

**О. А. КИСЕЛЕВА, С. А. МАМОНТОВ**

# **ИСПЫТАНИЕ И КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**



**Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»**

**О. А. КИСЕЛЕВА, С. А. МАМОНТОВ**

# **ИСПЫТАНИЕ И КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Утверждено Ученым советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов 1 – 3 курсов, обучающихся  
по направлениям 08.03.01 «Строительство», 07.03.01 «Архитектура»,  
54.03.01 «Дизайн», всех форм обучения

*Учебное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2024

УДК 691  
ББК 38.300.6  
К44

Рецензенты:

Советник РААСН,  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Строительное материаловедение и дорожные технологии»  
ФГБОУ ВО «ЛГТУ»  
*М. А. Гончарова*

Член-корреспондент РААСН,  
доктор технических наук, профессор,  
директор Института «АрхСиТ» ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
*П. В. Монастырев*

**Киселева, О. А.**

К44 Испытание и контроль свойств строительных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. А. Киселева, С. А. Мамонтов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 3,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2781-8

Представлен теоретический и практический материал, необходимый при проведении лабораторных работ по определению основных характеристик неорганических и органических строительных материалов, а также по приготовлению строительных растворов и бетонных смесей и определению их основных свойств.

Предназначено для студентов 1 – 3 курсов, обучающихся по направлениям 08.03.01 «Строительство», 07.03.01 «Архитектура», 54.03.01 «Дизайн», всех форм обучения.

УДК 691  
ББК 38.300.6

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.  
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

**ISBN 978-5-8265-2781-8**

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2024

## ВВЕДЕНИЕ

---

Современный рынок строительных материалов чрезвычайно разнообразен и позволяет реализовать самые необычные и уникальные архитектурно-строительные и дизайнерские проекты.

Для обоснованного выбора отделочных, конструкционных и других специальных материалов, пригодных для надежной эксплуатации в конкретных условиях, архитекторам, инженерам и дизайнерам необходимо обладать широким кругом знаний о качественных показателях материалов и владеть навыками по их оценке в соответствии с современными государственными стандартами. Именно поэтому в учебные планы подготовки таких специалистов включены дисциплины, погружающие студентов в область строительного и архитектурного материаловедения и базирующиеся на значительном объеме лекционных, практических и лабораторных занятий.

Данное учебное пособие содержит подробное описание стандартных методов испытаний неорганических (минеральные заполнители для бетонов, керамический и силикатный кирпич, гипсовые вяжущие, строительные растворы и бетоны) и органических строительных материалов (битумные вяжущие).

Материал пособия, изложенный в форме лабораторных работ, и сопровождаемый методическими рекомендациями, знакомит обучающихся с базовыми физико-механическими свойствами материалов, современным лабораторным оборудованием, требованиями к проведению испытаний, подготовке образцов и обработке результатов испытаний.

Отдельное внимание в пособии уделено современным методам неразрушающего контроля прочности бетона, широко применяемым на строительных площадках и при обследовании зданий и сооружений.

В пособии представлена расчетная работа, в которой студентам необходимо подобрать состав бетонной смеси с заданными технологическими свойствами для получения бетона заданного класса прочности.

Цикл работ содержит научно-исследовательскую составляющую. Обучающимся предлагается проанализировать влияние расхода компонентов на технологические и эксплуатационные свойства материалов и сделать выводы.

Ввиду ограниченного объема пособия после каждой работы приведены ссылки на рекомендуемую техническую литературу, а для самоконтроля и осмысления пройденного материала указаны контрольные вопросы.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров по направлению «Строительство» профилей «Промышленное и гражданское строительство» и «Автомобильные дороги», а также будет полезно обучающимся бакалавриата по направлениям «Архитектура», «Градостроительство» и «Дизайн».

# 1. ФИЗИЧЕСКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

---

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Цель работы.* Освоить методики по оценке средней, насыпной и истинной плотностей строительных материалов.

#### Часть 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ (ОБЪЕМНОЙ МАССЫ) ОБРАЗЦОВ ПРАВИЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

*Оборудование, приборы.* Весы по ГОСТ 29329 или по ГОСТ 24104; штангенциркуль; линейка металлическая.

#### Методические указания

*Средней плотностью (объемной массой)* материала называют массу единицы объема материала. Для теплоизоляционных материалов это важная характеристика, которая выносится в обозначение марки. Например, для пенопластов марка обозначается ПСБ-С35, т.е. его средняя плотность не более 35 кг/м<sup>3</sup>.

#### Проведение испытания

1. Образцы в форме параллелепипеда или цилиндра взвешивают с погрешностью не более 1 г.

2. Объем образцов вычисляют по геометрическим размерам, измеренным с погрешностью не более 0,1 мм при размере стороны до 20 см и с погрешностью не более 1 мм при размере стороны свыше 20 см. Каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое трех измерений – двух параллельных друг другу ребер и средней линии между ними. Размер диаметра образца цилиндрической формы вычисляют как среднее арифметическое четырех измерений, полученных измерением двух взаимно перпендикулярных диаметров на каждой параллельной плоскости цилиндра. Высоту образца цилиндрической формы вычисляют как среднеарифметическое четырех измерений – по два измерения на взаимно перпендикулярных плоскостях, пересекающих цилиндр по его вертикальной оси.

3. Среднюю плотность  $\rho_0$  в кг/м<sup>3</sup> отдельного образца вычисляют по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса образца, кг;  $V$  – объем образца, м<sup>3</sup>.

4. Общую среднюю плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов трех образцов и заносят в табл. 1.

### 1. Определение средней плотности

| Материал | № образца | Масса образца $m$ , кг | Размеры, мм |     |     | Средняя плотность $i$ -го образца $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup> | Среднее значение плотности $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup> |
|----------|-----------|------------------------|-------------|-----|-----|--|---|
|          |           |                        | $a$         | $b$ | $c$ |  |   |
|          | 1         |                        |             |     |     |  |   |
|          | 2         |                        |             |     |     |  |   |
|          | 3         |                        |             |     |     |  |   |

5. Результаты сравнивают со справочными значениями, указанными в табл. 2

### 2. Справочные значения средней плотности строительных материалов

| Материал            | Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> | Материал             | Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Сталь               | 7850                                 | Керамический кирпич  | 1410...2000                          |
| Гранит              | 2500...2700                          | Силикатный кирпич    | 1801...2000                          |
| Бетон особо тяжелый | Более 2500                           | Вода                 | 1000                                 |
| Бетон тяжелый       | 2000...2500                          | Древесина сосны      | 500...600                            |
| Бетон легкий        | 800...2000                           | Древесина дуба       | 700...900                            |
| Бетон особо легкий  | Менее 800                            | Плита минераловатная | 40...300                             |

## Часть 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Оборудование, приборы.** Весы по ГОСТ 29329 или по ГОСТ 24104; сосуды мерные цилиндрические.

### Методические указания

*Насыпной плотностью* называют массу единицы объема сыпучего материала. Она используется при подборе состава бетона.

## Проведение испытания

При определении насыпной плотности в стандартном неуплотненном состоянии испытания проводят в мерном цилиндрическом сосуде, вместимость которого зависит от крупности зерен сыпучего материала (табл. 3).

### 3. Зависимость объема сосуда от размера зерен частиц

| Размер частиц, мм | Объем мерного сосуда, дм <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------------------------|
| 0...5             | 1...2                                 |
| 5...40            | 10                                    |
| Более 40          | 20                                    |

1. Материал предварительно высушивают до постоянной массы. Песок просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

2. Сыпучий материал засыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с высоты 10 см от его верхнего края до образования над сосудом конуса (рис. 1).



Рис. 1. Определение насыпной плотности песка

3. Конус без уплотнения снимают вровень с краями сосуда металлической линейкой.

4. Мерный сосуд вместе с материалом взвешивают на весах.

5. Насыпную плотность  $\rho_n$  в кг/м<sup>3</sup> рассчитывают по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (2)$$

где  $m_1$  – масса мерного сосуда с материалом, кг;  $m$  – масса мерного сосуда, кг;  $V$  – объем сосуда, м<sup>3</sup>.

Определение насыпной плотности песка проводят два раза, при этом каждый раз берут новую порцию материала.

6. Данные заносят в табл. 4 и сравнивают со справочными данными (табл. 5).

#### 4. Определение насыпной плотности

| Материал | № пробы | Масса мерного сосуда с материалом $m_1$ , кг | Масса мерного сосуда $m$ , кг | Объем сосуда $V$ , м <sup>3</sup> | Насыпная плотность $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup> | Среднее значение плотности |
|----------|---------|--|-------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------|
|          | 1       |  |                               |                                   |   |                            |
|          | 2       |  |                               |                                   |   |                            |
|          | 1       |  |                               |                                   |   |                            |
|          | 2       |  |                               |                                   |   |                            |

#### 5. Справочные значения насыпной плотности строительных материалов

| Материал        | Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> | Материал         | Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|-----------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Цемент          | 1200...1300                           | Щебень           | 1500...1700                           |
| Гипс            | 800...1100                            | Керамзит         | 300...900                             |
| Песок кварцевый | 1450...1650                           | Песок перлитовый | 80...250                              |

### Часть 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Оборудование, приборы.** Весы по ГОСТ 29329 или по ГОСТ 24104; прибор Ле-Шателье.

#### Методические рекомендации

*Истинной плотностью* называют массу единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, без пор и пустот. Она используется для подбора состава бетона.

#### Проведение испытания

1. Измельчить материал в ступке в порошок и просеять через сито № 02 (размер ячейки в свету 0,2 мм).
2. Высушить порошок в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы.
3. Объемомер (прибор Ле-Шателье) заполнить жидкостью до отметки «ноль».



4. Отобрать от высушенного порошка навеску массой 60 г. и аккуратно, чтобы не образовывались пробки в трубке прибора, всыпать ее в жидкость.

5. Дать прибору немного постоять, чтобы удалился вовлеченный при всыпании порошка воздух.

6. Отсчет снимают с верхней шкалы прибора с точностью до 0,1 см<sup>3</sup>. Данные заносят в табл. 6.

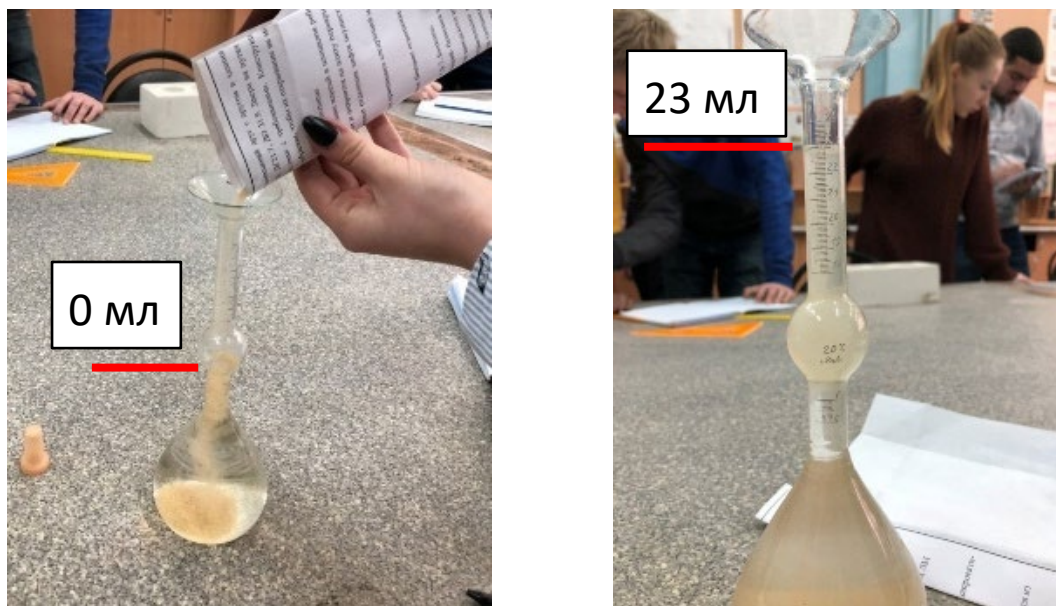


Рис. 2. Определение истинной плотности песка

7. Истинную плотность ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> рассчитывают по формуле и заносят в табл. 6

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса измельченного материала (порошка), г;  $V$  – объем измельченного материала, см<sup>3</sup>.

### 6. Определение истинной плотности

| Материал | № пробы | Масса порошка $m$ , г | Объем порошка в приборе $V$ , см <sup>3</sup> | Истинная плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Среднее значение истинной плотности |
|----------|---------|-----------------------|---|---|-------------------------------------|
|          | 1       |                       |   |   |                                     |
|          | 2       |                       |   |   |                                     |
|          | 1       |                       |   |   |                                     |
|          | 2       |                       |   |   |                                     |

Результаты расчета сравнивают со справочными данными из табл. 7

## 7. Справочные значения истинной плотности строительных материалов

| Материал        | Истинная плотность, г/см <sup>3</sup> | Материал       | Истинная плотность, г/см <sup>3</sup> |
|-----------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Сталь           | 7,8...7,9                             | Портландцемент | 2,9...3,1                             |
| Гранит          | 2,7...2,8                             | Глина          | 2,6...2,7                             |
| Бетон тяжелый   | 2,6...2,7                             | Стекло         | 2,5...3,0                             |
| Кирпич глиняный | 2,5...2,8                             | Древесина      | 1,5...1,6                             |
| Песок кварцевый | 2,6...2,7                             | Полистирол     | 1,0...1,05                            |
| Известняк       | 2,4...2,6                             | Полиэтилен     | 0,92...0,95                           |

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение объемной массы (средней плотности) строительных материалов.
2. Что называется насыпной плотностью строительных материалов?
3. Что называется истинной плотностью строительных материалов?
4. От чего зависит объем мерного сосуда для определения насыпной плотности?
5. На каком приборе определяют истинную плотность материалов?
6. Дайте определение пористости строительного материала?

Литература [1 – 3, 6].

### Лабораторная работа № 2

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА МЕЛКОГО И КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

**Цель работы:** научиться определять зерновой состав песка и щебня; рассчитать модуль крупности песка и назначить группу песка; оценить наибольшую и наименьшую крупность зерен щебня.

#### Часть 1. ОЦЕНКА ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ПЕСКА

**Оборудование, приборы.** Весы по ГОСТ 29329 или по ГОСТ 24104; набор сит по ГОСТ 6613 с сетками № 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 и сита с круглыми отверстиями диаметрами 40, 20, 10, 5 и 2,5 мм; шкаф сушильный.

## Методические рекомендации

Крупность зерен песка экстремально влияет на расход воды, требуемой для приготовления бетонных и растворных смесей. Чем мельче песок, тем больше его водопотребность. Большое содержание воды упрощает перемешивание смесей, но приводит к образованию большого числа пор и снижению прочности бетона и раствора. Поэтому важно оценивать зерновой состав песка.

### Проведение испытания

1. Пробу песка массой не менее 1000 г. высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  до тех пор, пока разница между результатами двух взвешиваний не будет не более 0,1% массы. Каждое последующее взвешивание производят после высушивания не менее 1 ч и охлаждения не менее 45 мин.

2. Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016 (рис. 3).



Рис. 3. Стандартный набор сит и проведение испытания

Просеивание производят механическим или ручным способом. 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. При механическом просеивании его продолжительность для применяемого прибора устанавливают опытным путем.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падение зерен песка.

3. По результатам просеивания вычисляют:

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

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $m_i$  – масса остатка на данном сите, г;  $m$  – масса просеиваемой навески, принимаемая 1000 г.

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

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (5)$$

где  $a_i$  – частные остатки на соответствующих ситах;

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

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (6)$$

где  $A_{2,5}$ ,  $A_{1,25}$ ,  $A_{0,63}$ ,  $A_{0,315}$ ,  $A_{0,16}$  – полные остатки на соответствующих ситах в процентах.

4. Результат определения зернового состава песка оформляют в соответствии с табл. 8 и изображают графически в виде кривой просеивания согласно рис. 4.

## 8. Результаты отсева песка

|                            | Диаметр отверстий сит, мм |      |      |       |      | Прошло через сито № 0,14 |
|----------------------------|---------------------------|------|------|-------|------|--------------------------|
|                            | 2,5                       | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 |                          |
| Масса остатка, $m_i$ , г   |                           |      |      |       |      |                          |
| Частные остатки, $a_i$ , % |                           |      |      |       |      |                          |
| Полные остатки, $A_i$ , %  |                           |      |      |       |      |                          |

В зависимости от зернового состава и содержания пылевидных и глинистых частиц песок подразделяют на класс I и класс II.

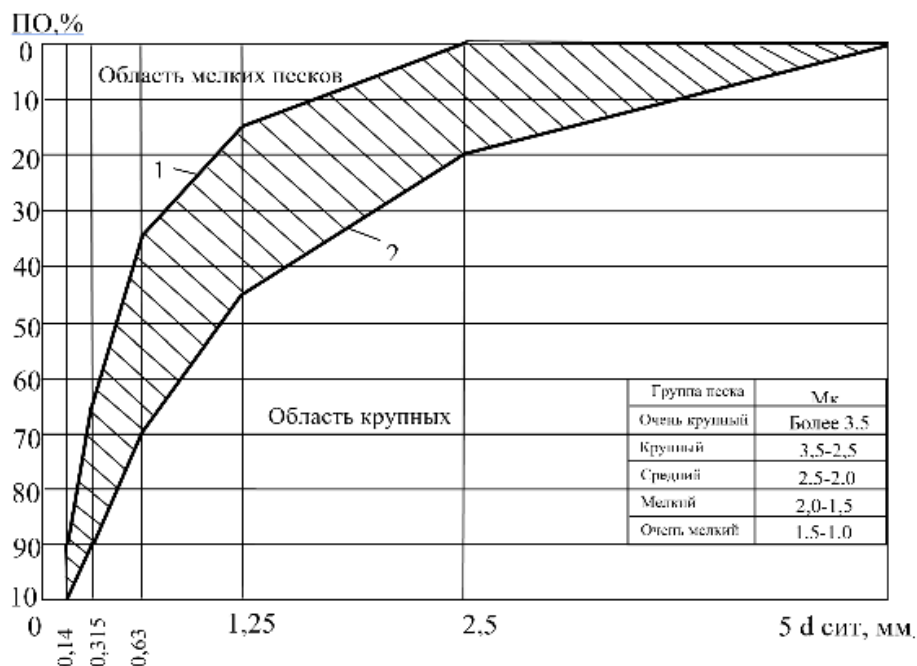
В зависимости от крупности зерен (модуля крупности) песок классов I и II подразделяют на группы:

- песок класса I – повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;
- песок класса II – повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности  $M_k$ , полным остатком на сите № 063 и содержанием зерен крупностью менее 0,16 мм в процентах по массе, указанным в табл. 9.

### 9. Группы песков по крупности

| Группа песка         | Модуль крупности $M_k$ | Полный остаток на сите № 063 | Содержание зерен крупностью менее 0,16 мм, в % |
|----------------------|------------------------|------------------------------|--|
| Повышенной крупности | Св. 3,0 до 3,5         | Св. 65 до 75                 | 10   |
| Крупный              | 2,5 – 3,0              | 45 – 65                      | 15   |
| Средний              | 2,0 – 2,5              | 30 – 45                      |  |
| Мелкий               | 1,5 – 2,0              | 10 – 30                      | 20   |
| Очень мелкий         | 1,0 – 1,5              | До 10                        |  |
| Тонкий               | 0,7 – 1,0              | Не нормируется               | Не нормируется                                 |
| Очень тонкий         | До 0,7                 | –                            |  |



**Рис. 4. График зернового состава песка:**

1 – нижняя допустимая граница крупности песка;

2 – верхняя допустимая граница крупности песка

Если кривая, характеризующая зерновой состав исследуемого песка, размещается между верхней и нижней границей, то такой песок может применяться для приготовления бетонной смеси.

## Часть 2. ОЦЕНКА ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЩЕБНЯ

**Оборудование, приборы.** Весы по ГОСТ 29329 или по ГОСТ 24104; набор сит по ГОСТ 6613 с круглыми отверстиями диаметрами 40, 20, 10 и 5 мм; шкаф сушильный.

### Методические рекомендации

Как и в случае с песком, крупность зерен щебня влияет на расход воды, что нужно учитывать при подборе состава бетона и раствора. Важно помнить, что есть ограничения по крупности зерен щебня, применяемого для изготовления железобетонных конструкций. Наибольшая крупность зерен щебня должна быть меньше половины минимального размера бетонного сечения и меньше  $\frac{3}{4}$  расстояния в свету между стержнями арматуры.

### Проведение испытания

1. Навеска щебня массой не менее 5000 г. в воздушно-сухом состоянии (состоянии естественной влажности) высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 5)$  °С до тех пор, пока разность между результатами двух последовательных взвешиваний будет не более 0,1% массы навески. Каждое последующее взвешивание проводят после высушивания в течение не менее 1 ч и охлаждения не менее 45 мин.

2. Подготовленную навеску щебня просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 40, 20, 10, 5 мм (рис. 5).

Просеивание производится аналогично просеиванию песка.

3. По результатам просеивания вычисляют:

- частный остаток на каждом сите ( $a_i$ ) в процентах;
- полный остаток на каждом сите ( $A_i$ ) в процентах



Рис. 5. Стандартный набор сит и проведение испытания

4. Результат определения зернового состава щебня оформляют в соответствии с табл. 10 и изображают графически в виде кривой просеивания согласно рис. 6.

### 10. Результаты рассева щебня

|                            | Диаметр отверстий сит, мм |    |    |   | Прошло через сито № 5 |
|----------------------------|---------------------------|----|----|---|-----------------------|
|                            | 40                        | 20 | 10 | 5 |                       |
| Масса остатка, $m_i$ , г   |                           |    |    |   |                       |
| Частные остатки, $a_i$ , % |                           |    |    |   |                       |
| Полные остатки, $A_i$ , %  |                           |    |    |   |                       |

Зерновой состав крупного заполнителя подбирается с учетом наибольшего  $D_{\text{наиб}}$  и наименьшего  $d_{\text{наим}}$  размеров щебня или гравия.

Наибольшая крупность зерен соответствует размеру отверстия первого из сит, на котором полный остаток не превышает 10%.

Наименьшая крупность зерен соответствует размеру отверстия первого из сит, на котором полный остаток более 90%.

Наибольший размер зерен, допустимый при бетонировании, зависит от размеров конструкции и расстояния между стержнями арматуры (не более  $1/3$  наименьшего размера поперечного сечения конструкции и  $3/4$  расстояния между стержнями арматуры).

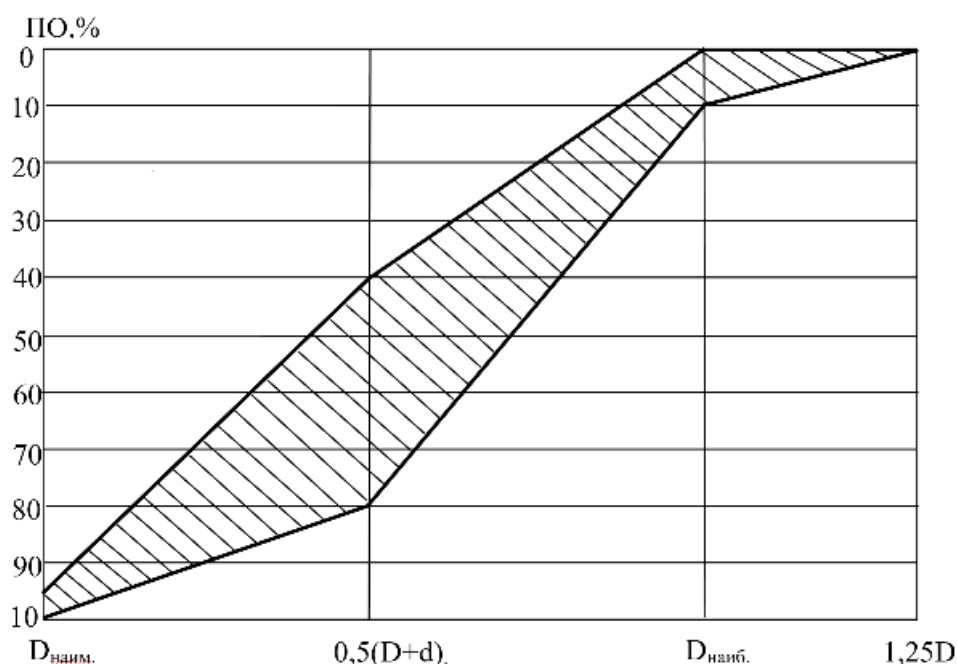


Рис. 6. График зернового состава щебня

Качество зернового состава щебня или гравия оценивается значением полных остатков в процентах на ситах с контрольными отверстиями:  $d_{\text{наим}}$ ,  $0,5(D_{\text{наиб}} + d_{\text{наим}})$ ,  $D_{\text{наиб}}$  и  $1,25D$ .

