

Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»  
Профиль «Промышленное, гражданское и энергетическое  
строительство»  
Методическое обеспечение РПД Б1.В.13 «Строительные мате-  
риалы»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **08.03.01 «Строительство»**

Магистерская программа: **«Промышленное, гражданское и энергетическое строи-  
тельство»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2022**

**Смоленск**

Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»  
Профиль «Промышленное, гражданское и энергетическое  
строительство»  
Методическое обеспечение РПД Б1.В.13 «Строительные мате-  
риалы»



**Методические материалы составил:**

подпись

к.т.н., доцент

А.И. Лазарев

ФИО

« 27 » сентября 2021 г.

**И.о. заведующего кафедрой «Физика»:**

подпись

к.п.н., доцент

А.А. Быков

ФИО

«8» октября 2021 г.

*Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»  
Профиль «Промышленное, гражданское и энергетическое  
строительство»  
Методическое обеспечение РПД Б1.В.13 «Строительные мате-  
риалы»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение практических занятий  
по дисциплине**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

---

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Смоленск**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Строительство – одна из главнейших отраслей экономики.

Для возведения зданий и инженерных сооружений требуется большое количество различных строительных материалов. Их стоимость в среднем составляет 60% (а в ряде случаев и более) от общей стоимости строительства.

Перед промышленностью строительных материалов в России стоят серьезные задачи, заключающиеся не только и не столько в увеличении выпуска материалов и изделий, а прежде всего в повышении их качества и расширении выпуска новых эффективных материалов и изделий, позволяющих снизить материалоемкость строительства и трудоемкость возведения зданий и сооружений.

Промышленность строительных материалов представляет собой сложный комплекс специализированных отраслей производства, изготовляющих большое количество разнообразной продукции. По объему производимой продукции промышленность строительных материалов занимает одно из первых мест в экономике.

Основной материальной базой строительства остаются традиционные материалы: керамика, вяжущие вещества, бетон, лесоматериалы, асбестоцементные изделия, а также широкое использование местных строительных материалов. Промышленность строительных материалов использует в качестве сырья попутные продукты и отходы других отраслей промышленности (металлургические шлаки, золы ТЭС, отходы деревообработки).

Изучением свойств материалов занимается материаловедение. Для того чтобы правильно использовать строительные материалы, необходимо знать их свойства и назначение. Их рациональное применение остается главной задачей строителей.

Общая тенденция в производстве строительных материалов — выпуск материалов и изделий с максимальной степенью готовности для использования. Это касается не только традиционных сборных железобетонных элементов (панелей, плит перекрытий и т. п.), но и отделочных, кровельных и других специальных материалов. Использование таких материалов позволяет свести работы на месте строительства к простейшим монтажным операциям, что вкуче с разнообразным электроинструментом и вспомогательными материалами (крепежными, клеящими и т. п.) ускоряет и облегчает строительство.

Методические указания по данной теме содержат основные сведения о свойствах материалов, применяемых в строительстве: физические, химические, механические, эксплуатационные и т.д. Подробно рассмотрены такие свойства как плотность; пористость; пустотность, влажность, водопоглощение, морозостойкость, водо- и паропроницаемость, водостойкость, теплопроводность, теплоемкость, прочность, твердость, истираемость.

В результате изучения темы студент должен:

**иметь представление** о строении строительных материалов;

**знать** основные структурные характеристики (плотность, пористость) и свойства (физические, механические и др.) строительных материалов;  
**уметь** определять основные свойства строительных материалов.

## 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

### 1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ

**Истинная плотность**  $\rho_u$  (кг/м<sup>3</sup>, г/см<sup>3</sup>)— отношение массы  $m$  к объему материала в абсолютно плотном состоянии  $V_a$ , т. е. без пор и пустот:

$$\rho_u = \frac{m}{V_a}, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

где  $m$ — масса материала в естественном состоянии, кг, г;  
 $V_a$ — объем материала в абсолютно плотном состоянии, м<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>.

**Средняя плотность**  $\rho_{cp}$  (кг/м<sup>3</sup>, г/см<sup>3</sup>) — физическая величина, определяемая отношением массы материала  $m$  ко всему занимаемому им объему, включая имеющиеся в нем поры и пустоты (в естественном состоянии)  $V_e$ :

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V_e} \quad (2)$$

где  $m$ — масса материала в естественном состоянии, кг, г;  
 $V_e$ — объем материала в естественном состоянии, м<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>.

**Насыпная плотность**  $\rho_n$  (кг/м<sup>3</sup>, г/см<sup>3</sup>) - величина, определяемая отношением массы материала  $m$  к занимаемому им объему в рыхлом состоянии  $V_n$ :

$$\rho_n = \frac{m}{V_n} \quad (3)$$

где  $m$ — масса материала в естественном состоянии, кг, г;  
 $V_n$ — объем материала в рыхлом состоянии, м<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>.

Т а б л и ц а 1

Истинная и средняя плотность некоторых строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	истинная $\rho_u$	средняя $\rho_{cp}$
Сталь	7850—7900	7800—7850
Гранит	2700—2800	2600—2700
Известняк (плотный)	2400—2600	1800—2400

Песок	2500—2600	1450—1700
Цемент	3000—3100	900—1300
Керамический кирпич	2600—2700	1600—1900
Бетон тяжелый	2600—2900	1800—2500
Сосна	1500—1550	450—600
Поропласты	1000—1200	20—100
Пенопласт	950-1200	15-100

**Задача 1.** Образец металла имеет размеры 50х50х50 мм, масса его составляет 900 гр. Определить среднюю плотность.

**Решение.** Из формулы (2)  $\rho_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{m}{V_{\ddot{a}}}$

$$\rho_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{900\text{г}}{50 \cdot 50 \cdot 50 \text{мм}^3} = \frac{900\text{г}}{125\text{мм}^3} = 7,2 \text{г/мм}^3$$

## 1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТНОСТИ

Величина насыпная плотность  $V_n$  включает в себя объем всех частиц сыпуче-го материала и объем пространств между частицами, называемых пустотами. Если для зернистого материала известны насыпная плотность  $\rho_n$  и средняя плотность зерен  $\rho_{cp}$ , то можно рассчитать его **пустотность**  $\Pi_{\text{ус}}$  - относительную характеристику, выражаемую в долях единицы или в процентах:

$$\Pi_{\text{ус}} = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho_{cp}} \right) 100\% \quad (4)$$

**Задача 1.** Определить пустотность кварцевого песка, если средняя плотность его 2,6 г/см<sup>3</sup>, а насыпная плотность составила 1,62г/см<sup>3</sup>.

