

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Республики Марий Эл

## **«ЙОШКАР-ОЛИНСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ»**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ**



### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ для студентов по выполнению лабораторных работ по учебной дисциплине**

*Строительные материалы и изделия  
для специальности  
среднего профессионального образования  
**08.02.01 СТРОИТЕЛЬСТВО И  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ***

Йошкар-Ола  
2023

Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине **Строительные материалы и изделия** разработаны на основе рабочей программы по специальности среднего профессионального образования

код

08.02.01

наименование специальности

Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

#### Разработчик

	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень (звание) [квалификационная категория]	Должность
1	Бойкова Марина Львовна	кандидат технических наук, доцент	преподаватель ГБПОУ РМЭ «ЙОСТ»

#### Рецензенты

	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень (звание) [квалификационная категория]	Место работы, должность
1	Гладышева О.Л.	Высшая квалификационная категория	преподаватель ГБПОУ РМЭ «ЙОСТ»

**Методические указания для студентов по выполнению практических/лабораторных работ по дисциплине «Строительные материалы и изделия» для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.**

Настоящие методические указания составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта и предназначены для обучающихся специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в качестве методической помощи при выполнении практических работ по дисциплине «Строительные материалы и изделия». В указании представлен перечень практических работ, который предстоит выполнить в сессионный период

#### Рассмотрена

на заседании МЦК профессий и  
специальностей строительного профиля

Протокол № 1 от «31» августа 2023 г.

Председатель



Е.К.Васенева

## Оглавление

Введение.....	4
Сокращения .....	5
Критерии оценки выполнения лабораторных работ .....	6
Лабораторная работа № 1 Тема: «Древесные материалы. Физические свойства древесины» .....	7
Лабораторная работа № 2 Тема: «Кирпич и керамические материалы» .....	17
Лабораторная работа № 3 Тема: «Воздушная строительная известь» .....	23
Лабораторная работа № 4 Тема: «Определение водопотребности и сроков схватывания цементного теста» .....	27
Лабораторная работа № 5.....	36
Тема: «Приготовление бетонной смеси и проверка свойств бетонной смеси».....	36
Лабораторная работа № 6 Тема: «Испытания арматуры для железобетонных конструкций» .....	42
Лабораторная работа № 7 Тема: «Определение предела прочности бетона на сжатие».....	47
Лабораторная работа № 8 Тема: «Испытание и контроль качества бетона неразрушающим способом».....	52
Лабораторная работа № 9 Тема: «Определение гранулометрического состава песка».....	58
Литература .....	63

## **Введение**

Вы держите в руках методическое пособие, которое поможет Вам в выполнении лабораторных работ по дисциплине «Строительные материалы и изделия».

В соответствии с планом учебного процесса дисциплина «Строительные материалы и изделия» включена в перечень профессиональных дисциплин и изучается на 1 (2) курсе. Программа дисциплины «Строительные материалы и изделия» предусматривает изучение свойств основных строительных материалов, применяемых в строительстве и при реконструкции зданий: древесных, керамических, извести, цемента, бетона.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

***уметь:***

- подбирать строительные материалы, а также строительные конструкции и изделия на их основе с учетом требований эксплуатации.

***знать:***

- виды и свойства основных строительных материалов, изделий и конструкций, в том числе применяемых при электрозащите, тепло- и звукоизоляции, огнезащите, при создании решений для влажных и мокрых помещений, антивандальной защиты.

В «Методических указаниях для обучающихся по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Строительные материалы и изделия» для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» обратите внимание на разделы:

Общие положения, где представлена теоретическая часть;

Порядок выполнения работы, с пошаговым алгоритмом выполнения лабораторной работы.

Каждая лабораторная работы должна быть грамотно выполнена, пройдена процедура защиты по вопросам, представленным в конце каждой работы в срок, определенный рабочей программой учебной дисциплины «Строительные материалы и изделия».

## **Сокращения**

ГОСТ – Государственный стандарт;  
ЛР – лабораторная работа.

## **Критерии оценки выполнения лабораторных работ**

При выполнении лабораторных работ

**оценка «отлично (5)» ставится**, если обучающийся:

- а) самостоятельно, тщательно и своевременно выполнил лабораторную работу;
- б) умело использовал справочный и учебный материал;
- в) выполнил указанные задания;
- г) ответил на поставленные вопросы.

**Оценка «хорошо (4)» ставится**, если обучающийся:

- а) самостоятельно, но с небольшими затруднениями выполнил задание;
- б) использовал учебный материал;
- в) допустил незначительные ошибки в выполнении заданий, которые в процессе защиты ЛР после замечаний преподавателя были устранены самостоятельно без дополнительных объяснений;
- г) допустил неточности при ответе на поставленные вопросы.

**Оценка «удовлетворительно (3)» ставится**, если обучающийся:

- а) задание выполнил, но в неполном объеме и несвоевременно;
- б) не использовал в полном объеме информацию из учебной литературы;
- в) в процессе выполнения ЛР допустил существенные ошибки, которые исправил только с помощью преподавателя;
- г) ответы на поставленные вопросы даны не в полном объеме

## Лабораторная работа № 1

### Тема: «Древесные материалы. Физические свойства древесины»

#### **Цель:**

формирование навыка применения результатов испытаний древесины для оценки её качественных показателей

#### **2. Требования к методическому обеспечению**

Для успешного выполнения данной работы обучающемуся необходимо знать материал темы *Древесные материалы* (тема 1.3).

В результате выполнения работы обучающийся будет

#### **знать:**

- свойства древесины и методы их определения

#### **уметь:**

- определять основные свойства древесины

#### **3. Общие положения**

*Древесина* - совокупность проводящих, механических и запасающих тканей, расположенных в стволах, ветвях и корнях древесных растений между корой и сердцевиной.

*Влажность древесины* - отношение массы воды, содержащейся в древесине, к массе древесины в процентах.

*Равновесная влажность древесины* - влажность древесины, соответствующая определенному сочетанию температуры и влажности окружающей воздушной среды.

*Плотность древесины* - отношение массы древесины к ее объему.

*Прочность древесины* - способность древесины сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок.

*Предел прочности древесины* - напряжение, при котором разрушается образец древесины.

Существует несколько методов определения влажности древесины:

- стандартный;
- по электропроводности;
- по номограммам.

Стандартный метод основан на непосредственном определении содержания влаги в образцах древесины по потере ими массы при высушивании в сушильном шкафу при температуре 103 °С до постоянной массы.

Метод определения влажности по электропроводности (экспресс-метод) основан на изменении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности. Для испытания применяют прибор - электровлагомер, снабженный двумя иглами-датчиками. Иглы погружают в древесину на глубину 8 мм, и через них пропускают слабый электрический ток. Влажность (в диапазоне до 30 %) измеряют по шкале прибора с погрешностью не более

1...1,5 %. Однако прибор дает возможность определить влажность только в месте контакта иглок с древесиной.

Расчет равновесной влажности по номограммам основан на том, что связанная (гигроскопическая) влажность древесины зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. Для того чтобы стандартный образец приобрел равновесную влажность, его необходимо выдержать в помещении с постоянным температурно-влажностным режимом не менее 2...3 суток. Номограммы равновесной влажности древесины составлены на основании экспериментов. Обычно используют номограмму равновесной влажности проф. Н.Н. Чулицкого.

### Определение влажности древесины

Для определения влажности древесины по номограмме Н.Н. Чулицкого (рис. 1) с помощью психрометра измерить влажность воздуха в помещении, где выдерживались образцы. Психрометр имеет два термометра (рис. 2). Один термометр, спиртовой - для измерения температуры окружающего воздуха, его обычно называют сухим. Кончик второго термометра обмотан тканевым фитилем и опущен в емкость с водой. За счет испарения влаги этот термометр охлаждается. Такой термометр называют влажным.

По разнице температур сухого и влажного термометров определить относительную влажность воздуха по табл. 1.

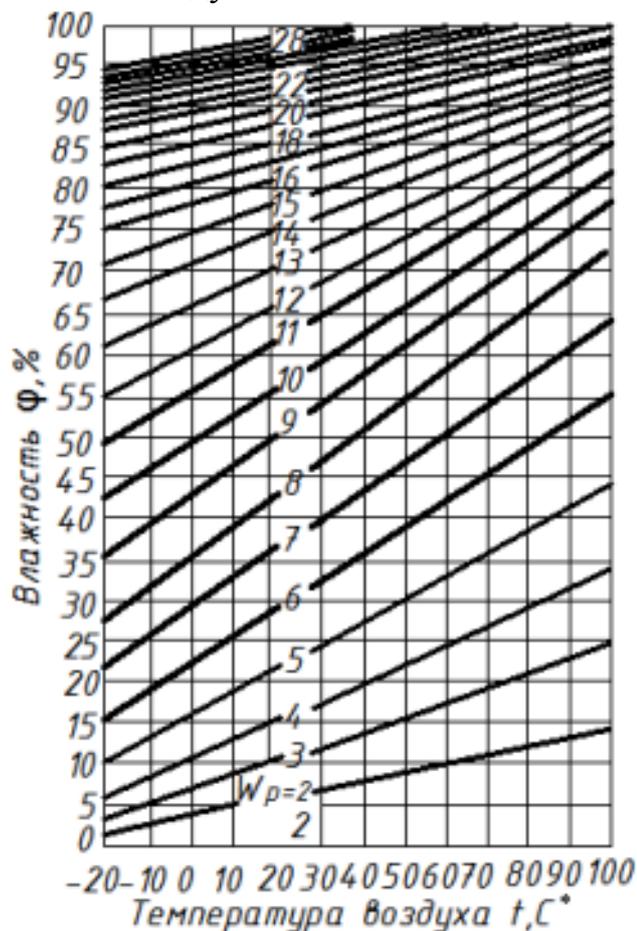


Рисунок 1 - Номограмма равновесной влажности древесины (профессора Н.Н. Чулицкого)

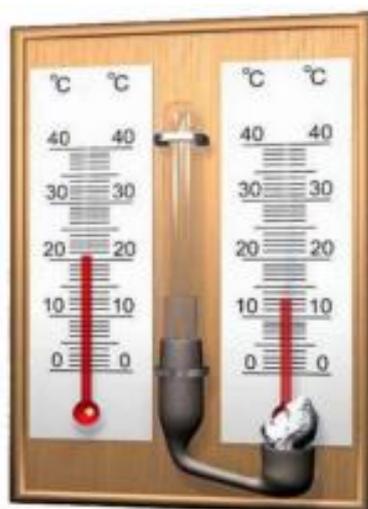


Рисунок 2 - Психрометр

Таблица 1 – Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность, %									
15	100	92	80	71	61	52	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	100	93	85	78	71	64	58	52	47	41
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42
29	100	93	86	79	72	65	59	54	49	43
30	100	93	86	79	73	66	60	55	50	44

### Определение средней плотности древесины

Для определения средней плотности древесины при равновесной влажности образцы-призмы взвешивают с погрешностью не более 0,001 г. Размеры поперечного сечения и длину измеряют с погрешностью не более 0,1 мм по осям симметрии образцов.

Поскольку плотность древесины зависит от влажности, то для сравнения значений плотности различных партий древесины, полученные результаты приводят к стандартной влажности 12 % (при этой влажности определяются свойства древесины при оценке ее качества).

Для расчета средней плотности древесины при стандартной влажности используют формулу

$$\rho_m^{12} = \rho_m^w + 2,5 \cdot (12 - W_p)$$

где  $\rho_m^{12}$  - средняя плотность образца древесины при стандартной влажности, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_m^w$  - средняя плотность образца древесины при влажности  $W$  в момент испытания, кг/м<sup>3</sup>;

$W_p$  - равновесная влажность, %.

### Определение прочности древесины при сжатии вдоль волокон

Образцы: образцы-призмы с сечением 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм.

Для определения предела прочности при сжатии древесины вдоль волокон перед испытанием вычисляют площадь поперечного сечения образца-призмы  $A$ , см<sup>2</sup>, измеряя его размеры посередине длины с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещают строго по центру плиты пресса и нагружать равномерно с такой скоростью, чтобы он разрушился через  $1,0 \pm 0,5$  мин после начала нагружения (рис. 3). Разрушающую нагрузку  $F$  измеряют с погрешностью не более 1 %.

Предел прочности образца при сжатии вдоль волокон  $R_c^w$ , МПа, при влажности  $W$  в момент испытания определяется по формуле

$$R_c^w = (F / A) * 10$$

где  $F$  - разрушающая нагрузка, кН;

$A$  - площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>.

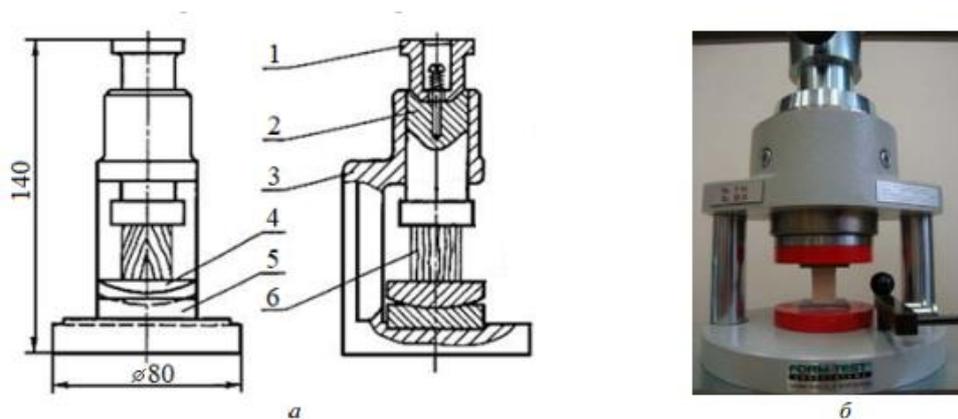


Рисунок 3 - Испытание древесины на сжатие вдоль волокон  
а - схема испытания; б - внешний вид прибора; 1 - колпачок; 2 - пуансон; 3 - корпус;  
4 - шаровая опора; 5 - плита; 6 - образец

Предел прочности при сжатии при стандартной влажности  $R_c^{12}$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_c^{12} = R_c^w * (1 + \alpha * (W_p - 12))$$

где  $R_c^w$  - предел прочности образца при сжатии вдоль волокон с влажностью  $W$  в момент испытания, МПа;

$W_p$  - равновесная влажность, %;

$\alpha$  - поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 %;  $\alpha = 0,04$ .

### Определение прочности древесины при местном смятии поперек волокон

Образцы: образцы-призмы сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм.