Значение полного остатка для контрольного отверстия  $0,5(D_{\text{наиб}} + d_{\text{наим}})$  производят через построение в масштабе кривой рассева щебня по данным табл. 2 (рис. 7).

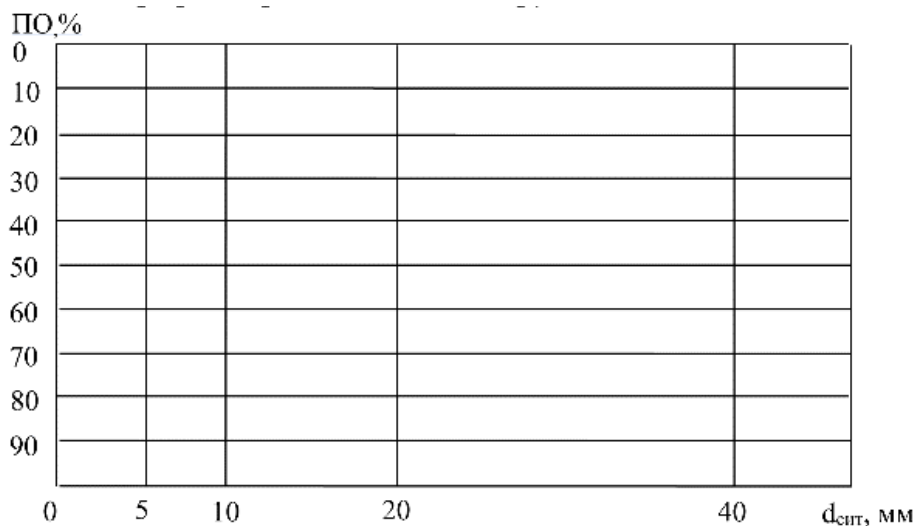


Рис. 7. Кривая рассева щебня

5. Делается вывод о пригодности песка и щебня для приготовления бетонной смеси.

### Контрольные вопросы

1. Что называется песком?
2. Что такое «частные остатки»?
3. Как находятся полные остатки?
4. Перечислите диаметры сит для оценки зернового состава песка?
5. Как рассчитывается модуль крупности песка? Какие группы песка по крупности существуют?
6. Что называется крупным заполнителем (щебнем)?
7. Назовите показатели для оценки зернового состава щебня.
8. Как определяется наибольшая и наименьшая крупность зерен щебня?
9. Перечислите конструктивные требования, предъявляемые к крупности зерен щебня.

Литература [6 – 10].



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ВОДОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель работы:** научиться определять водопоглощение строительных материалов методом погружения в воду по ГОСТ 12730.3–2020; ознакомиться с методом определения водопоглощения при кипячении; научиться определять водостойкость строительных материалов.

**Оборудование, приборы.** Весы лабораторные по ГОСТ 24104; электрошкаф сушильный, обеспечивающий температуру нагрева от 105 до 110 °С; емкость для насыщения образцов водой; проволочная щетка или абразивный камень, гидравлический пресс.

### Методические указания

Гидрофизические свойства имеют большое значение для строительных материалов, поскольку большинство из них эксплуатируются в условиях с постоянным или переменным воздействием воды в виде жидкости, пара или льда. Эти свойства тесно связаны с пористостью материалов и их способностью сопротивляться пропусканию агрессивных сред через себя.

*Водопоглощением* называется свойство материалов впитывать и удерживать в порах капельножидкую влагу. Различают водопоглощение по массе и по объему.

*Водостойкостью* называется способность материалов сохранять прочность в насыщенном водой состоянии. Она характеризуется коэффициентом размягчения ( $K_p$ ), представляющим собой отношение его прочности в насыщенном водой состоянии к прочности в сухом состоянии.

## Часть 1. ОЦЕНКА ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Проведение испытания

1. Поверхность образцов очищают от пыли, грязи и следов смазки с помощью проволочной щетки или абразивного камня. При правильной форме образцов для испытания берется 3 образца, при неправильной – 5.

2. Образцы помещают в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. Температура воды в емкости должна быть  $(20 \pm 2)$  °С.

Образцы укладывают на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной (призмы и цилиндры укладывают на бок).

3. Образцы взвешивают через каждые 24 ч водопоглощения на обычных или гидростатических весах с погрешностью не более 0,1%.

При взвешивании на обычных весах образцы, вынутые из воды, предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, следует включать в массу насыщенного образца.

4. Испытание проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1%.

5. Водопоглощение в % по массе и объему вычисляют по формулам (7), (8) соответственно с точностью до 0,1%:

$$W_m = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

$$W_0 = \frac{W_m \rho_0}{\rho_v} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $m_{\text{сух}}$  – масса сухого материала, г;  $m_{\text{нас}}$  – масса материала, насыщенного водой, г;  $\rho_0$  – средняя плотность образца до увлажнения,  $\text{см}^3$ ;  $\rho_v$  – плотность воды, принимаемая  $1 \text{ г/см}^3$ .

6. За окончательный результат испытания водопоглощения принимают среднее арифметическое трех определений.

7. Результаты испытаний заносят в табл. 11.

### 11. Результаты оценки водопоглощения

| Номер образца | Масса сухого образца $m_{\text{сух}}$ , Г | Масса влажного образца $m_{\text{нас}}$ , Г | Плотность сухого образца $\rho_0$ , $\text{г/см}^3$ | Водопоглощение по массе $W_m$ , % | Водопоглощение по объему $W_0$ , % |
|---------------|---|---|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1             |   |   |   |                                   |                                    |
| 2             |   |   |   |                                   |                                    |
| ...           |   |   |   |                                   |                                    |

## Часть 2. ОЦЕНКА ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ МЕТОДОМ КИПЯЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

### Проведение испытания

1. Для определения водопоглощения способом кипячения, образцы кипятят в сосуде с водой. Объем воды должен не менее чем в два раза превышать объем установленных в нем образцов. Уровень воды в сосуде должен быть выше поверхности образцов не менее чем на 50 мм. После каждых 4 часов кипячения образцы охлаждают в воде до температуры  $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ , обтирают влажной отжа-

той тканью и взвешивают. Испытание проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1%.

2. Водопоглощение бетона при кипячении по массе  $W_{m, \text{кип}}$  и объему  $W_{0, \text{кип}}$  в % определяют с погрешностью до 0,1% по формулам:

$$W_{m, \text{кип}} = \frac{m_{\text{кип}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\%, \quad (9)$$

$$W_{0, \text{кип}} = \frac{W_{m, \text{кип}} \rho_0}{\rho_{\text{в}}}, \quad (10)$$

где  $m_{\text{сух}}$  – масса сухого материала, г;  $m_{\text{кип}}$  – масса образца после кипячения, г;  $\rho_0$  – плотность сухого бетона, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{в}} = 1$  г/см<sup>3</sup> – плотность воды.

### Часть 3. ОЦЕНКА ВОДОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### Проведение испытания

1. Для проведения испытаний подготавливается 6 образцов – кубиков, по методике, описанной выше. Из них 3 кубика насыщаются водой.

2. На гидравлическом прессе доводят образцы до разрушения и фиксируют разрушающую нагрузку  $P$ , кН. Предварительно определяется площадь образцов.

3. Вычисляется предел прочности при сжатии в МПа для сухих и увлажненных образцов с погрешностью 0,1 МПа по формуле:

$$R = P/F,$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, кН;  $F$  – площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>.

4. Рассчитывается коэффициент размягчения по формуле:

$$K_p = \frac{R_{\text{нас}}}{R_{\text{сух}}}, \quad (11)$$

где  $R_{\text{нас}}$  – предел прочности при сжатии образцов, насыщенных водой, МПа;  $R_{\text{сух}}$  – предел прочности при сжатии сухих образцов, МПа.

5. Результаты испытаний записываются в табл.12

#### 12. Определение водостойкости строительного материала

| № п/п | $P_{\text{сух}}$ , кН | $R_{\text{сух}}$ , МПа | $R_{\text{сух.ср}}$ , МПа | $P_{\text{нас}}$ , кН | $R_{\text{нас}}$ , МПа | $R_{\text{нас.ср}}$ , МПа | $K_p$ |
|-------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------|
| 1     |                       |                        |                           |                       |                        |                           |       |
| 2     |                       |                        |                           |                       |                        |                           |       |
| 3     |                       |                        |                           |                       |                        |                           |       |

#### Контрольные вопросы

1. Что называется «водопоглощением»? Какие виды водопоглощения вы знаете?

2. Что называется «водостойкостью»? Каким показателем она оценивается?

Литература [6, 11].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ КЕРАМИЧЕСКОГО И СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ПО ПРОЧНОСТИ

**Цель работы.** По результатам механических испытаний образцов кирпичей назначить марку по прочности; сформулировать полное условное обозначение керамического и силикатного изделия в соответствии с ГОСТ 530–012 и ГОСТ 379–2015.

**Оборудование, приборы.** Линейка металлическая; штангенциркуль; гидравлический пресс ИП-500; образец керамического и силикатного кирпича; цемент марки не ниже 400 по ГОСТ 10178 или класса прочности 42,5 по ГОСТ 31108; песок кварцевый по ГОСТ 8736; войлок толщиной до 10 мм по ГОСТ 288.

### Методические указания

Методология определения марки керамического и силикатного кирпича одинаковая и сводится к определению предела прочности кирпича при изгибе, а затем при сжатии. Марка назначается по соответствующим таблицам ГОСТ по минимальному значению предела прочности. Разъясним понятия «прочность» и «предел прочности»

*Прочность* – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами.

*Предел прочности* – это максимальное напряжение, которое выдерживает материал не разрушаясь. Измеряется в МПа. Различают предел прочности при сжатии, растяжении, изгибе и т.д.

### Проведение испытания

1. В качестве образца применяют целое изделие. Число образцов – не менее 5.

Отклонение от плоскостности опорных поверхностей кирпича в местах приложения нагрузки должно составлять не более 0,1 мм на каждые 100 мм длины. Непараллельность опорных поверхностей кирпича должна быть не более 2 мм.

Поверхности изделий, не отвечающие данным требованиям, подлежат выравниванию шлифованием или цементным раствором. Допускается при проведении испытания использовать прокладки из технического войлока.

2. Измеряют ширину и толщину образца в месте приложения нагрузки с погрешностью не более 1 мм.

3. Образец, предварительно уложенный на две опоры с расстоянием между ними 200 мм, устанавливают на нижнюю плиту пресса.

Кирпич с несквозными пустотами устанавливают на опорах так, чтобы пустоты располагались в растянутой зоне образца.

4. Нагрузку ( $P$ ) от верхней плиты пресса прикладывают в середине пролета через верхнюю опору согласно схеме испытания (рис. 8).

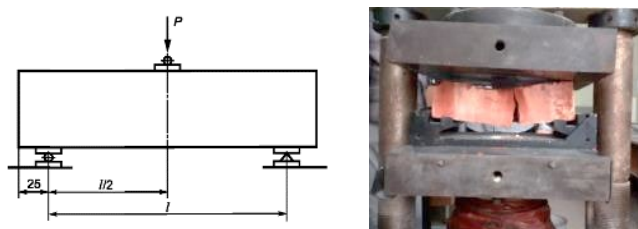


Рис. 8. Схема испытания кирпича на поперечный изгиб

Нагрузка на образец должна возрастать равномерно и непрерывно со скоростью 0,1...0,2 кН/с, обеспечивающей его разрушение через 20...60 с после начала нагружения.

5. Регистрируют максимальную разрушающую нагрузку с точностью до 0,1 кН.

6. Рассчитывают предел прочности при изгибе отдельного образца  $R_{\text{изг}}$ , МПа, с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bh^2}, \quad (12)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н;  $l$  – расстояние между осями нижних опор,  $l = 200$  мм;  $b$  – ширина образца посередине пролета, мм;  $h$  – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, мм.

Среднее значение предела прочности при изгибе вычисляют с точностью до 0,1 МПа как среднеарифметическое по всем образцам.

При вычислении предела прочности при изгибе образцов в партии не учитывают образцы, пределы прочности которых имеют отклонение от среднего значения предела прочности всех образцов более чем на 50% и не более чем по одному образцу по наибольшему или наименьшему показателю.

7. Результаты механических испытаний и обработки данных заносят в табл. 13.

### 13. Результаты испытания на поперечный изгиб

| № образца | Размеры сечения, мм |     | Разрушающая нагрузка $P_{изг}$ , кН | Предел прочности $i$ -го образца $R_{изг}^i$ , МПа | Среднее значение предела прочности $R_{изг}^{cp}$ , МПа |
|-----------|---------------------|-----|-------------------------------------|--|---|
|           | $b$                 | $h$ |                                     |  |   |
| 1         |                     |     |                                     |  |   |
| ...       |                     |     |                                     |  |   |
| 5         |                     |     |                                     |  |   |

8. Образец для определения предела прочности при сжатии кирпича состоит из двух целых кирпичей, уложенных «постелями» друг на друга, либо, согласно Приложению Г ГОСТ Р 58527–2019, из двух половинок кирпича (рис. 9). Число образцов – не менее 5.

Образец изготавливается в следующей последовательности.

Приготавливают раствор из равных по массе частей цемента марки 500 и песка, просеянного через сито с сеткой № 1,25 (В/Ц = 0,40...0,42). Кирпичи или его половинки полностью погружают в воду на 5...10 с. Затем на горизонтально установленную пластину укладывают лист бумаги, слой раствора толщиной не более 5 мм и первый кирпич или его половинку, затем опять слой раствора и второй кирпич или его половинку.

Излишки раствора удаляют, а края бумаги загибают на боковые поверхности образца. В таком положении образец выдерживают 30 мин.

Затем образец переворачивают и в таком же порядке выравнивают другую опорную поверхность образца.



Рис. 9. Образцы и схема испытания кирпичей на сжатие

Отклонение от параллельности выровненных опорных поверхностей образца, определяемое по максимальной разности любых двух его высот, не должно превышать 2 мм.

Образец выдерживают 7 сут в помещении при температуре 20...25 °С и относительной влажности воздуха от 60 до 80%.

Допускается выравнивать поверхности кирпича пластического формования шлифованием, либо применением прокладок из технического войлока толщиной 5...10 мм.

Для кирпичей полусухого прессования выравнивание опорных поверхностей не производят.

9. Измеряют длину и ширину опорных поверхностей образца и определяют их площадь. Погрешность измерения – не более 1 мм.

10. На боковые поверхности образца наносят вертикальные осевые линии. Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты.

Образцы с несвязными пустотами располагают пустотами вверх. Образцы, имеющие разную площадь пустот, располагают вверх поверхностью с большей площадью пустот.

11. Нагрузка на образец прикладывается непрерывно и равномерно таким образом, чтобы до разрушения образца прошло не менее 60 с.

12. Значение максимальной нагрузки регистрируют с точностью до 1 кН.

13. Рассчитывают предел прочности при сжатии образца  $R_{сж}$ , МПа с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$R_{сж} = P/F, \quad (13)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н;  $F$  – площадь поперечного сечения образца без вычета площади пустот, мм<sup>2</sup>.

Площадь поперечного сечения ( $F$ ) определяют как среднеарифметическое значение площадей верхней и нижней опорных поверхностей.

Предел прочности при сжатии образцов в партии определяют как среднеарифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов и округляют до 0,1 МПа.

14. Результаты механических испытаний и обработки данных заносят в табл. 13.

### 13. Результаты испытания на сжатие

| № образца | Площадь поперечного сечения $F$ , мм <sup>2</sup> | Разрушающая нагрузка $P_{сж}$ , кН | Предел прочности $i$ -го образца $R_{сж}^i$ , МПа | Среднее значение предела прочности $R_{сж}^{ср}$ , МПа |
|-----------|---|------------------------------------|---|--|
| 1         |   |                                    |   |  |
| ...       |   |                                    |   |  |
| 5         |   |                                    |   |  |

15. По таблицам соответствующих ГОСТ (Приложение 1) по минимальному из двух значений пределов прочности, при изгибе или при сжатии, назначается марка кирпича по прочности с округлением в меньшую сторону.

16. Зная марку кирпича по прочности и среднюю плотность изделия, задавшись числом циклов замораживания-оттаивания, требуется составить условное обозначение для испытанных кирпичей, опираясь на приведенные ниже примеры.

*Пример условного обозначения керамического кирпича (ГОСТ 530–2012)*

Кирпич рядовой (лицевой), полнотелый, размерами 25×120×65 мм, формата 1НФ, марки по прочности М200, класса средней плотности 2,0, марки по морозостойкости F50:

КР-р-по (КР-л-по) 250×120×65/1НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530–2012.

*Пример условного обозначения силикатного кирпича (ГОСТ 379–2015)*

Силикатный одинарный рядовой полнотелый кирпич марки по прочности М150, марки по морозостойкости F50, класса средней плотности 1,8:

Кирпич СОРПо-М150/F50/1,8 ГОСТ 379–2015.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите сырье для изготовления керамических материалов.
2. Какова технология производства керамических изделий. Общая схема.
3. Как можно классифицировать керамические кирпичи?
4. Назовите размеры одинарного и утолщенного кирпича.
5. Назовите сырье для изготовления силикатных изделий.
6. Какова общая схема производства силикатного кирпича?
7. Дайте определение прочности и пределу прочности.
8. Как оценивается прочность кирпичей?
9. Как назначается марка кирпичей по прочности?
10. Что входит в полное условное обозначение керамического и силикатного изделия согласно ГОСТ?

Литература [3, 6, 12 – 14].



## 2. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. СТРОИТЕЛЬНЫЙ ГИПС

---

### Лабораторная работа № 5

#### ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВОГО ТЕСТА

**Цель работы.** Научиться определять стандартную консистенцию (нормальную густоту) и сроки схватывания гипсового теста.

#### Часть 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ ГИПСОВОГО ТЕСТА

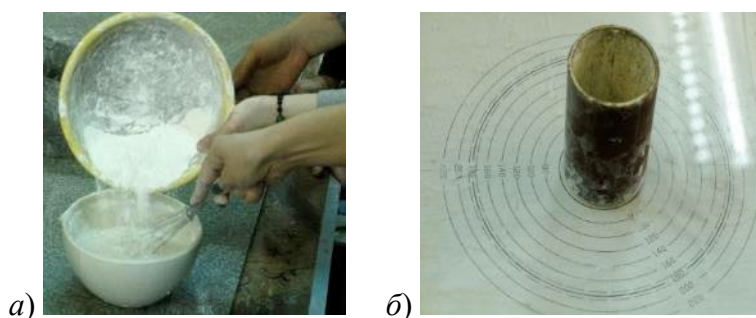
**Оборудование, приборы.** Чашка вместимостью более 500 см<sup>3</sup>; мешалка ручная, имеющая более трех петель, из проволоки диаметром от 1 до 2 мм; стекло диаметром более 240 мм; лист белой бумаги с концентрическими окружностями диаметром от 150 до 220 мм через каждые 10 мм, и окружностями диаметром от 170 до 190 мм – через 5 мм; цилиндр из нержавеющей металла с полированной внутренней поверхностью (вискозиметр Суттарда); линейка металлическая по ГОСТ 427 длиной 250 мм ценой деления 1 мм; весы по ГОСТ OIML R 76-1 с пределом допускаемой погрешности взвешивания  $\pm 0,01$  г; секундомер.

#### Методические рекомендации

Стандартная консистенция или нормальная густота гипсового теста оценивается на вискозиметре Суттарда по диаметру расплыва теста, который должен быть равен  $180 \pm 5$  мм.

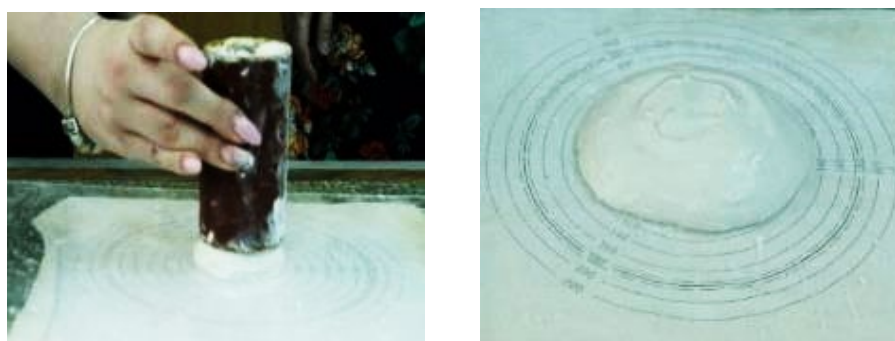
#### Проведение испытания

1. В чистую чашку, предварительно протертую тканью, вливают воду, масса которой зависит от свойств гипсового вяжущего.
2. В воду в течение 2 – 5 с всыпают от 300 до 400 г гипсового вяжущего (рис. 10). Массу перемешивают ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала засыпания гипсового вяжущего в воду.
3. После окончания перемешивания цилиндр (вискозиметр Суттарда) (рис. 10, б), установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Цилиндр и стекло предварительно протирают тканью.



**Рис. 10. Всыпание гипса в воду (а) и вискозиметр Суттарда (б)**

4. Через 45 с, считая от начала высыпания гипсового вяжущего в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту от 15 до 20 см и отводят в сторону (рис. 11).



**Рис. 11. Поднятие цилиндра и замер диаметра расплыва теста**

5. Диаметр расплыва измеряют непосредственно после поднятия цилиндра линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение. Если диаметр расплыва теста не соответствует диапазону  $(180 \pm 5)$  мм, испытание повторяют с измененной массой воды.

6. Результаты испытаний заносятся в табл. 14.

#### **14. Результаты оценки стандартной консистенции гипсового теста**

| № замеса | Масса гипса, г | В/Г, % | Масса воды, г | Диаметр расплыва гипсового теста, см |
|----------|----------------|--------|---------------|--------------------------------------|
| 1        |                |        |               |                                      |
| ...      |                |        |               |                                      |
| 3        |                |        |               |                                      |

7. Делаются выводы о количестве воды, необходимом для приготовления гипсового теста стандартной консистенции.

## Часть 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ГИПСОВОГО ТЕСТА

**Оборудование, приборы.** Гипсовое тесто стандартной консистенции; секундомер; кольцо коническое из коррозионно-стойкого материала; прибор Вика с иглой (рис. 12) и массой подвижной части ( $300 \pm 2$ ) г; пластину полированную из коррозионно-стойкого материала размером не менее  $100 \times 100$  мм.

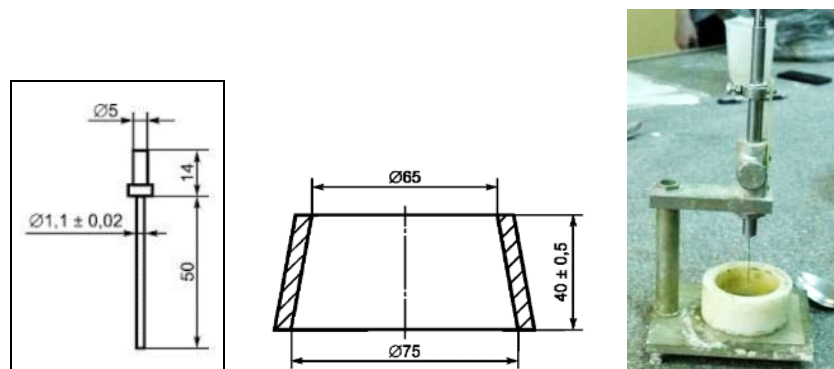


Рис. 12. Игла, кольцо для гипса и прибор Вика

### Методические рекомендации

Сроки схватывания гипсового теста определяются на приборе Вика с помощью секундомера. Различают время начала и конца схватывания.