**Решение.** Из формулы (4)  $\Pi_{\text{ус}} = \left( 1 - \frac{\rho_n}{\rho_{cp}} \right) 100\%$

$$\Pi_{\text{ус}} = \left( 1 - \frac{1,62}{2,6} \right) 100\% = 38\%$$

## 1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ

**Пористость**  $\Pi$  материала характеризует объем, занимаемый в нем по-рами. Пористость характеризуется показателем пористости:

$$\Pi = \left( 1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho_u} \right) 100\% \quad \text{или} \quad \Pi = 1 - \frac{\rho_{cp}}{\rho_u} \quad \text{или} \quad \Pi = \frac{\rho_u - \rho_{cp}}{\rho_u} \quad \text{или} \quad \Pi = \frac{V_{\text{пор}}}{V_e} 100\% \quad (5)$$

Следует различать открытую и закрытую пористость. *Открытая* пористость  $P_o$ , %, характеризуется количеством открытых пор, состоящих из сети капилляров, каналов и трещин, сообщающихся между собой и поверхностью материала. Открытую пористость определяют путем водонасыщения образца, после чего вычисляют по формуле:

$$P_o = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_4} 100\% \quad (6)$$

где  $m_2$ - масса образца, насыщенного водой, кг, г.

$m_1$ - масса сухого образца, кг, г.

$m_4$  - масса образца в воде при гидростатическом взвешивании, кг,

г..

*Закрытая* пористость  $P_z$  характеризуется наличием в теле материала замкнутых пор и воздушных включений, не сообщающихся между собой.

**Задача 1.** *Природный камень, представляющий собой куски неправильной формы имеет среднюю плотность в куске  $850 \text{ кг/м}^3$ . Рассчитайте пористость этой породы, если известно, что плотность вещества, из которого она состоит,  $2600 \text{ кг/м}^3$ .*

**Решение.** Из формулы (6):  $\dot{i} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{н\ddot{o}}}}{\rho_{\text{з}}}\right) 100\%$

$$\dot{i} = \left(1 - \frac{850}{2600}\right) 100\% = 68\%$$

## 1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

**Водопоглощение**  $W$  – способность материала впитывать и удерживать воду. Водопоглощение – это разность между массой образца, насыщенного водой  $m_2$ , и массой сухого образца  $m_1$ :

$$W = m_2 - m_1 \quad (7)$$

где  $m_2$ - масса образца, насыщенного водой, кг, г.

$m_1$ - масса сухого образца, кг, г.

**Объемное водопоглощение**  $W_{об}$  - это разность между массой образца, насыщенного водой  $m_2$ , и массой сухого образца  $m_1$  отнесенная к объему образца  $V$ :

$$W_{об} = \frac{m_2 - m_1}{V} 100\% \quad \text{или} \quad W_{об} = W_m \rho_{cp} \quad (8)$$

**Массовое водопоглощение**  $W_m$  - это разность между массой образца, насыщенного водой  $m_2$ , и массой сухого образца  $m_1$ , отнесенная к массе сухого образца  $m_1$ :

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\% \quad (9)$$

**Задача 1.** Образец древесно-стружечной плиты имеет размеры 100x100x20 мм, масса его  $m_1 = 200$  г. После насыщения водой его масса увеличилась до  $m_2 = 250$  г. Вычислить его объемное и массовое водопоглощение.

**Решение.** Из формулы (8):  $W_{\text{вд}} = \frac{m_2 - m_1}{V} 100\%$

$$W_{\text{вд}} = \frac{250 - 200}{100 \cdot 100 \cdot 20} 100\% = \frac{50}{200000} 100\% = 0,025\%$$

Из формулы (9):  $W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\%$

$$W_m = \frac{250 - 200}{200} 100\% = 25\%$$

## 1.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ

**Влажность**  $B$  - отношение массы воды, находящейся в данный момент в материале  $m_3$ , к массе (реже - к объему) материала в сухом состоянии  $m_1$ :

$$B = \frac{m_3}{m_1} 100\% \quad (10)$$

где  $m_3$ - масса воды, находящейся в материале, г.  
 $m_1$ - масса сухого образца, г.

$$\hat{A} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} 100\% \quad (11)$$

где  $m$ - масса пустой бюксы, г.  
 $m_1$ - масса бюксы с влажным образцом, г,  
 $m_2$ - масса бюксы с высушенным образцом, г

**Задача 1.** Образец кирпича, взятого из стены, имел массу 240 г. После высушивания в термошкафу при 105 °С до постоянной массы масса этого образца стала 210 г. Какова влажность кирпича в стене?

**Решение.** Из формулы (10):  $B = \frac{m_3}{m_1} 100\%$

$$\hat{A} = \frac{240 - 210}{210} 100\% = 14,3\%$$



## 1.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ

**Водостойкость** - свойство материала сохранять прочность при насыщении его водой. Критерием водостойкости строительных материалов служит коэффициент размягчения  $K_p$  - отношение прочности при сжатии материала, насыщенного водой,  $R_{нас}$  к прочности при сжатии сухого материала  $R_{сух}$ :

$$K_p = \frac{R_{нас}}{R_{сух}} \quad (12)$$

где  $R_{нас}$  - прочности при сжатии материала, насыщенного водой,  
 $R_{сух}$  - прочности при сжатии сухого материала.

Если  $K_p > 0,75$ , то материал называют водостойким.

**Задача 1.** Прочность на сжатие сухого кирпича  $R_{сух} = 200 \text{ кг/см}^2$ , а после насыщения водой  $R_{нас} = 120 \text{ кг/см}^2$ . Определить, является ли данный кирпич водостойким?

**Решение.** Из формулы (12):  $K_p = \frac{R_{нас}}{R_{сух}}$

$$K_p = \frac{120}{200} = 0,6, \quad \text{т.к.} \quad K_p < 0,75, \quad \text{то кирпич} - \text{не водостоек}$$

## 1.7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ

**Водопроницаемость** – способность материала пропускать через свою толщину воду. Степень водопроницаемости характеризуется коэффициентом фильтрации  $K_\phi$ , г/(см\*ч\*МПа). Коэффициент фильтрации вычисляется по формуле:

$$K_\phi = \eta \frac{Q\delta}{A\tau_p} \quad (13)$$

где  $\eta$  — коэффициент, учитывающий вязкость воды при различной температуре;

$Q$  — количество фильтрата, см<sup>3</sup>;

$\delta$  — толщина образца, см;

$A$  — площадь образца, см<sup>2</sup>;

$\tau$  — время испытания образца, в течение которого измеряется объем фильтрата;

$p$  — избыточное давление воды в установке, МПа.

## 1.8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ

**Прочность** - способность материала сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы (пластической деформации) при действии

внешних нагрузок. Мерой прочности материала является предел прочности  $R_{сж(раст)}$ , Па, кг/см<sup>2</sup> - наибольшее напряжение, соответствующее нарастающей нагрузке  $P$ , при которой образец материала разрушается.

Предел прочности при сжатии или растяжении рассчитывают по формуле:

$$R_{сж(раст)} = \frac{P}{F} \quad (14)$$

где  $P_{разр}$  - разрушающая нагрузка, кг;  
 $F$  - площадь первоначального сечения образца в плоскости, перпендикулярной действию нагрузки, см<sup>2</sup>.

Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$ , образца прямоугольного сечения и при одной сосредоточенной нагрузке в середине пролета определяют по выражению:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (15)$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка, Н;  
 $l$  - расстояние между опорами, м;  
 $b$  - ширина поперечного сечения образца, м.  
 $h$  - высота поперечного сечения образца, м.

Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$  образца прямоугольного сечения и при двух равных нагрузках, расположенных симметрично оси балки определяют по выражению:

$$R_{изг} = \frac{P(l-a)}{bh^2} \quad (16)$$

где  $a$  - расстояние между грузами, м.

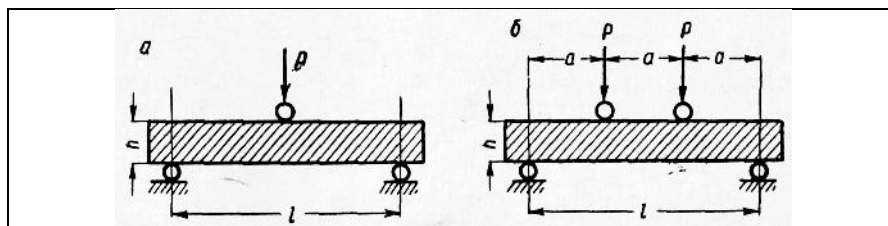


Рис. 1. Схемы испытания строительных материалов на изгиб сосредоточенными грузами: а - одним; б - двумя.

Различные конструкции и сооружения рассчитывают не по пределу прочности, а по допускаемому напряжению:

$$R_{д\ddot{u}в} = \frac{R}{z} \quad (17)$$

где  $z$  - коэффициент запаса прочности, величина которого более единицы;

При многократной переменной нагрузке наступает так называемая усталость материалов, и они могут разрушаться при напряжении, равном половине предела прочности.

**Задача 1.** Определить предел прочности при сжатии образцов из оргстекла размером 15x15x15 см, если разрушающая нагрузка составила 5000 кг.

**Решение.** Из формулы (14):  $R_{сж(рст)} = \frac{P}{F}$

$$R_{\text{пре (дано)}} = \frac{5000}{15 \cdot 15} = 22,2 \text{ МПа}$$

## 1.9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОНСТРУКТИВНОГО КАЧЕСТВА

Два важных свойства строительных материалов — объемный вес и прочность — требуют введения еще одного **коэффициента** — **конструктивного качества** (*К. К. К.*). Он характеризуется отношением прочности  $R$  материала к его объемному весу  $\gamma_0$ :

$$К.К.К. = \frac{R}{\gamma_0} \quad (18)$$

**Задача 1.** Определить коэффициент конструктивного качества глиняного кирпича, если прочность при сжатии составила 150 кг/см<sup>2</sup>, а объемный вес 1,7 г/см<sup>3</sup>.

**Решение.** Из формулы (18):  $К.К.К. = \frac{R}{\gamma_0}$

$$К.К.К. = \frac{150 \text{ кг/см}^2}{1,7 \text{ г/см}^3} = \frac{150000 \text{ г/см}^2}{1,7 \text{ г/см}^3} = 88235,3$$

## 1.10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ

**Твердость** — это способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого материала.

Твердость однородных каменных материалов определяют по специальной шкале, составленной для 10 минералов (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Шкала твердости Мооса

Показатель твердости	Минералы	Характеристика твердости
1	Тальк, мел	Легко чертится ногтем
2	Гипс	Чертится ногтем
3	Кальцит	Легко чертится стальным ножом
4	Плавиновый шпат	Чертится стальным ножом под небольшо- шим нажимом
5	Апатит	Чертится стальным ножом под сильным нажимом, стекло не чертит
6	Ортоклаз (полевой шпат)	Слегка царапает стекло
7	Кварц	Легко царапает стекло
8	Топаз	Стальной нож черты не оставляет. При- меняются в качестве абразивных (исти- рающих) материалов
9	Корунд	
10	Алмаз	

**Задача 1.** Определить твердость образца материала по шкале Мооса, если он чертится гипсом, а сам оставляет черту на тальке.

**Решение.** Из таблицы 2 видно, что твердость образца равна 2.

### 1.11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ

**Морозостойкостью** называют свойство насыщенного водой материала выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и значительного снижения прочности.

По числу выдерживаемых циклов попеременного замораживания и оттаивания (степени морозостойкости) материалы подразделяют на марки  $M_{рз}$  10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200 и более.

Если образцы после замораживания не имеют следов разрушения, то степень морозостойкости устанавливают определением коэффициента морозостойкости по формуле:

$$K_{M_{рз}} = \frac{R_{M_{рз}}}{R_{нас}} \quad (19)$$

где  $R_{M_{рз}}$  — предел прочности при сжатии материала после испытания на морозостойкость в  $кгс/см^2$ ;

$R_{нас}$  — предел прочности при сжатии насыщенного водой материала в  $кгс/см^2$ .

Для морозостойких материалов величина  $K_{Мрз}$  должна быть не менее 0,75. Плотные материалы, не имеющие пор, или материалы с незначительной открытой пористостью, водопоглощение которых не превышает 0,5%, обладают высокой морозостойкостью. Материал признают морозостойким, если после заданного числа циклов замораживания и оттаивания потеря и весе образцов в результате выкрашивания и расслаивания не превышает 5% и прочность снижается не более чем на 25%.

**Задача 1.** При испытании образцов-кубов бетона на морозостойкость прочность их после испытания составила  $R_{сжс} = 15$  МПа, до испытания прочность на сжатие образцов в водонасыщенном состоянии 18 МПа. Установить, морозостоек ли бетон?

**Решение.** Из формулы (19):  $K_{Мрз} = \frac{R_{Мрз}}{R_{нас}}$

$K_{Мрз} = \frac{15}{18} = 0,83$ , т.к  $K_{Мрз} > 0,75$ , то бетон – морозостоек.

## 1.12 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

**Теплопроводностью** называют свойство материала передавать через толщу тепло при наличии разности температур на поверхностях, ограничивающих материал. Показателем теплопроводности материала служит коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , ккал/м ч град.

Если представить себе однородную плоскую стену из данного материала толщиной  $\delta$ , м и площадью  $F$ , м<sup>2</sup>, температура внутренней поверхности которой  $t_1$ , а наружной поверхности  $t_2$ , причем  $t_1 > t_2$ , то через стену будет проходить постоянный поток тепла.

Количество тепла  $Q$ , ккал, проходящего через стену за  $z$  ч, прямо пропорционально разности температур на поверхностях стены, площади стены, времени и обратно пропорционально толщине стены:

$$Q = \lambda \frac{F(t_1 - t_2)z}{\delta} \quad (20)$$

Отсюда определяем коэффициент теплопроводности:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{F(t_1 - t_2)z} \quad \text{или} \quad \lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22\rho_{омн}} - 0,16 \quad (21)$$

Теплопроводность материалов учитывается при теплотехнических расчетах толщины стен и перекрытий отапливаемых зданий, а также при определении требуемой толщины тепловой изоляции горячих поверхностей и холодильников. Она связана с *термическим сопротивлением* слоя материала  $R$  (м<sup>2</sup>С/Вт), которое определяется по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (22)$$

где  $\delta$  — толщина слоя, м;  
 $\lambda$  — теплопроводность слоя материала, Вт/(м\*°С).