Образец помещают на центр плиты пресса тангенциальной или радиальной поверхностью кверху (рис. 4). Усилие на образец передается через пуансон (металлическая накладка), устанавливаемый крестообразно на образец. Ширина рабочей площадки пуансона, вдавливаемой в древесину, составляет 20 мм. Так как ребра пуансона закруглены ( $R = 2$  мм), расчетная ширина принимается 18 мм. Таким образом, площадь, воспринимающая нагрузку при испытании:  $A = 1,8 * b \text{ см}^2$ , где  $b$  - ширина образца, см.

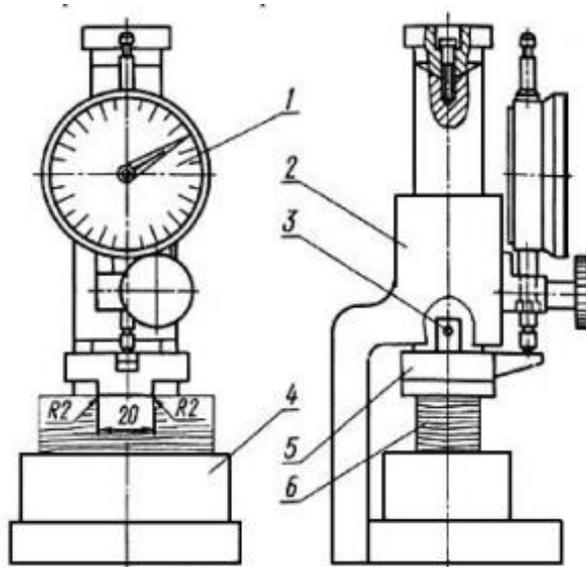


Рисунок 4 - Схема испытания образца на местное смятие поперек волокон  
1 - индикатор; 2 - корпус; 3 - шток; 4 - подставка; 5 - съемный пуансон; 6 - образец

За разрушающую нагрузку  $F$ , кН, принимают усилие, при котором деформации начинают расти непропорционально, пуансон войдет в образец на 2...4 мм, а на торцах образца появятся первые трещины (рис. 5).

Предел прочности при местном смятии при равновесной влажности  $W_p$ ,  $R_{см}^w$ , МПа, определяют по формуле

$$R_{см}^w = (F / A) * 10$$

где  $F$  - разрушающая нагрузка, кН;

$A$  - площадь образца, воспринимающая нагрузку, см<sup>2</sup>.

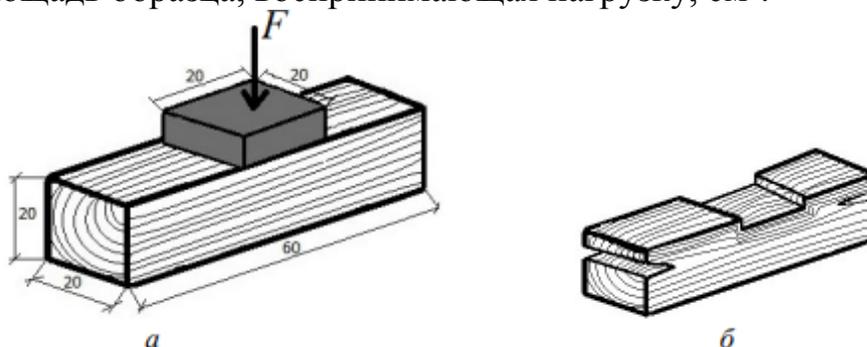


Рисунок 5 - Внешний вид образца древесины при определении местного смятия поперек волокон  
а - образец до испытания; б - образец после испытания

Предел прочности при местном смятии поперек волокон при стандартной влажности  $R_{см}^{12}$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_{см}^{12} = R_{см}^w * (1 + \alpha * (W_p - 12))$$

где  $R_{см}^w$  - предел прочности образца древесины при местном смятии с равновесной влажностью  $W_p$  в момент испытания, МПа;

$\alpha$  - поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1% (для всех пород древесины);  $\alpha = 0,035$ ;

$W_p$  - равновесная влажность образца древесины, %.

### Определение предела прочности древесины при статическом изгибе

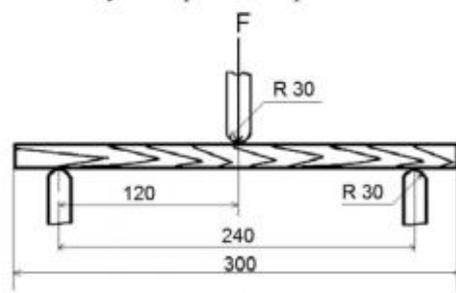
Образцы: образцы-призмы с сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм.

Измеряют ширину  $b$  и высоту  $h$  образца с допустимой погрешностью не более 0,1 мм.

Помещают образец в испытательную машину (рис. 6а) и нагружают по схеме (рис. 6б). Для этого следует использовать приспособление, обеспечивающее изгиб образца приложением нагрузки к его боковой поверхности в середине расстояния между центрами опор.



а



б

Рисунок 6 - Испытание древесины при статическом изгибе:  
а - общий вид; б - схема испытания

Радиус закругления опор и нагружающего ножа должен быть 30 мм. Скорость нагружения образца -  $1350 \pm 150$  Н/мин.

Образец доводят до разрушения и определяют максимальную нагрузку  $F$ , Н, с погрешностью не более 1 %.

Предел прочности при статическом изгибе образца с равновесной влажностью  $W_p$ ,  $R_n^w$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_n^w = (3 * F * l) / (2 * b * h^2)$$

где  $R_n^w$  - предел прочности образца древесины при статическом изгибе с равновесной влажностью  $W_p$ , МПа;

$F$  - разрушающая нагрузка, Н;

$l$  - расстояние между центрами опор;  $l = 240$  мм;

$b$ ,  $h$  - соответственно ширина и высота образца, мм.

Для пересчета предела прочности при статическом изгибе к стандартной влажности (12 %) используют формулу

$$R_n^{12} = R_n^w * (1 + \alpha * (W_p - 12))$$

где  $R_n^w$  - предел прочности образца древесины при статическом изгибе с влажностью  $W$  в момент испытания, МПа;

$W_p$  - равновесная влажность образца древесины, %;

$\alpha$  - поправочный коэффициент на влажность, показывающий, насколько изменяется прочность при изменении влажности на 1 % (для всех пород древесины);  $\alpha = 0,04$ .

### Определение прочности в полевых условиях

Метод определения прочности по содержанию поздней древесины. Этим методом лучше всего определять прочность таких пород, как сосна, ель, лиственница. Торцовый срез обычно зачищают ножом или обрабатывают шкуркой для более четкого разграничения границ годовых колец, наиболее удобен для определения косой срез, на котором подсчитываются эти кольца точнее. Методика определения следующая: на торцовой поверхности отмечают остро отточенным карандашом линию,

перпендикулярную годовым кольцам: выбирают отрезок не менее 20 мм, на котором измеряют суммарную ширину поздней зоны годовых слоев (темные участки) путем последовательного прикладывания к ним либо куска миллиметровой бумаги, либо стальной линейки с миллиметровыми делениями (рис. 7); суммирование производят с помощью хорошо отточенного карандаша; после этого процентное содержание поздней (темной) древесины подсчитывают по формуле

$$m = 100 \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n)}{l} = \frac{\sum a_n}{l} \cdot 100$$

где  $a$  - ширина летних зон, мм;

$b$  - полная ширина ряда годовых слоев, мм

$l$  - выбранная длина участка на торцовом срезе с конечным числом годовых слоев.

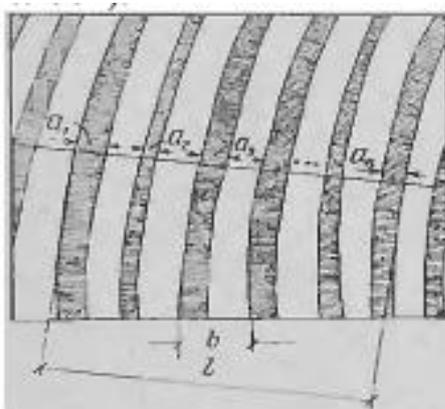


Рисунок 7 - Схема подсчета суммарной толщины поздней древесины

Приблизительно прочность древесины  $R_{12}$  (кгс/см<sup>2</sup>) можно подсчитать по эмпирической формуле

$$R_{12} = A m + B,$$

где  $m$  - процентное содержание летней древесины;

$A, B$  - коэффициенты, принимаемые по табл. 2.

Таблица 2 – коэффициенты для определения прочности древесины

Вид испытания	А		В	
	ель	сосна	ель	сосна
Сжатие вдоль волокон	3,2	6	300	300
Поперечный изгиб	7,3	14	475	560

Приведенная формула определения прочности дана для 12% влажности

#### 4. Порядок работы

4.1. Составить краткий конспект проведения испытаний древесины.

4.2. Провести определения показателей свойств древесины по данным, предложенным ниже.

##### 1. Равновесная влажность

Показания психрометра:

– температура по сухому термометру - 24 °С;

– температура по влажному термометру - 22 °С;

– разность показаний температур термометров - ... °С.

Относительная влажность воздуха в помещении (по психрометрической таблице)  $\varphi = \dots \%$ .

На номограмме равновесной влажности древесины (рис.) отложить значения температуры и влажности воздуха по соответствующим осям и найти точку пересечения перпендикуляров из указанных координат.

По наклонным линиям найти ближайшее к найденной точке значение влажности древесины с погрешностью не более 0,5 %.

Равновесная влажность образца (по номограмме) составляет  $W_p = \dots \%$ .

##### 2. Средняя плотность образца при стандартной влажности

Размеры образца, см:  $a = 2$ ;  $b = 2$ ;  $h = 3$ .

Объем образца, см<sup>3</sup>:  $V_e = \dots$

Масса образца, г:  $m = 5,5$ .

Средняя плотность образца древесины в момент испытания (при влажности  $W_p = \dots \%$ ):  $\rho_m^w = m/V_e = \dots \text{ г/см}^3 = \dots \text{ кг/м}^3$ .

Средняя плотность образца при стандартной влажности, кг/м<sup>3</sup>:  $\rho_m^{12} = \dots$

##### 3. Предел прочности при стандартной влажности

Площадь поперечного сечения  $A = \dots \text{ см}^2$ .

Разрушающая нагрузка  $F = 21 \text{ кН}$ .

Предел прочности при влажности  $W$  в момент испытания, МПа:  $R_c^w =$

...

Предел прочности при стандартной влажности, МПа:  $R_c^{12} = \dots$

Предел прочности при местном смятии поперек волокон при стандартной влажности

Площадь образца, воспринимающая нагрузку,  $A = \dots \text{ см}^2$ .

Разрушающая нагрузка  $F = 5,4 \text{ кН}$ .

Предел прочности образца древесины при местном смятии поперек волокон с влажностью  $W$  в момент испытания  $R_{cm}^w = \dots \text{ МПа}$ .

Предел прочности при местном смятии поперек волокон при стандартной влажности, МПа:  $R_{cm}^{12} = \dots$

##### 4. Предел прочности при статическом изгибе при стандартной влажности

$F = 2 \text{ кН}$ ;

$b = 20 \text{ мм}$ ;

$h = 20 \text{ мм}$ .

Предел прочности при статическом изгибе образца с влажностью  $W_p$ , МПа:  $R_{и}^W = \dots$

Предел прочности при статическом изгибе при стандартной влажности, МПа:  $R_{и}^{12} = \dots$

#### 5. *Определение прочности в полевых условиях*

Длина отрезка для определения прочности древесины сосны в полевых условиях составила 2 см

Толщина слоев поздней древесины на данном отрезке составила:  $a_1 - 0,5$  мм,  $a_2 - 0,6$  мм,  $a_3 - 0,5$  мм,  $a_4 - 0,8$  мм,  $a_5 - 0,6$  мм.

Прочность древесины на сжатие, кгс/см<sup>2</sup>:  $R_{сж} - \dots$

На изгиб кгс/см<sup>2</sup>:  $R_{изг} - \dots$

4.3. Ответить письменно на следующие вопросы

- Как определить влажность древесины?
- Как определить предел прочности при сжатии вдоль волокон?
- Какие данные необходимо иметь для расчета предела прочности при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе

### 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

## Лабораторная работа № 2

### Тема: «Кирпич и керамические материалы»

#### Цель

формирование навыка применения знаний о свойствах кирпича для определения его марки и её расшифровки

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы *Керамические и стеклянные материалы* (тема 1.6).