### Проведение испытания

1. Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое положение подвижной части.
2. Приготавливают гипсовое тесто стандартной консистенции из гипса массой 200 г и требуемого расхода воды. Секундомер включают с момента засыпания гипса в воду и не останавливают его до завершения всего испытания.
3. Кольцо, предварительно протертое и смазанное минеральным маслом и установленное на полированную пластинку, заполняют тестом. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой четыре-пять раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.
4. Подвижную часть прибора с иглой устанавливают в такое положение, при котором конец иглы касается поверхности гипсового теста (рис. 13), а затем иглу свободно опускают в кольцо с тестом. Погружение проводят

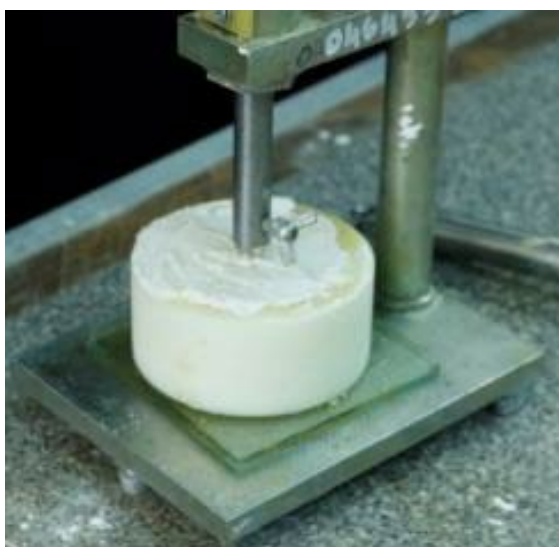
один раз каждые 30 с, начиная с целого числа минут. После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку вместе с кольцом передвигают так, чтобы каждое последующее погружение иглы находилось на расстоянии не менее 10 мм от мест предыдущих погружений и края кольца. После каждого погружения иглу протирают.



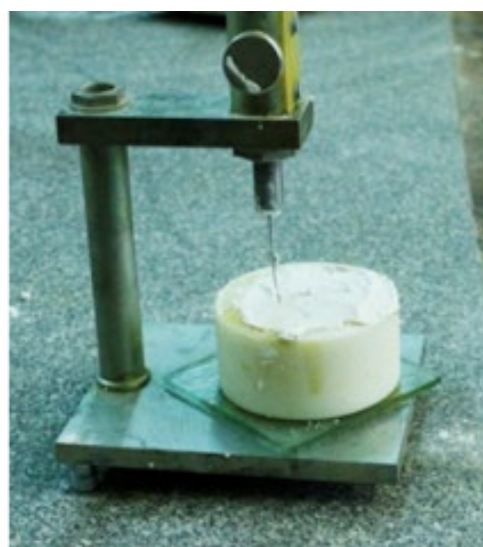
**Рис. 13. Установка иглы прибора на поверхность гипсового теста**

5. Начало схватывания определяют временем, выраженным в минутах, истекших от момента добавления гипсового вяжущего к воде до момента, когда свободно опущенная игла после погружения в тесто первый раз не доходит до поверхности пластинки (рис. 14, *а*).

6. Конец схватывания определяют временем, когда свободно опущенная игла погружается в гипсовое тесто на глубину не более 1 мм (рис. 14, *б*).



*а)*



*б)*

**Рис. 14. Погружение иглы прибора в начале и конце схватывания гипсового теста**

7. Время начала и конца схватывания выражают в минутах и заносят в табл. 15.

### 15. Время начала и конца схватывания гипсового теста

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Время начала схватывания, мин |  |
| Время конца схватывания, мин  |  |

8. Используя табл. 16, делают вывод о виде гипсового вяжущего по срокам схватывания.

### 16. Виды гипсового вяжущего по срокам схватывания

| Вид гипсового вяжущего | Индекс сроков твердения | Сроки схватывания, мин |                   |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
|                        |                         | Начало, не ранее       | Конец, не позднее |
| Быстротвердеющий       | А                       | 2                      | 15                |
| Нормальнотвердеющий    | Б                       | 6                      | 30                |
| Медленнотвердеющий     | В                       | 20                     | Не нормируется    |

### Контрольные вопросы

1. Что называется стандартной консистенцией гипсового теста?
2. На каком приборе оценивается нормальная густота гипсового теста?
3. Назовите сроки схватывания гипсового теста.
4. На каком приборе оценивают сроки схватывания гипсового теста?
5. Дайте классификацию гипсового вяжущего по срокам схватывания.

Литература [1 – 3, 6, 15, 16].

### Лабораторная работа № 6

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ГИПСА ПО ПРОЧНОСТИ

**Цель работы.** Научиться определять марку гипса по прочности в соответствии с ГОСТ 237789–2018; оценить влияние расхода воды (водогипсовое отношение) на прочность гипса.

**Оборудование, приборы.** Чаша; мешалка ручная; форма разъемная для изготовления образцов-призм размером 160×40×40 мм по ГОСТ 310.4; весы по ГОСТ OIML R 76-1 с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания  $\pm 0,1$  г; гидравлический пресс.

## Методические рекомендации

Марка гипса по прочности выносится в условное обозначение гипсового вяжущего на упаковку. Определяется по результатам механических испытаний на изгиб и сжатие образцов-балочек.

### Проведение испытания

1. Для изготовления образцов в гипсовое вяжущее массой от 1,0 до 1,6 кг вливают воду в количестве, необходимом для получения теста стандартной консистенции.

2. Гипсовое тесто перемешивают в течение 60 с в чаше и заливают в форму. Внутреннюю поверхность стенок формы и поддон предварительно смазывают тонким слоем машинного масла.

3. Уложенное тесто уплотняют и выравнивают пятью ударами формы о поверхность стола, поднимая ее за торцевую сторону на высоту 10 мм. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой, передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно к поверхности образцов. Через  $(15 \pm 5)$  мин после конца схватывания образцы извлекают из формы, маркируют и хранят в помещении для испытаний при температуре  $(23 \pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха  $(50 \pm 5)\%$ . Определение прочности образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, проводят через 2 ч после контакта гипсового вяжущего с водой.



Рис. 15. Извлечение образцов-балочек из формы

4. Для определения предела прочности на растяжение при изгибе образец устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб так, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении (рис. 16, а). Расстояние между опорами должно быть  $(100 \pm 0,152)$  мм. Скорость нарастания нагрузки –  $(50 \pm 10)$  Н/с.

5. Предел прочности на растяжение при изгибе одного образца  $R_{изг}$  МПа, вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = 0,00234P_{изг}, \quad (14)$$

где  $P_{изг}$  – разрушающая нагрузка, Н;

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов трех испытаний, вычисленное с точностью  $\pm 0,1$  МПа.

6. Предел прочности при сжатии определяют испытанием шести половинок образцов-призм, полученных при испытании на изгиб (рис. 16, б).

Половинку образца-призмы помещают между двумя пластинками для передачи нагрузки на образец так, чтобы боковые грани, которые при формовании образцов находились в вертикальном положении, находились в плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой грани образца. Скорость нарастания нагрузки при испытании –  $(50 \pm 10)$  Н/с.

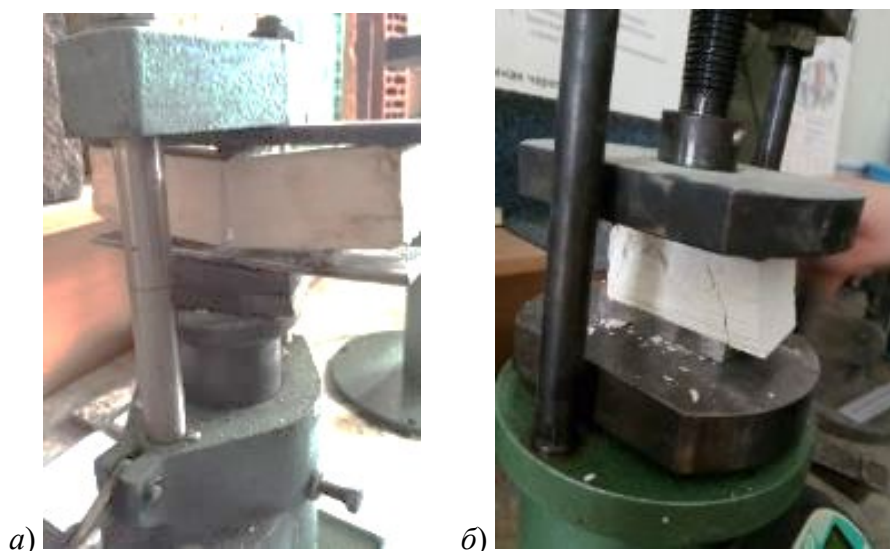


Рис. 16. Испытание образцов-балочек на изгиб и сжатие

7. Предел прочности при сжатии одного образца  $R_{сж}$ , МПа, вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = P_{сж}/S, \quad (15)$$

где  $P_{сж}$  – разрушающая нагрузка, кН;  $S$  – площадь рабочей поверхности пластинки, равная –  $25 \text{ см}^2$ .

8. Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов, вычисленное с точностью  $\pm 0,1$  МПа.

9. Результаты испытаний и расчетов заносят в табл. 17.

## 17. Определение марки гипса по прочности

| № | В/Г, % | Разрушающая нагрузка<br>(показания прессы) |               |    | Предел прочности |                |    | Среднее значение<br>предела прочности |                    |
|---|--------|--|---------------|----|------------------|----------------|----|---------------------------------------|--------------------|
|   |        | $R_{изг}$ , кН                             | $R_{сж}$ , кН |    | $R_{изг}$ , МПа  | $R_{сж}$ , МПа |    | $R_{изг\ ср}$ , МПа                   | $R_{сж\ ср}$ , МПа |
| 1 |        | 1.   | 1.            | 2. | 1.               | 1.             | 2. |                                       |                    |
|   |        | 2.   | 3.            | 4. | 2.               | 3.             | 4. |                                       |                    |
|   |        | 3.   | 5.            | 6. | 3.               | 5.             | 6. |                                       |                    |
| 2 |        | 1.   | 1.            | 2. | 1.               | 1.             | 2. |                                       |                    |
|   |        | 2.   | 3.            | 4. | 2.               | 3.             | 4. |                                       |                    |
|   |        | 3.   | 5.            | 6. | 3.               | 5.             | 6. |                                       |                    |
| 3 |        | 1.   | 1.            | 2. | 1.               | 1.             | 2. |                                       |                    |
|   |        | 2.   | 3.            | 4. | 2.               | 3.             | 4. |                                       |                    |
|   |        | 3.   | 5.            | 6. | 3.               | 5.             | 6. |                                       |                    |

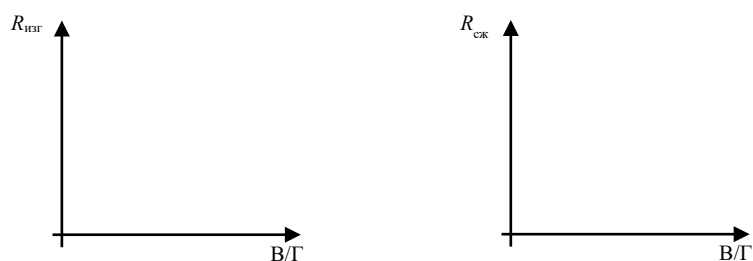
*Примечание:*

$R_{изг\ ср}$  – среднее значение предела прочности при изгибе из 3-х результатов.

$R_{сж\ ср}$  – среднее значение предела прочности при сжатии из 4-х (без наибольшего и наименьшего) результатов

10. По рассчитанным пределам прочности при изгибе и сжатии по Приложению 2 назначается марка гипса по прочности.

11. По результатам табл. 17 оценивается влияние расхода воды (В/Г) на прочность гипса путем построения графических зависимостей (рис. 17). Делается вывод.



**Рис. 17. Зависимости прочности гипса от водогипсового отношения**

### Контрольные вопросы

1. Что такое гипс? Как его получают?
2. Как определяется марка гипса по прочности?
3. Через какое время после изготовления образцов можно проводить испытание по оценке прочности гипса?
4. Как влияет расход воды на прочность гипса?

Литература [1 – 3, 6, 15, 16].



### 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ

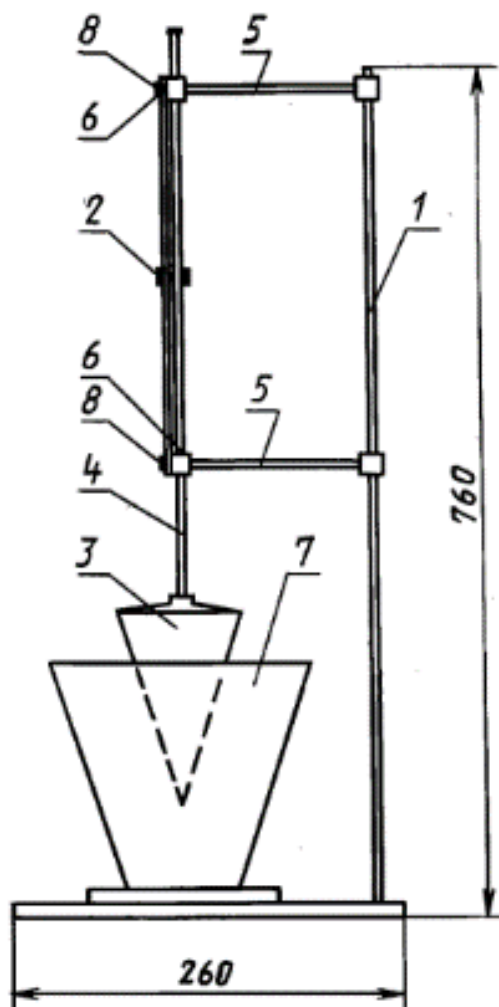
#### Лабораторная работа № 7

#### ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

**Цель работы.** Научиться определять подвижность и прочность строительных растворов. Выявить влияние компонентов на подвижность и прочность строительных растворов.

**Оборудование, приборы.** Прибор для определения подвижности растворной смеси (рис. 18), пресс, весы, штангенциркуль, трехсекционная форма (рис. 19).

Испытания проводятся по ГОСТ 58767–2019.



**Рис. 18. Прибор для определения подвижности растворной смеси:**

1 – штатив; 2 – шкала; 3 – эталонный конус; 4 – штанга; 5 – держатели; 6 – направляющие;  
7 – емкость для растворной смеси; 8 – стопорный винт

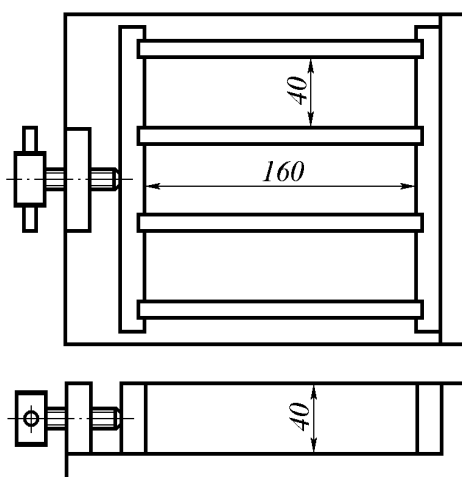


Рис. 19. Разборная форма для изготовления образцов-балочек

### Методические указания

Подвижность растворной смеси характеризуется измеряемой в сантиметрах глубиной погружения в нее эталонного конуса. Его изготавливают из листовой стали или из пластмассы со стальным наконечником. Угол при вершине должен быть  $30^\circ \pm 30'$ . Масса эталонного конуса со штангой должна быть  $(300 \pm 2)$  г.



Рис. 20. Определение глубины погружения конуса

## Проведение испытаний

1. Приготовление растворной смеси. Для этого цемент просеивается через цементное сито, а песок через сито с размером ячейки 5 мм. Все компоненты взвешиваются. Смешиваем песок с цементом, после чего в центре делаем лунку, вливаем в нее воду и снова все тщательно перемешиваем.

2. Определяем подвижность смеси. Для этого прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги 4 в направляющих 6. Емкость заполняют приготовленной растворной смесью, не доходя до края на 1 см и уплотняют (штыкованием стальным стержнем 25 раз или 5–6-кратным легким постукиванием о стол). Далее емкость помещают на площадку прибора. Откручивают стопорный винт 8 и устанавливают острие конуса 3 на поверхности смеси раствора. Стопорный винт закручивают и снимают начальные показания со шкалы. Затем снова отпускают стопорный винт, при этом конус начинает погружаться в растворную смесь. Через 1 мин снова снимаются показания со шкалы (рис. 20).

3. Показания записывают в табл. 18 и рассчитывают глубину погружения конуса, которая соответствует разности между первым и вторым отсчетами. Погрешность измерения составляет до 1 мм. Осадка конуса (подвижность) рассчитывается как среднеарифметическое значение двух испытаний на разных пробах растворной смеси одного замеса и измеряется в сантиметрах.

4. Изготавливаем образцы-балочки. Для этого заполняем металлическую трехсекционную форму приготовленным раствором, уплотняя его на вибростоле в течение 3 мин. По окончании вибрирования избыток смеси срезают, и поверхность образцов заглаживают (рис. 21). По госту образцы хранят 24 ч в формах во влажном пространстве, затем освобождают от форм и хранят до испытания в воде при температуре  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Исходя из учебного процесса мы оставляем образцы в форме на 7 дней. На 7-е сутки достаем балочки из форм и выдерживаем еще 21 день во влажных условиях.

5. Далее переходим к определению прочности строительного раствора. Прочность определяется на 28 сутки с момента приготовления строительного раствора. В ходе испытаний мы определяем два вида прочности: при поперечном изгибе и сжатии.

6. Определяем разрушающую нагрузку при поперечном изгибе. Для этого образец укладывают на опоры (рис. 22), с расстоянием между ними в 10 см,

сверху укладываем пластину, с приваренным к ней в центре стержнем, диаметром 6 мм. Включаем пресс и фиксируем нагрузку, при которой образец распадается на две половинки. Испытания проводятся на 3 образцах.



Рис. 21. Изготовление образцов

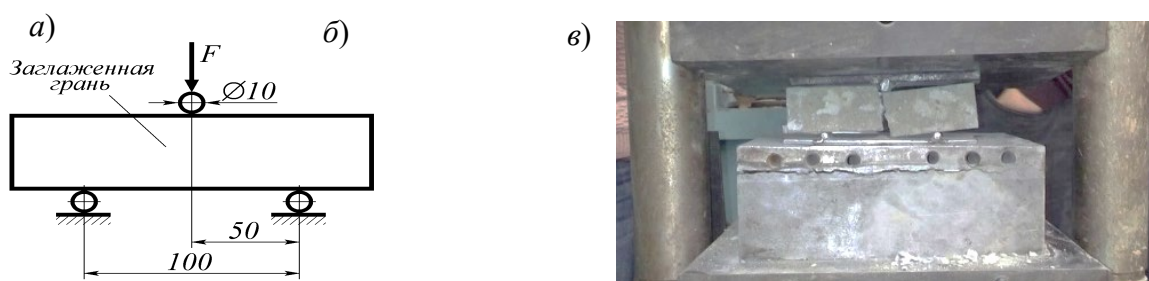


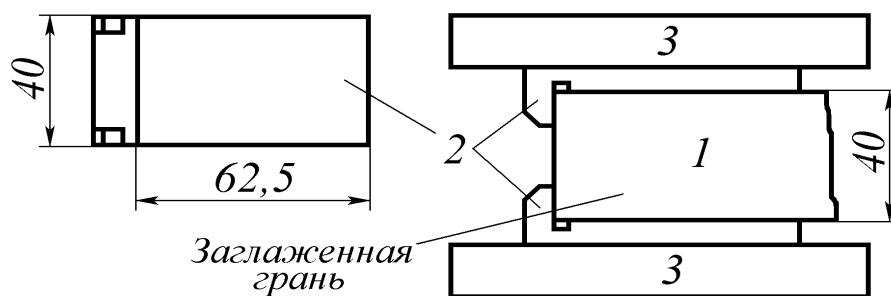
Рис. 22. Испытание образца на поперечный изгиб:  
а – схема нагружения; б, в – разрушение образца

7. Заносим полученные показатели в табл. 19 и рассчитываем прочность образца

$$R_n = \frac{3 Pl}{2 bh^2}, \quad (16)$$

где  $b$  и  $h$  – соответственно ширина и высота сечения ( $b = h = 0,04$  м);  $P$  – нагрузка;  $l$  – расстояние между опорами (в нашем случае  $l = 0,1$  м). Если мы фиксировали при испытании давление, а не нагрузку, то  $P = Nf$ , где  $N$  – показание манометра прессы, т.е. давление;  $f$  – площадь поршня.

8. Определяем разрушающую нагрузку при сжатии с помощью стандартных пластин (рис. 23), с рабочей площадью  $25 \text{ см}^2$  ( $40 \times 62,5$  мм). Заглаженная грань образцов не должна служить опорной при испытаниях. Включаем пресс и фиксируем максимальную нагрузку, при которой в образце возникают процессы разрушения (появляются трещины, отваливаются отдельные куски или образец распадается на куски) (рис. 24). Испытания проводятся на 6 половинках.



**Рис. 23. Схема испытания образцов на сжатие:**  
 1 – половинка образцов-балочек; 2 – стандартные пластины; 3 – плита прессы



**Рис. 24. Разрушение образцов строительного раствора при сжатии**

Заносим полученные показатели в табл. 19 и рассчитываем прочность образца

$$R_c = \frac{P}{F}, \quad (17)$$

где  $P$  – нагрузка,  $F$  – площадь пластин, между которыми располагался образец при испытании на сжатие ( $F = 0,0025 \text{ м}^2$ ).

9. Делаются выводы.

### 18. Определение подвижности растворной смеси

| № п.п. | Начальные показания, см | Конечные показания, см | Разница показаний, см | ОК (подвижность), см | В/Ц строительного раствора |
|--------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| 1      |                         |                        |                       |                      |                            |
| 2      |                         |                        |                       |                      |                            |

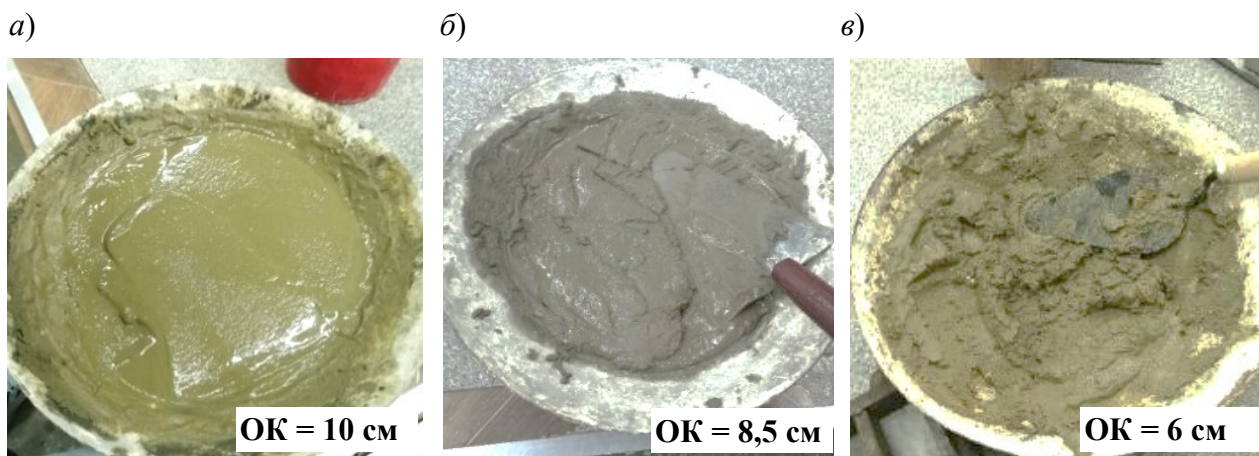
## 19. Определение прочности раствора

| № | Нагрузка при изгибе $P_{и}$ , кН | Среднее значение $P_{и}$ , кН | Прочность при изгибе $R_{и}$ , МПа | Нагрузка при сжатии $P_{с}$ , кН | Среднее значение $P_{с}$ , кН | Прочность при сжатии $R_{с}$ , МПа |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 |                                  |                               |                                    |                                  |                               |                                    |
| 2 |                                  |                               |                                    |                                  |                               |                                    |
| 3 |                                  |                               |                                    |                                  |                               |                                    |
| 4 | —                                |                               |                                    |                                  |                               |                                    |
| 5 |                                  |                               |                                    |                                  |                               |                                    |
| 6 |                                  |                               |                                    |                                  |                               |                                    |

Лабораторная работа состоит из трех частей.