Т а б л и ц а 3

Теплопроводность некоторых строительных материалов

Наименование материала	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м°С)
Сталь	58
Гранит	2,9...3,3
Бетон тяжелый	1,28...1,55
Кирпич керамический сплошной	0,81...0,87
Вода (для сравнения)	0,59
Известняк	0,52...0,98
Бетон легкий	0,35...0,8
Пенобетон	0,12...0,15
Фибролит	0,09...0,17
Минеральная вата	0,06...0,09
Древесноволокнистые плиты	0,08
Мипора	0,04...0,05

**Задача 1.** Наружная поверхность кирпичной стены толщиной  $a = 51$  см имеет температуру  $t = -33^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t = +18^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1\text{ м}^2$  поверхности стены за 1ч? Коэффициент теплопроводности кирпича  $\lambda = 0,8$  Вт/м °С.

**Решение.** Из формулы (20):  $Q = \lambda \frac{F(t_1 - t_2)z}{\delta}$

$$Q = 0,8 \frac{1(18 - (-33))1}{0,51} = 80 \text{ ккал}$$

### 1.13 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ

**Теплоемкость** - свойство материала поглощать при нагревании определенное количество тепла.

Для нагревания материала весом  $m$  кг от температуры  $t_2$  до  $t_1$  необходимо затратить количество тепла  $Q$ , ккал, прямо пропорциональное весу и разности температур:

$$Q = cm(t_1 - t_2) \quad (23)$$

где  $c$  — коэффициент теплоемкости (или удельная теплоемкость), ккал/кг град.

Коэффициент теплоемкости  $c$  представляет собой количество тепла в килокалориях, необходимое для нагревания 1 кг данного материала на  $1^\circ\text{C}$ .

$$c = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)} \quad (24)$$

**Задача 1.** Определить затраты тепла на нагрев 1000 шт глиняного кирпича-сырца при его сушке при  $t = 75^\circ\text{C}$ . Сырец поступает в камеру с температурой  $10^\circ\text{C}$ . Масса 1 шт кирпича составляет 3,4 кг. Коэффициент теплоемкости кирпича  $c = 0,9 \text{ КДж/м}^\circ\text{C}$ .

**Решение.** Из формулы (23):  $Q = cm(t_1 - t_2)$

$$Q = 0,9 \cdot (3,4 \cdot 1000)(75 - 10) = 198900 \text{ КДж}$$

#### 1.14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗО-, ПАРО-, ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

**Газо-, паро-, воздухопроницаемость** — способность материала пропускать через свою толщу газ, пар или воздух при наличии разности давлений. Проницаемость характеризуют коэффициентом проницаемости (кг/(м<sup>2</sup>·с/Па)). Коэффициент газо-, паро- и воздухопроницаемости  $\varepsilon$  — это количество  $V_a$  газа, водяного пара или воздуха, проникающего в течение 1 ч  $t$  через образец площадью  $A$  в  $1 \text{ м}^2$ , при толщине  $\delta$  его 1 м, при разности давлений  $\Delta p$  с одной и другой стороны образца в 133,3 Па,

$$\varepsilon = \frac{\delta V_a \rho_a}{At \Delta p} \quad (25)$$

где  $\rho_a$  — плотность газа, пара, воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

#### 1.15 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ

**Истираемость  $I$** , г/см<sup>2</sup> — способность материала уменьшаться в весе и объеме под действием истирающих усилий.

$$I = \frac{m_5 - m_6}{F} \quad (26)$$

где  $m_5$  — вес образца до истирания, г  
 $m_6$  — вес образца после истирания, г  
 $F$  — площадь истирания, см<sup>2</sup>

**Задача 1.** Определить истираемость каменной плиты, если масса ее до испытания 220г, после испытания 212,5г. Размеры образца: длина 100 мм, ширина 50 мм, толщина 20 мм.



**Решение.** Из формулы (26):  $I = \frac{m_5 - m_6}{F}$

$$I = \frac{220 - 212}{100 \cdot 50} = 0,0016 \text{ г/см}^2$$

## 2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Вариант 1

1. Определить истинную плотность природного камня, если его средняя плотность  $2,6 \text{ г/см}^3$ , а пористость составляет 3%.

2. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см весит в сухом состоянии 245г. После насыщения водой его масса увеличилась до 249г. Определить его массовое и объемное водопоглощение.

3. Определить коэффициент размягчения плотного известняка, если прочность его образца-куба в сухом состоянии 100 МПа. Сделать вывод о водостойкости данного материала.

4. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной  $a = 51 \text{ см}$  имеет температуру  $t = -33^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t = +18^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1 \text{ м}^2$  поверхности стены за 1ч? Коэффициент теплопроводности кирпича  $\lambda = 0,8 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ .

5. Определить истираемость каменной плиты, если масса ее до испытания 220г, после испытания 212,5г. Размеры образца: длина 100 мм, ширина 50 мм, толщина 20 мм.

### Вариант 2

1. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5см и высотой 5см весит в сухом состоянии 245г. Определить его среднюю плотность.

2. Определить массовое и объемное водопоглощение кирпича, если его масса в сухом состоянии 3850г, в насыщенном водой состоянии 4200г, размеры кирпича 250x120x65 мм.

3. Прочность на сжатие сухого кирпича  $R_{\text{сух}} = 200 \text{ кг/см}^2$ , а после насыщения водой  $R_{\text{нас}} = 120 \text{ кг/см}^2$ . Определить, является ли данный кирпич водостойким?

4. Требуется заменить теплоизоляцию из двух слоев совелитовой плиты общей толщиной  $a = 100 \text{ мм}$  на теплоизоляцию из стекловатных плит марки 75 (средняя плотность  $\rho_0 = 75 \text{ кг/м}^3$ ). Температура изолируемой поверхности  $275^\circ\text{C}$ , а поверхность теплоизоляции  $25^\circ\text{C}$ . Определить толщину теплоизоляционного слоя из стекловаты. Коэффициент теплопроводности стекловаты  $\lambda = 0,06 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ , совелита  $\lambda = 0,09 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ .

5. Какой диаметр должен иметь стальной стержень, если требуется удерживать груз  $P = 1000 \text{ кг}$  Допускаемое напряжение на растяжение принять  $\sigma =$



240 МПа.

### Вариант 3

1. Определить среднюю плотность образца, если он имеет массовое водопоглощение 17% , объемное водопоглощение 24%.

2. Изготовлена серия бетонных кубиков и испытана на морозостойкость. При требуемой марке морозостойкости  $M_{рз} 50$  средняя прочность кубиков после 50 циклов попеременного замораживания оттаивания оказалось равной  $R_{M_{рз}} = 24$  МПа. Средняя прочность образцов, не подвергавшихся замораживанию, но водонасыщенных, была равна  $R_{нас} = 30$  МПа. Установить, морозостоек ли исследованный бетон.