В результате выполнения работы обучающийся будет

##### **знать:**

- основные требования, предъявляемые к керамическому кирпичу

##### **уметь:**

- определять качество кирпича по внешним признакам

#### 3. Общие положения

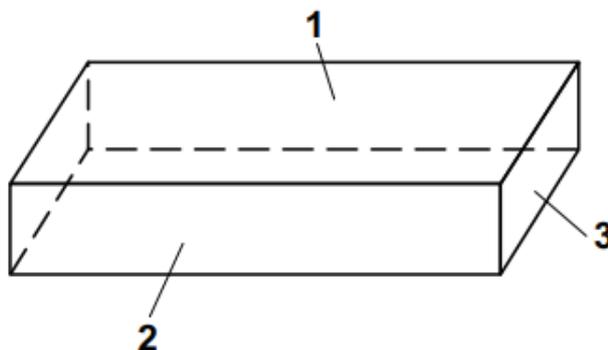


Рисунок 8 - Поверхности кирпича  
1 – постель, 2 – ложка, 3 - тычок

Условное обозначение керамических изделий должно состоять из:

- буквенного обозначения вида изделия ГОСТ 530 - 2012:
  - р - для рядовых,
  - л - для лицевых,
  - кл - для клинкерных,
  - пг - для камней с пазогребневой системой,
  - ш - для шлифованных камней;
- условного обозначения размера кирпича;
- номинальных размеров камня;
- рабочего размера камня с пазогребневой системой;
- обозначений:
  - по - для полнотелого кирпича,
  - пу - для пустотелого кирпича;
- марки по прочности;
- класса средней плотности;
- марки по морозостойкости;

- обозначения стандарта.
- Кирпич рядовой (лицевой), полнотелый, размерами 250×120×65 мм, формат 1НФ, марка по прочности М200, класс средней плотности 2,0, марка по морозостойкости F50: *КР-р-но (КР-л-но) 250×120×65/1НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530-2012.*

- Кирпич клинкерный, полнотелый (пустотелый), размерами 250×120×65 мм, формат 1НФ, марка по прочности М500, класс средней плотности 2,0, марка по морозостойкости F100: *КР-кл-но (КР-кл-пу) 250×120×65/1НФ/500/2,0/100/ГОСТ 530-2012.*

- Кирпич с горизонтальным расположением пустот рядовой (лицевой), размерами 250×120×88 мм, формат 1,4НФ, марка по прочности М75, класс средней плотности 1,4, марка по морозостойкости F50: *КРГ-р (КРГ-л) 250×120×88 /1,4НФ/75/1,4/50/ГОСТ 530-2012.*

- Камень рядовой (лицевой), размерами 250×120×140 мм, формат 2,1НФ, марка по прочности М200, класс средней плотности 1,4, марка по морозостойкости F50: *КМ-р (КМ-л) 250×120×140/2,1НФ/200/1,4/50/ГОСТ 530-2012.*

- Камень с пазогребневым соединением (шлифованный), рабочего размера 510 мм, формат 14,3НФ, марка по прочности М100, класс средней плотности 0,8, марка по морозостойкости F35: *КМ-пз (КМ-пз-ш) 510 мм/14,3НФ/100/0,8/35/ГОСТ 530-2012.*

- Камень доборный с пазогребневым соединением (шлифованный), рабочего размера 250, формат 5,2НФ, марка по прочности М100, класс средней плотности 0,8, марка по морозостойкости F35: *КМД (КМД-ш) 250 мм /5,2 НФ/100/0,8/35/ГОСТ 530-2012.*

В ГОСТ 530 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» применены следующие термины с соответствующими определениями:

- Кирпич – керамическое штучное изделие, предназначенное для устройства кладок.
- Кирпич полнотелый – кирпич, в котором отсутствуют пустоты.
- Кирпич пустотелый – кирпич, имеющий сквозные пустоты различной формы и размеров.
- Кирпич лицевой – изделие, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки и выполняющее функции декоративного материала.
- Кирпич рядовой – изделие, обеспечивающее эксплуатационные характеристики кладки.
- Постель – рабочая грань изделия, расположенная параллельно основанию кладки.
- Ложок – наибольшая грань изделия, расположенная перпендикулярно к постели.

- Тычок – наименьшая грань изделия, расположенная перпендикулярно к постели.
- Трещина – разрыв изделия без разрушения его на части.
- Сквозная трещина – трещина, проходящая через всю толщину изделия и протяженностью до половины и более ширины изделия.
- Посечка – трещина шириной раскрытия не более 0,5 мм.
- Отбитость – механическое повреждение грани, ребра, угла изделия.
- Откол – дефект изделия, вызванный наличием карбонатных или других включений.
- Шелушение – разрушение изделия в виде отслоения от его поверхности тонких пластинок.
- Выкрашивание – осыпание фрагментов поверхности изделия.
- Растрескивание – появление или увеличение размера трещины после воздействия знакопеременных температур.
- Половняк – две части изделия, образовавшиеся при его раскалывании. Изделия, имеющие сквозные трещины, относят к половняку.
- Контактное пятно – участок поверхности изделия, отличный по цвету, возникающий в процессе сушки или обжига и не влияющий на характеристики изделия.
- Высолы – водорастворимые соли, выходящие на поверхности обожженного изделия при контакте с влагой.
- Черная сердцевина – участок внутри изделия, обусловленный образованием в процессе обжига изделия закиси железа.

Предельные отклонения номинальных размеров не должны превышать на одном изделии, мм:

- по длине:  
кирпича и камня (кроме крупноформатного камня)  $\pm 4$ ;  
камня крупноформатного  $\pm 10$ ;
- по ширине:  
кирпича и камня (кроме крупноформатного камня)  $\pm 3$ ;  
камня крупноформатного  $\pm 5$ ;
- по толщине:  
кирпича лицевого  $\pm 2$ ;  
кирпича рядового  $\pm 3$ ;  
камня, в т. ч. крупноформатного  $\pm 4$ ;

Отклонение от перпендикулярности смежных граней не допускается более: 3 мм – для кирпича и камня; 1,4 % длины любой грани – для крупноформатного камня.

Отклонение от плоскостности граней изделий более 3 мм не допускается.

Лицевые изделия должны иметь не менее двух лицевых граней – ложковую и тычковую. Цвет и вид лицевой грани устанавливают по согласованию между изготовителем и потребителем и оговаривают в договоре на поставку.

На лицевых изделиях не допускаются отколы, вызванные включениями, например известковыми. На рядовых изделиях допускаются отколы общей площадью не более 1,0 см<sup>2</sup>.

На лицевых изделиях не допускаются высолы.

В партии не допускается половняк более 5 % объема партии.

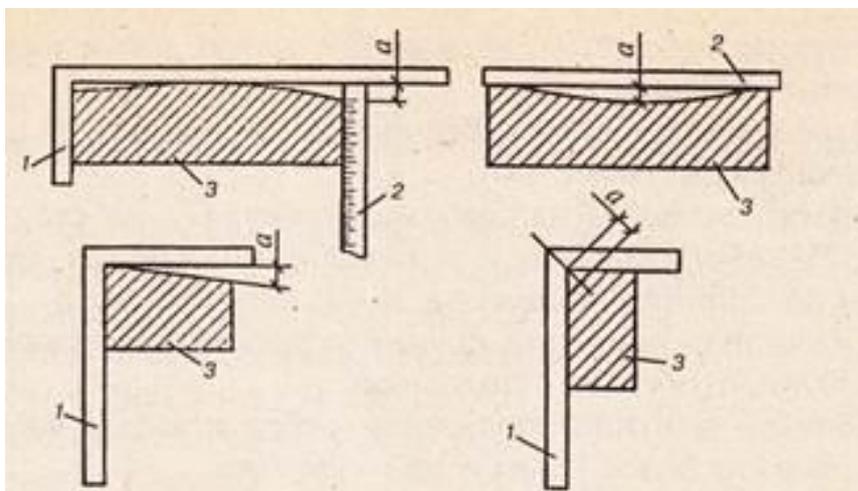


Рисунок 9 - Измерение искривления поверхности и ребер кирпича.  
1 – стальной угольник; 2 – стальная линейка; 3 – кирпич.

Дефекты внешнего вида изделий, размеры и число которых превышают значения, указанные в таблице 3, не допускаются.

Предел прочности при сжатии образцов в партии вычисляют с точностью до 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) как среднее арифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов.

Таблица 3 – допустимые показатели дефектов внешнего вида керамического кирпича

Вид дефекта	Значение, шт.	
	лицевые изделия	рядовые изделия
Отбитости углов глубиной более 15 мм	не допускается	2
Отбитости углов глубиной от 3 до 15 мм	1	4
Отбитости ребер глубиной более 3 мм и длиной более 15 мм	не допускается	2

Отбитости ребер глубиной не более 3 мм и длиной от 3 до 15 мм	1	4
Отдельные посечки суммарной длиной: - для кирпича - для камня	40 80	не регламентируются
Трещины	не допускаются	2

При испытании кирпича на изгиб образец устанавливают на двух опорах пресса (рис. 9). Нагрузку прикладывают в середине пролета и равномерно распределяют по ширине образца. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20 – 60 с после начала испытаний.

Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>) образца вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2},$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

$l$  – расстояние между осями опор, м (см);

$b$  – ширина образца, м (см);

$h$  – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м (см).

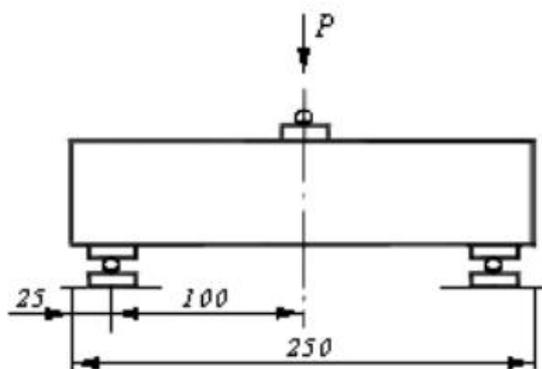


Рисунок 9 - Схема испытания кирпича на изгиб

Предел прочности при сжатии определяют на двух половинках кирпича, соединенных раствором, верхняя и нижняя поверхности кирпича при этом также выровнены раствором (рис. 10). Предел прочности при сжатии  $R_{сж}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>) образца вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

$F$  – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей,  $\text{м}^2$  ( $\text{см}^2$ ).

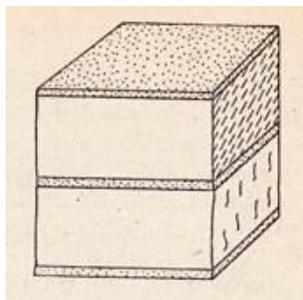


Рисунок 10 - Куб из кирпича для испытания на сжатие

#### 4. Порядок работы

4.1. Составьте краткий конспект испытаний кирпича

4.2. Провести осмотр и обмер образца, зафиксировать наличие или отсутствие отклонений от требований ГОСТ, приведенных в работе.

4.3. Определить предел прочности при изгибе и сжатии, а также марку кирпича при следующих данных: кирпич рядовой, керамический, значение нагрузки при изгибе 380 кгс. А при определении прочности при сжатии нагрузка составила 2 тс.

4.3. Дайте письменные ответы на следующие вопросы:

- Опишите методику проверки качества кирпича по внешним признакам

- Методика определения марки кирпича по пределу прочности на изгиб и сжатие.

- Дайте расшифровку кирпича следующего условного обозначения *KP-л-по 250×120×65/ИФ/150/1,5/25/ГОСТ 530-2012*

#### 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 530 – 2012. Кирпич и камни керамические.

## Лабораторная работа № 3

### Тема: «Воздушная строительная известь»

#### 1. Цель:

Формирование навыка применения результатов испытаний извести для оценки её качественных показателей

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы *Минеральные вяжущие* (тема 1.11).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- основные свойства извести и методы их определения

*уметь*:

- определять качество извести по показателям основных свойств

#### 3. Общие положения

##### Определение активности извести

Сущность метода заключается в определении объема соляной кислоты (титрата), израсходованной на нейтрализацию активных CaO и MgO, содержащихся в известковом растворе, с добавкой фенолфталеина и расчета активности.

От пробы извести-кипелки, измельченной до полного прохождения через сито с сеткой № 008, отбирают навеску в количестве 1 г и помещают в коническую колбу объемом 250 мл. Затем доливают 150 мл дистиллированной воды, закрывают стеклянной воронкой и нагревают 5...7 мин на песчаной бане, не доводя до кипения. После чего колбу охлаждают до температуры 20...30°C. Стенки остывшей колбы омывают дистиллированной водой, добавляют 2...3 капли 1%-го спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании раствором соляной кислоты до исчезновения фиолетовой окраски и полного обесцвечивания содержимого колбы.

Титрование следует проводить медленно, добавляя кислоту в известковый раствор по каплям. Титрование считается законченным, если по истечении 8 мин цвет содержимого не изменится.

$$A=2,804*V*K/G,$$

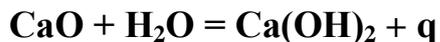
где V – объем 1 н. раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл;

K – поправка к титру 1 н. раствора соляной кислоты;

G – масса навески извести, г.

## Определение скорости и температуры гашения

При взаимодействии негашеной извести с водой происходит гидратация оксида кальция по реакции:



где  $q$  – количество тепла, выделяющегося при реакции.

Этот процесс называют гашением извести. Он сопровождается выделением значительного количества тепла. При этом температура гасящейся извести повышается до определенного максимума. С окончанием реакции прекращается выделение тепла, и температура смеси падает. Момент начала снижения температуры смеси является признаком прекращения реакции гашения извести.

Сущность метода заключается в определении максимально высокой температуры гашения извести и времени, за которое произошло повышение температуры.

Для испытаний используют сосуд Дьюара (рис. 11), который состоит из термосной колбы (1), термометра со шкалой на  $150^\circ$  (2) и пробки (3).

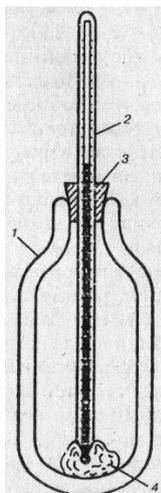


Рисунок 11 - Прибор для определения скорости и температуры гашения извести

От измельченного порошка воздушной извести, хранившейся до испытания в герметичном сосуде, берут навеску, масса которой, г:

$$m=1000/A$$

где  $A$  – содержание активных оксидов кальция и магния в извести, определенное в п. 1, г.

Навеску засыпают в сосуд прибора, вливают 25 мл воды, имеющей температуру  $20^\circ\text{C}$ , быстро перемешивают деревянной палочкой и закрывают пробкой со вставленным в нее термометром. Ртутный шарик термометра должен полностью быть погружен в реагирующую смесь.

Отсчет температуры ведут через каждую минуту, начиная с момента добавления воды. Определение считается законченным, если в течение 4 мин температура не повышается более, чем на 1°C.

По полученным данным строят график в координатах время – температура, и отмечают на нем максимальную температуру и время ее достижения. Время, прошедшее с момента затворения извести водой до начала падения температуры, характеризует скорость гашения извести.

Температура гашения извести определяется параллельно со скоростью гашения. За температуру гашения принимается максимальная температура, отмеченная при проведении испытания.

### **Определение тонкости помола извести**

Тонкость помола определяют просеиванием 50 г высушенной порошкообразной извести сквозь сита с сетками № 02 и № 008. Просеивание считается законченным, когда в течение 1 мин сквозь указанные сита проходит не более 0,1 г извести. Остаток на сите, умноженный на 2, соответствует содержанию зерен данной крупности, %.

Сортность извести устанавливают по соответствию полученных результатов испытаний с показателями таблице.

## **4. Порядок работы**

4.1. Составьте краткий конспект определения свойств извести.

4.2. Провести определения показателей свойств извести по данным, предложенным ниже.

1. Определить активность извести, если было израсходовано 25 мл соляной кислоты

2. Определить марку извести по скорости и температуре гашения, используя данные табл. 4, если максимальная температура составила 55 °С, а время до прекращения подъема температуры – 20 мин.

3. Определить тонкость помола извести, если при просеве на сите №02 остаток составил 0,005 г, на сите №008 - 0,05 г.

4.3. Дайте письменные ответы на следующие вопросы

- Классификация воздушной извести.
- Какие показатели характеризуют сортность извести?
- Как определить активность извести?