### Часть 1. ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Для данной лабораторной работы берем 1 часть цемента (900 г) и 3 части песка (2400 г). Количество воды берется от массы цемента в диапазоне от 0,7 до 1, т.е. каждой подгруппе студентов выдается свое значение. Количество воды влияет на подвижность строительных растворов, которая имеет определенную величину для каждой категории раствора. Примеры представлены на рис. 25.



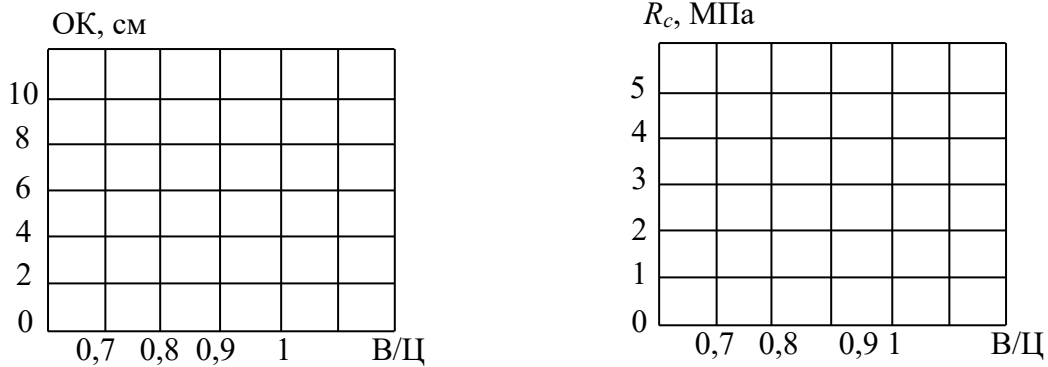
**Рис. 25. Примеры строительных растворов различной подвижности:**

- а* – кладочные (ОК имеет диапазон 10...14 см);
- б* – штукатурные (ОК имеет диапазон 7...10 см);
- в* – монтажные (ОК имеет диапазон 4...6 см)

## Порядок выполнения работы

1. Выполняются пункты 1 – 9.
2. Полученные результаты заносятся в табл. 18 и 19.

Строятся графики (рис. 26) общие на всю группу.



**Рис. 26. Влияние воды на свойства раствора:**

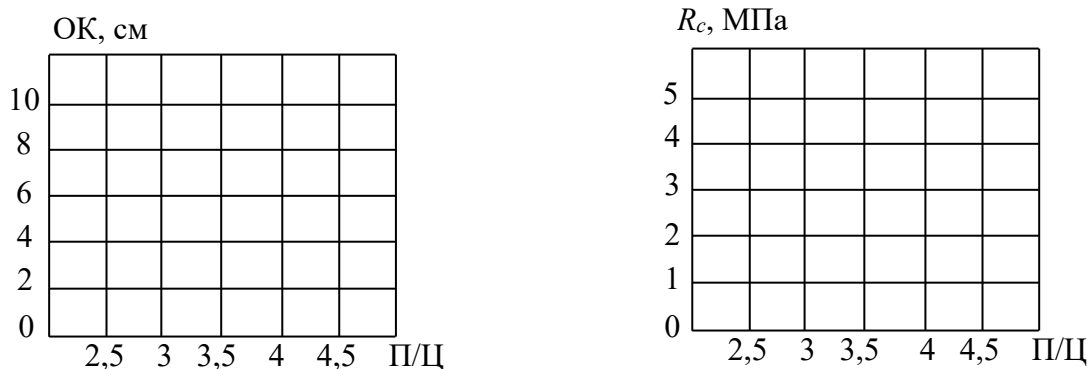
- а* – график зависимости подвижности раствора от водоцементного отношения;  
*б* – график зависимости прочности раствора от водоцементного отношения

3. Делаются выводы.

## Часть 2. ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ПЕСКА НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Для данной лабораторной работы берем В/Ц, равное 0,9. Соотношение Ц:П у каждой подгруппы студентов свое и меняется в диапазоне от 1:2,5 до 1:4,5.

1. Выполняются пункты 1 – 9.
2. Полученные результаты заносятся в табл. 18 и 19.
3. Строятся графики (рис. 27) общие на всю группу.
4. Делаются выводы.



**Рис. 27. Влияние песка на свойства раствора:**

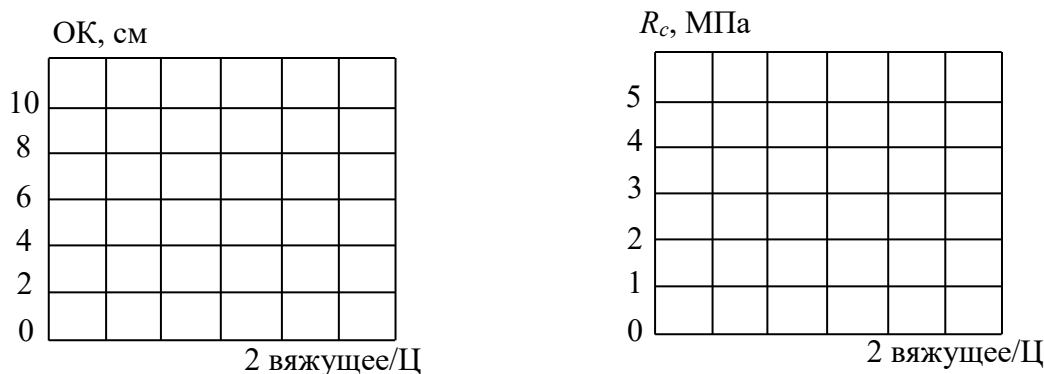
- а* – график зависимости подвижности раствора от количества песка по отношению к цементу;  
*б* – график зависимости прочности раствора от количества песка по отношению к цементу

### Часть 3. СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

*Сложными строительными растворами* называются растворы, включающие два вяжущих вещества. В качестве второго вяжущего могут использоваться гипс, известь, глина.

Для данной лабораторной работы берем В/Ц равное 0,9. В процессе выполнения работы подгруппы студентов берут разное количество второго вяжущего (например, глины) относительно цемента.

1. Выполняются пункты 1 – 9.
2. Полученные результаты заносятся в табл. 18 и 19.
3. Строятся графики (рис. 28) общие на всю группу.
4. Делаются выводы.



**Рис. 28. Влияние второго вяжущего на свойства сложного раствора:**  
*a* – график зависимости подвижности раствора от соотношения вяжущих;  
*б* – график зависимости прочности раствора от соотношения вяжущих

#### Контрольные вопросы

1. Что такое сложный строительный раствор?
2. Состав строительного раствора?
3. Как определяется подвижность строительных растворов?
4. Как изменить подвижность строительных растворов?
5. Какую подвижность должны иметь монтажные растворы?
6. Какую подвижность должны иметь штукатурные растворы?
7. Какую подвижность должны иметь кладочные растворы?
8. Что делать если подвижность строительного раствора выше требуемой?
9. Что делать если подвижность строительного раствора ниже требуемой?
10. Как определить прочность строительного раствора при сжатии?
11. Как определить прочность строительного раствора при поперечном изгибе?



12. Как вода влияет на прочность строительного раствора?
13. Как наполнитель влияет на прочность строительного раствора?
14. Какие факторы влияют на прочность строительного раствора?
15. Марочную прочность раствор достигает через...?

Литература [1, 3, 17 – 19].

## Лабораторная работа № 8

### ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

**Цель работы.** Рассчитать расход компонентов для приготовления бетонной смеси с заданной подвижностью или жесткостью и получения бетона с заданным классом прочности.

**Исходные данные.** Класс бетона по прочности на сжатие; характеристика удобоукладываемости бетонной смеси (величина осадки конуса ОК или показатель жесткости ПЖ); насыпная и истинная плотности песка и щебня; модуль крупности песка; наибольшая крупность зерен щебня; класс цемента по прочности; насыпная и истинная плотность цемента.

### Методические указания

Проектирование состава производится в соответствии с положениями ГОСТ 7473-2010, ГОСТ 27006–2019 и «Рекомендациями по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов» (ФАУ ФЦС, Москва, 2016 год).

Расчет состава бетонной смеси включает в себя определение расхода основных компонентов смеси: цемента, воды, песка и крупного заполнителя.

### Порядок расчета

1. Рассчитывается цементно-водное отношение из уравнения Болломея–Скрамтаева:

$$Ц/В = \frac{R_6}{R_{ц}} + 0,5, \quad (18)$$

где  $R_6$  – заданная прочность бетона в возрасте 28 суток в кг/см<sup>2</sup>;  $R_{ц}$  – активность (класс) цемента по прочности или смешанного вяжущего в кг/см<sup>2</sup>;  $A$  или  $A_1$  – коэффициенты, учитывающие качество заполнителей (табл. 20).

## 20. Качество наполнителей

| Характеристика заполнителей бетона | $A$  | $A_1$ |
|------------------------------------|------|-------|
| Высококачественные                 | 0,65 | 0,43  |
| Рядовые                            | 0,60 | 0,40  |
| Пониженного качества               | 0,55 | 0,37  |

*Примечание.*

*Высококачественные материалы:* щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности; заполнитель чистый, промытый, фракционированные, с оптимальным зерновым составом смеси фракций.

*Рядовые материалы:* заполнители среднего качества, в том числе гравий, отвечающие требованиям стандарта, портландцемент средней активности и высокомарочный шлакопортландцемент.

*Материалы пониженного качества:* крупный заполнитель низкой активности и мелкие пески, цементы низкой активности.

### 2. Рассчитывается расход воды

$$B = B_{\text{табл}} + (B_{\text{п}} - 7) \cdot 5, \quad (19)$$

где  $B_{\text{табл}}$  – расход воды, определяемый по табл. 21 в зависимости от требуемой удобоукладываемости смеси и крупности зерен заполнителя;  $B_{\text{п}}$  – водопотребность песка, определяемая в зависимости от модуля крупности песка по рис. 29.

### 3. Вычисляется расход цемента

$$Ц = B \cdot Ц/В. \quad (20)$$

## 21. Табличный расход воды

| Осадка конуса ОК, см | Показатель жесткости ПЖ, с | Расход воды на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг, при наибольшей крупности щебня |     |     |     |
|----------------------|----------------------------|--|-----|-----|-----|
|                      |                            | 10   | 20  | 40  | 70  |
| –                    | 40...50                    | 160  | 150 | 135 | 130 |
| –                    | 25...30                    | 170  | 160 | 145 | 149 |
| –                    | 15...20                    | 175  | 165 | 150 | 145 |
| –                    | 10...15                    | 185  | 175 | 160 | 155 |
| 2...4                | –                          | 200  | 190 | 175 | 170 |
| 5...7                | –                          | 210  | 200 | 185 | 180 |
| 8...10               | –                          | 215  | 205 | 190 | 185 |
| 10...12              | –                          | 225  | 215 | 200 | 190 |
| 12...16              | –                          | 230  | 220 | 207 | 195 |
| 16...20              | –                          | 237  | 228 | 213 | 202 |

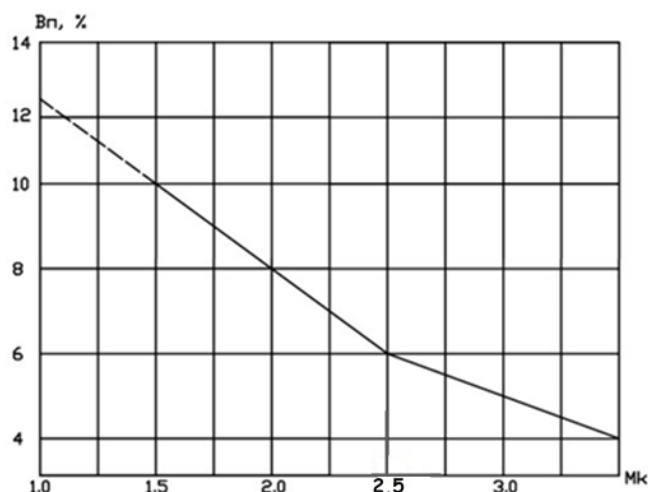


Рис. 29. Водопотребность песка в зависимости от модуля крупности

4. Рассчитывается расход крупного заполнителя, т.е. щебня

$$K = \frac{1000}{\frac{\alpha_k k_{p.з}}{\rho_{н.к}} + \frac{1}{\rho_k}} \text{ кг}, \quad (21)$$

где  $K$  – расход крупного заполнителя, кг;  $\rho_k$  – истинная плотность крупного заполнителя, кг/дм<sup>3</sup>;  $\rho_{н.к}$  – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм<sup>3</sup>;  $\alpha_k$  – пустотность крупного заполнителя в насыпном состоянии в долях единицы объема ( $\alpha_k = 1 - \rho_{н.к}/\rho_k$ );  $k_{p.з}$  – безразмерный коэффициент раздвижки зерен крупного наполнителя цементно-песчаным раствором.

Для жестких бетонных смесей, характеризующихся показателем жесткости, значения  $k_{p.з}$  в формуле определения расхода крупного заполнителя принимают равными 1,05...1,15 в среднем 1,1.

Для пластичных бетонных смесей, характеризующихся осадкой конуса, значения  $k_{p.з}$  следует назначать с учетом водопотребности песка

$$k_{p.з} = k'_{p.з} + (7 - B_{п}) \cdot 0,03, \quad (22)$$

где  $k_{p.з}$  – коэффициент раздвижки зерен крупного наполнителя цементно-песчаным раствором;  $k'_{p.з}$  – эмпирический коэффициент, определяемый по рис. 30 в зависимости от объема цементного теста  $V_{ц.т}$ ;  $B_{п}$  – водопотребность песка.

Абсолютный объем цементного теста вычисляется по формуле (23)

$$V_{ц.т} = Ц/\rho_{ц} + В/\rho_{в}, \quad (23)$$

где  $V_{ц.т}$  – объем цементного теста, дм<sup>3</sup>; Ц, В – расходы цемента и воды, кг;  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{в}$  – истинная плотность цемента и воды, кг/дм<sup>3</sup>.

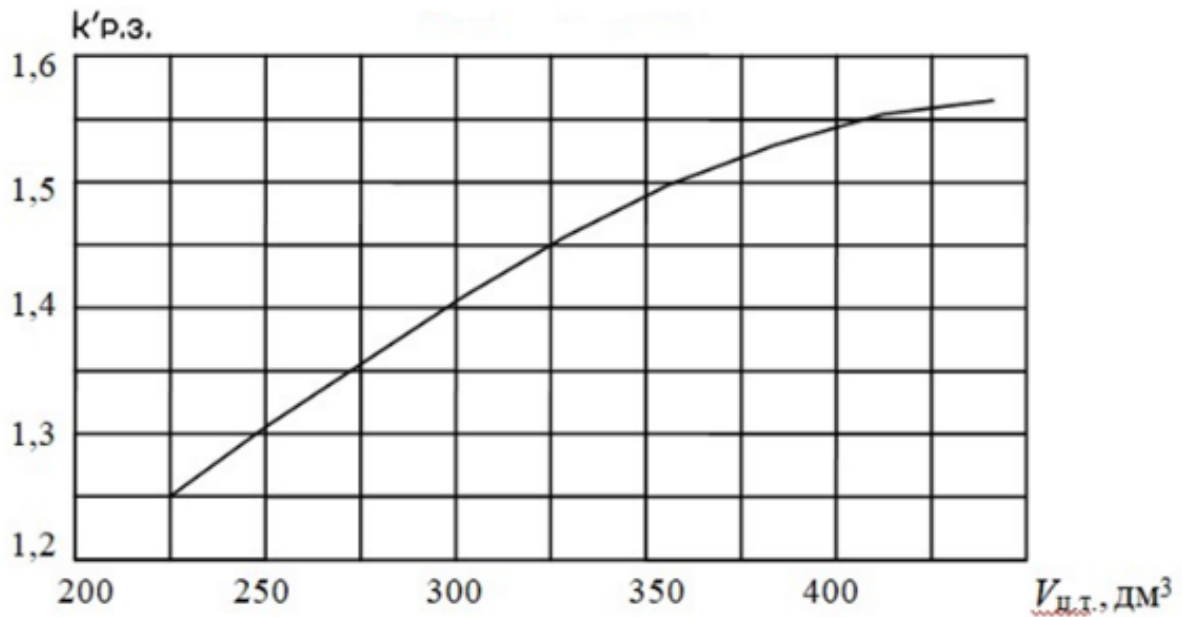


Рис. 30. Значения  $k'_{р.з.}$  для пластичных бетонных смесей

5. Определяется расход песка

$$\Pi = [1000 - (\text{Ц}/\rho_{\text{ц}} + \text{В}/\rho_{\text{в}} + \text{К}/\rho_{\text{к}})] \cdot \rho_{\text{п}}, \text{ кг}, \quad (24)$$

где Ц, В, П, К – расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя, кг;  
 $\rho_{\text{ц}}, \rho_{\text{п}}, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{к}}$  – истинная плотность материалов, кг/дм<sup>3</sup>.

6. Полученные расходы компонентов в кг, рассчитанные на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, заносятся в табл. 22 и пересчитываются на объем, равный 6 дм<sup>3</sup> смеси.

7. Состав бетона представляется в виде соотношений:

Состав бетона по массе

$$\frac{\text{Ц}}{\text{Ц}} : \frac{\text{В}}{\text{Ц}} : \frac{\text{П}}{\text{Ц}} : \frac{\text{К}}{\text{Ц}} = 1 : \frac{\text{В}}{\text{Ц}} : \frac{\text{П}}{\text{Ц}} : \frac{\text{К}}{\text{Ц}}$$

Состав бетона по объему

$$\frac{V_{\text{ц}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{ц}}} = 1 : \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{ц}}}$$

## 22. Расход компонентов на приготовление бетонной смеси

| № | Класс бетона по прочности | ОК или ПЖ | Расход на 1 м <sup>3</sup> , кг |   |   |   | Расход на 6 дм <sup>3</sup> , кг |   |   |   |
|---|---------------------------|-----------|---------------------------------|---|---|---|----------------------------------|---|---|---|
|   |                           |           | Ц                               | В | П | К | Ц                                | В | П | К |
| 1 |                           |           |                                 |   |   |   |                                  |   |   |   |
| 2 |                           |           |                                 |   |   |   |                                  |   |   |   |

## Контрольные вопросы

1. Что называется бетоном и бетонной смесью?
2. Назовите компоненты для приготовления бетонной смеси?
3. Какие исходные данные необходимы для подбора состава бетона.
4. Опишите порядок подбора состава бетона.
5. От чего зависит расход воды в бетонной смеси?

Литература [1, 3, 20 – 22].

## Лабораторная работа № 9

### ОЦЕНКА СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА

**Цель работы.** Научиться определять подвижность и жесткость бетонной смеси, а также прочность бетона на сжатие. Выявить влияние расхода воды на удобоукладываемость бетонной смеси и прочность бетона. Сопоставить полученные значения подвижности/жесткости бетонной смеси и прочности бетона с заданными на стадии подбора состава бетона значениями.

**Оборудование, приборы.** Приборы для определения подвижности и жесткости бетонной смеси (рис. 31), гидравлический пресс ИП-500, весы, линейка, секундомер, вибростол, форма для образцов; кельма, гладкий прямой стержень диаметром 16 мм.

а)



б)



Рис. 31. Приборы для определения подвижности (а) и жесткости (б) бетонной смеси

## Методические указания

Оценка свойств бетонных смесей производится по ГОСТ 10181–2014 и ГОСТ 7473–2010.

Прочность бетона определяют по ГОСТ 10180–2012 и ГОСТ 18105–2015.

*Подвижность бетонной смеси* (характеристика структурной прочности смеси) – способность ее растекаться под действием собственной массы – характеризуется изменяемой осадкой (см) конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси.

*Жесткость* (показатель динамической вязкости бетонной смеси) – способность ее растекаться и заполнять форму под действием вибрации, характеризуется временем (с) вибрирования, необходимым для выравнивания и уплотнения отформованного конуса бетонной смеси в приборе для определения жесткости.

*Класс бетона по прочности на сжатие (В)* соответствует кубиковой прочности, полученной по результатам испытания на сжатие бетонных кубов с ребром 150 мм через 28 сут. хранения при температуре  $20 \pm 2$  °С с обеспеченностью 0,95.

## Проведение испытаний

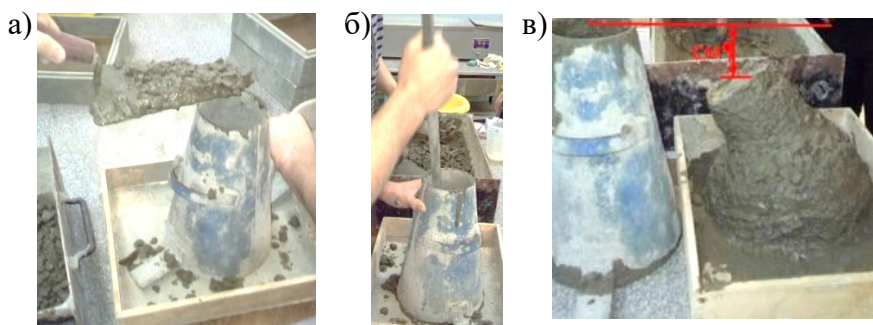
1. По выполненному подбору состава бетона приготавливается бетонная смесь.

Цемент просеивается через цементное сито, а песок и щебень через сито с размером ячейки 5 мм. Все компоненты взвешиваются. Смешивается песок с цементом, после чего в центре делается лунка и вливается вода. Снова все тщательно перемешивается. Затем всыпается щебень и все опять перемешивается.

Например: 1 часть цемента (1000 г); 5 частей песка (5000 г); 6 частей щебня (6000 г); количество воды каждая подгруппа берет свое из диапазона от 1500 до 2000 мл.

2. Определяется подвижность смеси.

Металлический конус устанавливается на гладкий лист и в три равных слоя заполняется смесью. Каждый слой уплотняется штыкованием металлическим стержнем по 25 раз. Время от начала заполнения конуса до его снятия не должно превышать 3 мин.



**Рис. 32. Определение подвижности бетонной смеси:**

*а* – заполнение конуса смесью; *б* – уплотнение смеси; *в* – определение осадки конуса

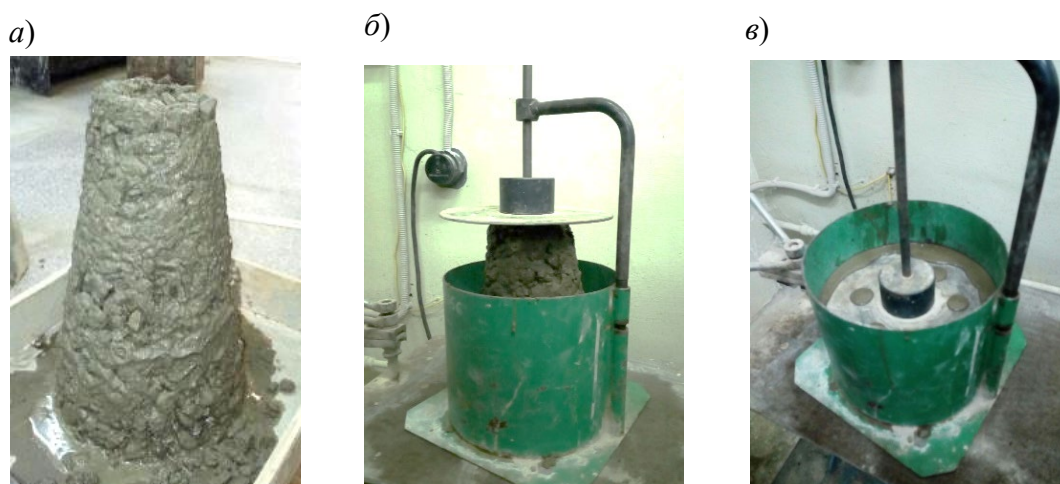
После снятия излишков смеси конус снимается и устанавливается рядом. Осадку конуса бетонной смеси в см. определяют, укладывая гладкий стержень на верх конуса и измеряя расстояние от нижней поверхности стержня до поверхности бетонной смеси с погрешностью не более 0,5 см (рис. 32).