3. Наружная поверхность стены из тяжелого бетона толщиной  $a = 50$  см имеет  $t = -30^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t = +18^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1 \text{ м}^2$  поверхности стены за 1ч? Коэффициент теплопроводности тяжелого бетона  $\lambda = 1,3 \text{ Вт/ м }^\circ\text{C}$ .

4. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5см и высотой 5см имеет массу 210 г, после насыщения водой его масса увеличилась до 230 г. Определить среднюю плотность камня, его объемное и массовое водопоглощение.

5. При пропаривании железобетонного изделия в камере металлическая форма нагрелась от  $t_1 = 15^\circ\text{C}$   $t = +18^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ . Масса формы 900 кг, Определить удельную теплоемкость металла формы, если затраты тепла составили 32400 КДж.

### Вариант 4

1. Масса сухого известняка 300 г, а после насыщения водой 308г. Средняя плотность известняка  $2400 \text{ кг/м}^3$ . Вычислить массовое и объемное водопоглощение известняка.

2. Прочность на сжатие сухого кирпича  $R_{сyx} = 150 \text{ кг/см}^2$ , а после насыщения водой  $R_{нас} = 120 \text{ кг/см}^2$ . Определить, является ли данный кирпич водостойким?

3. Вычислить теплотраты на нагрев воды, идущей для изготовления 1 м бетона. Начальная температура воды  $t = 5^\circ\text{C}$ , конечная температура нагрева  $t = 95^\circ\text{C}$ . Расход воды составляет на  $1 \text{ м}^3$  бетона 180 л. Удельная теплоемкость воды составляет  $c = 4,18 \text{ КДж/ кг }^\circ\text{C}$ .

4. Определить массу и пустотность цемента, хранящегося в силосных банках диаметром 5м, высотой 10м. Истинная плотность  $3,1 \text{ г/см}^3$ , насыпная плотность в уплотненном состоянии  $1,4 \text{ г/см}^3$ .

5. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной 64 см имеет температуру  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t_2 = +18^\circ\text{C}$ . Определить коэффициент теплопроводности кирпича, если через каждый  $1 \text{ м}^2$  поверхности стены за 1 час проходит 60 КДж тепла.

### Вариант 5

1. Определить пустотность кварцевого песка, если истинная плотность его  $2,6 \text{ г/см}^3$ , а насыпная плотность составила  $1620 \text{ кг/м}^3$ .

2. Образцы, выпиленные из древесноволокнистой плиты, перед испытанием на изгиб выдерживались в воде. Прочность до выдерживания в воде составляла  $2380 \text{ кг/см}^3$ , а после увлажнения  $750 \text{ кг/см}^3$ . Определить коэффициент водостойкости.

3. Образец гранита имеет среднюю плотность  $2700 \text{ кг/м}^3$ . Его водопоглощение по массе составило  $3,71 \%$ . Определить объемное водопоглощение.

4. Определить затраты тепла на нагрев 1000 шт глиняного кирпича-сырца при его сушке при  $t = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сырец поступает в камеру с температурой  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Масса 1 шт кирпича составляет  $3,4 \text{ кг}$ . Коэффициент теплоемкости кирпича  $c = 0,9 \text{ КДж/м}^\circ\text{C}$ .

5. Определить допустимую нагрузку на рядовую плоскую кровельную асбестоцементную плитку размером  $400 \times 400 \text{ мм}$ , толщиной  $4 \text{ мм}$ , если предел прочности при изгибе должен быть не менее  $240 \text{ кг/см}$ , пролёт между опорами плитки  $l = 30 \text{ см}$ .

### Вариант 6

1. Определить массовое водопоглощение образца камня, если его масса в сухом состоянии  $125 \text{ г}$ , а в насыщенном водой состоянии  $127 \text{ г}$ .

2. Определить коэффициент размягчения плотного известняка, если прочность образца в сухом состоянии  $150 \text{ МПа}$ , а в насыщенном водой состоянии  $120 \text{ МПа}$ . Сделать вывод о водостойкости данного материала.

3. Сухие образцы камня-известняка массой  $50 \text{ кг}$  нагрели от  $t = 15^\circ\text{C}$  до температуры  $t = 40^\circ\text{C}$ , затратив тепло в количестве  $Q = 1120 \text{ КДж}$ . Определить удельную теплоемкость данного материала.

4. Определить предел прочности при изгибе глиняной плоской ленточной черепицы, размер которой  $365 \times 155 \text{ мм}$  и толщина  $12 \text{ мм}$ . Разрушающий груз при испытании на изгиб равен  $70 \text{ кг}$ . Расстояние между опорами равно  $30 \text{ см}$ .

5. Определить среднюю плотность материала, если массовое водопоглощение его  $21\%$ , а объемное  $38\%$ .

### Вариант 7

1. Определить пустотность щебня, если его истинная плотность составляет  $2,7 \text{ г/см}^3$ , а насыпная плотность  $1600 \text{ кг/м}^3$ .

2. Образец камня в сухом состоянии весил  $250 \text{ г}$ . Объем образца  $125 \text{ см}^3$ . После насыщения водой масса образца увеличилась до  $288 \text{ г}$ . Определить среднюю плотность, массовое и объемное водопоглощение.

3. Определить влажность образца, если в абсолютно-сухом состоянии его масса составила  $300 \text{ г}$ , в воздушно-сухом состоянии  $310 \text{ г}$ .

4. При определении коэффициента теплопроводности строительного материала в приборе установились следующие постоянные температуры на поверхностях образца:  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Вычислить коэффициент теплопроводности, если площадь образца  $F = 0,25 \text{ м}^2$ , толщина образца  $a = 5 \text{ см}$ . Испытание продолжалось 1 час, в течение этого времени на нагревание образца было затрачено 500 КДж.

5. Определить предел прочности при сжатии образцов из оргстекла размером  $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$ , если разрушающая нагрузка составила 5000 кг.

### Вариант 8

1. Написать размерность величин, выражающих основные физико-механические свойства строительных материалов: истинная и средняя плотность, пористость, водопоглощение по массе и объему, сила, механическое напряжение и прочность, коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, коэффициент конструктивного качества, истираемость.

2. Цилиндрический образец горной породы диаметром 3 см и высотой 6 см весит в сухом состоянии 300 г. После насыщения водой его масса увеличилась до 305 г. Определить массовое и объемное водопоглощение.

3. Образцы, выпиленные из древесноволокнистой плиты, перед испытанием на изгиб выдерживались в воде. Прочность до выдерживания составила 200 МПа, после увлажнения 68 МПа. Определить водостойкость плиты.

4. Определить твердость образца материала по шкале Мооса, если он чертится гипсом, а сам оставляет черту на тальке.

5. При испытании образца из пластмассы размером: толщина 10 мм, ширина 15 мм, получена разрушающая нагрузка 125 кг. Определить предел прочности при изгибе образца при расстоянии между опорами 10 см.

### Вариант 9

1. Образец известняка имеет среднюю плотность  $2100 \text{ кг/м}^3$ , его водопоглощение по массе составило 43%. Определить объемное водопоглощение.

2. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной  $a = 51 \text{ см}$  имеет температуру  $t_1 = -30^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t_2 = +20^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1 \text{ м}^2$  поверхности стены за 1 час. Решить эту же задачу для стен той же толщины из шлакобетона. Коэффициенты теплопроводности принять для кирпича  $\lambda = 0,8 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ , шлакобетона  $\lambda = 0,7 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ .

3. Определить предел прочности при сжатии образцов из стеклопластика размером  $10 \times 10 \times 15 \text{ см}$ , если разрушающая нагрузка составила 1500 кг.

4. Определить удельную теплоемкость воды, если на нагрев 200 л воды от начальной температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до конечной температуры  $t_2 = 80^\circ\text{C}$  затраты тепла составили 50400 КДж.

5. Образец камня в сухом состоянии весил 200 г. При погружении в насыщенном водой состоянии в градуированный цилиндр с водой он поднял

уровень воды на  $110\text{см}^3$ . После высушивания образец был измельчен для определения абсолютного объема, который оказался равным  $82\text{см}^3$ . Определить истинную и среднюю плотность образца и его пористость.

### Вариант 10

1. Определить пористость керамического кирпича, если его средняя плотность равна  $1700\text{кг/м}^3$ , а истинная  $2,6\text{г/см}^3$ .

2. Масса сухого известняка равна  $260\text{г}$ , а после насыщения его водой  $265\text{г}$ , средняя плотность известняка  $2400\text{кг/м}^3$ . Вычислить массовое и объемное водопоглощение.

3. Вычислить влажность образца древесины, если в воздушно-сухом состоянии его масса составила  $150\text{г}$ , а после высушивания до постоянной массы  $130\text{г}$ .

4. Определить предел прочности кирпича при изгибе, если площадь поршня равна  $40\text{см}^2$ , показание манометра перед разрушением кирпича  $10\text{кгс/см}^2$ , ширина кирпича  $122\text{мм}$ , толщина  $66\text{мм}$ , расстояние между опорами  $20\text{см}$ .

5. Навеска сырого песка в количестве  $1\text{кг}$  была высушена в сушильном шкафу до постоянной массы, после взвешивания масса навески песка составила  $0,94\text{кг}$ . Определить влажность песка

### Вариант 11

1. Навеска сырого песка в количестве  $1\text{кг}$  была высушена в сушильном шкафу до постоянной массы, после взвешивания масса навески песка составила  $0,95\text{кг}$ . Определить влажность песка.

2. Масса образца облицовочной плитки из керамики составила в сухом состоянии  $52\text{г}$ , после насыщения водой она увеличилась до  $58\text{г}$ . Определить массовое водопоглощение.

3. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной  $a = 51\text{см}$  имеет температуру  $t = -30^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t = +18^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1\text{м}^2$  поверхности стены за  $1\text{час}$ ? Определить толщину стены из газобетона при тех же параметрах и расходе тепла. Коэффициенты теплопроводности: для кирпича  $\lambda = 0,8\text{Вт/м}^\circ\text{C}$ , для газобетона  $\lambda = 0,23\text{Вт/м}^\circ\text{C}$ .

4. При испытании на сжатие образца-кубика камня со стороной  $a = 10\text{см}$  максимальное давление по манометру гидравлического пресса оказалось равным  $P = 100\text{кгс/см}^2$ . Определить разрушающее усилие при раздавливании образца и предел прочности на сжатие материала образца.

5. Определять объемное водопоглощение образца, если он весил в сухом состоянии  $500\text{г}$ , а после насыщения водой  $530\text{г}$ . Объем образца  $400\text{см}^3$ .

### Вариант 12

1. Вычислить насыпную плотность песка по результатам следующего опыта. Песок в сухом состоянии был помещен в мерный сосуд объемом 1 л, после взвешивания сосуда с песком его масса составила 2650 г, масса пустого сосуда 1090 г.

2. Образец камня в сухом состоянии весит 67 г, а после насыщения водой 69 г. Вычислить среднюю плотность и пористость камня, если его истинная плотность равна  $2,6 \text{ г/см}^3$ , а объемное водопоглощение 4%.

3. Требуется нагреть  $1 \text{ м}^3$  щебня со средней плотностью  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$  от начальной температуры  $t = -15^\circ\text{C}$  до конечной температуры  $t = +15^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость щебня равна  $0,9 \text{ Вт/м}^3\text{C}$ . Определить требуемые теплотраты.

4. При механическом испытании кубиков тяжелого бетона размером  $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$  средняя разрушающая нагрузка оказалась равной  $R = 90000 \text{ кгс}$ . Определить предел прочности бетона при сжатии.

5. Определить насыпную плотность песка, его пустотность, если масса песка и мерного сосуда объемом 1 л составляет 2520 г. Масса пустого сосуда 980 г. Истинная плотность песка  $2,6 \text{ г/см}^3$ .

### Вариант 13

1. Определить истинную плотность природного камня, если его средняя плотность  $2800 \text{ кг/м}^3$ , а пористость составляет 2%.

2. Образец кирпича подвергали испытанию на водопоглощение. Масса кирпича в сухом состоянии составила 250 г, после насыщения водой 275 г. Определить массовое водопоглощение.

3. Определить коэффициент размягчения плотного известняка, если прочность его образца-куба в сухом состоянии 130 МПа, а в насыщенном водой состоянии 115 МПа. Сделать вывод о водостойкости данного материала.

4. Определить твердость камня по шкале Мооса, если он чертится топазом, а сам оставляет черту на кварце.

5. Определить массовое и объемное водопоглощение кирпича, если масса его в сухом состоянии составляет 3900 г, а при полном насыщении 4200 г. Размеры кирпича:  $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$ .

### Вариант 14

1. Определить массу кирпича размером  $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$ , если его средняя плотность равна  $1700 \text{ кг/м}^3$ .

2. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см весит в сухом состоянии 250 г. После насыщения водой его масса увеличилась до 254 г. Определить его среднюю плотность, массовое и объемное водопоглощение.

3. При испытании образцов-кубов бетона на морозостойкость прочность их после испытания составила  $R_{\text{сж}} = 15 \text{ МПа}$ , до испытания прочность на



сжатие образцов в водонасыщенном состоянии 18 МПа. Установить, морозостоек ли бетон?

4. Определить истираемость каменной плиты, если масса ее до испытания составила 450г, после испытания 440г. Размеры образца: длина 100мм, ширина 100мм, толщина 20мм.

5. Определить первоначальную массу керамической плитки размером 10x10x1см, испытанной на истираемость. Потери по массе составили 0,2 г/см<sup>2</sup>, масса плитки после испытания 190 г.

### Вариант 15

1. Для определения истинной плотности материала, его в измельченном состоянии поместили градуированный сосуд с водой. Уровень воды поднялся на 10 мл (10 см<sup>3</sup>). Масса навески помещенного порошка составила 26 г. Определить истинную плотность материала.

2. Определить влажность образца материала, если его масса в воздушно-сухом состоянии составила 120г, а в абсолютно-сухом 115г.