Таблица 4 -Технические требования к строительной извести

Показатель	Значение показателя сорта		
	1-й	2-й	3-й
Содержание активных оксидов кальция и магния в негашеной извести, не менее, %	90	80	70
Количество непогасившихся зерен в негашеной извести, не более, %	7	11	14
Скорость гашения, мин:			
быстрогосящаяся, менее	8	8	8
среднегоящаяся, не более	25	25	25
медленногоящаяся, более	25	25	25
Температура гашения, °С низкоэкзотермическая, более высокоэкзотермическая, менее	70	70	70
Тонкость помола – остаток частиц, %, не более, на ситах с сеткой:			
№ 02	1	1	1
№ 008	10	10	10

## 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 9179-2018. Известь строительная. Технические условия

## Лабораторная работа № 4

### Тема: «Определение водопотребности и сроков схватывания цементного теста»

#### 1. Цель:

Формирование навыка применения знаний свойств цемента для оценки качественных показателей

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы *Портландцемент* (тема 1.12).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- свойства цементов и их виды

*уметь*:

- определять сроки схватывания и марку цементного вяжущего

#### 3. Общие положения

Портландцемент имеет плотность  $3...3,2 \text{ г/см}^3$ , насыпную плотность  $900...1100 \text{ кг/м}^3$ , а в уплотненном состоянии  $1400...1700 \text{ кг/м}^3$ . Удельная поверхность цемента –  $250...300 \text{ м}^2/\text{кг}$ , нормальная густота  $24...30 \%$ .

Начало схватывания – не ранее 45 мин, конец – не позднее 10 ч.

#### Определение тонкости помола

*Тонкость помола* – характеристика дисперсности мелкозернистых материалов, в частности, неорганического гидравлического вяжущего - портландцемента.

Сущность метода заключается в определении массы остатка цемента после просеивания на сите № 008 в процентах к первоначальной массе навески. Отсеивают 50 г цемента и высыпают его на сито.

Сито закрывают крышкой и производят просеивание с использованием специального механизма или вручную. Просеивание осуществляется в течение  $5...7$  мин.

Операцию просеивания считают законченной, если при контрольном просеивании, выполненном вручную при снятом поддоне на бумагу, в течение минуты через сито проходит не более  $0,05 \text{ г}$  цемента.

Согласно ГОСТ 31108 при просеивании цемента остаток на сите 008 не должен превышать более  $15 \%$ .

#### Определение нормальной густоты цементного теста

Смесь цемента с водой называют *цементным тестом*.

*Нормальная густота цементного теста* характеризуется такой консистенцией, при которой пестик прибора Вика (рис. 12), погруженный в

кольцо с цементным тестом, не доходит до пластины, на которой установлено кольцо, на 5...7 мм.

Нормальная густота выражается количеством воды затворения, вычисленное в процентах (или в долях единицы) к массе испытуемой навески цемента.

Сущность метода заключается в определении содержания воды затворения в цементном тесте, которое имеет консистенцию, обеспечивающую проникновение пестика прибора Вика на определенную глубину.

Масса подвижного стержня прибора Вика вместе с пестиком должна быть  $300 \pm 2$  г. Перед началом испытаний проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпая в чашу, предварительно протертую влажной тканью непосредственно перед высыпанием цемента. Затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно 110...112 мл, т.е. 25...28 % по массе цемента) для получения цементного теста нормальной густоты. Осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, в течение 5 мин.

После окончания перемешивания кольцо-конус наполняют в один прием цементным тестом и 5...6 раз встряхивают его, постукивая пластину о стол. Поверхность теста выравнивают ножом, предварительно протертым влажной тканью, и ставят пластину с кольцом на прибор.

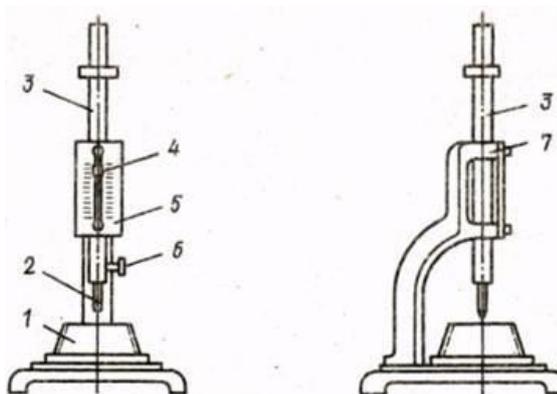


Рисунок 12 - Прибор Вика для определения нормальной густоты или сроков схватывания

1 – кольцо, 2 – стальная игла (или пестик для нормальной густоты),

3 – подвижный металлический стержень, 4 – указательная стрелка, 5 – шкала с делениями,

6 – зажимной винт, 7 – станина.

Приводят пестик в соприкосновение с тестом в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством. Затем резко освобождают стержень, откручивая стопорный винт, и через 30 с определяют по шкале

глубину погружения пестика в цементное тесто. Пестик не должен доходить до пластины 5...7 мм.

При несоответствующей консистенции цементного теста изменяют количество воды затворения (увеличивают или уменьшают) и повторяют опыт, добиваясь заданного погружения пестика.

Численно значение нормальной густоты, % с точностью до 0,1

$$НГ=В/Ц*100,$$

где В – количество воды затворения, мл;  
Ц – масса цемента для испытания (400 г).

### **Определение сроков схватывания**

*Сроки схватывания* (начало и конец) связаны с изменениями консистенции цементного теста, постепенной потерей им пластичности и превращением в камневидное тело. Эти изменения обусловлены физико-химическими процессами, протекающими в цементном тесте.

Сроки схватывания определяются промежутками времени, протекающими от момента затворения водой до момента изменения консистенции цементного теста, измеряемого определенным образом. Для этой цели используется прибор Вика.

Перед испытанием проверяют свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое показание прибора, приведя иглу в соприкосновение с пластиной, на которой расположено кольцо, и передвигая в случае необходимости шкалу. Кольцо и пластину перед началом испытаний смазывают тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто нормальной густоты заполняют кольцо, предварительно установленное на пластину. Тесто уплотняют 4...5 легкими ударами пластины о поверхность стола. Поверхность теста выравнивают, и иглу прибора Вика вводят в соприкосновение с поверхностью цементного теста.

Откручивая зажимной винт, иглу резко погружают в тесто через каждые 10 мин. Пластину каждый раз передвигают, чтобы игла погружалась в новое место поверхности. Иглу после погружения протирают влажной тканью.

Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения цемента водой до того момента, когда игла не доходит до пластины 2...4 мм. Отсчет ведут по шкале прибора.

Продолжая периодически погружать иглу в тесто устанавливают конец схватывания, который определяется временем, прошедшим от момента затворения цемента водой до того момента, когда игла входит в цементное тесто на глубину не более, чем на 1...2 мм.

## Определение равномерности изменения объема

Испытание портландцемента на равномерность изменения объема при твердении проводят кипячением образцов-лепешек. Методика выполнения работы включает приготовление цементного теста, формование образцов-лепешек и их выдержку в течение 24 часов в ванне с гидравлическим затвором, затем кипячение образцов.

Для испытания равномерности изменения объема (постоянства объема) гидравлических вяжущих веществ согласно ГОСТ 31108 изготавливают тесто нормальной густоты, отвешивают четыре навески цементного теста по 75 г и каждую навеску в виде шарика помещают на стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Затем пластинки встряхивают, ударяя их об стол, до превращения шариков в лепешки диаметром 7...8 см и толщиной в середине около 1 см. Для получения острых краев и гладкой закругленной поверхности лепешек их приглаживают от наружных краев к центру смоченным водой ножом. Приготовленные лепешки предварительно твердеют в ванне с гидравлическим затвором из оцинкованного железа в течение  $24 \pm 2$  часа с момента изготовления. В ванне образцы размещают на решетке, под которой всегда должна быть вода, по периметру ванны имеются канавки, которые должны быть заполнены водой для обеспечения гидравлического затвора. После этого лепешки испытывают на равномерность изменения объема при кипячении.

Для испытания кипячением рекомендуется применять специальный бачок, который нагревают на электрической плитке или другом нагревательном приборе. Внутри бачка помещают съемную решетчатую полку, расположенную на расстоянии не менее 2 см от дна бачка. Уровень воды в бачке должен перекрывать лепешки на 4...6 см. При испытании кипячением лепешки снимают с пластинок через сутки после изготовления и помещают в бачок с водой на решетку, находящуюся в воде. Затем воду в бачке нагревают до кипения и поддерживают его в течение 4 ч, после чего лепешки оставляют остывать в бачке до температуры помещения. Сразу же после остывания лепешки осматривают.

Если же изменение объема вызывает значительные внутренние напряжения, то такой цемент нельзя применять в строительстве (рис. 13б). Иногда в первые сутки после изготовления лепешек на них появляются трещины усыхания, не достигающие до краев. Эти трещины не являются признаком недоброкачества цемента при условии, если на обратной стороне нет радиальных трещин, достигающих до краев (рис. 13в), и лепешки при постукивании одна о другую издадут звонкий звук. Иногда на лепешках, выдержавших испытание кипячением и пролежавших затем некоторое время на воздухе, появляются радиальные трещины, которые являются результатом усадочных явлений и поэтому также не могут служить признаком недоброкачества цемента.

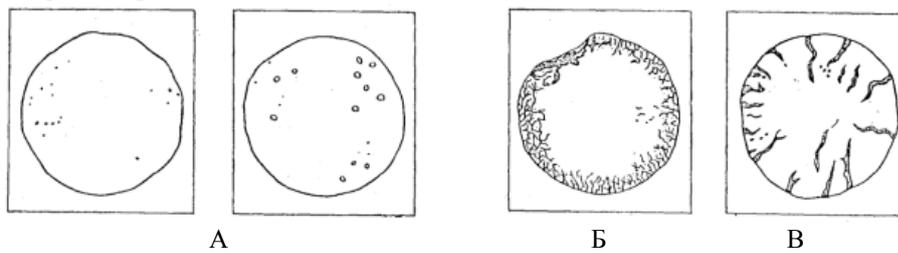


Рисунок 13 - Образцы-лепешке после испытания на неравномерность изменения объема

### Определение марки цемента

*Марку цемента* определяют по прочности на изгиб и сжатие образцов-балочек размером 40x40x160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора состава 1:3 нормальной консистенции и твердевших в соответствии с требованиями ГОСТ 31108 во влажных условиях 28 суток при температуре  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ .

II. Приготовление цементно-песчаного раствора нормальной консистенции. Для изготовления трех образцов-балочек отвешивают 1500 г вольского песка и 500 г цемента, высыпают их в сферическую чашку и перемешивают лопаткой в сухом состоянии в течение минуты. Затем в центре сухой смеси делают воронку, вливают в нее 200 мл воды – В/Ц=0,4 и перемешивают смесь 3...5 мин. Приготавливаемая растворная смесь не является кладочным или штукатурным раствором, а представляет собой как бы модель бетона, поэтому она значительно менее пластична, чем традиционная растворная смесь, которой пользуются каменщики и штукатуры.

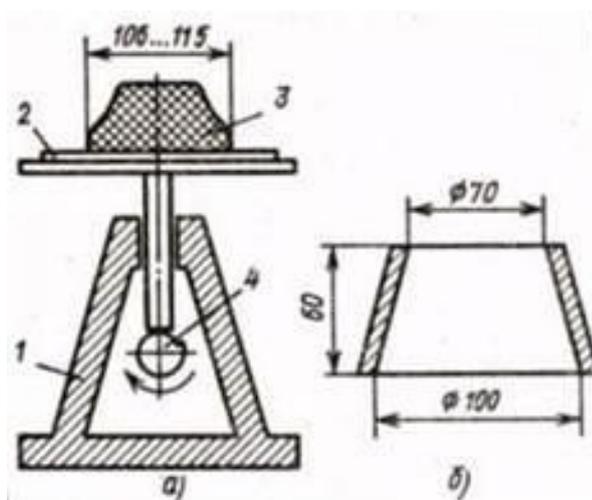


Рисунок 14 - Встряхивающий столик и форма-конус  
1 – станина, 2 – столик, 3 – испытуемый раствор, 4 – эксцентрик

По окончании перемешивания определяют консистенцию полученной растворной смеси. Для этого используют встряхивающий столик (рис. 14) и форму-конус с насадкой, смоченные влажной тканью. Конус с насадкой

заполняют раствором наполовину и уплотняют штыкованием 15 раз, затем наполняют конус с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. Штыкование ведут от периферии к центру, придерживая форму рукой. Излишек раствора срезается ножом вровень с краями конуса и металлическую форму-конус снимают вертикально вверх. Полученный конус цементного раствора встряхивают 30 раз, вращая рукоятку с частотой  $1\text{с}^{-1}$ . Затем металлической линейкой (или штангенциркулем) измеряют диаметр основания расплывшегося конуса в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение.

Консистенция раствора считается нормальной, если среднее значение расплыва конуса составляет 106...115 мм. При отклонениях от указанных пределов готовят новую смесь с большим или меньшим количеством воды. Погрешность в определении требуемого соотношения В/Ц должна быть не более 0,02, т.е. в пересчете на воду 10 г.

II. Изготовление образцов. Из раствора требуемой консистенции формируют опытные образцы-балочки с помощью разъемных металлических форм, предварительно смазанных машинным маслом (рис. 15). Формы закрепляют на лабораторной виброплощадке, заполняют на 1 см раствором и включают виброплощадку. Заполняют все три гнезда формы раствором в 3 приема и вибрируют 3 раза по 1 минуте. После окончания формования отключают виброплощадку, форму снимают, убирают ножом излишек раствора, заглаживают поверхность образцов и маркируют их.

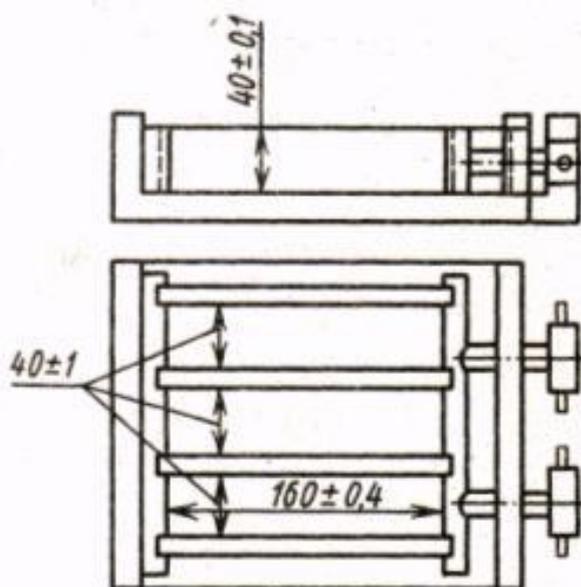


Рисунок 15 - Металлическая разъемная форма

После изготовления образцы в формах хранят в течение первых суток ( $24 \pm 2$  ч) на столике в ванне с гидравлическим затвором или другом приспособлении, обеспечивающем влажность воздуха не менее 90 %. Затем образцы расформовывают и укладывают в ванны с водой на 27 суток при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Испытание образцов на изгиб (рис. 16, 17) и сжатие (рис. 18) производят после 28 суток (1+27) твердения.