3. Осадка конуса (ОК) рассчитывается как среднеарифметическое значение двух испытаний на разных пробах смеси одного замеса. Показания записываются в табл. 23.

4. Определяется жесткость смеси на приборе Вебе.

Она определяется при условии, что осадка конуса бетонной смеси составляет менее 1 см.

Металлический конус устанавливается в прибор Вебе и в три равных слоя заполняется смесью. Каждый слой уплотняется штыкованием металлическим стержнем по 25 раз. Затем конус снимается и емкость с отформованным бетонным конусом жестко крепится на вибростолу. На бетонную смесь опускают диск с отверстиями (рис. 33).



**Рис. 33. Определение жесткости бетонной смеси на приборе Вебе:**

*а* – выполнение условия по ОК; *б, в* – определение показателя жесткости

Включается вибростол и секундомер. Смесь вибрируется до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска. В этот момент выключается секундомер и вибростол. Время, измеренное в секундах, характеризует жесткость бетонной смеси.

5. Жесткость бетонной смеси вычисляется с округлением до 1 с как среднеарифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20% среднего значения. Показания записывают в табл. 23.

6. Изготавливаются образцы-кубы с ребром 100 мм.

Бетонная смесь укладывается в предварительно смазанные маслом металлические формы и уплотняется на вибростоле в течение 3 мин. По окончании вибрирования избыток смеси, срезают и поверхность образцов заглаживают (рис. 34).



**Рис. 34. Изготовление образцов бетона**

Образцы после изготовления до их распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим испарение из них влаги, в помещении с температурой воздуха  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

Распалубливают образцы не ранее чем через 24 ч и не позднее чем через 72 ч. Затем их выдерживают в нормальных условиях твердения с температурой  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и относительной влажностью воздуха  $(95 \pm 5)\%$ .

7. Прочность бетона на сжатие определяется на 28 сутки с момента его приготовления.

Образцы должны быть выдержаны до испытания при температуре  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха не менее 55% в распалубленном виде в течение 4 ч.

Образец устанавливается на опорные плиты пресса и нагружается до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки  $(0,6 \pm 0,2) \text{ МПа/с}$ . При этом время нагружения образца до его разрушения должно быть не менее 30 с.



Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку. При этом появляются трещины, образец распадается на отдельные части (рис. 35). Результаты испытаний заносятся в табл. 16.



**Рис. 35. Виды разрушения образцов бетона при сжатии**

8. По формуле (11) рассчитывается прочность на сжатие с точностью 0,1 МПа, которая заносится в табл. 24:

$$R_c = \frac{P}{F} k, \quad (25)$$

где  $P$  – нагрузка;  $F$  – площадь образца;  $k$  – коэффициент, учитывающий размеры образцов (если ребро кубика 10 см, то  $k = 0,95$ ; если 15 см, то  $k = 1$ ).

Прочность бетона в серии образцов определяют как среднеарифметическое значение прочности испытанных образцов в серии:

- из двух образцов – по двум образцам;
- из трех образцов – по двум образцам с наибольшей прочностью;
- из четырех образцов – по трем образцам с наибольшей прочностью;
- из шести образцов – по четырем образцам с наибольшей прочностью.

При отбраковке дефектных образцов прочность бетона в серии определяют по всем оставшимся образцам, если их не менее двух.

9. По Приложению 3 назначается марка бетонной смеси по удобоукладываемости. По Приложению 4 назначается класс бетона по прочности на сжатие. Формулируется условное обозначение бетонной смеси по примеру из Приложения 3.

### **23. Определение подвижности и жесткости бетонной смеси**

| № п.п. | Осадка конуса, см | Марка по осадке конуса | Продолжительность вибрирования, с | Марка по жесткости | В/Ц бетонной смеси |
|--------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1      |                   | П...                   |                                   | Ж...               |                    |
| 2      |                   |                        |                                   |                    |                    |

## 24. Определение прочности бетона

| № | Разрушающая нагрузка при сжатии $P_c$ , кН | Прочность при сжатии $R_c$ , МПа | Среднее значение прочности при сжатии $R_c$ , МПа | Класс бетона по прочности на сжатие |
|---|--|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 |  |                                  |   |                                     |
| 2 |  |                                  |   |                                     |
| 3 |  |                                  |   |                                     |
| 4 |  |                                  |   |                                     |
| 5 |  |                                  |   |                                     |
| 6 |  |                                  |   |                                     |

### Контрольные вопросы

1. Как определяется подвижность бетонной смеси?
2. Как определяется жесткость бетонной смеси?
3. Как влияет вода на подвижность бетонной смеси?
4. В чем измеряется подвижность и жесткость бетонной смеси?
5. Как определить прочность бетона при сжатии?
6. Как по значениям прочности определить класс бетона?
7. Какие факторы влияют на прочность бетона?
8. Как состав влияет на прочность бетона?
9. Как вода влияет на прочность бетона?
10. Марочную прочность бетон достигает через...?

Литература [1, 3, 20, 23 – 26].

### Лабораторная работа № 10

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ

**Цель работы.** Освоить ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона с помощью устройства типа «АГАМА»; назначить марку бетона по водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5–2018 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».

**Оборудование, приборы.** Устройство типа «АГАМА»; ручной вакуумный насос; герметизирующая нетвердеющая мастика (ГОСТ 14701–79); шпатель; секундомер.

## Методические указания

*Водонепроницаемостью* называется способность бетона сопротивляться прохождению воды под давлением через его структуру. Для обозначения класса водонепроницаемости бетона используется буква *W* с цифрами от 2 до 20.

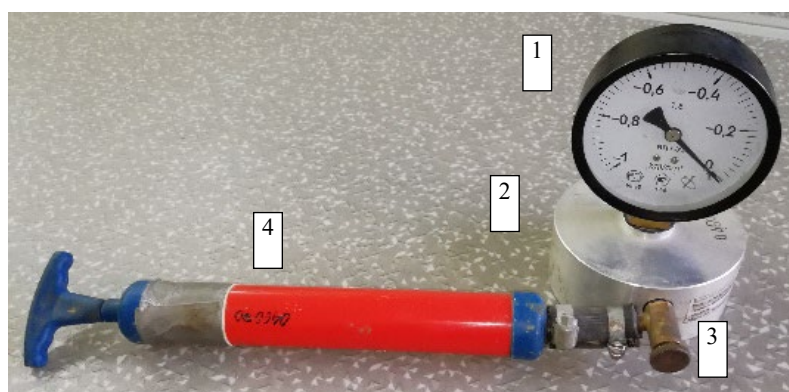
Укоренный метод определения водонепроницаемости основан на наличии экспериментально установленной статистической зависимости между воздухопроницаемостью (скоростью фильтрации воздуха или сопротивлением проникания воздуха) в поверхностных слоях бетона и водонепроницаемостью по «мокрому пятну», определяемой по разделу 2 ГОСТ 12730.5–2018.

Определение скорости фильтрации воздуха осуществляется при радиальной фильтрации воздуха через поверхностные слои бетона, внутрь вакуумированной полости камеры устройства, загерметизированной на поверхности бетона.

Для оценки водонепроницаемости бетона в изделиях можно проводить измерения непосредственно на изделиях.

Параметры устройства типа «АГАМА» (рис. 36) соответствуют требованиям п. 3.2 Приложения 4 ГОСТ 12730.5–2018, а именно:

- внутренний объем полости камеры не менее  $180 \text{ см}^3$ ;
- падение вакуумметрического давления при установке на поверхность непроницаемого материала – не менее  $0,002 \text{ МПа}$  за 1 час;
- начальное давление прижатия фланца камеры к поверхности бетона – не менее  $0,05 \text{ МПа}$ ;
- начальный уровень вакуумметрического давления, создаваемого внутри камеры – до  $0,08 \text{ МПа}$ .



**Рис. 36. Схема устройства типа «АГАМА»:**

1 – вакуумметр; 2 – вакуумная камера; 3 – штуцер с клапаном и краном; 4 – ручной насос

## Проведение испытания

1. Измерение воздухопроницаемости бетона производится на серии из шести образцов-цилиндров диаметром 15 см или на шести образцах-кубах с ребром 15 см.

2. Нижняя при изготовлении поверхность образцов, изготовленных и подготовленных к испытаниям в соответствии с ГОСТ 12730.5–2018, очищается от пленки цементного теста металлической щеткой или другим инструментом.

3. Герметизирующая мастика, предварительно очищенная от инородных включений, раскатывается в жгут диаметром 6...8 мм и длиной, равной периметру фланца камеры, взятому по средней линии.

4. Жгут мастики укладывается на фланец камеры, и концы его соединяются. Камера фланцем устанавливается на середину нижней поверхности образца и прижимается к ней таким образом, чтобы мастика распределилась по всей площади фланца.

5. Ручной насос устанавливают на штуцер клапана камеры вакуумметра, открывают кран против часовой стрелки, затем выкачивают воздух из камеры до достижения разряжения в камере 0,8...0,9 кг/см<sup>2</sup>. После чего закрывают кран клапана и снимают насос со штуцера клапана устройства.

6. Когда разряжение в камере упадет до 0,7 кг/см<sup>2</sup>, включить секундомер и определить время, за которое разряжение упадет до 0,65 кг/см<sup>2</sup> (пять делений).

7. После проведения измерения времени разряжение сбрасывается поворотом крана.

8. Помогая ножом, проткнутым в щель между фланцем и бетоном, устройство отлепляется от поверхности образца. Прилипшую к фланцу и бетону мастику очищают шпателем.

9. Таким же образом производятся измерения времени для всех 6 образцов серии. (При измерениях на изделии подготовка к испытаниям и испытания проводятся таким же образом, но в шести местах изделия).

10. Полученные значения времени падения разряжения ( $t_i$ ) для шести измерений записывают в табл. 25 в порядке их возрастания и определяют среднее арифметическое значение времени ( $t_c$ ) двух образцов (третьего и четвертого) в качестве параметра, характеризующего водонепроницаемость бетона в серии.

11. Марку бетона по водонепроницаемости определяют по табл. 26.

12. Кроме времени, можно пользоваться параметром – скоростью фильтрации воздуха ( $a_c$ ), вычисляемой по формуле:

$$a_c = \frac{\ln(P_0/P_t)}{t_c} C, \text{ см}^3/\text{с}, \quad (26)$$

$$C = V \ln(r_2/r_1), \text{ см}^3, \quad (27)$$

где  $V = 245 \text{ см}^3$  – объем полости разряжения камеры устройства;  $r_1 = 3 \text{ см}$ ,  $r_2 = 5,4 \text{ см}$  – внутренний и наружный радиусы фланца камеры;  $P_0 = 0,7 \text{ кг/см}^2$ ,  $P_t = 0,65 \text{ кг/см}^2$  – начальное и конечное разряжение в камере устройства.

## 25. Результаты испытания по водонепроницаемости бетона

| № п/п | Время падения разряжения $t_i$ , с | Среднее время 2-х образцов $t_c$ , с | Скорость фильтрации воздуха, $a$ , $\text{см}^3/\text{с}$ | Марка по водонепроницаемости, $W$ |
|-------|------------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1     |                                    |                                      |   |                                   |
| 2     |                                    |                                      |   |                                   |
| 3     |                                    |                                      |   |                                   |
| 4     |                                    |                                      |   |                                   |
| 5     |                                    |                                      |   |                                   |
| 6     |                                    |                                      |   |                                   |

## 26. Зависимость марки бетона по водонепроницаемости от времени падения разряжения

| Время падения разряжения, $t_c$ , с | Скорость фильтрации воздуха, $a$ , $\text{см}^3/\text{с}$ | Марка бетона по водонепроницаемости, $W$ |
|-------------------------------------|---|--|
| 26...38                             | 0,325...0,224   | 2  |
| 38...55                             | 0,223...0,154   | 4  |
| 56...81                             | 0,153...0,106   | 6  |
| 81...117                            | 0,105...0,0728  | 8  |
| 117...167                           | 0,0727...0,051  | 10                                       |
| 168...248                           | 0,0509...0,0345   | 12                                       |
| 248...359                           | 0,0344...0,0238   | 14                                       |
| 360...521                           | 0,0237...0,0164   | 16                                       |
| 524...756                           | 0,0163...0,0113   | 18                                       |
| 763...1109                          | 0,0112...0,007  | 20                                       |

## Контрольные вопросы

1. Что называется водонепроницаемостью?
2. Как обозначается марка бетона по водонепроницаемости?
3. Как определяется водонепроницаемость бетона по методу «мокрого пятна»?
4. Опишите суть ускоренного метода оценки водонепроницаемости бетона.

Литература [1, 3, 27]

## Лабораторная работа № 11

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА БАЗОВЫМ МЕТОДОМ

**Цель работы.** Научиться определять морозостойкость бетона базовым методом в соответствии с ГОСТ 10060–2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».

**Оборудование, приборы.** Оборудование для изготовления, хранения и испытания бетонных образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 10180; морозильная камера, обеспечивающая достижение и поддержание температуры до минус  $(18 \pm 2)$  °С; технические весы; ванны для насыщения и оттаивания образцов с устройством для поддержания температуры воды  $(20 \pm 2)$  °С; сетчатый контейнер для размещения основных образцов; сетчатый стеллаж для размещения образцов в морозильной камере.

### Методические указания

*Морозостойкостью* называется способность материала выдерживать многократное попеременное замораживание-оттаивание в насыщенном водой состоянии без потери прочности более чем на 10%, снижения массы более чем на 2% и видимого разрушения образца.

Морозостойкость бетонов оценивается несколькими методами по ГОСТ 10060–2012.

## Проведение испытаний

1. Для проведения испытания изготавливаются 6 контрольных и 12 основных образцов-кубов с размерами ребра 100 мм или 150 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10180.

Образцы для испытания должны быть без внешних дефектов, средняя плотность которых не отличается от минимальной более чем на  $50 \text{ кг/м}^3$ . Массу образцов определяют с погрешностью не более 0,1%.

2. Контрольные образцы бетона перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой с температурой  $(18 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для насыщения образцы погружают в жидкость на  $1/3$  их высоты на 24 ч, затем уровень жидкости повышают до  $2/3$  высоты образца и выдерживают в таком положении еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в жидкость на 48 ч таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм.

3. Контрольные образцы через 2...4 ч после извлечения из ванны испытывают на сжатие по ГОСТ 10180.

4. Насыщенные водой основные образцы загружают в морозильную камеру в контейнере или устанавливают на сетчатый стеллаж камеры таким образом, чтобы расстояние между образцами, стенками контейнеров и вышерасположенными стеллажами было не менее 20 мм. Включают камеру и понижают температуру. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ .

5. Число циклов замораживания и оттаивания, после которых определяют прочность при сжатии образцов бетона, принимают по табл. 27.

6. Образцы испытывают по режиму, указанному в табл. 28.

7. Образцы после замораживания оттаивают в ванне с водой температурой  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ . При оттаивании образцы размещают на расстоянии друг от друга, стенок и днища ванны не менее чем на 20 мм, слой воды над верхней гранью образца должен быть не менее 20 мм. Воду в ванне для оттаивания образцов меняют через каждые 100 циклов переменного замораживания и оттаивания.

8. В промежуточный срок испытания контролируют состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности. При появлении указанных дефектов испытание прекращают, и в журнале испытаний делают запись о том, что бетон не соответствует требуемой марке по морозостойкости.

## 27. Марки бетонов по морозостойкости

| Методы     | Вид бетона | Марки бетона по морозостойкости $F_1$ или $F_2$ и число циклов, после которого проводят промежуточное испытание (над чертой), и число циклов, соответствующее марке бетона по морозостойкости (под чертой) |                   |                 |                      |                       |                        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |
|------------|------------|--|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|            |            | $F_{1,25}$   | $F_{1,35}$        | $F_{1,50}$      | $F_{1,75}$           | $F_{1,100}$           | $F_{1,150}$            | $F_{1,200}$       | $F_{1,300}$       | $F_{1,400}$       | $F_{1,500}$       | $F_{1,600}$       | $F_{1,800}$       | $F_{1,1000}$      |                    |
| Базовые    | Первый     | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде   | $\frac{15^*}{25}$ | $\frac{25}{35}$ | $\frac{35}{50}$      | $\frac{50}{75}$       | $\frac{75}{100}$       | $\frac{100}{150}$ | $\frac{150}{200}$ | $\frac{200}{300}$ | $\frac{300}{400}$ | $\frac{400}{500}$ | $\frac{500}{600}$ | $\frac{600}{800}$ | $\frac{800}{1000}$ |
|            | Второй     | Бетоны дорожных и аэродромных покрытий и бетоны конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде   | —                 | —               | —                    | $\frac{50}{75}$       | $\frac{75}{100}$       | $\frac{100}{150}$ | $\frac{150}{200}$ | $\frac{200}{300}$ | $\frac{300}{400}$ | $\frac{400}{500}$ | $\frac{500}{600}$ | $\frac{600}{800}$ | $\frac{800}{1000}$ |
| Ускоренные | Второй     | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде, и легких бетонов со средней плотностью менее D1500                        | —                 | —               | $\frac{F_{2,50}}{8}$ | $\frac{F_{2,75}}{13}$ | $\frac{F_{2,100}}{20}$ | $\frac{20}{30}$   | $\frac{30}{45}$   | $\frac{45}{75}$   | $\frac{75}{110}$  | $\frac{110}{150}$ | $\frac{150}{200}$ | $\frac{200}{300}$ | $\frac{300}{450}$  |
|            |            | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде, и легких бетонов со средней плотностью менее D1500                        | —                 | —               | —                    | $F_{1,75}$            | $F_{1,100}$            | $F_{1,150}$       | $F_{1,200}$       | $F_{1,300}$       | $F_{1,400}$       | $F_{1,500}$       | $F_{1,600}$       | $F_{1,800}$       | $F_{1,1000}$       |
|            | Третий     | Бетоны дорожных и аэродромных покрытий и бетоны конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде   | —                 | —               | —                    | —                     | $F_{2,100}$            | $F_{2,150}$       | $F_{2,200}$       | $F_{2,300}$       | $F_{2,400}$       | $F_{2,500}$       | $F_{2,600}$       | $F_{2,800}$       | $F_{2,1000}$       |

## 28. Режимы испытания бетона на морозостойкость

| Размер образца, мм | Режим испытаний   |                   |                   |                 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                    | Замораживание     |                   | Оттаивание        |                 |
|                    | время, ч не менее | температура, °C   | время, ч не менее | температура, °C |
| 100×100×100        | 2,5               | минус<br>(18 ± 2) | 2 ± 0,5           | 20 ± 2          |
| 150×150×150        | 3,5               |                   | 3 ± 0,5           |                 |

*Примечание.* Минимальную продолжительность замораживания увеличивают для легких бетонов со средней плотностью D1500 – D1200 на 0,5 ч, со средней плотностью D1200 – D1000 – со средней плотностью D900 и менее – на 1,5 ч.

9. Основные образцы через 2...4 ч после извлечения из ванны испытывают на сжатие по ГОСТ 10180.

10. Марку бетона по морозостойкости принимают по табл. 27 с учетом числа циклов, при котором уменьшение среднего значения прочности не превышает 10%; уменьшение массы не превышает 2% и на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер.

11. Если уменьшение среднего значения прочности основных образцов после промежуточных испытаний по сравнению со средним значением прочности на сжатие контрольных образцов бетона превышает 10%, то испытание прекращают и в журнале испытаний делают запись, что бетон не соответствует требуемой марке по морозостойкости.



12. Среднюю прочность бетона серии контрольных и основных образцов определяют по ГОСТ 10180.

13. Исходные данные и результаты испытания контрольных и основных образцов бетона занести в табл. 29.

### 29. Результаты оценки морозостойкости бетона

| №<br>п/п | Результаты испытаний образцов |                       |                      |                   |                       |  | Марка F |
|----------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|--|---------|
|          | контрольных                   |                       | основных             |                   |                       |  |         |
|          | $R_{сж}$ ,<br>МПа             | $R_{сж\ ср}$ ,<br>МПа | Количество<br>циклов | $R_{сж}$ ,<br>МПа | $R_{сж\ ср}$ ,<br>МПа | Изменение<br>средней проч-<br>ности, % |         |
| 1        |                               |                       |                      |                   |                       |  |         |
| ...      |                               |                       |                      |                   |                       |  |         |
| 6        |                               |                       |                      |                   |                       |  |         |

### Контрольные вопросы

1. Что называется морозостойкостью?
2. Назовите стандартные методы оценки морозостойкости бетона.
3. Опишите базовый метод оценки морозостойкости бетона.
4. Как обозначается марка бетона по морозостойкости?

Литература [1, 3, 24, 28, 29].

## 4. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

---

Лабораторная работа № 12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ЭТАЛОННЫМ МОЛОТКОМ КАШКАРОВА

**Цель работы.** Освоить неразрушающий метод определения прочности бетона с помощью эталонного молотка Кашкарова – метод пластических деформаций.

**Оборудование, приборы.** Эталонный молоток Кашкарова; эталонный стержень; штангенциркуль.

#### Методические указания

Неразрушающие методы контроля прочности основаны на установленных зависимостях между прочностью бетона на сжатие и каким-либо косвенным показателем.

В зависимости от применяемого метода косвенными характеристиками прочности являются: значение отскока бойка от поверхности бетона (или прижатого к ней ударника); параметр ударного импульса (энергия удара); размеры отпечатков на бетоне (диаметр, глубина и т.п.) или соотношение диаметров отпечатков на бетоне и стандартном образце при ударе индентора или его вдавлении в поверхность бетона; значение напряжения, необходимого для местного разрушения бетона при отрыве приклеенного к нему металлического диска, равного усилию отрыва, деленному на площадь проекции поверхности отрыва бетона на плоскость диска; значение усилия местного разрыва, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции; значение усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства.

Методы определения прочности бетона следует выбирать по табл. 30.

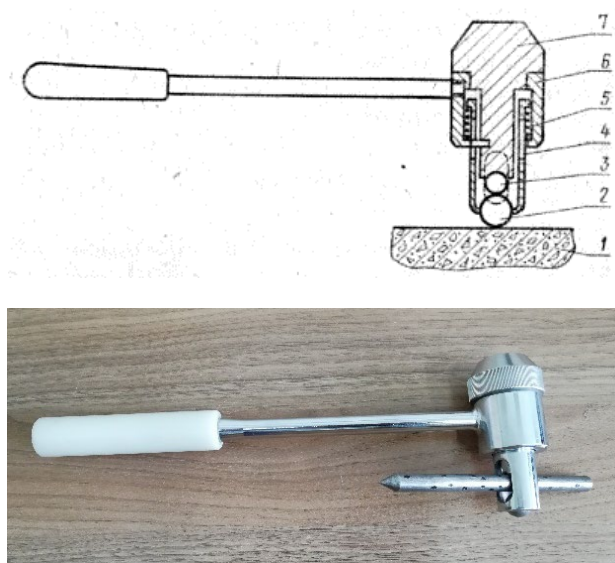
Метод пластических деформаций установлен ГОСТ 22690–2015 и основан на наличии связи между прочностью бетона на сжатие и величиной косвен-

ного показателя, в качестве которого используется отношение диаметров отпечатков, оставленных при ударе молотком Кашкарова на бетоне и эталонном стержне. Метод приемлем для определения прочности бетона в диапазоне 50...50 МПа.

### 30. Методы и приборы неразрушающего контроля прочности бетона

| Метод                                      | Предельные значения прочности бетона, МПа | Приборы для испытаний                              |
|--|---|--|
| Упругого отскока и пластической деформации | 5...50                                    | КМ, Склерометр, молоток Кашкарова, молоток Физделя |
| Ударного импульса                          | 10...70                                   | ВСМ, ИПС-МГ4.01                                    |
| Отрыва                                     | 5...60                                    | ПОС-50МГ4,<br>ПОС-50МГ4Д,<br>ПОС-50МГ4 «Скол»      |
| Отрыва со скалыванием                      | 5...100                                   |  |
| Скалывания ребра                           | 5...70                                    |  |

Молоток Кашкарова состоит из индентора (шарика диаметром 15,88 мм), стакана, пружины, корпуса с ручкой, головки и сменного эталонного стержня длиной 100...150 мм из круглой прутковой стали марки ВСтЗсп2 диаметром 10...12 мм (рис. 37).