3. При определении коэффициента теплопроводности строительного материала в приборе установились следующие, постоянные температуры на поверхностях образца:  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Вычислить коэффициент теплопроводности, если площадь образца  $F = 0,25 \text{ м}^2$ , толщина образца  $a = 5 \text{ см}$ . Испытания продолжались 1 час, в течение этого времени на нагревание образца было затрачено 360 КДж тепла.

4. При растяжении стального стержня длиной 100 мм и площадью поперечного сечения  $F = 200 \text{ мм}^2$  максимальная нагрузка была 600 кг. Определить величину напряжения.

5. Определить пористость, массовое и объемное водопоглощение известняка, если масса сухого образца 300 г, насыщенного 350 г. Истинная плотность 2,8г/см<sup>3</sup>. Объем образца 210 см<sup>3</sup>.

### Вариант 16

1. Определить пористость материала, если его средняя плотность 1,4г/см<sup>3</sup>, а истинная плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>.

2. Масса сухого образца ракушечника равна 120 г, после насыщения его водой масса увеличивается до 180 г. Вычислите пористость, массовое и объемное водопоглощение ракушечника, если истинная плотность его равна 2,4 г/см<sup>3</sup>, объем образца составляет 130 см<sup>3</sup>.

3. Определить разрушающую силу при испытании образца в сухом состоянии, если коэффициент размягчения  $K_{\text{разм}}=0,6$ . Размеры образца 10x10x10 см, разрушающая сила при испытании образца в насыщенном водой состоянии равна 20т.

4. Является ли материал морозостойким, если  $K_{\text{Мрз}}=0,78$ ?

5. Для нагрева 1м<sup>3</sup> щебня со средней плотностью 1450 кг/м<sup>3</sup> от началь-

ной  $t = -10^{\circ}\text{C}$  до конечной  $t = +20^{\circ}\text{C}$  затраты тепла составили 35000 КДж. Определить удельную теплоемкость щебня.

### Вариант 17

1. Определить пористость образца со средней плотностью  $1,7 \text{ г/см}^3$  и истинной плотностью  $2,8 \text{ г/см}^3$ .

2. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см имеет массу 216 г, после насыщения его водой масса увеличилась до 240 г. Определить среднюю плотность камня, его объемное и массовое водопоглощение.

3. Определить влажность сырца, если масса его до сушки была 4400 г, а после сушки 3850 г.

4. Вычислить теплотраты на нагрев воды, идущей для изготовления  $1 \text{ м}^3$  бетона. Начальная температура воды  $t_n = 10^{\circ}\text{C}$ , конечная температура нагрева  $t_k = 80^{\circ}\text{C}$ . Расход воды составляет на 1 м бетона 200 л. Удельная теплоемкость воды составляет  $c = 4,18 \text{ КДж/кг } ^{\circ}\text{C}$ .

5. Найти площадь сечения каждой из четырех бетонных опор эстакады для хранения стали, если  $R_{сж} = 20 \text{ МПа}$ , максимальная загрузка эстакады 20 пачек по 5 т в каждой.

### Вариант 18

1. Определить предел прочности при сжатии образца в сухом состоянии, если коэффициент размягчения равен 0,8. Размеры образца  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ . Разрушающая сила при испытании образца в насыщенном водой состоянии равна 20 т.

2. Образец естественного камня в сухом состоянии весит 120 г, а в насыщенном водой состоянии 145 г. Определить массовое водопоглощение.

3. Определить затраты тепла на нагрев 2000 шт глиняного кирпича-сырца при его сушке при  $t = 80^{\circ}\text{C}$ . Сырец поступает в камеру с температурой  $t = 10^{\circ}\text{C}$ . Масса 1 шт кирпича составляет 3,4 кг. Коэффициент теплоемкости кирпича  $c = 0,9 \text{ КДж/кг } ^{\circ}\text{C}$ .

4. Определить массу кирпича, помещенного в вагон. Количество кирпича, размером  $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$  составляет 20 тыс. шт. Истинная плотность кирпича  $3,3 \text{ г/см}^3$ , средняя плотность  $1,7 \text{ г/см}^3$ .

5. При механическом испытании кубиков тяжелого бетона размером  $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$  средняя разрушающая нагрузка оказалась равной  $P = 90000 \text{ кгс}$ , Установить марку бетона.

### Вариант 19

1. Образец естественного камня в сухом состоянии весил 145 г, а в насыщенном водой состояния 160 г. Определить массовое и объемное водопоглощение, если образец имеет форму куба со стороной 4 см.

2. Определить влажность щебня, если масса влажной навески 1 кг, а масса высушенного до постоянной массы щебня 978 г.

3. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной  $a = 51$  см имеет температуру  $t = 35^\circ\text{C}$ , внутренняя  $t = +20^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла проходит через каждый  $1\text{ м}^2$  поверхности стены за 1 час? Коэффициент теплопроводности кирпича  $\lambda = 0,8$  Вт/м  $^\circ\text{C}$ .

4. Определить коэффициент теплоемкости кирпича, если затраты на нагрев 1000 шт. кирпича от  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 70^\circ\text{C}$  составили 183600 КДж. Массу одного кирпича принять 3,4 кг.

5. Определить массу сухого щебня, если масса навески влажного щебня составляет 1000 кг, а влажность 3%.

### Вариант 20

1. Определить насыпную плотность щебня в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , если масса мерного сосуда емкостью 5 л составляет 560 г, а масса сосуда со щебнем 8160 г.

2. В сухом состоянии образец весил 240 г, при полном насыщении водой 300 г. Средняя плотность камня  $1,8\text{ т}/\text{м}^3$ . Определить массовое и объемное водопоглощение.

3. Определить коэффициент размягчения образца бетонного кубика  $10 \times 10 \times 10$  см, если разрушающая сила равна 30 т при испытании в сухом состоянии и 20 т при испытании в насыщенном водой состоянии.

4. Сухие образцы камня массой 20 кг нагрели от  $t = 10^\circ\text{C}$  до температуры  $t = 50^\circ\text{C}$ , затратив количество тепла 720 КДж. Определить удельную теплоемкость данного материала.

5. Определить истираемость каменной плиты, если масса ее до испытания 200 г, после испытания 192 г. Размеры образца: длина 100 мм, ширина 50 мм, толщина 10 мм.

### Вариант 21

1. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см имеет массу 210 г. Определить его среднюю плотность.

2. Образец естественного камня в сухом состоянии весил 100 г, а в насыщенном 125 г. Определить объемное водопоглощение, если его средняя плотность равна  $1,65\text{ г}/\text{см}^3$ .

3. Определить влажность песка, если его масса в сухом состоянии 1040 г, во влажном состоянии 1120 г.

4. Определить коэффициент теплопроводности строительного материала, если на поверхностях образца:  $t_1 = 120^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ , площадь образца  $F = 0,5\text{ м}^2$ , толщина образца  $a = 10$  см. Испытание продолжалось 1 час, в течение этого времени на нагревание образца было затрачено 360 КДж.