Предел прочности при изгибе определяют по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, [\text{Мпа (кгс/см}^2)]$$

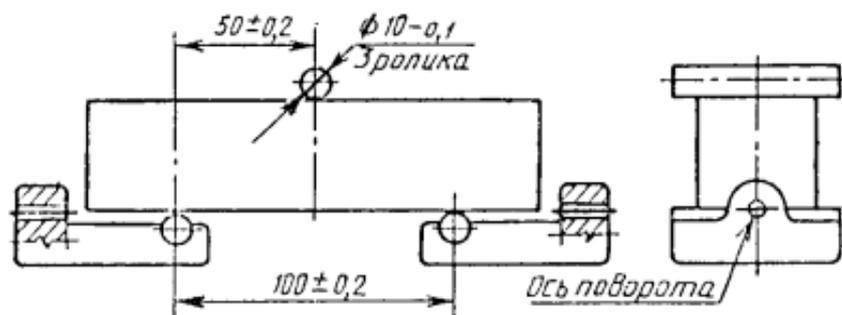


Рисунок 16 - Образец для испытания на изгиб

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

$l$  – расстояние между осями опор, м (см);

$b$  – ширина образца, м (см);

$h$  – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м (см).

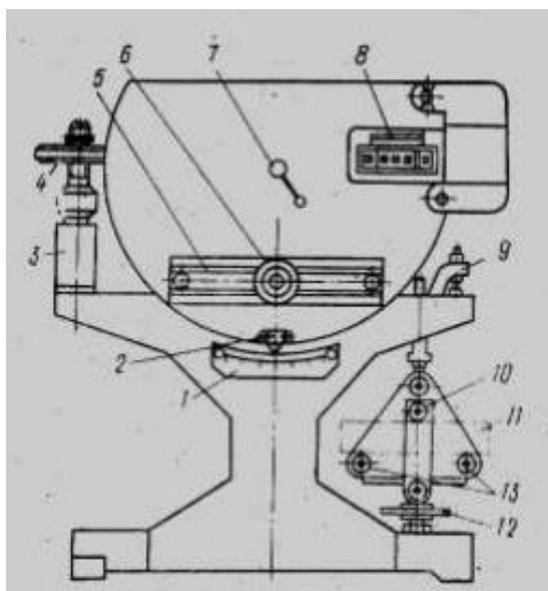


Рисунок 17 - Испытательная машина МИИ-100 для определения предела прочности при изгибе

1. Шкала; 2. Стрелка; 3. Амортизатор; 4. Шайба; 5. Прорезь; 6. Груз; 7. Рукоятка управления; 8. Счетчик; 9. Коромысло; 10. Валик; 11. Образец-балочка; 12. Маховичок; 13. Опоры изгибающего устройства

На сжатие испытывают половинки балочек, оставшиеся после испытаний целых балочек на изгиб. Предел прочности при сжатии  $R_{\text{сж}}$  образца вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, [\text{МПа (кгс/см}^2\text{)}]$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

$F$  – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей,  $\text{м}^2$  ( $\text{см}^2$ ).

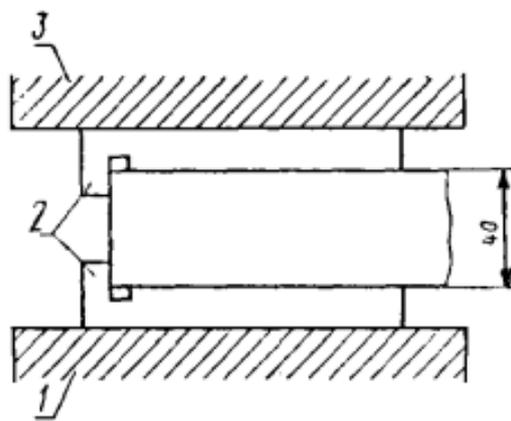


Рисунок 18 - Образец для испытания на сжатие

1-нижняя плита пресса; 2 – пластинки (62,5 \* 40 мм); 3 - верхняя плита пресса

Процесс гидратации зерен портландцемента из-за малой их растворимости растягивается на длительное время (месяцы и годы). Чтобы этот процесс мог протекать, необходимо постоянное присутствие воды в твердеющем материале. Однако нарастание прочности со временем замедляется. Поэтому качество цемента принято оценивать по прочности, набираемой им в первые 28 суток твердения.

Для определения марки цемента вычисляют среднее арифметическое из двух наибольших результатов, полученных при испытании на изгиб, и среднее арифметическое из четырех результатов (наибольший и наименьший отбрасывают), полученные при испытании на сжатие.

В таблице 5 приведены требования к маркам цемента по пределу прочности при изгибе и сжатии.

#### 4. Порядок работы

4.1. Составьте краткий конспект определения свойств цемента.

4.2. Проведите определения показателей свойств цемента по данным, предложенным ниже.

1. Определить тонкость помола цемента, если при просеивании остаток на сите составил 7 г.

2. Соответствует ли нормальной густоте цементное тесто, если пестик прибора Вика не дошел до дна 5,5 мм?

3. К какой группе относится цемент, если начало схватывания составило 60 минут, а конец 7 часов?

4. Определить марку цемента по прочти при изгибе и сжатии, если нагрузка при испытании на изгиб составила 26 кгс, а при испытании на сжатие 1240 кгс.

Таблица 5 -Требования к физико-механическим показателям цементов

Класс, подкласс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут			
			не менее	не более		
32,5М	—	12	32,5	52,5	75	10
32,5Н	—	16				
32,5Б	10	—				
42,5М	—	16	42,5	62,5	60	
42,5Н	10	—				
42,5Б	20	—				
52,5М	10	—	52,5		45	
52,5Н	20					
52,5Б	30	—				

4.3. Дайте ответы на представленные вопросы

- Как определяют марку портландцемента?
- Назовите группы цемента по срокам схватывания
- Опишите процесс приготовления цементного теста для испытания образцов на прочность
- Какие трещины свидетельствуют о неравномерности изменения объема цемента

## 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия.

## Лабораторная работа № 5

### Тема: «Приготовление бетонной смеси и проверка свойств бетонной смеси»

#### 1. Цель:

Формирование навыка определения основных качественных характеристик бетонной смеси

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы **Бетоны. Железобетон** (тема 1.17).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- требования к приготовлению бетонной смеси

*уметь*:

- определять основные характеристики бетонной смеси

#### 3. Общие положения

Бетон для изготовления конструкций и изделий предварительно рассчитывают на основе знаний о свойствах материалов, входящих в его состав, а также от требований, предъявляемых к конструкции, для которой он будет использован. Полученный расчетный состав бетона экспериментально проверяют на пробных замесах и в случае необходимости корректируют.

Проверку состава осуществляют по подвижности бетонной смеси, по плотности свежееуложенной и уплотненной смеси и по прочности затвердевшего бетона.

Объем пробного замеса выбирается в зависимости от размера и количества образцов-кубов, изготавливаемых для определения прочности бетона. Если при определении прочности изготавливаются три образца, то минимальный объем пробного замеса составляет:

Размер ребра куба, см ..... 20 15 10

Объем пробного замеса, л ..... 25 12 6.

Для характеристики консистенции бетонной смеси используют показатели *подвижности* и *жесткости*. Подвижность измеряют по *осадке конуса*. Подвижность – это способность отформованной в виде усеченного конуса бетонной смеси перемещаться под действием собственной силы тяжести.

Для смесей, не дающих осадки конуса, применяется оценка консистенции по показателю жесткости. Жесткость измеряется временем (сек), необходимым для растекания отформованной бетонной смеси под действием вибрации. Значения подвижности и жесткости определяются технологией укладки бетонной смеси. В связи с этим на практике возникает необходимость корректировать их значения. Подвижность бетонной смеси можно увеличить за счет увеличения содержания цементного теста или

снижения относительного содержания крупного заполнителя. Известно, что применяемые цементы могут отличаться показателями нормальной густоты, то есть показателями водопотребности. Соответственно, цемент с высокой водопотребностью понижает подвижность.

Основной технической характеристикой бетона является прочность. Прочность бетона  $R_b$  зависит от цементно-водного отношения  $Ц/В$ , качества заполнителей и цемента (коэффициент  $A$ ), активности цемента  $R_{ц}$ , условий и времени твердения.

$$R_{28} = AR_{ц} \left( \frac{Ц}{В} \pm 0,5 \right),$$

Класс бетона устанавливают в возрасте 28 суток. При твердении в нормальных условиях взаимосвязь прочности бетона в возрасте 28 суток и  $n$  суток (где  $3 \leq n \leq 28$ ), определяется выражением

$$R_{28} = R_n \frac{lg28}{lgn}.$$

Понижение  $Ц/В$  снижает прочность бетона так как снижается концентрация цементного клея.

### **Приготовление бетонной смеси**

Необходимое количество песка помещают на увлажненный противень, добавляют цемент и перемешивают смесь до получения однородной массы. Затем добавляют необходимое по расчету количество щебня и перемешивают до тех пор, пока он не будет равномерно распределен по всей смеси. В перемешанную сухую здесь подают примерно половину предварительно отмеренного расчетного количества воды. Перемешав увлажненную смесь, добавляют оставшуюся воду и вновь тщательно перемешивают в течение 3 - 5 минут.

Все сыпучие материалы для приготовления бетонной смеси добавляются по весу с погрешностью не более  $\pm 1\%$ .

### **Определение подвижности бетонной смеси**

Удобоукладываемость бетонной смеси, то есть ее способность заполнять форму и уплотняться в процессе укладки, оценивается показателем подвижности или жесткости, в зависимости от которого бетонные смеси в соответствии с ГОСТ 7473 подразделяют на марки (табл. 6).

Подвижность бетонной смеси характеризуется величиной осадки стандартного конуса. При определении подвижности пользуются обычным

конусом (при наибольшей крупности заполнителя 40 мм), и уменьшенным (при наибольшей крупности заполнителя 20 мм).

Таблица 6 - Марка бетонной смеси по удобоукладываемости

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю		
	жесткости, с	подвижности, см	
		осадка конуса	распływ конуса
Сверхжесткие смеси			
СЖ 3	более 100	-	-
СЖ 2	51 - 100	-	-
СЖ 1	50 и менее	-	-
Жесткие смеси			
Ж 4	31-60	-	-
Ж 3	21-30	-	-
Ж 2	11-20	-	-
Ж 1	5-10	-	-
Подвижные смеси			
П 1	4 и менее	1 - 4	-
П 2	-	5 – 9	-
П 3	-	10 – 15	-
П 4	-	16 – 20	25 – 30
П 5	-	21 и более	31 и более

Для определения подвижности смеси с наибольшей крупностью заполнителя более 40 мм используют увеличенный конус (табл. 7).

Внутреннюю поверхность конуса протирают влажной тканью и устанавливают на гладкий металлический лист (рис. 19). Затем конус заполняют бетонной смесью: обычный или увеличенный - в три слоя одинаковой высоты, уменьшенный - в два слоя. Каждый слой уплотняют штыкованием металлическим стержнем: в обычном конусе - 25 раз, в уменьшенном - 12 раз, в увеличенном - 56 раз.

Таблица 7 - Размеры конусов для определения подвижности бетонных смесей

Наименование конуса	Внутренние размеры, мм		
	диаметр верхнего основания, мм	диаметр нижнего основания, мм	высота, мм
Обычный	100±1	200±1	300±1
Уменьшенный	50±1	100±1	150±1
Увеличенный	150±1	300±1	450±1

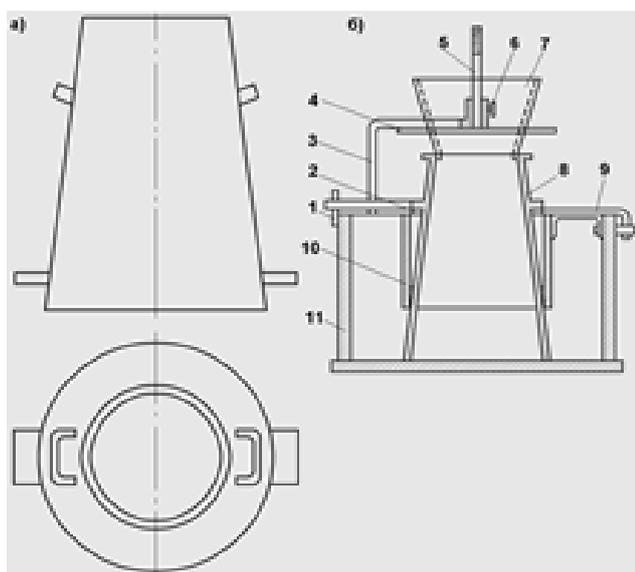


Рисунок 19 - Определение удобоукладываемости бетонной смеси:

- а) пластиковые смеси (стандартный конус); б) жесткие смеси (технический вискозиметр):  
 1 - петли; 2 - кольцо-держатель; 3 - штатив; 4 - диск; 5 - штанга; 6 - винт; 7 - насадка; 8 - конус; 9 - опорные планки; 10 - кольцо; 11 - цилиндр

После заполнения конуса и удаления излишков смеси, форму плавно снимают и устанавливают на листе рядом с отформованным конусом. Осадку конуса определяют, укладывая металлическую линейку ребром, на верх металлического конуса и измеряя расстояние от нижней грани линейки до верха бетонной смеси. Осадка конуса (ОК) определяется с погрешностью до 0,5 см. Величину ОК, определенную в уменьшенном конусе, приводят к величине ОК обычного конуса умножением полученного результата на переводной коэффициент 2.

По полученному значению ОК производят корректировку расчетного состава бетонной смеси:

1-й случай - подвижность оказалась меньше заданной. В этом случае для увеличения подвижности повышают расход воды на 5...10%, одновременно прибавляя 5...10% цемента для того, чтобы не изменилось водоцементное отношение.