**Рис. 37. Устройство молотка Кашкарова и общий вид:**

1 – испытываемый бетон; 2 – индентор (шарик); 3 – эталонный стержень;  
4 – стакан; 5 – пружина; 6 – корпус; 7 – головка

## Проведение испытания

1. Испытания бетона проводят на участке конструкции, границы которого должны находиться на расстоянии не менее 50 мм от края конструкции.

2. Влажность бетона на испытываемом участке не должна отличаться от влажности бетона образцов, испытанных при построении градуировочной зависимости более чем на 30%.

3. Удар по бетону следует наносить перпендикулярно к испытываемой поверхности. При этом удар можно наносить как самим эталонным молотком (рис. 3), так и обычным молотком по головке эталонного молотка, установленного на изделие (рис. 38).

4. Удар следует наносить усилием, обеспечивающим получение отпечатка на бетоне размером 0,3...0,7 диаметра шарика, а на эталонном стержне – не менее 2,5 мм.

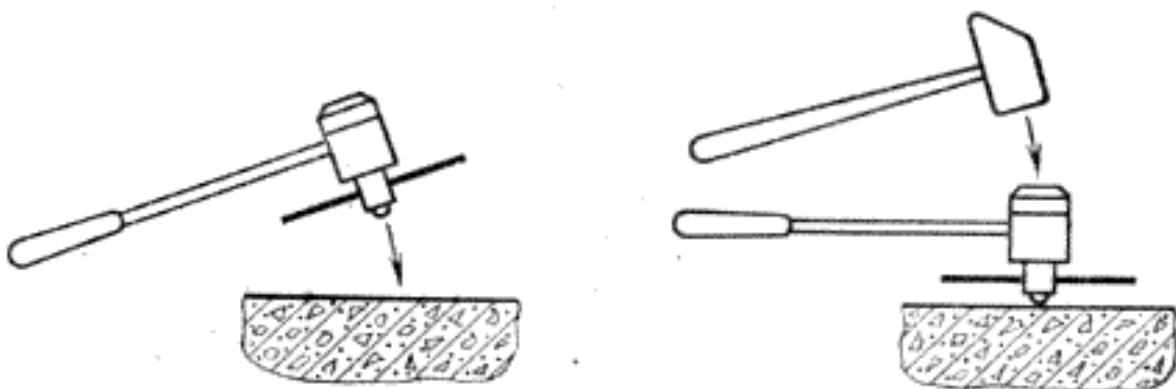


Рис. 38. Схемы испытания бетона эталонным молотком

5. Количество испытаний на участке конструкции (или образце) должно быть не менее 5.

6. Расстояние между отпечатками должно быть не менее 30 мм на бетоне и 10 мм на эталонном стержне.

7. Размеры отпечатков на бетоне и эталонном стержне измеряют с погрешностью не более 0,1 мм.

8. Для облегчения измерения отпечатков удар по бетону рекомендуется наносить через листы копировальной и белой бумаги.

9. Величину косвенной характеристики прочности бетона для участка конструкции (образца) вычисляют по формуле:

$$H = \frac{\sum d_6}{\sum d_3}, \quad (28)$$

где  $\sum d_6$  – сумма диаметров отпечатков на бетоне (или на бумаге), мм;  $\sum d_3$  – то же, на эталонном стержне, мм.

10. Прочность бетона на сжатие на участке конструкции определяют по величине косвенной характеристики  $H$  по градуировочной зависимости  $R = f(H)$  (рис. 39).

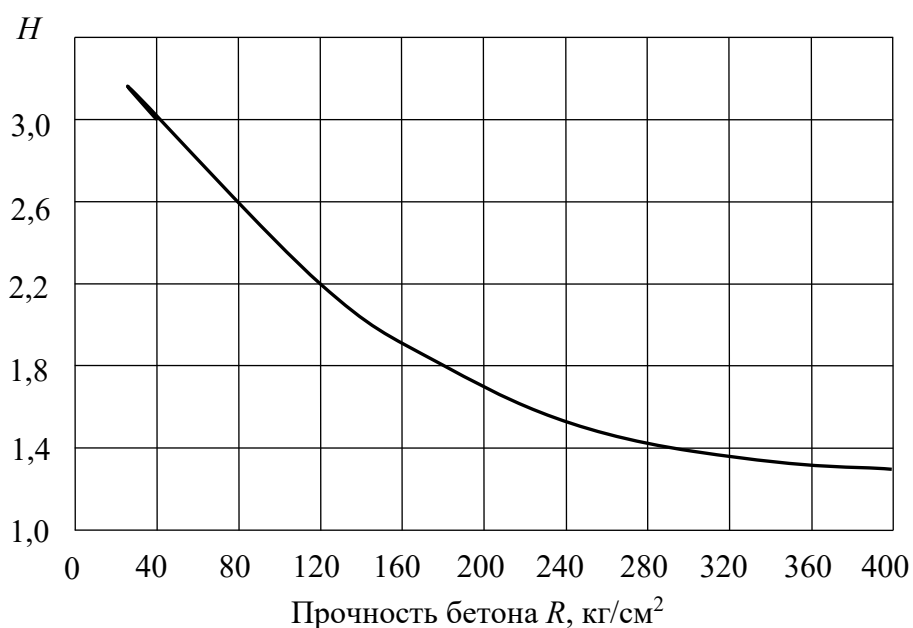


Рис. 39. Зависимость прочности бетона от соотношения диаметров отпечатков

11. Результаты испытаний заносятся в табл. 31. Класс бетона по прочности на сжатие назначается по Приложению 4.

### 31. Результаты испытаний

| № отпечатка | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\sum d$ , мм | $H$ | $R$ , кг/см <sup>2</sup> | Класс бетона |
|-------------|---|---|---|---|---|---------------|-----|--------------------------|--------------|
| $d_6$ , мм  |   |   |   |   |   |               |     |                          |              |
| $d_3$ , мм  |   |   |   |   |   |               |     |                          |              |

### Контрольные вопросы

1. Какие методы неразрушающего контроля прочности бетона вы знаете?
2. Опишите суть метода оценки прочности бетона молотком Кашкарова.

Литература [24, 25, 30].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА МЕТОДОМ УПРУГОГО ОТСКОКА

**Цель работы.** Освоить неразрушающий метод определения прочности бетона – метод упругого отскока.

**Оборудование, приборы.** Измеритель прочности бетона (склерометр) RGK SK-60.



Рис. 40. Склерометр RGK SK-60

### Методические указания

Метод упругого отскока установлен по ГОСТ 22690–2015 и основан на ударе бойка склерометра (рис. 40) о поверхность бетона и измерениях высоты его отскока в условных единицах шкалы прибора, являющейся косвенной характеристикой прочности бетона на сжатие. Метод приемлем для определения прочности бетона в диапазоне 10...60 МПа.

### Проведение испытания

1. Необходимо разблокировать инструмент. Для этого разместите склерометр перпендикулярно к исследуемой поверхности и медленно надавите

индентором на поверхность. Боек разблокируется и кнопка-стопор поднимется. Уберите склерометр от поверхности, чтобы индентор полностью выдвинулся из прибора.

2. Держа склерометр перпендикулярно к поверхности бетона, медленно вдавливайте индентор, пока не произойдет отскок бойка.

3. Чтобы записать значение высоты отскока по шкале, не переставая давить на склерометр, нажмите кнопку-стопор, чтобы зафиксировать боек и показания по шкале.

4. Запишите значение в табл. 32 и продолжите измерения в других точках конструкции. Рекомендуется снимать более 12 измерений, чтобы обеспечить корректное значение прочности бетона на сжатие. Интервал между соседними точками должен быть 2...3 см.

5. Прочность бетона на сжатие в МПа определяется по таблице, размещенной на обратной стороне склерометра или в инструкции к нему в зависимости от величины отскока и направления удара (Приложение 5).

### 32. Результаты определения прочности бетона склерометром

| Высота отскока по шкале склерометра |    | Прочность бетона на сжатие, МПа |    | Среднее значение прочности бетона на сжатие, МПа | Класс бетона по прочности на сжатие |
|-------------------------------------|----|---------------------------------|----|--|-------------------------------------|
| 1                                   | 2  | 1                               | 2  |  |                                     |
| 3                                   | 4  | 3                               | 4  |  |                                     |
| 5                                   | 6  | 5                               | 6  |  |                                     |
| 7                                   | 8  | 7                               | 8  |  |                                     |
| 9                                   | 10 | 9                               | 10 |  |                                     |
| 11                                  | 12 | 11                              | 12 |  |                                     |

### Контрольные вопросы

1. Какие методы неразрушающего контроля прочности бетона вы знаете?
2. Опишите суть метода упругого отскока. Назовите оборудование.

Литература [24, 25, 30].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

**Цель работы.** Познакомиться с ультразвуковым методом определения прочности бетона.

**Оборудование, приборы.** Прибор Пульсар – 1.2.



Рис. 41. Пульсар – 1.2 с датчиком для поверхностного прозвучивания

### Методические указания

Оценка прочности бетона ультразвуковым методом проводится согласно ГОСТ 17624–87 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности». Определение прочности основано на установленной зависимости между временем и скоростью распространения ультразвуковых волн в бетоне и его прочностью на сжатие, полученной базовым разрушающим методом.

### Проведение испытания

1. Подключить к прибору датчики (источник и приемник) с помощью кабелей.



2. Включить прибор, нажав на красную клавишу.
3. Выбрать режим работы: сквозное или поверхностное прозвучивание (рис. 42).
4. Задать базу измерения и материал: бетон тяжелый.
5. Выбрать измеряемый параметр: прочность.
6. Для перехода в режим измерений нажать клавишу «М».
7. При поверхностном прозвучивании с фиксированной базой 120 мм установить датчик конусными накладками на поверхность бетона. Удерживать датчик неподвижным в плоскости, перпендикулярной к поверхности с прижимным усилием 5...10 кг. При этом контролируется на индикаторе прибора измеряемое время  $T$ . Убедившись, что время стабильно, т.е. показания отклоняются на  $0,1...0,2$  мкс от индуцируемого значения, нажимается клавиша «М» и в памяти прибора фиксируется единичный замер.
8. Каждый последующий замер начинается автоматически и фиксируется после стабильности времени и нажатия клавиши «М». После проведения установленного числа измерений (от 1 до 10), выдается результат измерения – среднее значение скорости и прочности при сжатии.
9. Сквозное прозвучивание проводится с применением дополнительных преобразователей – датчиков на произвольной базе с контактной смазкой. База, т.е. толщина бетонного элемента, замеряется штангенциркулем и заносится в прибор.

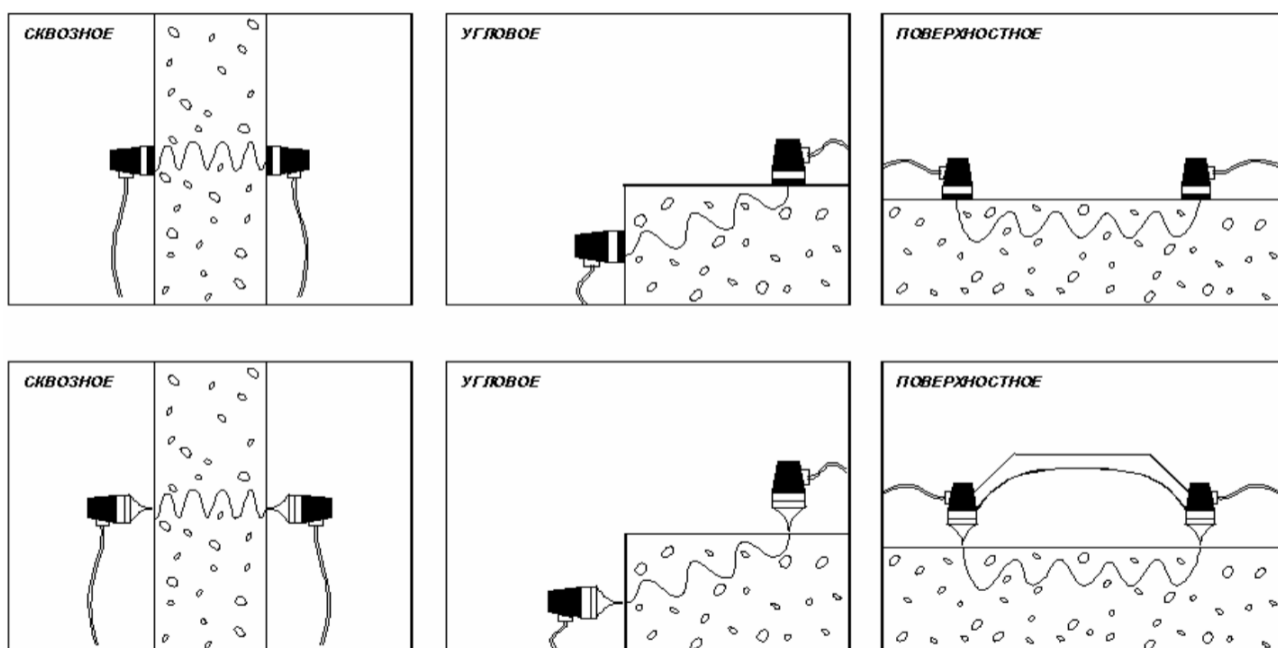


Рис. 42. Варианты прозвучивания

Затем переходят в режим «Измерения» нажатием клавиши «М».

Датчики устанавливаются соосно на противоположных сторонах конструкции, сильно прижав их к поверхности.

Контролируя на приборе стабильность показаний времени, нажимают на клавишу «М», фиксируют единичный замер.

Для следующего замера процедуру повторяют, сместив датчики на новое место.

10. Записывают конечный результат измерения прочности бетона и по Приложению 4 назначают класс бетона по прочности на сжатие.

### **Контрольные вопросы**

1. По какому косвенному показателю оценивается прочность бетона на сжатие при ультразвуковом методе оценки прочности?

Литература [24, 25, 30, 31].

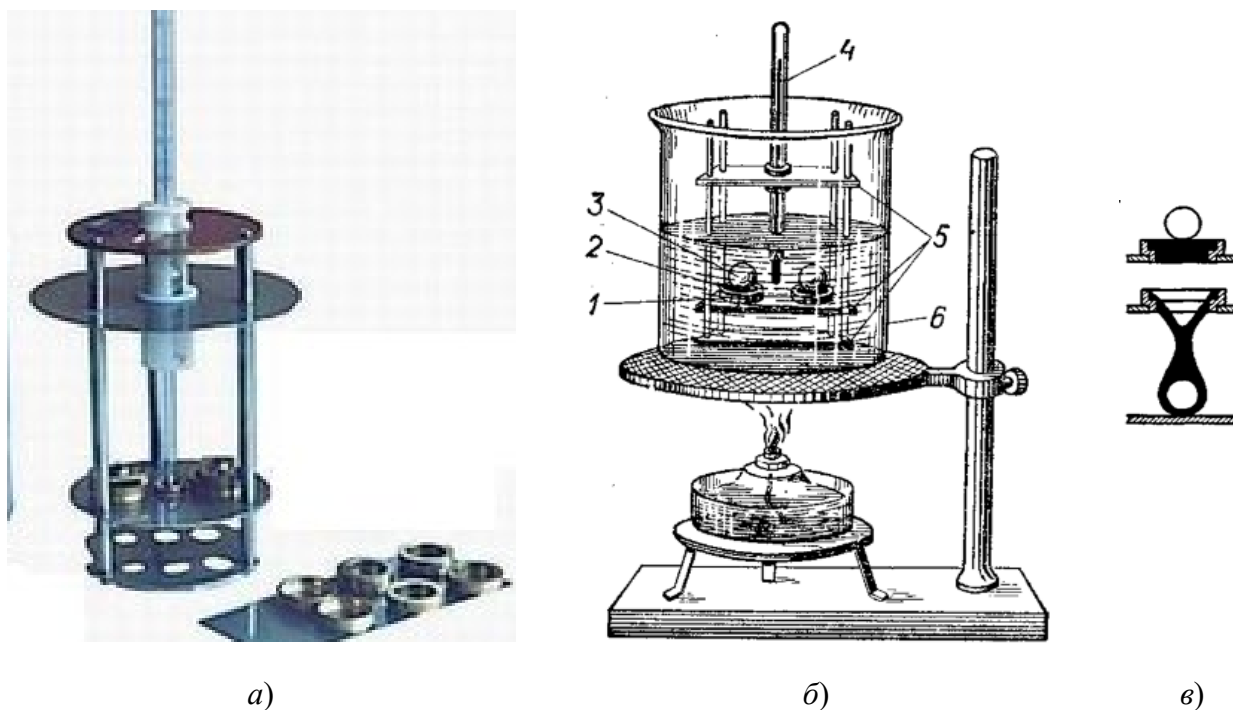
## 5. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. БИТУМЫ

### Лабораторная работа № 15

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять температуру размягчения битума.

**Оборудование и приборы.** Испытания проводятся на стандартных приборах «кольцо и шар» по ГОСТ 32054 (рис. 43). Прибор включает в себя металлический каркас 5, стакан 6, термометр 4, металлические кольца 1 и шарики 3. Металлический каркас состоит из трех металлических пластин, скрепленных на определенном расстоянии друг от друга, проходящими через них металлическими стержнями. В средней пластине имеются два отверстия, в каждое из которых вставляют латунные кольца 1 с внутренним диаметром 15,88 мм, высотой 6,25 мм. В середине верхней пластины имеется отверстие, в которое вставляется термометр 4.



**Рис. 43. Прибор «Кольцо и шар»:**

- a* – металлический каркас и формы; *б* – проведение испытания;  
*в* – изменения; происходящие в слое битума;  
1 – кольцо; 2 – слой битума; 3 – металлический шарик; 4 – термометр;  
5 – металлический каркас; 6 – стакан, наполненный глицерином

## Методические указания

*Температура размягчения* битума характеризует верхний температурный предел его применения. Определяют ее на приборе «кольцо–шар».

### Порядок выполнения работы

1. Приготовление образцов. Битум расплавляют и наливают с избытком в латунные кольца прибора. После чего охлаждают на воздухе в течение 30 мин при температуре  $(25 \pm 10)$  °С. Готовые образцы срезают нагретым ножом вровень с краями колец.

2. Кольца с битумом помещают в отверстия, располагаемые в средней пластинке каркаса. Каркас помещают в стеклянный стакан, заполненный дистиллированной водой температурой  $(5 \pm 1)$  °С, уровень воды над поверхностью колец не менее 50 мм. По истечении 15 мин его вынимают и на каждое кольцо устанавливают металлические шарики, также предварительно охлажденные при температуре  $(5 \pm 1)$  °С. Снова помещают каркас в стакан с жидкостью. Для дорожных битумов в качестве жидкости используют смесь воды с глицерином, для всех остальных – чистый глицерин. Глицерин используем с целью повышения температуры кипения жидкости.

3. Устанавливают стакан на нагревательный прибор. Вставляют термометр так, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольцах.

4. Начинают нагрев со скоростью  $(5 \pm 0,5)$  °С/мин в первые 3 мин. При нагревании битум размягчается, и шарик своей тяжестью будет продавливать его. Нагрев осуществляют до тех пор, пока шарики не достигнут дна нижней пластины каркаса.

5. Снимают показания с термометра и заносят их в табл. 33. Температура размягчения изучаемого битума вычисляется как среднее арифметическое двух значений.

6. Делают выводы.

### 33. Испытания битума на температуру размягчения

| № образца |  | Температура размягчения образца, °С | Температура размягчения битума, °С |
|-----------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
|           |  |                                     |                                    |
|           |  |                                     |                                    |
|           |  |                                     |                                    |

#### Контрольные вопросы

1. Что такое температура размягчения битума?
2. Как определяется температура размягчения битума?
3. В чем измеряется температура размягчения?
4. На каком приборе определяется температура размягчения?
5. Почему испытания проводят в глицерине?
6. Битумы каких видов какую температура размягчения имеют?

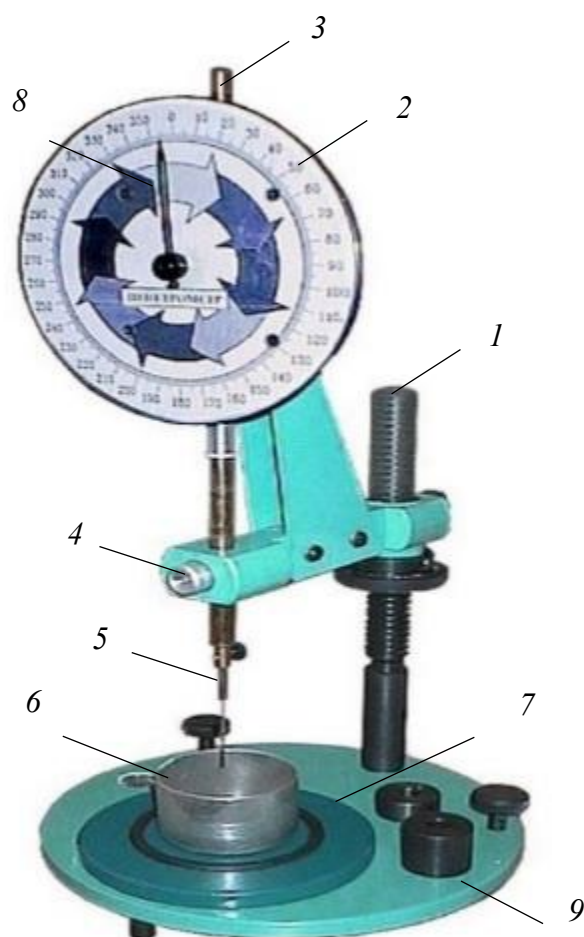
Литература [32, 34, 35].

#### Лабораторная работа № 16

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНЕТРАЦИИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять пенетрацию битума.

**Оборудование и приборы.** Испытания проводятся на стандартном приборе пенетрометре (ГОСТ 33136–2014). Схемы установки и ее описание приведены на рис. 44. Пенетрометр состоит из металлического штатива 1, нижняя часть которого представляет собой опорную площадку 9 с тремя установочными винтами для приведения ее в горизонтальное положение. К опорной площадке прикреплен вращающийся предметный столик 7 с металлической цилиндрической чашкой 6 высотой 35 мм и диаметром 55 мм. На верхнем кронштейне штатива укреплен циферблат 2, разделенный на 360°, и контактная рейка (кремальера) 3, движение которой передается стрелке циферблата 8. На нижнем кронштейне закреплен свободно падающий стержень с иглой 5 и грузом общей массой  $100 \pm 0,01$  г, удерживаемый стопорной кнопкой 4.



**Рис. 44. Пенетрометр:**

- 1 – металлический штатив; 2 – циферблат; 3 – кремальера; 4 – стопорная кнопка;  
 5 – стержень с иглой; 6 – металлическая цилиндрическая чашка;  
 7 – вращающийся предметный столик; 8 – стрелка; 9 – опорная площадка

### Методические указания

Определение пенетрации (глубины проникания иглы в нефтяные битумы) производится на пенетрометре под действием груза 100 г в течение 5 с при температуре 25 °С.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка образца. Изучаемый битум подогревают и наливают в металлическую чашку 6 слоем 80 мм, после чего охлаждают в течение 1 часа на воздухе при температуре  $(20 \pm 2)$  °С с последующим охлаждением в течение 1 ч в водяной бане при температуре  $(25 \pm 0,5)$  °С. Чашку с битумом вынимают из ванны и помещают в кристаллизатор, наполненный водой с температурой  $(25 \pm 0,5)$  °С таким образом, чтобы она покрывала образец как минимум на 10 мм.

2. Кристаллизатор помещают на столик прибора. Нажимают стопорную кнопку и, удерживая ее, устанавливают острие иглы на поверхности битума.

3. Снимают начальные показания с циферблата, доведя кремальеру до верхней площадки стержня, в котором находится игла.

4. Проводят испытание. Одновременно включают секундомер и нажимают стопорную кнопку, удерживая ее в течение 5 с. Игла под действием груза проникает в битум. Кнопку отпускают и вновь доводят кремальеру до верхней площадки стержня с иглой. Фиксируют новое показание стрелки. После каждого погружения кончик иглы вытирают от приставшего битума.

5. Заносят данные в табл. 34 и находят разницу показаний, Она как раз и будет соответствовать глубине проникания иглы в битум в градусах. Пересчитываем ее в мм, один градус равен 0,1 мм и получаем значение пенетрации.

6. Повторяют испытания 3 – 5 раз.

