели- стые, крупные, средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые	
$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$	плотные
$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$	средней плотно- сти
$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$	рыхлые

Таблица П.2.4

Разновидности песчаных грунтов  
по коэффициенту водонасыщения  $S_r$

Коэффициент водонасыщения $S_r$	Разновидности грунта по $S_r$
$0 < S_r \leq 0,50$	малой степени водонасыщения
$0,50 < S_r \leq 0,80$	средней степени водонасыщения
$0,80 < S_r \leq 1,00$	насыщенные водой

*Разновидности песчаных грунтов  
по относительной деформации морозного пучения  $\epsilon_{fn}$*

<i>Характеристика грунта по <math>G</math> и <math>S_r</math></i>	<i>Относительная деформация морозного пуче- ния <math>\epsilon_{fn}</math></i>	<i>Разновидность грунта по <math>\epsilon_{fn}</math></i>
<i>Пески крупные и средней крупности независимо от значения <math>S_r</math></i>	<i>&lt; 0,01</i>	<i>практически непучинистые</i>
<i>Пески мелкие и пылеватые при <math>S_r \leq 0,60</math></i>	<i>&lt; 0,01</i>	<i>практически непучинистые</i>
<i>Пески пылеватые и мелкие при <math>0,60 &lt; S_r \leq 0,80</math></i>	<i>0,01– 0,035</i>	<i>слабопучинистые</i>
<i>Пески пылеватые и мелкие при <math>0,80 &lt; S_r \leq 0,95</math></i>	<i>0,035 – 0,07</i>	<i>среднепучинистые</i>
<i>Пески пылеватые и мелкие при <math>S_r &gt; 0,95</math></i>	<i>&gt; 0,07</i>	<i>сильнопучинистые и чрезмернопучинистые</i>



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ТЕМА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ</b> .....	3
<i>Лабораторная работа № 1.</i> Определение влажности грунта $W$ методом высушивания до постоянной массы.....	5
<i>Лабораторная работа № 2.</i> Определение влажности грунта на границе текучести $W_L$ методом балансирующего конуса.....	6
<i>Лабораторная работа № 3.</i> Определение влажности грунта на границе раскатывания $W_P$ методом раскатывания грунта в жгут.....	7
<i>Лабораторная работа № 4.</i> Определение плотности грунта $\rho$ методом режущего кольца.....	9
<i>Лабораторная работа № 5.</i> Определение плотности грунта $\rho$ методом взвешивания в воде парафинированного образца.....	10
<i>Лабораторная работа № 6.</i> Определение разновидностей глинистого грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95.....	11
<i>Вопросы для контроля знаний по теме «Физические свойства глинистых грунтов»</i> .....	11
<b>ТЕМА 2 «ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ»</b> .....	13
<i>Лабораторная работа № 7.</i> Определение гранулометрического состава $G$ песчаных грунтов ситовым методом.....	15
<i>Лабораторная работа № 8.</i> Определение влажности песчаного грунта $W$ методом высушивания до постоянной массы.....	16
<i>Лабораторная работа № 9.</i> Определение плотности грунта $\rho$ методом режущего кольца.....	17
<i>Лабораторная работа № 10.</i> Определение разновидностей песчаного грунта по классификационным показателям по ГОСТ 25100-95.....	18
<i>Вопросы для контроля знаний по теме «Физические свойства глинистых грунтов»</i> .....	19
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	20
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	21
<i>Приложение 1.</i> Разновидности глинистых грунтов по ГОСТ 25100-95.....	21
<i>Приложение 2.</i> Разновидности песчаных грунтов по ГОСТ 25100-95.....	22

## **МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по теме «Физические свойства глинистых и песчаных грунтов»  
для студентов специальности  
270102-«Промышленное и гражданское строительство»

Составитель: доц. Ольга Ивановна Янина

Редактор Акритова Е.В.

Подписано в печать 08. 12. 2010. Формат 60 x 84 1/16. Уч.-изд. л. 2.0  
Усл.-печ. л. 2.1. Бумага писчая. Тираж 325 экз. Заказ №439

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы и учебно-методических пособий Воронежского государственного архитектурно-строительного университета 394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