5. Определить предел прочности при изгибе глиняной плоской ленточной черепицы, размер которой  $365 \times 155$  мм и толщина 12 мм. Разрушающий груз



при испытании на изгиб равен 50 кг расстояние между опорами равно 30 см.

### Вариант 22

1. Определить пустотность щебня, если его истинная плотность равна  $2,65 \text{ г/см}^3$ , а насыпная плотность  $1550 \text{ кг/м}^3$ .

2. В сухом состоянии образец весил 240 г, при полном насыщении водой 300 г, средняя плотность камня  $1,8 \text{ т/м}^3$ . Определить массовое и объемное водопоглощение.

3. Определить коэффициент размягчения плотного известняка, если прочность его образца-куба в сухом в сухом состоянии 100 МПа, а в насыщенном водой состоянии 85 МПа. Сделать вывод о водостойкости данного материала.

4. Сухие образцы камня-известняка массой 20 кг нагрели от  $t_1 = +5^\circ\text{C}$  до  $t_2 = +60^\circ\text{C}$ . Определить затраты тепла, если удельная теплоемкость известняка  $c = 0,8 \text{ КДж/кг}^\circ\text{C}$ .

5. Определить разрушающую нагрузку при испытании на изгиб бетонной балки квадратного сечения  $15 \times 15 \text{ см}$  и пролетом 100 см. Балка опирается на 2 опоры. Испытание производится сосредоточенным грузом  $P$  в середине пролета. Возможный максимальный предел прочности  $R_{\text{изг}} = 8 \text{ МПа}$ .

### Вариант 23

1. Определить среднюю плотность, массовое водопоглощение камня и его пористость, если объемное водопоглощение составляет 10%, истинная плотность  $2,7 \text{ г/см}^3$ , образец в сухом состоянии весил 200 г, а при полном насыщении водой 210 г.

2. Прочность на сжатие сухого кирпича  $K_{\text{свх}} = 30 \text{ МПа}$ , а после насыщения водой  $R_{\text{нас}} = 24,5 \text{ МПа}$ . Определить, является ли данный кирпич водостойким?

3. Определить массу сухого щебня, если масса навески влажного щебня составляет 1000 кг, а влажность 3%.

4. Определить массу и пористость кирпича, если его размеры  $250 \times 120 \times 65 \text{ мм}$ , истинная плотность составляет  $2,5 \text{ г/см}^3$ , средняя плотность  $1700 \text{ кг/м}^3$ ,

5. Определить коэффициент теплоемкости кирпича, если затраты на нагрев 1000 шт. кирпича от  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 70^\circ\text{C}$  составили 183600 КДж. Массу одного кирпича принять 3,4 кг.

### Вариант 24

1. Определить среднюю плотность, массовое водопоглощение камня и его пористость, если объемное водопоглощение камня составляет 10%, истинная плотность  $2,7 \text{ г/см}^3$ , образец в сухом состоянии весил 200 г, а при полном насыщении водой 210 г.

2. При испытании на морозостойкость серии бетонных кубиков после 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания прочность кубиков

оказалось равной  $R_{Мрз}=16$  МПа. Средняя прочность образцов, не подвергавшихся замораживанию, но водонасыщенных, была равна  $R_{нас}=20$  МПа. Установить, морозостоек ли исследованный бетон?

3. При пропаривании железобетонного изделия в камере металлическая форма нагрелась от  $t_1=20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ . Определить затраты тепла, если масса формы 2580 кг, а удельная теплоемкость 0,48 КДж/кг  $^\circ\text{C}$ .

4. Арматурная сталь испытана на растяжение в образце диаметром  $d=10$  мм, длиной 100 мм. Разрушающая нагрузка составила 8200 кг. Определить предел прочности стали при растяжении.

5. При механическом испытании кубиков тяжелого бетона размером 15x15x15 см средняя разрушающая нагрузка оказалась равной  $P=90000$  кгс, Установить марку бетона.

### Вариант 25

1. Определить массу и пористость кирпича, если его размеры 250x120x65 мм, истинная плотность составляет  $2,5\text{г}/\text{см}^3$ , средняя плотность  $1700\text{ кг}/\text{м}^3$ ,

2. Образец естественного камня в сухом состоянии весил 150 г, а при насыщении водой 160 г. Определить массовое водопоглощение.

3. Определить массу сухого щебня, если масса навески влажного щебня составляет 1000 кг, а влажность 3%.

4. Определить коэффициент теплоемкости кирпича, если затраты на нагрев 1000 шт. кирпича от  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 70^\circ\text{C}$  составили 183600 КДж. Массу одного кирпича принять 3,4 кг.

5. При механическом испытании кубиков тяжелого бетона размером 15x15x15 см средняя разрушающая нагрузка оказалась равной  $P=90000$  кгс, Установить марку бетона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительные материалы и изделия: Учебник / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. — 2-е изд., испр. и доп. — М: Высш. шк., 2005.- 438 с.: ил.
2. Испытания дорожно-строительных материалов. Лабораторный практикум. Учеб. пособие для вузов / И.М. Грушко, В.А. Золотарев, Н.Ф. Глущенко и др. – М.: Транспорт, 1985. – 200 с.
3. Попов Л.Н., Попов Н.Л. Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия»: Учеб. пособие. — М.: ИН-ФРА-М, 2005. — 219 с.: ил. — (Профессиональное образование).
4. Материаловедение для штукатуров, облицовщиков и мозаичников: Учебное пособие для учащихся колледжей и средних профессионально-технических училищ. — Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2001. — 352с.

5. Материаловедение для отделочных строительных работ: Учебник для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования / В.А.Смирнов, Б.А.Ефимов, О.В.Кульков и др. -2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 288 с.
6. Попов Л. Н.Лабораторный контроль строительных материалов и изделий: Справочник. — М.: Стройиздат, 1986.— 349 с., ил.
7. Буров Ю. С., Колокольников В. С. Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества», 1967.
8. Костяев П. С.Материаловедение для арматурщиков-бетонщиков и арматурщиков-электросварщиков арматурных сеток и каркасов.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа, 1980.— 208 с., ил.— (Проф-техобразование. Строит, материалы).
9. Андрианов Р. А.Лабораторные работы по материаловедению для штукатуров, маляров и облицовщиков. Учебн. пособие для средн. проф.-техн. училищ. М., «Высш. школа», 1077.
- 10.Качество строительных материалов и изделий. Сахаров А. Е., Рабин И. И. Киев, «Будівельник», 1977, 144 с.
- 11.Получение бетона заданных свойств. М., Стройиздат, 1978. 53 с. (Центр, правл. НТО стройиндустрии. Наука — строит, производству). Авт.: Ю. М. Баженов, Г. И. Горчаков, Л. А. Алимов, В. В. Воронин.
- 12.Справочник дорожного мастера. Под ред.С.Г.Цупикова. М., «Инфра - Инженерия», 2007. – 928 с.
- 13.Дорожно-строительные материалы: Учебник для автомоб.- дор. техникумов. / И.В.Королев, В.Н.Финашин, Л.А.Феднер. - М., Транспорт, 1988. 304 с.