7. Делают выводы.

### 34. Испытания битума на пенетрацию

| № п/п | Начальные показания ( $h_0$ ), °С | Глубина проникания иглы ( $h$ ), °С | Разница показаний ( $\Delta$ ), °С | Пенетрация (П), мм |
|-------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| 1     |                                   |                                     |                                    |                    |
| 2     |                                   |                                     |                                    |                    |
| ...   |                                   |                                     |                                    |                    |

### Контрольные вопросы

1. Что такое пенетрация битума?
2. Как определяется пенетрация битума?
3. В чем измеряется пенетрация?
4. На каком приборе определяется пенетрация?
5. Какая величина пенетрации характерна для каких видов битума?

Литература [32, 34, 36].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ПЕНЕТРАЦИИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять индекс пенетрации битума.

**Оборудование и приборы.** Испытания проводятся на стандартных приборах «кольцо и шар» и пенетрометре (см. лабораторные работы 15 и 16). Расчет показателя выполняется по ГОСТ 33134–2014.

**Методические указания.** Индекс пенетрации характеризует пластические свойства битума и их зависимость от температуры. Его выражают в виде отвлеченного числа, определяемого по таблице нормативного документа или по формуле

$$\text{ИП} = \frac{30}{1 + 50A} - 10, \quad (29)$$

где ИП – индекс пенетрации;  $A = \frac{2,9031 - \lg \Pi}{T - 25}$ ;  $\Pi$  – глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм;  $T$  – температура размягчения, °С.

Битумы с индексом пенетрации (–2) и менее имеют плохие пластические свойства, они хрупкие и непригодны для практического применения. Битумы с индексом пенетрации (–2) до (+2) имеют необходимые для практического применения упруговязкие свойства и достаточную атмосферостойкость. Битумы с индексом пенетрации более (+2) обладают высокими пластическими свойствами, повышенной атмосферостойкостью и рекомендуются к применению в условиях широкого диапазона температур при эксплуатации битумосодержащих материалов.

### Порядок выполнения работы

1. Определяют глубину проникания иглы в битум [лаб. раб. 14].
2. Определяют температуру размягчения битума [лаб. раб. 15].
3. По формуле (29) рассчитывают индекс пенетрации битума. Полученные результаты заносят в табл. 35.
4. Делают вывод о свойствах битума.



### 35. Расчет индекса пенетрации

| № п.п. | Глубина проникания иглы (П), мм | Температура размягчения, °С | Коэффициент $A$ | Индекс пенетрации      |                  |
|--------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|------------------|
|        |                                 |                             |                 | ИП <sub><i>i</i></sub> | ИП <sub>ср</sub> |
| 1      |                                 |                             |                 |                        |                  |
| 2      |                                 |                             |                 |                        |                  |
| 3      |                                 |                             |                 |                        |                  |

#### Контрольные вопросы

1. Как определяется пенетрация битума?
2. В чем измеряется пенетрация?
3. На каком приборе определяется пенетрация?
4. Как определяется температура размягчения битума?
5. В чем измеряется температура размягчения?
6. На каком приборе определяется температура размягчения?
7. Что такое индекс пенетрации?
8. Как рассчитывается индекс пенетрации?
9. От каких показателей зависит индекс пенетрации?
10. Что характеризует индекс пенетрации?

Литература [32, 33, 37].

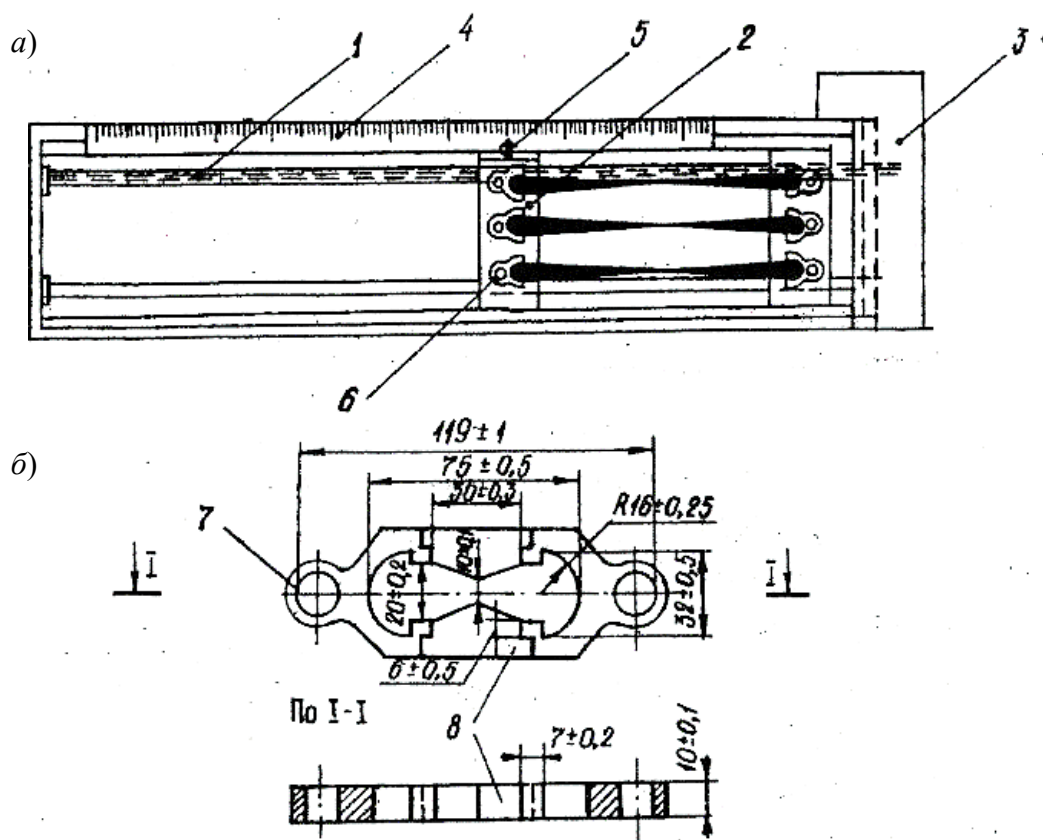
#### Лабораторная работа № 18

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЯЖИМОСТИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять растяжимость битума.

**Оборудование, приборы и материалы.** Испытания проводятся на стандартном приборе дуктилометре (рис. 45) по ГОСТ 33138–2014 на образцах в форме «восьмерки». Дуктилометр представляет собой пластмассовую или деревянную ванну (ящик) длиной 1300 мм, покрытую внутри оцинкованным железом. Внутри ванны через всю ее длину проходит червячный винт  $1$  с салазками  $2$ . Вращение винта, осуществляемое с помощью мотора  $3$ , придает салазкам поступательное движение. На одной стороне ванны укреплена стойка с тремя штифтами  $6$ , соответственно трем штифтам  $6$ , имеющимся на салазках.

На салазках закреплена указатель-стрелка 5, передвигающаяся при движении салазок вдоль шкалы-линейки 4, по которой фиксируют величину растяжимости. Скорость движения салазок 5 см/мин.



**Рис. 45. Дуктилометр (а), форма для изготовления образцов (б):**  
 1 – червячный винт; 2 – салазки; 3 – привод-мотор дуктилометра;  
 4 – шкала-линейка; 5 – указатель-стрелка; 6 – штифты; 7 – кольца зажимов формы;  
 8 – съемные боковые части формы

Для подготовки к испытанию латунные формы – «восьмерки» помещают на полированную металлическую или стеклянную пластинку, покрытую смесью талька с глицерином (1:3). Этой смесью покрывают также внутренние боковые стенки формы, включая ее съемные части (вкладыши). Допускается боковые стенки съемных частей формы покрывать папиросной бумагой. Затем собирают форму на пластинке.

### Методические указания

Растяжимость битумов оценивают по их способности под влиянием нагрузки растягиваться в нить определенной длины. Она увеличивается с повышением температуры битума. Растяжимость косвенно характеризует сцепление битума со строительными материалами. С ее повышением сцепление битума с материалами увеличивается.

## Порядок проведения работы

1. Обезвоженный, расплавленный и процеженный через сито битум наливают тонкой струей с некоторым избытком в три формы. Битум обезвоживают путем нагрева при осторожном перемешивании до температуры более 90 °С (т.е. выше температуры размягчения), но не выше 180 °С (для дорожных битумов не более 160 °С). Время нагрева не должно превышать 30 минут. Затем расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через сито № 07 и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

2. Битум охлаждают в течение 30 – 40 минут при комнатной температуре (не ниже 18 °С), а избыток гладко срезают горячим острым ножом от середины к краям так, чтобы он заполнил формы вровень с краями.

3. Формы с битумом, не снимая с пластинки, помещают в водяную баню, объем воды в которой составляет не менее 10 л (можно в ванну дуктилометра). Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. И выдерживают до испытаний в течение 1 ч. Температура воды в течение всего периода подготовки поддерживается постоянной на уровне  $(25 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C})$  путем добавления горячей или холодной воды.

4. По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре, для чего кольца зажимов формы 7 надевают на штифты, находящиеся на салазках и на стойке дуктилометра. Затем убирают съемные боковые части форм, включают мотор дуктилометра и наблюдают за растяжением битума. Скорость растяжения при испытании битума должна быть 5 см/мин.

5. В момент разрыва нити битума фиксируют длину каждого образца – восьмерки (в см). Эта длина и является показателем растяжимости. При растяжимости битума до 10 см результат округляют до 0,1 см, при большем значении – до целого числа.

6. Результаты испытаний заносят в табл. 36. За растяжимость принимают среднее арифметическое трех параллельных определений. Расхождение между каждым определением и средним результатом не должно превышать 10%.

7. Делают вывод о свойствах битума.

### 36. Испытания битума на растяжимость

| № п.п. | Длина образца, см   |                            | $\Delta L = L_1 - L_0$ | Растяжимость, см | Марка битума |
|--------|---------------------|----------------------------|------------------------|------------------|--------------|
|        | начальная ( $L_0$ ) | в момент разрыва ( $L_1$ ) |                        |                  |              |
| 1      |                     |                            |                        |                  |              |
| 2      |                     |                            |                        |                  |              |
| 3      |                     |                            |                        |                  |              |

#### Контрольные вопросы

1. Что такое растяжимость битума?
2. Как определяется растяжимость битума?
3. В чем измеряется растяжимость?
4. Почему используем образцы в форме восьмерки?
5. На каком приборе определяется растяжимость?

Литература [32, 33, 38].

#### Лабораторная работа № 19

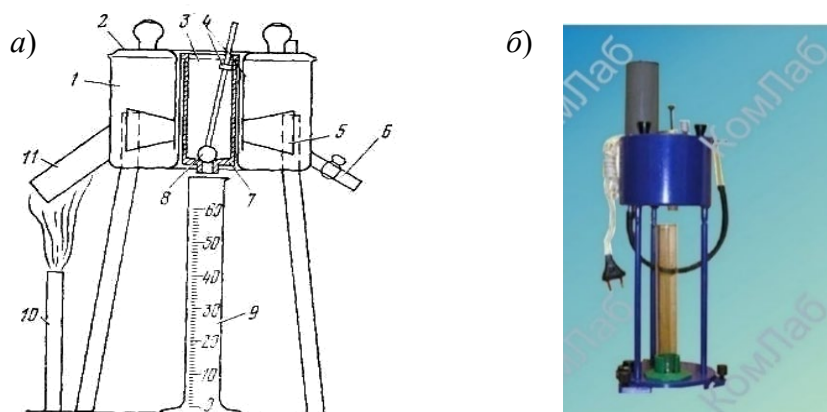
### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять условную вязкость битума.

**Оборудование, приборы и материалы.** Испытания проводятся на вискозиметре по ГОСТ 32060–2013 (рис. 46). Также для лабораторной работы потребуются секундомер, цилиндр стеклянный мерный вместимостью до 100 мл, сито с металлической сеткой № 07, термометр химический стеклянный с интервалом измерения температуры от 0 до 100 °С, растворитель.

#### Методические указания

Под *вязкостью* понимается свойство битума оказывать сопротивление перемещению частиц под воздействием внешних сил. Она зависит от температуры окружающей среды.



**Рис. 46. Вискозиметр стандартный:**

*a* – схема; *б* – фото электрического вискозиметра:

- 1 – водяная баня; 2 – крышка; 3 – стакан вискозиметра; 4 – штифт пробки;  
 5 – крыльчатка для перемешивания воды; 6 – кран; 7 – сменное доньшко; 8 – шарик пробки;  
 9 – мерный цилиндр; 10 – газовая горелка; 11 – подогреваемый остаток водяной бани

### Порядок проведения работы

1. Битум обезвоживают, процеживают через сито и нагревают до  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Баню вискозиметра наполняют водой, нагретой до  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , закрывают сточное отверстие шариковым клапаном и заливают битум до штифта на штанге шариковой пробки.
3. Установив температуру испытуемого битума равной  $60 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , быстро поднимают за штангу клапан и вешают его штифтом на край стакана вискозиметра. В момент, когда уровень битума в мерном цилиндре достигнет метки  $25\text{ см}^3$ , включают секундомер, а когда уровень битума достигнет метки  $75\text{ см}^3$ , секундомер останавливают. За условную вязкость принимают время истечения  $50\text{ см}^3$  битума (в секундах).
4. Полученные результаты заносят в табл. 37. И испытания снова повторяют. За условную вязкость битума принимают средний результат.
5. Делают выводы

### 37. Испытания битума на вязкость

| № п.п. | Время истечения битума, с                                     |  | Условная вязкость |     |
|--------|---|--|-------------------|-----|
|        | начальное<br>(битум в достигнет<br>отметки $25\text{ см}^3$ ) | конечное<br>(битум в достигнет<br>отметки $75\text{ см}^3$ ) | $C_i$             | $C$ |
| 1      |   |  |                   |     |
| 2      |   |  |                   |     |

## Контрольные вопросы

1. Что такое вязкость битума?
2. Как определяется вязкость битума?
3. В чем измеряется вязкость?
4. На каком приборе определяется вязкость?
5. Что показывает вязкость битума?

Литература [33, 39].

## Лабораторная работа № 20

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться экспериментально определять плотность битума.

**Оборудование, приборы и материалы.** Для проведения лабораторной работы нам потребуется капиллярный пикнометр (рис. 47), аналитические весы, термостат, спирт, хромпик, дистиллированная вода.

### Порядок проведения работы

1. Определяют «водное число» пикнометра, т.е. массу дистиллированной воды в его объеме при 20 °С. Для этого пикнометр промывают хромпиком, спиртом, дистиллированной водой, просушивают с продуванием, взвешивают с погрешностью до 0,001 г ( $m_1$ ). Затем наполняют водой до верха при 20 °С и закрывают пробкой. Избыток воды, выступающий поверх пробки, промокают фильтровальной бумагой, снова взвешивают ( $m_2$ ) и вычисляют водное число:  $q = m_2 - m_1$ .

2. В высушенный пикнометр заливают битум примерно до половины, охлаждают до 20 °С, взвешивают ( $m_3$ ). Затем заливают водой до верха, вставляют пробку и взвешивают снова ( $m_4$ ).

3. По формуле (30) определяют истинную плотность

$$\gamma^{20} = \frac{m_3 - m_1}{(m_2 - m_1) - (m_4 - m_3)}. \quad (30)$$

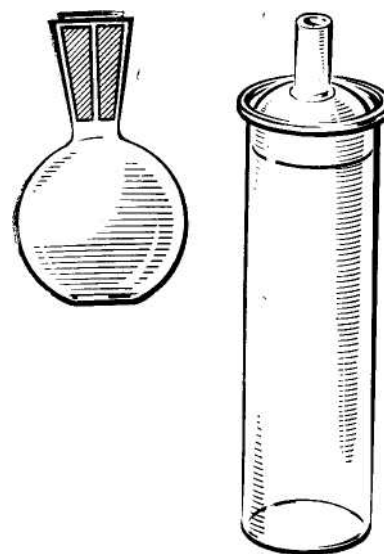


Рис. 47. Капиллярный пикнометр

При 20 °С по отношению к плотности воды при 4 °С истинную плотность битума вычисляют по формуле

$$\gamma_4^{20} = 0,9982\gamma^{20} + K(t^0 - 20), \quad (31)$$

где К – средняя температурная поправка плотности, определяемая в зависимости от истинной плотности битума.

4. Величину истинной плотности вычисляют как среднее из двух определений, расхождения между которыми не должны превышать 0,0004. Полученные результаты заносят в табл. 38.

5. Делают выводы.

### 38. Определение плотности битума

| № п.п. | Масса, г             |                              |                                |  | Истинная плотность |               |
|--------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------|---------------|
|        | пикнометра ( $q_1$ ) | пикнометра с водой ( $q_2$ ) | пикнометра с битумом ( $q_3$ ) | пикнометра с битумом и водой ( $q_4$ ) | $\gamma_i^{20}$    | $\gamma^{20}$ |
| 1      |                      |                              |                                |  |                    |               |
| 2      |                      |                              |                                |  |                    |               |

### Контрольные вопросы

1. Что такое плотность?
2. Какие виды плотности битума существуют?
3. В чем измеряется плотность?
4. Как определить истинную плотность для битума?
5. На каком приборе определяется плотность битума?

Литература [33].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ БИТУМА

**Цель работы.** Научиться правильно определять марку битума по его свойствам.

### Методические указания

В строительстве нашли применение следующие виды нефтяных битумов: строительные, кровельные, дорожные вязкие и жидкие, изоляционные и хрупкие.

Строительные битумы применяют для антифильтрационной и антикоррозионной защиты конструкций зданий и сооружений различного назначения. Их выпускают следующих марок: БН 50/50, БН 70/30, БН 90/10.

Кровельные битумы применяют для изготовления кровельных, гидро-, тепло-, звуко- и пароизоляционных покрытий, материалов и изделий. Они бывают следующих марок: БНК 40/180, БНК 45/190, БНК 90/30.

Дорожные вязкие битумы применяют в качестве вяжущего вещества при строительстве и ремонте дорожных и аэродромных покрытий и оснований. Они бывают следующих марок: БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 60/40 и т.д. (табл. П. 6.3).

Дорожные жидкие битумы применяют в качестве вяжущего вещества при строительстве и ремонте дорожных и аэродромных покрытий и оснований. Они бывают следующих марок: СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200, МГ 40/70, МГО 40/70 и т.д. Гарантийный срок хранения этих битумов составляет со дня изготовления 6 месяцев для класса СГ, 8 месяцев для класса МГ и 1 год для класса МГО.

Изоляционные битумы применяются для изоляции трубопроводов от грунтовой коррозии. Их выпускают следующих марок: БНИ-IV-3, БНИ-IV, БНИ-V.

Хрупкие нефтяные битумы применяются в лакокрасочной, шинной, электротехнической промышленности. Они бывают следующих марок: Б, В, Г.



В обозначении марки битума буквы обозначают следующее: БН – битум нефтяной, К – кровельный, Д – дорожный, И – изоляционные, З – зимний, жидкие битумы (СГ – среднеугасающие, МГ – медленноугасающие, МГО – медленноугасающие окисленные). Числитель индекса характеризует наименьшую температуру размягчения, а знаменатель – среднюю глубину проникания иглы пенетromетра.

### Порядок выполнения работы

1. Из предыдущих лабораторных работ выписываются показатели основных свойств битума и вносятся в табл. 39.
2. Полученные результаты сравнивают с данными, приведенными в табл. П. 6.1 – П.6.5. и устанавливают марку битума.
3. Делаются выводы.

### 39. Определение марки битума

| № п.п. | Глубина проникания иглы, мм | Температура размягчения, °С | Индекс пенетрации | Растяжимость, см | Марка битума |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1      |                             |                             |                   |                  |              |
| 2      |                             |                             |                   |                  |              |
| 3      |                             |                             |                   |                  |              |

### Контрольные вопросы

1. Как определяется марка битума?
2. Что показывает марка битума?
3. Расшифруйте марку битума.
4. Дайте определение показателям, входящим в марку битума.

Литература [32, 33].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Изучение строительных материалов для подготовки студентов архитектурно-строительных направлений и дизайнеров имеет важнейшее значение, поскольку позволяет будущим специалистам проектировать многофункциональные эстетически привлекательные здания и сооружения, отвечающие требованиям надежности и безопасности.

Учебное пособие способствует формированию у обучающихся знаний о технических свойствах самых распространенных строительных материалов и навыков владения методами их испытаний с применением стандартного оборудования для контроля качества.

В указанных в пособии лабораторных работах охвачена значительная часть важных физико-механических показателей неорганических (минеральные заполнители для бетонов, керамический и силикатный кирпич, гипсовые вяжущие, строительные растворы и бетоны) и органических строительных материалов (битумные вяжущие).

Научно-исследовательская составляющая пособия предлагает обучающимся проанализировать влияние расхода компонентов и воды затворения на технологические свойства строительных смесей и прочностные свойства затвердевшего раствора и бетона.

Поставленная в пособии перед обучающимися проектная задача по подбору состава и приготовлению тяжелого бетона с заданными характеристиками удобоукладываемости и прочности с последующим анализом полученных результатов более глубоко погружает в вопросы технологии строительных материалов.

Отдельного внимания заслуживает цикл работ по контролю качества бетона неразрушающими методами, которые на сегодняшний день широко используются на строительных площадках и при обследовании зданий и сооружений.

Учебное пособие несомненно полезно для обучающихся по направлениям 08.03.01 «Строительство», 07.03.01 «Архитектура», 07.03.04 «Градостроительство» и 54.03.01 «Дизайн» с теоретической, методической и практической точек зрения и способствует формированию необходимых компетенций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

---

1. Строительные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. А. Чернушкин и др. – Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 137 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/72944.html>
2. Величко, Е. Г. Строение и основные свойства строительных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Г. Величко. – М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. – 475 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/60775.html>
3. Строительные материалы. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебник для вузов / В. Г. Микульский, В. Н. Куприянов, Г. П. Сахаров и др. ; под общ. ред. В. Г. Микульского, Г. П. Сахарова. – М. : АСВ, 2011. – 520 с.
4. Корчагина, О. А. Основные свойства строительных материалов : лабораторные работы / О. А. Корчагина. – Тамбов : ТГТУ, 1999. – 24 с.
5. Корчагина, О. А. Неорганические вяжущие : лабораторные работы / О. А. Корчагина. – Тамбов : ТГТУ, 2000. – 26 с.
6. Корчагина, О. А. Материаловедение: оценка качества строительных материалов : лабораторный практикум / О. А. Корчагина, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.
7. ГОСТ 8735–88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.
8. ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия.
9. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
10. ГОСТ 8269.0–97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
11. ГОСТ 12730.3–2020. Бетоны. Метод определения водопоглощения.
12. ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

13. ГОСТ 379–2015. Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия.
14. ГОСТ Р 58527–2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
15. ГОСТ 125–2018. Вяжущие гипсовые. Технические условия.
16. ГОСТ 237789–2018. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.
17. ГОСТ 58767–2019. Растворы строительные. Методы испытаний по контрольным образцам.
18. ГОСТ 57338–2016. Растворы строительные для каменной кладки. Метод определения предела прочности на сжатие и изгиб.
19. Корчагина, О. А. Строительные растворы : лабораторные работы / О. А. Корчагина. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2001. – 24 с.
20. ГОСТ 7473–2010. Смеси бетонные. Технические условия (Издание, июль 2018 г.).
21. ГОСТ 27006–2019. Бетоны. Правила подбора состава.
22. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов : методическое пособие. – М. : ФАУ ФЦС, 2016.
23. ГОСТ 10181–2014. Смеси бетонные. Методы испытаний.
24. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
25. ГОСТ 18105–2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
26. Корчагина, О. А. Бетоны : лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы» / О. А. Корчагина, О. В. Умнова. – Тамбов : ТГТУ, 2000. – 25 с.
27. ГОСТ 12730.5–2018. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
28. ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.
29. ГОСТ 12730.0–2020. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости.
30. ГОСТ 22690–2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
31. ГОСТ 17624–87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

32. Дорожно-строительные материалы. Асфальтобетон [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. В. Королев, В. А. Береговой, В. А. Худяков и др. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2012. – 240 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/23101.html>

33. Корчагина, О. А. Органические вяжущие и материалы на их основе : Методические указания / О. А. Корчагина, О. А. Киселева – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 36 с.