2-й случай - подвижность оказалась больше заданной. В этом случае вводят добавки песка и щебня по 5...10% от первоначальных количеств, но не более трех добавок на замес. Соотношение между песком и щебнем не должно нарушаться.

### **Определение жесткости бетонной смеси**

Жесткость бетонной смеси оценивают временем вибрирования, необходимым для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси и появления цементного теста на поверхности смеси. Прибор устанавливают на виброплощадку. Заполнение конуса прибора бетонной смесью, уплотнение её и снятие конуса с отформованной смеси производят так же, как описано выше. Включают виброплощадку, секундомер и вибрируют до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста. Замеренное время характеризует жесткость бетонной смеси. Его вычисляют с точностью до 1 с как среднее арифметическое результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 % среднего значения. При большем расхождении результатов испытание повторяют на новой пробе.

### **Определение плотности свежееуложенной бетонной смеси**

Плотность бетонной смеси определяется отношением массы уплотненной смеси к ее объему и характеризует степень ее уплотнения. Качество уплотнения бетонной смеси обычно оценивают коэффициентом уплотнения:

$$K_{\text{упл}} = \rho_{\text{факт}} / \rho_{\text{расч}}$$

где:  $\rho_{\text{факт}}$  - фактическая плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup> ;

$\rho_{\text{расч}}$  - расчётная плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup> .

В случае правильного расчета состава и достаточной степени уплотнения смеси расхождение между фактической и расчетной плотностями не должно превышать 2%, а коэффициент уплотнения составлять 0,95 ... 0,98.

Подготовленную и предварительно взвешенную форму для приготовления контрольных образцов заполняют бетонной смесью. Способы уплотнения бетонной смеси зависят от ее подвижности.

Форму, заполненную с избытком бетонной смесью с ОК<12 см устанавливают и жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке. Далее вибрируют до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности и появлением на ней тонкого слоя цементного теста. Поверхность образцов выравнивают

вровень с краями формы. Плотность бетонной смеси в кг/л вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{факт}} = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

где  $m_1$  - масса пустой формы, кг;

$m_2$  - масса формы с бетонной смесью, кг;

$V$  - объем формы, л.

Плотность бетонной смеси вычисляют с округлением до 10 кг/л как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 5%.

#### **4. Порядок работы**

4.1. Составьте краткий конспект испытаний бетонной смеси.

4.2. Провести определения показателей свойств бетона по данным, предложенным ниже.

1. Дайте характеристику бетонной смеси, если осадка конуса составила 5 см.

2. Дайте характеристику бетонной смеси, если время вибрирования составило 3 с.

3. Какова плотность бетонной смеси, если вес формы без смеси составляет 5,5 кг, размер ребра ячеек для изготовления образцов 10 см, количество ячеек - 2 шт., вес формы с бетоном составил 10,5 кг.

4.3. Дайте письменные ответы на поставленные вопросы

- Как определяют подвижность бетонной смеси?

- Что такое удобоукладываемость и как она определяется?

- Как определяют плотность бетонной смеси

#### **5. Литература**

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 7473-2012. Смеси бетонные. Технические условия

## Лабораторная работа № 6

### Тема: «Испытания арматуры для железобетонных конструкций»

#### 1. Цель:

Формирование навыка применения видов арматуры для изготовления железобетонных конструкций

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы *Арматура для изготовления железобетонных конструкций* (тема 1.19).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- испытания арматуры

*уметь*:

- различать арматуру по внешним признакам

#### 3. Общие положения

Рабочая арматура в железобетонных конструкциях устанавливается преимущественно для восприятия растягивающих усилий и усиления бетона сжатых зон конструкций. Необходимое количество арматуры определяют расчетом элементов конструкций на нагрузки и воздействия. Арматуру разделяют по четырем признакам:

1. В зависимости от технологии изготовления стальная арматура железобетонных конструкций подразделяется на горячекатаную стержневую и холоднотянутую проволочную.

2. В зависимости от способа последующего упрочнения горячекатаная арматура может быть термически упрочненной – подвергнутой термической обработке, или упрочненной в холодном состоянии – вытяжкой, волочением.

3. По форме поверхности арматура может быть периодического профиля и гладкой. Выступы в виде ребер на поверхности стержневой арматуры периодического профиля, рифы или вмятины на поверхности проволочной арматуры значительно улучшают сцепление с бетоном.

4. По способу применения при армировании железобетонных элементов различают напрягаемую арматуру, подвергаемую предварительному натяжению, и ненапрягаемую.

Для испытания стали на растяжение до разрыва используют цилиндрические и плоские образцы, изготовленные путем соответствующей механической обработки.

Образцы цилиндрической формы должны иметь соответствующие размеры (рис. 20).

Перед испытанием образцы измеряются в трёх местах по длине рабочей части. В каждом месте в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Вычисляется площадь поперечного сечения образца.

Расчетную длину образца измеряют с точностью до 0,1мм. Образцы закрепляют в захватах машины и начинают испытания.

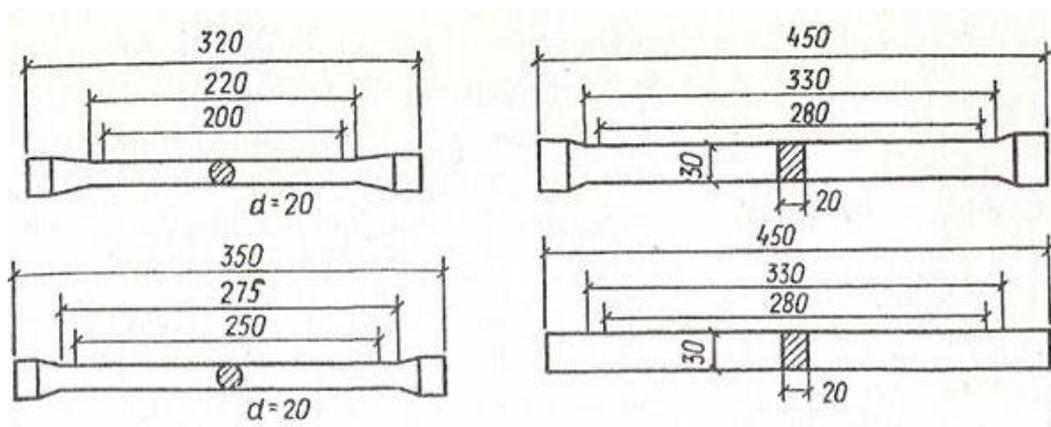


Рисунок 20 - Образцы стали для испытания на растяжение

Результаты испытания стального образца на растяжение получают в виде зависимости между нагрузкой и деформацией (рис. 21).

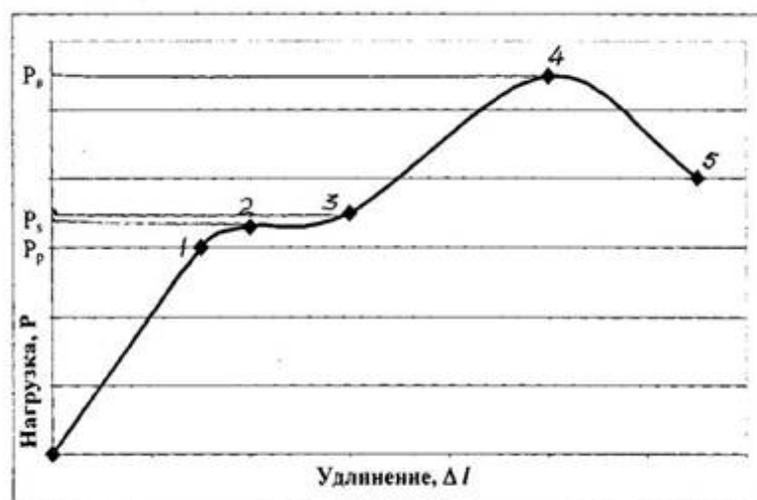


Рисунок 21 - Диаграмма растяжения стали

Прямой участок диаграммы растяжения (от начала координат до точки 1) показывает, что удлинение (деформация) образца  $\Delta l$  возрастает пропорционально приложенной нагрузке  $p$ . Если образец подвергнуть растяжению нагрузкой, равной или меньшей  $p_p$ , а затем снять эту нагрузку, то образец примет первоначальную длину, т. е. в нем будут отсутствовать остаточные деформации. Точка 1 на кривой растяжения соответствует *пределу пропорциональности*, т. е. тому наибольшему напряжению, при котором растяжение металла прямо пропорционально нагрузке. Это напряжение  $\sigma_p$ , МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0},$$

где  $P_p$  – нагрузка при пределе пропорциональности, Н;  
 $S_0$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>.



Рисунок 22 - Учебная универсальная испытательная машина МиМ-98ЛР-010

При увеличении нагрузки (свыше  $p_p$ ) испытываемый образец удлиняется быстрее, чем возрастает нагрузка. Таким образом, пропорциональность нарушается.

На диаграмме это показано кривой 1-2, которая затем переходит в горизонтальную 2-3. Наличие горизонтального участка указывает на то, что образец самопроизвольно вытягивается (течет), хотя нагрузка остается постоянной.

Напряжение, при котором появляется текучесть стали, называют пределом текучести. Различают предел текучести физический и предел текучести условный.

1. *Предел текучести физический* - наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без видимого увеличения нагрузки. При испытании образца стали следят за показаниями стрелки силоизмерителя. Как только сталь достигнет предела текучести, стрелка прибора останавливается, а затем вновь начинает двигаться. Значения нагрузки  $p_s$  в момент остановки стрелки фиксируют и принимают за нагрузку, соответствующую пределу текучести  $\sigma_s$ , МПа, (физическому), который вычисляют по формуле:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{S_0},$$

где  $p_s$  – нагрузка при пределе текучести, Н;

$S_0$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца,  $\text{м}^2$ .

2. *Предел текучести условный* - напряжение, при котором образец получает остаточное удлинение, составляющее 0,2 % первоначальной длины. Его определяют в тех случаях, когда при растяжении образца не обнаруживают резко выраженного явления текучести, и предел текучести физический не может быть определен указанными выше способами.

3. *Пределом прочности при растяжении* - называют напряжение, которое соответствует максимальной нагрузке, предшествующей разрушению образца. Максимальная нагрузка может быть легко определена в процессе испытания стального образца, так как на циферблатах испытательных машин имеется вторая контрольная стрелка, которая увлекается рабочей стрелкой машины до крайнего положения и фиксирует наибольшее отклонение рабочей стрелки.

На диаграмме точкой 4 зафиксирована максимальная нагрузка, которую выдерживает образец. Начиная с этой точки, деформация концентрируется в каком-либо одном месте, которое начинает быстро растягиваться и уменьшать площадь поперечного сечения. При этом нагрузка падает до точки 5, где происходит разрыв образца.

Предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  МПа, вычисляют по формуле:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{S_0},$$

где  $p_b$  – наибольшая нагрузка, предшествующая разрыву образца, Н;  
 $S_0$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца,  $m^2$ .

4. *Относительным удлинением* называют отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к ее первоначальной длине. Для определения относительного удлинения испытанного стального образца обе его части плотно прикладывают одну к другой и измеряют длину образца после разрыва  $l_1$  (рис. 23).

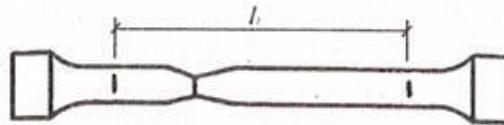


Рисунок 23 - Определение относительного удлинения образца

Значение относительного удлинения,  $\delta$ , %, вычисляют по формуле:

$$\delta = \left[ \frac{l_1 - l_0}{l_0} \right] \times 100,$$

где  $l_1$  – длина образца после разрыва, мм;

$l_0$  – расчетная (начальная) длина образца, мм.

Относительное удлинение вычисляют как среднее арифметическое из результатов всех определений.

#### 4. Порядок работы

4.1. Составьте краткий конспект проведения испытаний арматуры

4.2. Дайте письменные ответы на поставленные вопросы

- По каким механическим характеристикам определяют марку стали?

- Изложите методику испытания стального образца на растяжение.

#### 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

## Лабораторная работа № 7

### Тема: «Определение предела прочности бетона на сжатие»

#### 1. Цель:

Формирование навыка определения предела прочности бетона на сжатие

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы **Предел прочности бетона** (тема 1.19).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- методику определения класса бетона разрушающим методом

*уметь*:

- определять класс бетона по полученным значениям предела прочности

#### 3. Общие положения

Важнейшей характеристикой прочности бетона является сопротивление сжатию (прочность на сжатие)  $R_c$ , определяемое при испытании образцов статической нагрузкой по методике, установленной ГОСТ 10180. Для получения достоверного и сравнимого значения  $R_c$  методика ГОСТ предусматривает учет основных факторов, влияющих на результаты испытаний. К ним относятся состав бетона, форма и размеры образцов, качество укладки и уплотнения бетонной смеси, структура бетона, условия его твердения, условия и порядок испытания образцов статической нагрузкой. При изготовлении образцов состав бетона в них должен строго соответствовать установленному (начальному, дополнительному, номинальному, рабочему) составу. Для этого отбор пробы бетонной смеси выполняется с соблюдением правил. Кроме того, при формовании образцов бетонная смесь должна укладываться в формы без избытка, т.е. только в пределах количества, необходимого для заполнения объема формы. Форма и размеры стандартных образцов для определения прочности на сжатие:

Размер куба, см	10×10×10	15×15×15	20×20×20
Масштабный коэффициент	0,91	1,0	1,05

Прочность образцов затвердевшего бетона характеризуют классами или марками по прочности на сжатие.

Для определения прочности бетона должна быть изготовлена серия образцов в количестве трех штук. Эталонный образец с ребром 15 см изготавливается в том случае, если наибольшая крупность заполнителя 40 мм. В других случаях готовятся стандартные образцы иных размеров и при их испытаниях полученный результат приводят к эталонному с помощью переводного коэффициента.

Фактические размеры образцов не должны отличаться от стандартных значений более чем на 1%. Выбор размеров зависит от наибольшей крупности заполнителя (табл. 8).

Таблица 8 – требования к размерам образцов бетонных кубов

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Наименьший размер образца ( $a$ или $d$ ), мм
10 и менее	70
20	100
40	150
70	200
100	300

Формование образцов производят не позднее, чем через 20 минут после приготовления пробного замеса.

Укладка и уплотнение бетонной смеси в форме производятся с соблюдением требований табл. 9.

Таблица 9 – Требования к укладке и уплотнению смеси при формовании образцов бетона

Показатели удобоукладываемости бетонной смеси	Способ укладки и уплотнения бетонной смеси	Критерии степени нормального уплотнения
$t_q < 20$ с, $h_q < 12$ см $t_q < 20$ с $h_q < 12$ см	Вибрирование на лабораторной виброплощадке без пригруза Вибрирование с пригрузом и использованием насадки на форму. Заполнение бетонной смесью до середины высоты насадки. Пригруз с обеспечением $\Delta p \geq 40$ Па Без вибрирования в один слой при $h \leq 15$ см и в два слоя при $h > 15$ см путем штыкования стержнем $d=16$ мм из расчета одного нажима стержня на 10 см <sup>2</sup> поверхности образца	Прекращение оседания бетонной смеси, выравнивание ее поверхности и появление на ней тонкого слоя цементного теста Прекращение оседания пригруза. Время вибрирования 30-60 с Не требуется

Перед вибрированием форма с бетонной смесью жестко закрепляется на виброплощадке. Для учета фактора неоднородности структуры бетона образцы изготавливаются и испытываются сериями, включающими не менее двух образцов. Каждый образец маркируется на той грани, которая будет видна в процессе испытания на прессе.

Затем образцы в формах, покрытых влажной тканью, хранят в течение суток в помещении с температурой воздуха  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  в ванне с гидравлическим затвором, после чего их вынимают из форм, маркируют и выдерживают до испытания при тех же условиях. Через 28 суток образцы, выдержанные 2 ... 4

часа в помещении с относительной влажностью воздуха 40...60%, испытывают на гидравлическом прессе.

Испытание начинают с осмотра и обмера образцов. При осмотре выбирают и отмечают опорные грани, к которым будет приложена нагрузка. Для образцов-кубов это пара противоположных, лучших по состоянию поверхности боковых граней, так как направление разрушающей силы при испытании должно быть перпендикулярно направлению укладки бетонной смеси. Измерение линейных размеров производят с погрешностью  $\pm 1\%$ . Каждый линейный размер  $a$ ,  $b$ ,  $h$  вычисляют как среднее арифметическое двух измерений по серединам противоположных граней.

Перед испытанием на сжатие образцы взвешивают и вычисляют значение средней плотности бетона в образце. На тщательно очищенную от частиц бетона после предыдущего испытания нижнюю опорную плиту пресса (испытательной машины) поочередно устанавливают образцы, строго центруя по нанесенным на нее рискам. Мощность пресса выбирают так, чтобы диапазон ожидаемых значений разрушающих нагрузок находился в интервале 20-80% шкалы силоизмерителя. Нагружение образцов осуществляют непрерывно с постоянной скоростью  $60\pm 20$  кПа/с (рис. 24, 25).



Рисунок 24 - Общий вид пресса для испытаний бетона на сжатие



Рисунок 25 - Процесс разрушения куба бетона при испытании

Максимальное усилие  $R_{\max}$ , Н, достигнутое в процессе испытания, принимают за величину разрушающей нагрузки. Среднюю площадь рабочего сечения образца  $F$ ,  $\text{м}^2$ , определяют как среднее арифметическое значение площадей его противоположных граней, соприкасающихся с плитами пресса.

Предел прочности бетона при сжатии  $R_{\text{сж}}$  в МПа вычисляют по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \alpha \cdot \frac{P}{F}$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка, Н (кгс);

$F$  - площадь рабочего сечения образца,  $\text{м}^2$  ( $\text{см}^2$ );

$\alpha$  - масштабный коэффициент перехода к прочности на сжатие образцов базового размера.

Если действительная прочность отличается от заданной более чем на 15%, то следует внести коррективы в состав бетона.

Среднюю прочность при сжатии вычисляют с точностью до 0,1 МПа (1 кгс/ $\text{см}^2$ ), как среднее арифметическое значение результатов трех испытаний.

Затем определяют условный класс бетона по прочности на сжатие МПа. Используя полученное значение условного класса, устанавливают соответствующий ему класс бетона, унифицированное значение которого должно быть ближайшим меньшим в сравнении с условным классом.

Испытания образцов бетона можно провести и в более ранние сроки, однако при этом необходимо будет выполнить ряд дополнительных вычислений (рис. 26).

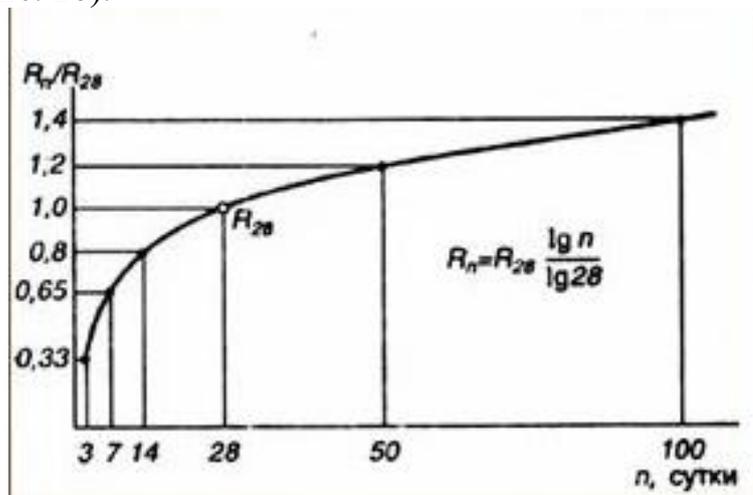


Рисунок 26 - Диаграмма набора прочности бетона и определение прочности на более ранних сроках твердения

#### 4. Порядок работы

4.1. Составьте краткий конспект проведения испытаний бетона на сжатие.

4.2. Провести определения показателей свойств бетона по данным, предложенным ниже.

1. Определить класс бетона, если нагрузка на образец бетона в возрасте 28 суток с ребром 15 см составила 54000 кгс.

2. Определить прочность бетона в возрасте 28 суток, если при испытании куба с ребром 15 см в возрасте 10 дней нагрузка составила 12000 кгс.

4.3. Дайте письменные ответы на поставленные вопросы

- Чем оценивается прочность бетона?
- От чего зависят размеры контрольных образцов бетона?
- Основные факторы, влияющие на прочность бетона

## **5. Литература**

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 10180 – 2012. Бетоны. Методы определения прочности по готовым образцам.

## Лабораторная работа № 8

### Тема: «Испытание и контроль качества бетона неразрушающим способом»

#### 1. Цель:

Формирование навыка применения неразрушающими методами контроля качества бетона

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы *Контроль качества бетонных и железобетонных конструкций* (тема 1.20).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- способы определения основных характеристик материалов в эксплуатируемых конструкциях неразрушающими методами

*уметь*:

- определять прочность бетона неразрушающими методами

#### 3. Общие положения

Определение прочности бетона по результатам испытаний на сжатие образцов-кубов не всегда отражает действительную прочность бетона в конструкциях. Кроме того, часто возникает необходимость дополнительно определить прочность бетона в более поздние сроки, чем предполагалось ранее. Однако отсутствие контрольных образцов не позволяет это сделать. Не представляется возможным оценить прочность бетона ранее возведённых железобетонных конструкций и сооружений.

В последние годы разработан ряд механических и физических методов, позволяющих определить прочность бетона в различных местах железобетонных изделий и конструкций без их разрушения.

Все методы определения твердости бетона подразделяются на статические и динамические в зависимости от вида движения внедряемого тела (штампа или бойка).

При статическом методе штамп медленно и непрерывно вдавливаются в испытываемый бетон определенной силой.

При динамическом методе штамп вдавливаются в бетон за счет энергии удара (от руки, пружины, свободного падения штампа, выстрела и т.д.).

Размер отпечатка, оставляемого на поверхности бетона штампом шаровой или конической формы, принимается при последующих измерениях за меру твердости бетона, которая зависит не только от прочности бетона, но и от величины силы, действующей на штамп. Поэтому для установления однозначной зависимости показателя прочности бетона от размера отпечатка или высоты отскока штампа, необходимо статическую силу или силу удара

прикладывать при испытании всегда постоянной или автоматически учитывать её изменчивость самим прибором.

Последний факт имеет место в эталонном молотке К.П.Кашкарова, электронном измерителе прочности бетона ИПС-МГ4, ударно-импульсном приборе ОНИКС-2.3, которые получили наиболее широкое применение.

**Метод определения прочности бетона эталонным молотком НИИМосстроя конструкции К.П. Кашкарова** (рис. 27) заключается в том, что при ударе им по поверхности железобетонной конструкции одновременно образуются два отпечатка: первый диаметром  $d_6$  на бетоне, второй диаметром  $d_3$  на введенном в молоток эталонном стержне. За косвенную характеристику прочности бетона принимают отношение  $d_6: d_3$ , по которому определяют прочность бетона в данном месте конструкции. Эталонный стержень изготовлен из стали Ст3 длиной 150 и диаметром 10 мм, конец стержня заострен.

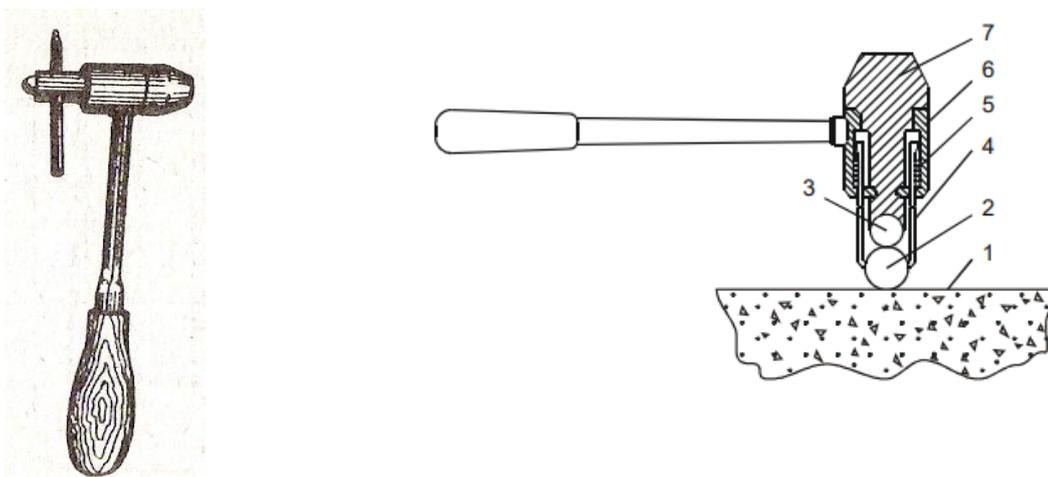


Рисунок 27 - Конструкция эталонного молотка Кашкарова:  
1 – испытываемый бетон; 2 – дентор (шарик); 3 – эталонный стержень; 4 – стакан;  
5 – пружина; 6 – корпус; 7 – головка

Эталонным молотком наносят не менее 10 ударов в различных точках по длине или площади конструкции. Во время испытания необходимо следить за тем, чтобы ось головки молотка была перпендикулярна поверхности испытываемой конструкции.

После каждого удара эталонный стержень передвигают таким образом, чтобы расстояние между центрами соседних отпечатков было не менее 10 мм. Удары по поверхности испытываемой конструкции наносят так, чтобы расстояние между отпечатками не превышало 30 мм. Диаметр лунок на бетонной поверхности и эталонном стержне измеряют с точностью до 0,1 мм угловым масштабом (рис. 28), состоящим из двух стальных измерительных линеек, склепанных под углом.

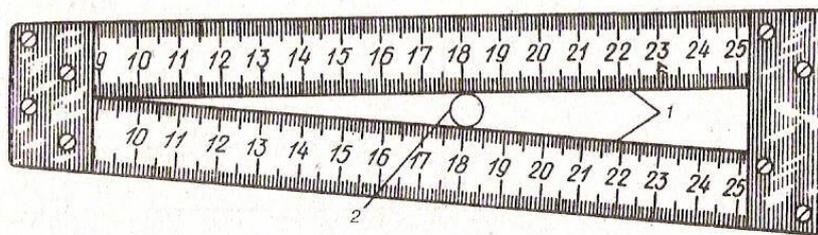


Рисунок 28 - Определение диаметра отпечатка на бетоне угловым масштабом  
1 – угловой масштаб; 2 – измеряемая лунка

Прочность бетона в конструкциях устанавливают по графику (рис. 29) согласно вычисленному отношению  $d_6 : d_3$  как среднее арифметическое результатов 10 ударов молотка. Полученные таким образом значения  $R_{сж}$  справедливы для бетона с влажностью 2...6 %. В случае повышенной влажности значение предела прочности бетона необходимо умножить на коэффициент влажности  $K_B$ , принимаемый при влажности 8 % - 1,1 и при влажности 12 % - 1,2. При мокрой поверхности бетона  $K_B = 1,4$ .

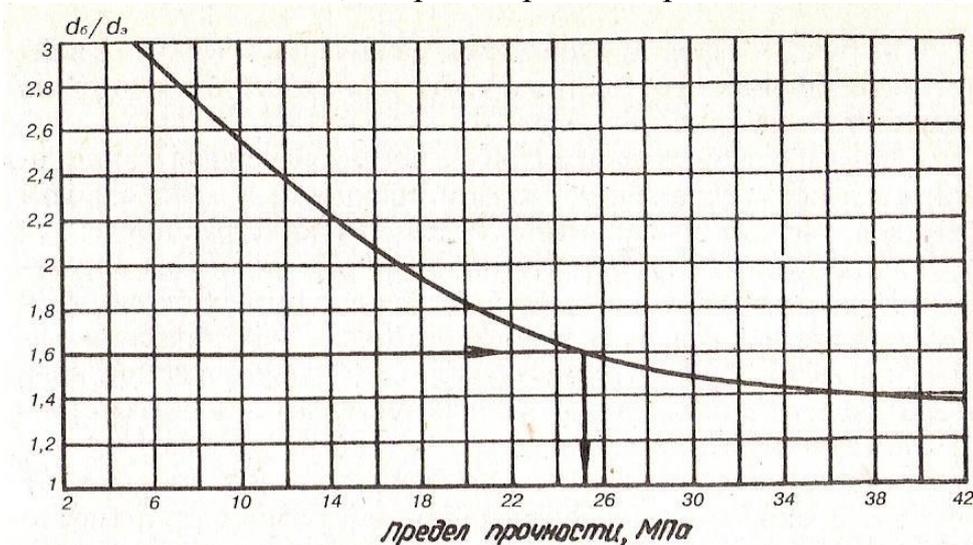


Рисунок 29 - График для определения прочности бетона, приготовленного на щебне

### Определение прочности ударно-импульсным методом

Прибор ОНИКС-2.3 (рис. 30) предназначен для определения прочности бетона на сжатие неразрушающим ударно-импульсным методом при технологическом контроле качества, обследовании сооружений и конструкций, также для определения твердости, однородности, плотности и пластичности различных материалов (кирпич, штукатурка, композиты и др.).

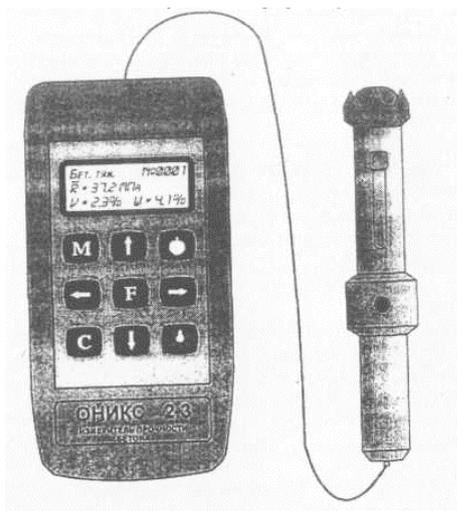


Рисунок 30 - Прибор ударно-импульсного определения прочности ОНИКС-2.3

Прибор ИПС-МГ4 (рис. 31) располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно испытуемой поверхности, при другом положении прибора необходимо вносить поправку на показания в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. При определении прочности бетона по образцам измерения проводят на боковых поверхностях образцов (по направлению бетонирования). При этом образцы должны быть зажаты в прессе с силой  $(30 \pm 5)$  кН (3000 кгс).



Рисунок 31 - Измеритель прочности бетона ИПС-МГ4:

1 – преобразователь в виде ударного механизма, 2 – электронный блок, жидкокристаллический дисплей, 4 – клавиатура управления, 5 – соединительный разъем

Определение прочности бетона с помощью ультразвукового прибора УК-14ПМ (рис. 32).

Для надежного контакта между преобразователем и поверхностью бетона в местах прозвучивания наносится тонкий слой технического вазелина, машинного масла или других вязких материалов. Если на поверхности бетона в месте установки преобразователей имеются мелкие

трещины, раковины или поры глубиной и диаметром более 2 мм, их заделывают гипсовым раствором. Различные неровности обрабатывают механическим путем.

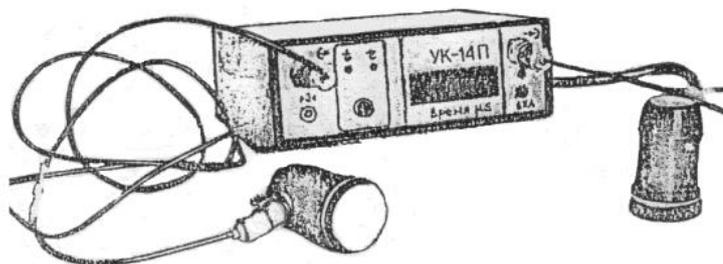


Рисунок 32 - Прибор УК-14ПМ

Контроль прочности осуществляют по скорости прохождения через бетон переднего фронта продольной ультразвуковой волны (скорости ультразвука) исходя из градуировочной зависимости

Для измерения времени распространения ультразвука в образцах и изделиях преобразователи устанавливаются соосно на образце материала или контролируемом изделии, также предварительно смазанных контактной жидкостью, и при наличии устойчивых показаний результат фиксируется по цифровому индикатору «ВРЕМЯ» (t). Прочность бетона в образце или конструкции определяется по градуировочной кривой в зависимости от измеренной скорости прохождения ультразвука.

#### 4. Порядок работы

4.1. Составьте краткий конспект проведения испытаний на определение прочности бетона неразрушающими методами

4.2. Провести определения показателей свойств бетона по данным, предложенным ниже.

Даны показатели отпечатков, полученные при определении прочности образца молотком Кашкарова (табл. 10). Определить прочность образца, результаты внести в таблицу 10.

Таблица 10 – определение прочности бетона молотком Кашкарова

Номер измерения	Диаметр отпечатка на поверхности бетона, $d_6$	Диаметр отпечатка на эталонном стержне $d_3$	Отношение $H = d_6/d_3$	Результаты измерений
1	6,8 мм	3,5 мм		
2	6,7 мм	3,4 мм		
3	7,0 мм	3,2 мм		
4	7,1 мм	3,6 мм		

4.3. Дайте письменные ответы на поставленные вопросы

- Как измеряют отпечатки на бетонной поверхности и эталонном стержне?
- Правила подготовки поверхности бетонных образцов в местах испытаний?
- Из какой стали изготавливают эталонный стержень?

## **5. Литература**

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

## Лабораторная работа № 9

### Тема: «Определение гранулометрического состава песка»

#### 1. Цель:

Формирование навыка определения гранулометрического состава песка

#### 2. Требования к методическому обеспечению

Для успешного выполнения данной работы необходимо знать материал темы **Влияние гранулометрического состава песка на свойства растворов** (тема 1.22).

В результате выполнения работы обучающийся будет *знать*:

- характеристики песка по гранулометрическому составу

*уметь*:

- определять модуль крупности песка для приготовления растворов и бетонов

#### 3. Общие положения

Испытания песка производят в соответствии с ГОСТ 8736.

Зерновой состав определяют путем отсева песка на стандартном наборе сит (рис. 33).

Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой навески.

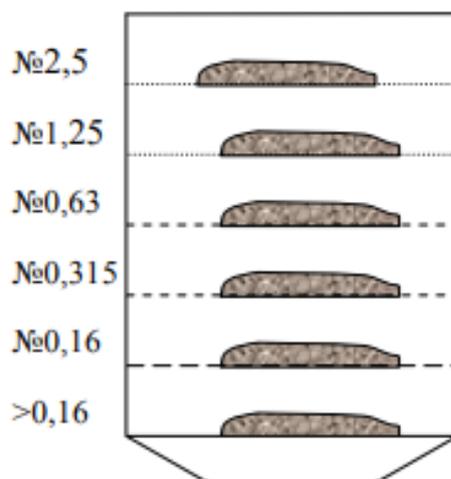


Рисунок 33 - Определение зернового состава песка

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги.

Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

По результатам просеивания вычисляют:

- частный остаток на каждом сите ( $a_i$ ) в процентах по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

где  $m_i$  - масса остатка на данном сите, г;

$m$  - масса просеиваемой навески, г;

- полный остаток на каждом сите ( $A_i$ ) в процентах по формуле:

$$A_1 = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$$

где  $a_{2,5}$ ,  $a_{1,25}$ ,  $a_i$  - частные остатки на соответствующих ситах.

- модуль крупности песка ( $M_k$ ) без зерен размером крупнее 5 мм по формуле:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}$$

где:  $A_{2,5}$ ,  $A_{1,25}$ ,  $A_{0,63}$ ,  $A_{0,315}$ ,  $A_{0,16}$  - полные остатки на сите с отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками № 1,25; 063; 0315, 016, %.

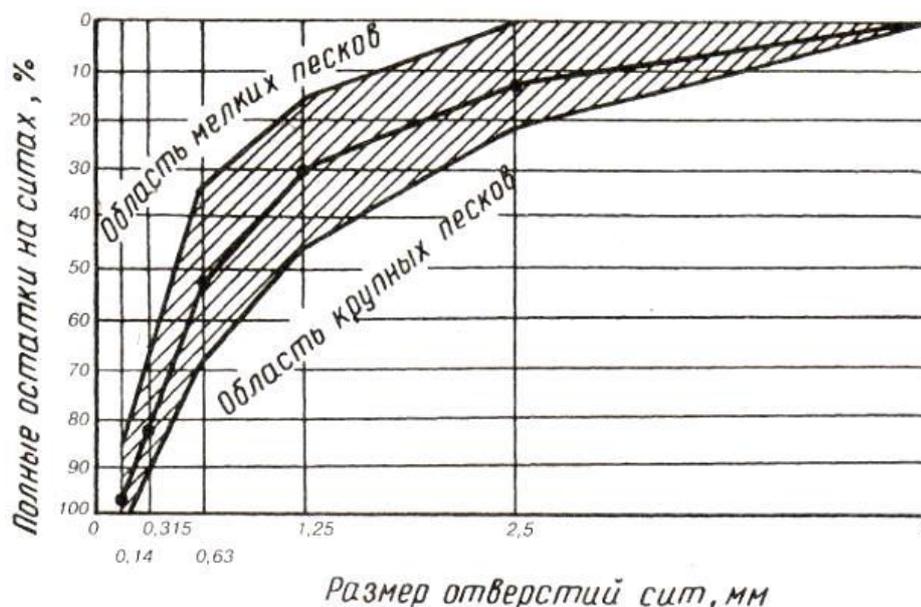


Рисунок 34 - Кривая просеивания

Для определения содержания глинистых частиц применяют метод отмучивания. Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы пробы после отмучивания пылевидных и глинистых частиц (размер частиц менее 0,05 мм).

#### Определение зернового состава и модуля крупности

Подготовка к испытанию: аналитическую пробу песка массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы.

Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16.

Взвешивают остатки на каждом сите, определяют частные и полные остатки и находят модуль крупности по формулам, приведенным выше. Группу песка определяют на основании полученного показателя модуля крупности по табл. 11.

Таблица 11 - Группа мелкого заполнителя по модулю крупности и требования ГОСТ по зерновому составу

Группа песка	Модуль крупности $M_p$	Полный остаток на сите № 063, %
Очень крупный	Св. 3,5	Св. 75
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5	Св. 65 до 75
Крупный	Св. 2,5 до 3,0	Св. 45 до 65
Средний	Св. 2,0 до 2,5	Св. 30 до 45
Малкий	Св. 1,5 до 2,0	Св. 10 до 30
Очень мелкий	Св. 1,0 до 1,5	До 10
Тонкий	Св. 0,7 до 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

### Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы песка после отмучивания частиц крупностью до 0,05 мм.

Навеску песка помещают в цилиндрическое ведро и заливают водой так, чтобы высота слоя воды над песком была около 100 мм. Залитый водой песок выдерживают в течение 2 ч, перемешивая его несколько раз, и тщательно отмывают от приставших к зернам глинистых частиц.

После этого содержимое ведра снова энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин сливают сифоном полученную при промывке суспензию, оставляя слой ее над песком высотой не менее 30 мм. Затем песок снова заливают водой до указанного выше уровня. Промывку песка в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки будет оставаться прозрачной.

После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы  $m_1$ .

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ( $P_{отм}$ ) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_{отм} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\%$$

где  $m$  - масса высушенной навески до отмучивания, г;

$m_1$  - масса высушенной навески после отмучивания, г.

### Определение насыпной плотности песка

Насыпная плотность – это масса единицы объема материала в рыхло-насыпном состоянии. Насыпную плотность материала определяют отношением массы ( $m$ ) зернистого материала ко всему занимаемому им объему ( $V_{\text{мат}}$ ), включая имеющиеся в нем поры ( $V_{\text{пор}}$ ) и межзерновые пустоты ( $V_{\text{пуст}}$ ), и рассчитывают по формуле

$$\rho_n = \frac{m}{V_{\text{мат}}} = \frac{m}{V_{\text{т.ф.}} + V_{\text{пор}} + V_{\text{пуст}}}, \text{ г/см}^3 \text{ или кг/м}^3$$

Сущность испытания заключается в заполнении мерного сосуда рыхло-зернистым материалом. В зависимости от крупности частиц материала используют сосуды различной вместимости. Если размер частиц материала составляет 0...5 мм, то объем сосуда должен быть 1...2 л, если размер частиц 5...40 мм, то объем сосуда – 10 л, и если размер частиц более 40 мм, то объем сосуда 20 л. Насыпную плотность сыпучих материалов (песок, цемент и др.) определяют с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части рис. 35.

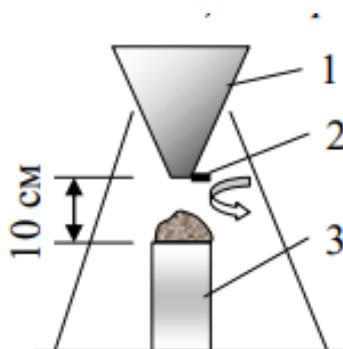


Рисунок 35 - Определение насыпной плотности  
1- воронка-конус; 2 - заслонка; 3 - мерный сосуд

Под воронку ставят заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 л. В воронку засыпают сухой материал, открывают заслонку и с высоты 10 см заполняют сосуд с избытком. Металлической линейкой срезают излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают. Насыпную плотность материала вычисляют по формуле

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ г/см}^3$$

где  $m_1$  - масса сосуда, г;

$m_2$  - масса сосуда с материалом, г;

$V$  - объем сосуда, см<sup>3</sup>.

#### 4. Порядок работы

4.1. составьте краткий конспект проведения испытаний

4.2. Проведите определения модуля крупности песка по данным, предложенным в таблице 12 и заполните таблицу 13.

Таблица 12 – масса остатков на ситах

№ сита	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	Проход через сито № 016(014)
Масса остатка	70	458	251	113	85	23

Таблица 13 - Зерновой состав песка

Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах					Проход через сито с сеткой № 016(014), % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	
Частный, %						
Полный, %						

Модуль крупности песка,  $M_k$  –

Группа песка -

4.3. Дайте письменные ответы на поставленные вопросы

- Как определяется зерновой (гранулометрический) состав?

- Какой песок обычно используется для растворов и бетонов?

#### 5. Литература

5.1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.

5.2. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия

## **Литература**

1. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, 7-е изд., стер., Изд. Академия, 2018. – 416 с.
2. ГОСТ 530 – 2012. Кирпич и камни керамические
3. ГОСТ 7473-2012. Смеси бетонные. Технические условия
4. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия
5. ГОСТ 9179-2018. Известь строительная. Технические условия
6. ГОСТ 10180 – 2012. Бетоны. Методы определения прочности по готовым образцам.
7. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия

## **Ресурсы Интернет**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <http://window.edu.ru/window/library>
2. Российский архив государственных стандартов, а также строительных норм и правил и образцов юридических документов <https://rags.ru/gosts/gost-map.htm>

## **Методические указания**

для обучающихся  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине Строительные материалы и изделия  
для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и  
сооружений

*Составитель: Бойкова М.Л.*

---

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Марий Эл  
«Йошкар-Олинский строительный техникум»  
424002, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Коммунистическая, 32

Отпечатано в ГБПОУ Республики Марий Эл «Йошкар-Олинский строительный техникум»