34. Гурова, Е. В. Теплотехнические и механические испытания битумных материалов : методические указания / Е. В. Гурова, В. П. Ярцев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2003. – 24 с.

35. ГОСТ 32054–2013. Межгосударственный стандарт битумы нефтяные. Определение температуры размягчения по кольцу и шару.

36. ГОСТ 33136–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы.

37. ГОСТ 33134–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации.

38. ГОСТ 33138–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости.

39. ГОСТ 32060–2013. Битумы нефтяные. Определение кинематической вязкости.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### МАРКИ КЕРАМИЧЕСКОГО И СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ПО ПРОЧНОСТИ

#### П. 1.1. Пределы прочности керамических изделий при сжатии и изгибе (ГОСТ 530–2012)

| Марка изделий | Предел прочности при сжатии изделий, МПа |      | Предел прочности при изгибе, МПа |                                     |   |                                     |                                   |                                     |
|---------------|--|------|----------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|               |  |      | полнотелого кирпича              |                                     | пустотелого кирпича формата менее 1,4НФ |                                     | пустотелого кирпича формата 1,4НФ |                                     |
|               |  |      | Средний для пяти образцов        | Наимень-ший для отдель-ного образца | Средний для пяти образцов               | Наимень-ший для отдель-ного образца | Средний для пяти образцов         | Наимень-ший для отдель-ного образца |
| M1000         | 100,0                                    | 80,0 | >4,4                             | 4,4                                 | >3,4                                    | 3,4                                 | >2,9                              | 2,9                                 |
| M800          | 80,0                                     | 64,0 |                                  |                                     |   |                                     |                                   |                                     |
| M600          | 60,0                                     | 48,0 |                                  |                                     |   |                                     |                                   |                                     |
| M500          | 50,0                                     | 40,0 |                                  |                                     |   |                                     |                                   |                                     |
| M400          | 40,0                                     | 32,0 |                                  |                                     |   |                                     |                                   |                                     |
| M300          | 30,0                                     | 25,0 | 4,4                              | 2,2                                 | 3,4                                     | 1,7                                 | 2,9                               | 1,5                                 |
| M250          | 25,0                                     | 20,0 | 3,9                              | 2,0                                 | 2,9                                     | 1,5                                 | 2,5                               | 1,3                                 |
| M200          | 20,0                                     | 17,5 | 3,4                              | 1,7                                 | 2,5                                     | 1,3                                 | 2,3                               | 1,1                                 |
| M175          | 17,5                                     | 15,0 | 3,1                              | 1,5                                 | 2,3                                     | 1,1                                 | 2,1                               | 1,0                                 |
| M150          | 15,0                                     | 12,5 | 2,8                              | 1,4                                 | 2,1                                     | 1,0                                 | 1,8                               | 0,9                                 |
| M125          | 12,5                                     | 10,0 | 2,5                              | 1,2                                 | 1,9                                     | 0,9                                 | 1,6                               | 0,8                                 |
| M100          | 10,0                                     | 7,5  | 2,2                              | 1,1                                 | 1,6                                     | 0,8                                 | 1,4                               | 0,7                                 |
| M75           | 7,5                                      | 5,0  | -                                | -                                   | -                                       | -                                   | -                                 | -                                   |
| M50           | 5,0                                      | 3,5  | -                                | -                                   | -                                       | -                                   | -                                 | -                                   |
| M35           | 3,5                                      | 2,5  | -                                | -                                   | -                                       | -                                   | -                                 | -                                   |
| M25           | 2,5                                      | 1,5  | -                                | -                                   | -                                       | -                                   | -                                 | -                                   |

**П. 1.2. Пределы прочности силикатных изделий при сжатии и изгибе  
(ГОСТ 379–2015)**

| Марка изделия | Предел прочности МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее                       |                        |  |                        |  |                        |
|---------------|---|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|
|               | при сжатии  |                        | при изгибе                                   |                        |  |                        |
|               | средний для пяти образцов камня, блоков, плит и для десяти образцов кирпича | наименьший из значений | одинарного и утолщенного полнотелого кирпича |                        | одинарного и утолщенного пустотелого кирпича |                        |
|               |   |                        | средний для пяти образцов кирпича            | наименьший из значений | средний для пяти образцов кирпича            | наименьший из значений |
| M300          | 30,0 (300)  | 24,0 (240)             | 4,0 (40)                                     | 2,7 (27)               | 2,4 (24)                                     | 1,8 (18)               |
| M250          | 25,0 (250)  | 20,0 (200)             | 3,5 (35)                                     | 2,3 (23)               | 2,0 (20)                                     | 1,6 (16)               |
| M200          | 20,0 (200)  | 16,0 (160)             | 3,2 (32)                                     | 2,1 (21)               | 1,8 (18)                                     | 1,3 (13)               |
| M175          | 17,5 (175)  | 14,0 (140)             | 3,0 (30)                                     | 2,0 (20)               | 1,6 (16)                                     | 1,2 (12)               |
| M150          | 15,0 (150)  | 12,0 (120)             | 2,7 (27)                                     | 1,8 (18)               | 1,5 (15)                                     | 1,1 (11)               |
| M125          | 12,5 (125)  | 10,0 (100)             | 2,4 (24)                                     | 1,6 (16)               | 1,2 (12)                                     | 0,9 (9)                |
| M100          | 10,0 (100)  | 8,0 (80)               | 2,0 (20)                                     | 1,3 (13)               | 1,0 (10)                                     | 0,7 (7)                |

**МАРКИ ГИПСА ПО ПРОЧНОСТИ**

**П. 2.1. Пределы прочности гипсового вяжущего (ГОСТ 125–2018)**

| Марка гипсового вяжущего | Предел прочности образцов-балочек размерами 40 × 40 × 160 мм в возрасте 2 ч, МПа, не менее |            |
|--------------------------|--|------------|
|                          | при сжатии   | при изгибе |
| Г-2                      | 2  | 1,2        |
| Г-3                      | 3  | 1,8        |
| Г-4                      | 4  | 2,0        |
| Г-5                      | 5  | 2,5        |
| Г-6                      | 6  | 3,0        |
| Г-7                      | 7  | 3,5        |
| Г-10                     | 10   | 4,5        |
| Г-13                     | 13   | 5,5        |
| Г-16                     | 16   | 6,0        |
| Г-19                     | 19   | 6,5        |
| Г-22                     | 22   | 7,0        |
| Г-25                     | 25   | 8,0        |

**Условное обозначение гипсового вяжущего**

Пример условного обозначения гипсового вяжущего прочностью 5,2 МПа со сроками схватывания: начало – 5 мин, конец – 9 мин и остатком на сите с размером ячеек в свету 0,2 мм 9%, т. е. гипсового вяжущего марки Г-5, быстротвердеющего, среднего помола:

*Г-5 А II ГОСТ 125–2018*



**МАРКИ ПО УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ  
(ГОСТ 7473–2010)**

**П. 3.2. Марка по осадке конуса (подвижности)**

| Марка | Осадка конуса, см |
|-------|-------------------|
| П1    | 1-4               |
| П2    | 5-9               |
| П3    | 10-15             |
| П4    | 16-20             |
| П5    | Более 20          |

**П. 3.3. Марка по жесткости**

| Марка | Жесткость, с |
|-------|--------------|
| Ж1    | 5-10         |
| Ж2    | 11-20        |
| Ж3    | 21-30        |
| Ж4    | 31-50        |
| Ж5    | Более 50     |

**Условное обозначение бетонной смеси**

По типу бетона бетонные смеси подразделяют на: бетонные смеси тяжелого бетона (БСТ); бетонные смеси мелкозернистого бетона (БСМ); бетонные смеси легкого бетона (БСЛ).

В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси подразделяют на группы: жесткие (Ж), подвижные (П) и растекающиеся (Р). Группы подразделяют на марки по удобоукладываемости (П. 3.2., П. 3.3.).

Условное обозначение бетонной смеси заданного качества при заказе должно состоять из сокращенного обозначения типа бетонной смеси, класса бетона по прочности, марки бетонной смеси по удобоукладываемости и, при необходимости, марки по морозостойкости, марки по водонепроницаемости, средней плотности бетона и др., и обозначения настоящего стандарта.

### *Пример условного обозначения*

Бетонная смесь тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25, марки по удобоукладываемости П1, марки бетона по морозостойкости F200 и марки по водонепроницаемости W4:

*БСТВ25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473–2010*

**КЛАССЫ И МАРКИ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ  
НА СЖАТИЕ (ГОСТ 26633–91)**

*Класс бетона* по прочности на сжатие *B* соответствует значению кубиковой прочности бетона на сжатие в МПа с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность) и принимается в пределах от *B* 0,5 до *B* 120.

*Марка бетона* определяется пределом прочности при сжатии в кг/см<sup>2</sup> стандартных бетонных кубов размером 150х150х150 мм, изготовленных из рабочей бетонной смеси и испытанных в возрасте 28 суток после твердения в нормальных условиях. Для тяжелых бетонов применяют марки М100-М600.

**П. 4.1. Классы и марки бетона по прочности на сжатие**

| Класс бетона по прочности | Средняя прочность бетона ( $\bar{R}$ )*, кгс/см <sup>2</sup> | Ближайшая марка бетона по прочности |
|---------------------------|--|-------------------------------------|
| B3,5                      | 45,8   | M50                                 |
| B5                        | 65,5   | M75                                 |
| B7,5                      | 98,2   | M100                                |
| B10                       | 131,0  | M150                                |
| B12,5                     | 163,7  | M150                                |
| B15                       | 196,5  | M200                                |
| B20                       | 261,9  | M250                                |
| B22,5                     | 294,7  | M300                                |
| B25                       | 327,4  | M350                                |
| B27,5                     | 360,2  | M350                                |
| B30                       | 392,9  | M400                                |
| B35                       | 458,4  | M450                                |
| B40                       | 523,9  | M550                                |
| B45                       | 589,4  | M600                                |
| B50                       | 654,8  | M700                                |
| B55                       | 720,3  | M700                                |
| B60                       | 785,8  | M800                                |
| B65                       | 851,3  | M900                                |
| B70                       | 916,8  | M900                                |
| B75                       | 982,3  | M1000                               |
| B80                       | 1047,7   | M1000                               |

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА СКЛЕРОМЕТРОМ**

**П. 5.1. Зависимость прочности бетона на сжатие от высоты отскока бойка и направления приложения удара**

| Rm<br>ВЕЛИЧИНА<br>ОТСКОКА | ПРОЧНОСТЬ НА СЖАТИЕ (МПА) |          |          |          |          |           |           |           |           |
|---------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | НАПРАВЛЕНИЕ УДАРА         |          |          |          |          |           |           |           |           |
|                           | 0° -180°<br>← →           | 90°<br>↑ | 60°<br>↑ | 45°<br>↑ | 30°<br>↑ | -30°<br>↓ | -45°<br>↓ | -60°<br>↓ | -90°<br>↓ |
| 20                        | 10.3                      | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 13.1      | 13.7      | 14.3      | 14.9      |
| 21                        | 11.4                      | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 14.3      | 14.9      | 15.5      | 16.2      |
| 22                        | 12.5                      | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 15.4      | 16.0      | 16.7      | 17.4      |
| 23                        | 13.7                      | 10.3     | 10.3     | 10.3     | 10.4     | 16.7      | 17.4      | 18.0      | 18.8      |
| 24                        | 14.9                      | 10.3     | 10.3     | 10.5     | 11.6     | 17.9      | 18.6      | 19.3      | 20.0      |
| 25                        | 16.2                      | 10.3     | 10.8     | 11.6     | 12.7     | 19.3      | 20.0      | 20.7      | 21.5      |
| 26                        | 17.5                      | 11.0     | 12.0     | 12.8     | 14.0     | 20.6      | 21.4      | 22.1      | 22.8      |
| 27                        | 18.9                      | 11.9     | 13.3     | 14.0     | 15.3     | 22.1      | 22.9      | 23.6      | 24.5      |
| 28                        | 20.3                      | 13.4     | 14.6     | 15.4     | 16.7     | 23.5      | 24.3      | 25.0      | 25.9      |
| 29                        | 21.8                      | 14.7     | 16.0     | 16.7     | 18.0     | 25.0      | 25.9      | 26.7      | 27.6      |
| 30                        | 23.3                      | 16.2     | 17.5     | 18.2     | 19.6     | 26.5      | 27.4      | 28.2      | 29.1      |
| 31                        | 24.9                      | 17.6     | 18.9     | 19.6     | 21.0     | 28.2      | 29.1      | 30.0      | 30.9      |
| 32                        | 26.5                      | 19.1     | 20.5     | 21.2     | 22.7     | 29.8      | 30.7      | 31.6      | 32.5      |
| 33                        | 28.2                      | 20.6     | 20.7     | 22.7     | 24.3     | 31.6      | 32.5      | 33.5      | 34.4      |
| 34                        | 30.0                      | 22.4     | 23.6     | 24.5     | 26.0     | 33.3      | 34.2      | 35.2      | 36.1      |
| 35                        | 31.8                      | 24.1     | 25.2     | 26.1     | 27.8     | 35.2      | 36.1      | 37.1      | 38.2      |
| 36                        | 33.6                      | 25.9     | 27.0     | 27.9     | 29.6     | 36.9      | 37.9      | 38.9      | 39.9      |
| 37                        | 35.5                      | 27.8     | 29.2     | 29.6     | 31.4     | 38.9      | 39.9      | 40.9      | 42.0      |
| 38                        | 37.5                      | 29.6     | 30.7     | 31.6     | 33.5     | 40.7      | 41.8      | 42.8      | 43.9      |
| 39                        | 39.5                      | 31.6     | 32.5     | 33.5     | 35.4     | 42.8      | 43.9      | 45.0      | 46.1      |
| 40                        | 41.6                      | 33.6     | 34.6     | 35.5     | 37.5     | 44.8      | 45.9      | 46.9      | 48.1      |
| 41                        | 43.7                      | 35.5     | 36.5     | 37.5     | 39.5     | 47.0      | 48.1      | 49.2      | 50.4      |
| 42                        | 45.9                      | 37.7     | 38.7     | 39.7     | 41.8     | 49.0      | 50.2      | 51.3      | 52.5      |
| 43                        | 48.1                      | 39.7     | 40.7     | 41.8     | 43.9     | 51.3      | 52.5      | 53.6      | 52.5      |
| 44                        | 50.4                      | 42.0     | 42.6     | 44.1     | 46.3     | 53.4      | 54.6      | 55.8      | 57.0      |
| 45                        | 52.7                      | 44.1     | 45.2     | 46.3     | 48.5     | 55.8      | 57.0      | 58.3      | 59.5      |
| 46                        | 55.0                      | 46.5     | 47.6     | 48.8     | 51.0     | 58.0      | 59.2      | -         | -         |
| 47                        | 57.5                      | 48.7     | 49.9     | 51.0     | 53.4     | -         | -         | -         | -         |
| 48                        | 60.0                      | 51.3     | 52.5     | 53.6     | 56.0     | -         | -         | -         | -         |
| 49                        | -                         | 53.6     | 54.8     | 56.0     | 58.5     | -         | -         | -         | -         |
| 50                        | -                         | 56.8     | 57.5     | 58.8     | -        | -         | -         | -         | -         |

**МАРКИ И СВОЙСТВА БИТУМОВ**

**II. 6.1. Строительные нефтяные битумы**

| Наименование показателя                      | Значение для битума марки |          |          |
|--|---------------------------|----------|----------|
|  | БН 50/50                  | БН 70/30 | БН 90/10 |
| Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1мм     | 41...60                   | 21...40  | 5...20   |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С | 50...60                   | 70...80  | 90...105 |
| Растяжимость при 25 °С, см, не менее         | 40                        | 3,0      | 1,0      |
| Растворимость, %, не более                   | 99,5                      | 99,5     | 99,5     |
| Изменение массы после прогрева, %, не более  | 0,5                       | 0,5      | 0,5      |
| Температура вспышки, °С, не ниже             | 230                       | 240      | 240      |
| Массовая доля воды, не более                 | следы                     | следы    | следы    |

**II. 6.2 Кровельные нефтяные битумы**

| Наименование показателя  | Значение для битума марки |               |           |
|--|---------------------------|---------------|-----------|
|  | БНК 40/180                | БНК 45/190    | БНК 90/30 |
| Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм  | 160...210                 | 160...220     | 25...35.  |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С   | 37...44                   | 40...50       | 80...95   |
| Температура хрупкости, °С, не выше   | –                         | –             | –10       |
| Растворимость, %, не более   | 99,5                      | 99,5          | 99,5      |
| Изменение массы после прогрева, %, не более  | 0,8                       | 0,8           | 0,5       |
| Глубина проникания иглы при 25 °С в остатке после прогрева, % от первоначальной величины, не менее | 60                        | 60            | 70        |
| Температура вспышки, °С, не ниже   | 240                       | 240           | 240       |
| Массовая доля воды, не более   | Следы                     | Следы         | Следы     |
| Массовая доля парафина, %, не более  | 5                         | 5             | –         |
| Индекс пенетрации  | –                         | от 1,0 до 2,5 | –         |

### П. 6.3. Дорожные нефтяные вязкие битумы

| Наименование показателя  | Значение для битума марки |                    |                   |              |              |                   |                   |                  |             |
|--|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------|
|  | БНД<br>200/<br>300        | БНД<br>130/<br>200 | БНД<br>90/<br>130 | БНД<br>60/90 | БНД<br>40/60 | БН<br>200/<br>300 | БН<br>130/<br>200 | БН<br>90/<br>130 | БН<br>60/90 |
| Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм                      | 201...300                 | 131...200          | 91...130          | 61...90      | 40...60      | 201...300         | 131...200         | 91...130         | 60...90     |
| То же при 0 °С   | 45                        | 35                 | 28                | 20           | 13           | 24                | 18                | 15               | 10          |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже          | 35                        | 40                 | 43                | 47           | 51           | 33                | 38                | 41               | 45          |
| Температура хрупкости, °С, не выше                             | -20                       | -18                | -17               | -15          | -12          | -14               | -12               | -10              | -6          |
| Растяжимость при 25 °С, см, не менее                           | –                         | 70                 | 65                | 55           | 45           | –                 | 80                | 80               | 70          |
| То же при 0 °С   | 20,0                      | 6,0                | 4,0               | 3,5          | –            | –                 | –                 | –                | –           |
| Температура вспышки, °С, не ниже                               | 220                       | 220                | 230               | 230          | 230          | 220               | 230               | 240              | 240         |
| Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более | 7                         | 6                  | 5                 | 5            | 5            | 8                 | 7                 | 6                | 6           |
| Индекс пенетрации  | От -1,0 до +1,0           |                    |                   |              |              | От -1,5 до +1,0   |                   |                  |             |
| Содержание водорастворимых соединений, % не более              | 0,2                       | 0,2                | 0,3               | 0,3          | 0,3          | –                 | –                 | –                | –           |

### П. 6.4. Изоляционные нефтяные битумы

| Наименование показателя                      | Значение для битума марки |         |          |
|--|---------------------------|---------|----------|
|  | БНИ-IV-3                  | БНИ-IV  | БНИ-V    |
| Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм    | 30...50                   | 25...40 | 20...40  |
| То же при 0 °С                               | 15                        | 12      | 9        |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С | 65...75                   | 75...85 | 90...100 |
| Растяжимость при 25 °С, см, не менее         | 4,0                       | 3,0     | 2,0      |
| Изменение массы после прогрева, %, не более  | 0,5                       | 0,5     | 0,5      |
| Массовая доля парафина, %, не более          | 4                         | –       | –        |
| Водонасыщаемость за 24 ч, %, не более        | 0,1                       | 0,1     | 0,1      |

## П. 6.5. Дорожные нефтяные жидкие битумы

| Наименование показателя   | Значение для битума марки |              |               |             |              |               |              |               |                |
|---|---------------------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
|   | СГ<br>40/70               | СГ<br>70/130 | СГ<br>130/200 | МГ<br>40/70 | МГ<br>70/130 | МГ<br>130/200 | МГО<br>40/70 | МГО<br>70/130 | МГО<br>130/200 |
| Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С, с                                    | 40...70                   | 71...130     | 131...200     | 40...70     | 71...130     | 131...200     | 40...70      | 71...130      | 131...200      |
| Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя, °С, не ниже | 37                        | 39           | 39            | 28          | 29           | 30            | –            | –             | –              |
| Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже                                     | 45                        | 50           | 60            | 100         | 110          | 110           | 120          | 160           | 180            |

## П. 6.6. Хрупкие нефтяные битумы

| Наименование показателя                                    | Значение для битума марки |           |           |
|--|---------------------------|-----------|-----------|
|  | Б                         | В         | Г         |
| Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1мм                   | 2...10                    | 0...8     | 0...5     |
| Температура размягчения по кольцу и шару, °С               | 100...110                 | 110...125 | 125...135 |
| Массовая доля веществ нерастворимых в толуоле, %, не более | 0,15                      | 0,15      | 0,15      |
| Температура вспышки, °С, не ниже                           | 240                       | 240       | 260       |
| Растворимость битума в льняном масле                       | Полная                    | Полная    | Полная    |
| Массовая доля воды, не более                               | Следы                     | Следы     | Следы     |
| Зольность, %, не более                                     | 0,2                       | 0,2       | 0,2       |

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 3  |
| 1. ФИЗИЧЕСКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....                                  | 4  |
| Лабораторная работа № 1. Определение плотности строительных материалов .....                      | 4  |
| Лабораторная работа № 2. Определение зернового состава мелкого и крупного заполнителя .....       | 9  |
| Лабораторная работа № 3. Определение водопоглощения и водостойкости строительных материалов ..... | 16 |
| Лабораторная работа № 4. Определение марки керамического и силикатного кирпича по прочности ..... | 19 |
| 2. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. СТРОИТЕЛЬНЫЙ ГИПС .....  | 24 |
| Лабораторная работа № 5. Изучение свойств гипсового теста .....                                   | 24 |
| Лабораторная работа № 6. Определение марки гипса по прочности .....                               | 28 |
| 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ .....   | 32 |
| Лабораторная работа № 7. Изучение свойств строительных растворов .....                            | 32 |
| Лабораторная работа № 8. Подбор состава бетона .....  | 40 |
| Лабораторная работа № 9. Оценка свойств бетонной смеси и бетона .....                             | 44 |
| Лабораторная работа № 10. Определение водонепроницаемости бетона ускоренным методом .....         | 49 |
| Лабораторная работа № 11. Определение морозостойкости бетона базовым методом .....                | 53 |
| 4. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ...  | 57 |
| Лабораторная работа № 12. Определение прочности бетона эталонным молотком Кашкарова .....         | 57 |
| Лабораторная работа № 13. Определение прочности бетона методом упругого отскока .....             | 61 |
| Лабораторная работа № 14. Определение прочности бетона ультразвуковым методом .....               | 63 |
| 5. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ. БИТУМЫ .....   | 66 |
| Лабораторная работа № 15. Определение температуры размягчения битума ...                          | 66 |
| Лабораторная работа № 16. Определение пенетрации битума .....                                     | 68 |



|  |    |
|--|----|
| Лабораторная работа № 17. Определение индекса пенетрации битума .....                        | 71 |
| Лабораторная работа № 18. Определение растяжимости битума .....                              | 72 |
| Лабораторная работа № 19. Определение условной вязкости битума .....                         | 75 |
| Лабораторная работа № 20. Определение истинной плотности битума .....                        | 77 |
| Лабораторная работа № 21. Определение марки битума .....                                     | 79 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....   | 81 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....   | 82 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Марки керамического и силикатного кирпича<br>по прочности .....                | 85 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Марки гипса по прочности .....   | 87 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Марки по удобоукладываемости бетонной смеси<br>(ГОСТ 7473–2010) .....          | 88 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Классы и марки тяжелого бетона по прочности<br>на сжатие (ГОСТ 26633–91) ..... | 90 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Оценка прочности бетона склерометром .....                                     | 91 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Марки и свойства битумов .....   | 92 |

Учебное электронное издание

КИСЕЛЕВА Олеся Анатольевна  
МАМОНТОВ Семён Александрович

# ИСПЫТАНИЕ И КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Редактирование Е. С. Мордасовой  
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова  
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

ISBN 978-5-8265-2781-8



Подписано к использованию 04.06.2024.  
Тираж 50 шт. Заказ № 71

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14  
Тел./факс (4752) 63-81-08.  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru