

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Сборник задач

*для студентов строительных и технических
специальностей, слушателей Института повышения
квалификации и переподготовки*

Брест 2015

УДК 691(076.5)
ББК 38.3
Ш 18

Рецензент:

Басов В.С., директор УО «Брестский государственный
политехнический колледж», к.т.н.

Шалобьта Т.П., Каленюк Т.В., Павлова И.П.

Ш 18 Строительные материалы. Сборник задач. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2015. – 56 с.

ISBN 978-985-493-352-8

Сборник задач «Строительные материалы» составлен в соответствии действующими техническими нормативными правовыми актами. В сборнике кратко даны основные теоретические сведения о важнейших группах строительных материалов и изделий, рассмотрены задачи по подбору составов, определению основных свойств, оценке качества и эффективности применения следующих групп материалов: вяжущих, искусственных, каменных, металлических, полимерных, гидроизоляционных и кровельных, древесных, лакокрасочных материалов.

Сборник задач предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным и техническим специальностям дневной и заочной форм обучения, слушателей Института повышения квалификации и переподготовки, может быть использован студентами других специальностей при изучении соответствующих дисциплин.

Таблиц 19, рисунков 5, библиографических названий 7.

УДК 691(076.5)
ББК 38.3

© Шалобьта Т.П.
© Каленюк Т.В.
© Павлова И.П.

ISBN 978-985-493-352-8

© Издательство БрГТУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

<i>1 ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</i>	<i>4</i>
<i>2 КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</i>	<i>11</i>
<i>3 НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА</i>	<i>13</i>
<i>4 ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ</i>	<i>18</i>
<i>5 МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ</i>	<i>29</i>
<i>6 ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ</i>	<i>33</i>
<i>7 ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ</i>	<i>37</i>
<i>8 ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</i>	<i>39</i>
<i>9 ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ</i>	<i>46</i>
<i>10 ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</i>	<i>52</i>
<i>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</i>	<i>54</i>

1 ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Свойства материалов – это показатели, с помощью которых можно оценить взаимодействие материала с окружающей средой, его пригодность для работы в конкретных условиях. В соответствии с характером воздействия на материал, свойства делят на физические, механические, химические и технологические. **Основными** называются свойства, одинаково важные для всех строительных материалов (например: плотность, прочность), **специальными** называются свойства, оценивающие пригодность материала для работы в специальных условиях (к примеру, огнеупорность).

1.1 Основные физические свойства материала

Истинная плотность

Истинная плотность ρ (кг/м³, г/см³) – плотность вещества, из которого состоит материал, т. е. масса единицы объема однородного материала в абсолютно плотном состоянии, т. е. без учёта пор, трещин, пустот:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \quad (1.1)$$

где m – масса материала, кг;
 V_a – абсолютный объём материала, м³.

Средняя плотность

Средняя плотность ρ_c (кг/м³, г/см³) – масса единицы объёма материала в естественном состоянии, т. е. с порами и пустотами:

$$\rho_c = \frac{m}{V_e}, \quad (1.2)$$

где m – масса материала, кг;
 V_e – объём материала в естественном состоянии, м³.

Средняя плотность зависит от влажности материала, поэтому для каждого материала нормативные документы устанавливают влажность, при которой определяется его плотность.

Пористость

Пористость Π – степень заполнения объёма материала порами. Пористость вычисляют в долях единицы:

$$\Pi = \frac{V_e - V_a}{V_e} = \frac{\rho_c - \rho}{\rho_c} = 1 - \frac{\rho}{\rho_c}, \quad (1.3)$$

где $V_e = \frac{m}{\rho_c}$ – объём материала в естественном состоянии, см³;

$V_a = \frac{m}{\rho}$ – объём материала в абсолютно плотном состоянии, см³;

ρ_c, ρ – средняя и истинная плотность материала, соответственно, г/см³ или кг/м³;

или в процентах:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho}\right) \cdot 100, \% \quad (1.4)$$

Пористость является одной из важнейших характеристик строительных материалов, от которой зависят другие свойства (прочность, теплопроводность, водонепроницаемость). Поэтому, помимо общего значения пористости, необходимо знать также размер пор, степень равномерности распределения пор по объёму материала и т.п.

Для характеристики сыпучих строительных материалов определяют их пустотность V (%) – степень заполнения объёма межзерновыми пустотами:

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_c}\right) \cdot 100 \%, \quad (1.5)$$

где ρ_n – насыпная плотность, кг/м^3 ;

ρ_c – средняя плотность зерен сыпучего материала, кг/м^3 .

Таблица 1.1 – Значения плотностей некоторых строительных материалов

№ п/п	Наименование материала	Истинная плотность, кг/м^3	Средняя плотность, кг/м^3
1	Сталь	7800-7860	7800-7860
2	Цемент	~ 3100	1100-1350
3	Древесина сосны в воздушно-сухом состоянии	1540	390-600
4	Габбро	2900-2920	2830-2880
5	Гранит	2700-2750	2580-2700
6	Тuff вулканический	2600-2800	900-2200
7	Поропласты	1300-1400	20-50
8	Кирпич керамический обыкновенный	2600-2700	1600-1800
9	Кирпич керамический пустотелый	2600-2700	1200-1400
10	Бетон тяжелый	2600	2200-2450
11	Бетон ячеистый	2600	250-1200
12	Древесноволокнистая плита	1500	200-400
13	Гравий керамзитовый	2500	400-800
14	Песок для строительных работ	2650	1500-1600
15	Мрамор	2700-2800	2600-2700
16	Пеностекло и газостекло	2400	160-200

Влажность и водопоглощение

Влажность W (%) – содержание влаги в материале, отнесенное к единице массы материала в сухом состоянии; зависит от свойств самого материала (пористости, гигроскопичности) и от характеристик окружающей среды (влажность воздуха, контакт с водой).

Влажность образца в % определяют по формуле:

$$W = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100, \% \quad (1.6)$$

где $m_{вл}$ – масса образца материала в естественно-влажном состоянии, г;

$m_{сух}$ – масса материала, высушенного до постоянной массы, г.

Водопоглощение W_m, W_v (%) – способность погруженного в воду материала впитывать её, а затем удерживать молекулярными и капиллярными силами при атмосферном давлении.

Водопоглощение определяют по массе:

$$W_m = \frac{m_{нас} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100, \% \quad (1.7)$$

или по объёму:

$$W_v = \frac{V_{H_2O}}{V_a} = \frac{m_{нас} - m_{сух}}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{\rho_c}{m_{сух}} = W_m \cdot d, \quad (1.8)$$

где $m_{нас}, m_{сух}$ – масса образца соответственно в насыщенном водой и сухом состоянии, г;

ρ_{H_2O} – плотность воды, принимаемая 1000 кг/м^3 ;

d – безразмерная величина, выражающая отношение средней плотности сухого материала к плотности воды, вычисляется по формуле:

$$d = \frac{\rho_c}{\rho_{H_2O}}. \quad (1.9)$$

Морозостойкость

Морозостойкость – свойство насыщенного водой материала выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и значительного снижения прочности.

Ориентировочно судить о морозостойкости можно по коэффициенту насыщения пор водой, определяемому по формуле:

$$k_{нп} = \frac{w_v}{l}. \quad (1.10)$$

Коэффициент насыщения пор может изменяться от 0 (все поры в материале закрыты) до 1 (все поры в материале открыты). Уменьшение коэффициента насыщения пор при неизменной пористости свидетельствует о сокращении открытой пористости, что значительно повышает морозостойкость структуры.

Теплопроводность

Теплопроводность – способность материала передавать тепло через свою толщу за счёт разницы температур на ограничивающих поверхностях.

Это свойство характеризуется коэффициентом теплопроводности λ (Вт/(м·К)), величина которого позволяет судить о теплозащитных свойствах различных материалов.

Количество теплоты Q (Дж), прошедшее через стену материала толщиной a , площадью A , в течение времени τ при разности температур на противоположных поверхностях $\Delta t = t_1 - t_2$ определяется по формуле:

$$Q = \lambda \frac{A(t_1 - t_2)\tau}{a}. \quad (1.11)$$

Теплопроводность связана с составом, структурой, текстурой материалов, плотностью, влажностью, температурой окружающей среды. Так, например, с увеличением пористости, теплопроводность будет снижаться, т. к. теплопроводность воздуха $\lambda_{возд} = 0.023 \text{ Вт/(м·К)}$ (при $t = 20^\circ\text{C}$) всегда меньше теплопроводности твердого вещества, из которого состоит строительный материал. Это свойство особенно важно для теплоизоляционных материалов.

Точное значение коэффициента теплопроводности для каждого материала определяется экспериментально, что в практических условиях не всегда удобно. Поэтому для материалов, находящихся в воздушно-сухих условиях и имеющих плотность в пределах 2500–2700 кг/м³, коэффициент теплопроводности можно ориентировочно рассчитать по формуле В.П. Некрасова:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16, \quad (1.12)$$

где d – относительная плотность (формула 1.9).

Термическое сопротивление R_T (м²К/Вт) слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции определяют по формуле:

$$R_T = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1.13)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – теплопроводность слоя материала, Вт/(м·К).

1.2 Основные механические свойства строительных материалов

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил. К механическим свойствам относят прочность, упругость, пластичность, хрупкость, твердость, истираемость и др.

Прочность

Прочность – свойство материала сопротивляться в определенных условиях внутренним напряжениям и деформациям, возникающим в материале под действием внешних факторов. Характеризуется пределом прочности (МПа), который соответствует максимальному напряжению, соответствующему нагрузке, вызывающей разрушение образца.

Показатели прочности материала являются условными величинами, т. к. зависят от размеров, формы образца, скорости его нагружения и других факторов. Методика определения прочности для каждого материала строго определяется техническими нормативно-правовыми актами.

Предел прочности при сжатии или растяжении R (МПа) рассчитывают по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F}{A}, \quad (1.14)$$

$$R_p = \frac{F}{A}, \quad (1.15)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь поперечного сечения образца, м².

Предел прочности при изгибе

$$R_{изг} = \frac{M}{W}, \quad (1.16)$$

где M – наибольший изгибающий момент, Н/м;

W – момент сопротивления сечения образца, м³.

Для большинства строительных материалов прочность при изгибе определяется испытанием образца прямоугольного сечения, к которому прикладывают

одну сосредоточенную нагрузку в середине пролета (рисунок 1.1). В этом случае предел прочности при изгибе вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3F \cdot l}{2bh^2}, \quad (1.17)$$

где F — разрушающая нагрузка, Н;
 l — расстояние между опорами, мм;
 b — ширина образца, мм;
 h — высота образца, мм.

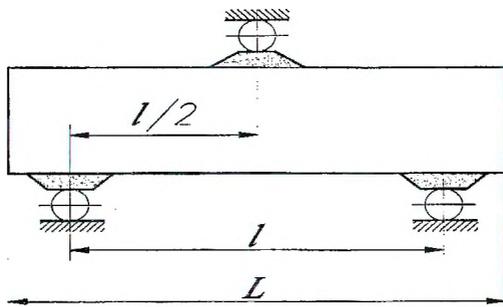


Рисунок 1.1 – Схема испытания образца на изгиб

Водостойкость

Изменение физического состояния строительных материалов в значительной мере оказывает влияние на механические свойства. Для оценки способности материала сохранять свои прочностные свойства при увлажнении используют коэффициент размягчения, который характеризует водостойкость материала:

$$k_{разм} = \frac{R_{сжк}^{нас}}{R_{сжк}^{сух}}, \quad (1.18)$$

где $R_{сжк}^{нас}$ — предел прочности при сжатии материала в насыщенном водой состоянии, МПа;

$R_{сжк}^{сух}$ — предел прочности при сжатии материала в сухом состоянии, МПа.

Коэффициент размягчения изменяется от 0 до 1. К водостойким относятся материалы с коэффициентом размягчения не менее 0.8. Такие материалы можно применять в условиях высокой влажности без специальных мер по их защите.

Истираемость

Истираемость I ($г/см^2$) — свойство материала постепенно разрушаться тонкими слоями под действием истирающих усилий; оценивается потерей первоначальной массы образца, отнесённой к единице его площади или уменьшением толщины материала:

$$I = \frac{m - m_1}{A}, \quad (1.19)$$

где m — масса образца до испытания, г;

m_1 — масса образца после испытания, г;

A — площадь истирания, $см^2$.

Удельная прочность (коэффициент конструктивного качества)

Удельная прочность ($R_{уд}$), или коэффициент конструктивного качества ($K.K.K.$), позволяет оценить эффективность материала

$$R_{уд} = K.K.K. = \frac{R}{d}, \quad (1.20)$$

где R – показатель прочности, МПа;

d – относительная плотность (по формуле 1.9).

Лучшие конструкционные материалы имеют высокую прочность при малой собственной плотности. Повышения $K.K.K.$ можно добиться снижением средней плотности материала или увеличением его прочности.

Пример

Масса образца известняка в сухом состоянии 50 г. Определить массу образца после насыщения его водой, а также плотность твердого вещества известняка, если известно, что водонасыщение его по объему равно 18%, пористость известняка 25% и средняя плотность 1800 кг/м³.

Решение:

1. Из формулы для определения пористости (1.4) выражаем плотность твердого вещества камня (истинную плотность)

$$\rho = \frac{\rho_c}{\left(1 - \frac{P}{100}\right)} = \frac{1800}{\left(1 - \frac{25}{100}\right)} = 2400 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

2. Из формулы для определения водопоглощения по объему и определения относительной плотности $d = \frac{\rho_c}{\rho_{H_2O}} = \frac{1800}{1000} = 1,8$ находим водопоглощение по массе

$$W_m = \frac{W_v}{d} = \frac{18}{1,8} = 10\%$$

3. Из формулы для определения водопоглощения по массе $W_m = \frac{m_H - m_C}{m_C} \cdot 100, \%$, находим массу насыщенного водой образца

$$m_H = m_C \cdot \left(\frac{W_m}{100} + 1\right) = 50 \cdot \left(\frac{10}{100} + 1\right) = 55 \text{ г}.$$

Задачи:

1. Масса образца камня в водонасыщенном состоянии $m_c=189$ г. Определить массу сухого образца m_c , а также среднюю плотность камня ρ_0 , если известно, что водопоглощение камня по массе $W_M=7,8 \%$, пористость $P=18,3 \%$, а истинная плотность $\rho=2,67$ г/см³.
2. Масса образца камня в сухом состоянии $m_c=80$ г. После насыщения образца водой масса составила $m_s=88$ г. Определить среднюю плотность ρ_c и пористость P , если водопоглощение по объему $W_v=9 \%$, истинная плотность $\rho=2,71$ г/см³.

3. Во сколько раз пористость P_A материала A отличается от пористости P_B материала B , если истинная плотность двух материалов равна соответственно $\rho=2,7 \text{ г/см}^3$ и $\rho=2,8 \text{ г/см}^3$, а средняя плотность материала A ρ_A больше средней плотности материала B ρ_B в 1,6 раза.
4. Вычислите пористость материала, если его водопоглощение по массе 5%, водопоглощение по объему в 1,4 раза больше водопоглощения по массе, истинная плотность составляет 2350 кг/м^3 . Дайте заключение по ориентировочной морозостойкости материала.
5. Пользуясь справочными данными, определить по формуле В.П. Некрасова коэффициент теплопроводности λ для следующих материалов: бетон тяжелый, ячеистый бетон, керамический кирпич пустотелый, керамический кирпич полнотелый. На основе полученных данных дать заключение о тепло-технических характеристиках стеновых материалов.
6. Определить водостойкость материала, если при испытании стандартных образцов из гипсового камня предел прочности на сжатие $R_{сж}$ для сухих образцов составляет 15,1; 20,3 и 17,8 МПа, а для водонасыщенных образцов 5,8; 6,3 и 5,5 МПа соответственно.
7. Определить предел прочности цементного камня в сухом состоянии, если коэффициент размягчения равен 0,81, а предел прочности на сжатие образца в водонасыщенном состоянии равен 33,2 МПа.
8. Определить предел прочности на сжатие $R_{сж}$ для бетонного образца цилиндрической формы с размерами $D=15 \text{ см}$ и $H=30 \text{ см}$. Разрушающая нагрузка $F=240 \text{ кН}$.
9. Определить истираемость образца цилиндрической формы с размерами $D=20 \text{ см}$ и $H=20 \text{ см}$, если масса образца до испытания $m_1=5600 \text{ г}$, после испытания $m_2=5324 \text{ г}$.
10. Определить предел прочности при изгибе, если при испытании образца прямоугольного сечения $8 \times 18 \text{ см}^2$ (18 см – высота образца) разрушающая нагрузка составила 2000 кгс. Расстояние между опорами составило 4 м.
11. Определить удельную прочность (коэффициент конструктивного качества) гранита, кирпича керамического и бетона тяжелого, если предел прочности на сжатие $R_{сж}$ для этих материалов равен соответственно 250, 10 и 40 МПа.

2 КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Керамическими материалами и изделиями называются искусственные каменные материалы, получаемые из минерального (в основном глинистого) сырья путем его формования и обжига при высоких температурах.

Глины – землистые горные породы, состоящие из глиняных минералов (каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ и др.) и примесей (слюда, полевошпат, песок).

1. Стеновые изделия применяются для кладки внутренних и наружных стен, а также для изготовления блоков и панелей;
2. Изделия для перекрытий (пустотелые камни, балки и панели из пустотелых камней).
3. Архитектурно-строительная керамика (облицовочные материалы):
 - лицевые кирпич и камни имеют более точные размеры, форму и высокие декоративные свойства. Разновидности лицевого кирпича: *торкретированный, ангобированный, двухслойный, глазурованный*;
 - плиты и плитки фасадные выпускают рядовые и специального назначения; с глазурованной и неглазурованной поверхностью; прямоугольной, квадратной или фасонной формы: одно- или многоцветные; с прозрачными и глухими глазурями, блестящими или матовыми;
 - плитки для внутренней облицовки (квадратные, прямоугольные, фасонной формы), могут быть гладкие или рельефные.
4. Керамические трубы (канализационные и дренажные).
5. Санитарно-технические изделия (раковины, ванны и т. д.).
6. Кровельные материалы и изделия (черепица);
7. Специальные изделия:
 - лекальный кирпич, трапециевидные камни, клинкерный кирпич;
 - кислотоупорные изделия, теплоизоляционные и огнеупорные изделия.
8. Заполнители для легких бетонов (керамзит, аглопорит).

Основные показатели качества кирпича (СТБ 1160-99)

Кирпич обыкновенный выпускают размерами 250×120×65 мм, утолщенный 250×120×88 мм, модульный 288×138×65 мм. Камни имеют размеры: 250×120×138, 250×250×138, 288×138×138, 250×200×80 мм (с горизонтальными пустотами). Кирпич может быть пустотелый и полнотелый. По средней плотности керамический кирпич и камни подразделяются на следующие группы:

- эффективные со средней плотностью до 1400 кг/м³ (для кирпича) и 1450 кг/м³ (для камней);
- условно-эффективные со средней плотностью от 1400 кг/м³ (для кирпича), 1450 кг/м³ (для камней) и до 1600 кг/м³;
- обыкновенный кирпич со средней плотностью выше 1600 кг/м³.

Водопоглощение должно быть для полнотелого рядового и лицевого кирпича не менее 8 %, для рядовых и лицевых пустотелых изделий — не менее 6 %.

Марку керамического кирпича определяют по результатам испытаний образцов на прочность при сжатии и изгибе (ГОСТ 8462-85, СТБ 1160-99).

Пример

Сколько требуется глины на изготовление 1000 штук плиток для пола размером 150×150×13 мм, если пористость плиток 4%, средняя плотность спекшейся массы 2520 кг/м³, а потери при сушке и обжиге составляют 15% от веса глины?

Решение:

Объем 1000 штук керамических плиток

$$V_n = 1000 \cdot l_n \cdot b_n \cdot h_n = 1000 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 0,013 = 0,2925 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Масса 1000 штук плиток

$$m_n = 1000 \cdot \frac{\rho_u \cdot V_n}{\Pi_n} = 1000 \cdot \frac{2520 \cdot 0,2925}{1,04} = 708,75 \text{ (кг)}.$$

Масса глины

$$m_g = m_n \cdot 1,15 = 708,75 \cdot 1,15 = 815,1 \text{ (кг)}.$$

Таблица 2.1 — Марки кирпича керамического

Марка изделия	Предел прочности, не менее (МПа)							
	при сжатии		при изгибе					
	всех видов изделий		полнотелого кирпича пластического формования		кирпича полусухого прессования и оди-нарного пустотелого кирпича		пустотелого утолщенного кирпича	
средний для 5 образцов	наимень- ший для отдельного образца	средний для 5 образцов	наимень- ший для отдельного образца	средний для 5 образцов	наимень- ший для отдельного образца	сред- ний для 5 образцов	наимснь- ший для отдельного образца	
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7	1,2	0,6
Для кирпичей и камней с горизонтальным расположением пустот								
100	10,0	7,5	—	—	—	—	—	—
75	7,5	5,0	—	—	—	—	—	—
50	5,0	3,5	—	—	—	—	—	—
35	3,5	2,5	—	—	—	—	—	—
25	2,5	1,5	—	—	—	—	—	—

Примечание — Предел прочности при изгибе определяют по фактической площади кирпича без вычета площади пустот.

Задачи:

1. Керамический обыкновенный кирпич в сухом состоянии имеет массу 3800 г и размеры по СТБ 1160-99. Кирпич поглощает воду в количестве 12,8 % своего объема. Соответствует ли данный кирпич СТБ 1160-99 по величине водопоглощения?
2. Масса кирпича керамического пустотелого в сухом состоянии $m_c=2870$ г, а в водонасыщенном $m_b=3200$ г. Коэффициент насыщения пор $k_{np}=0,71$. Определить пористость кирпича.
3. Определить расход глины по массе и объему, необходимой для изготовления 1000 штук красного обыкновенного кирпича при следующих данных: плотность кирпича 1750 кг/м^3 , плотность сырой глины 1650 кг/м^3 , влажность глины 13%.
4. Сколько получится кирпича из $2,5 \text{ м}^3$ глины, если плотность кирпича составляет 1700 кг/м^3 , плотность сырой глины 1600 кг/м^3 , влажность глины 12%? При обжиге сырца в печи потери при прокаливании составляют 8% от массы сухой глины.
5. Определить марку полнотелого кирпича пластического формования, если известно, что при испытании на сжатие предел прочности средний для 5 образцов – 11 МПа, наименьший для отдельного образца – 8 МПа; при испытании на изгиб предел прочности средний для 5 образцов – 2,2 МПа, наименьший для отдельного образца – 0,8 МПа.

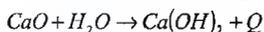
3 НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Неорганические вяжущие вещества — это вещества, обычно в виде тонкоизмельченных порошков, получаемые из минерального сырья и способные при смешивании с водой (или водными растворами) образовывать пластичное тесто, под влиянием физико-химических процессов постепенно затвердевающее и переходящее в камневидное состояние. Основные виды неорганических вяжущих веществ:

- **Гипсовые вяжущие** (СТБ EN 13279-1-2010) – воздушные вяжущие вещества, состоящие из полуводного гипса ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$) или ангидрита ($CaSO_4$) и получаемые тепловой обработкой и последующим помолом сырья – природного гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$); ангидрита и отходов промышленности (фосфогипса, борогипса).



- **Известь строительная воздушная** (СТБ EN 459-1-2007) – минеральное вяжущее, получаемое умеренным обжигом кальциево-магниевого карбонатных пород (известняков, мела, доломитизированных известняков и др.), содержащих глинистых примесей не более 6%.



- **Портландцемент** (ГОСТ 10178-85, ГОСТ 31108-2003, СТБ EN 197-1-2007) – это гидравлическое вяжущее, получаемое совместным тонким помолом клинкера и гипса. Клинкер портландцемента получают в виде спекшихся гранул размером 10...60 мм путём обжига до спекания сырьевой смеси, состоящей из известняка или мела с глиной или их природных смесей – мергелей, в соотношении, примерно равном 3:1. Гипс вводят в состав портландцемента для регулирования сроков схватывания.

Классифицируют цементы (ГОСТ 30515-97) по назначению, по виду клинкера, по вещественному составу, по прочности на сжатие, по скорости твердения (общестроительные цементы) и по срокам схватывания.

По вещественному составу цементы разделяют на типы, характеризующиеся различным видом и содержанием добавок. Составы общестроительных цементов даны в ГОСТ 31108-2003(таблица 1), СТБ EN 197-1-2015(таблица 1).

Разновидности портландцемента.

Быстротвердеющий портландцемент получают из клинкера нормированного состава и гипса. Допускается вводить от 5 до 20% активных минеральных добавок. Интенсивный рост прочности в начальный период происходит за счет повышенного содержания в клинкере быстротвердеющих минералов и тонкости помола: сумма C_3S и C_2S должна быть не менее 60-65%, удельная поверхность зерен 3500-4000 тыс. см²/г; марки 400, 500; прочность на сжатие через 3 суток нормируется.

Сульфатостойкий портландцемент получают из клинкера нормированного состава: $C_3S \leq 50\%$, $C_3A \leq 5\%$, $C_3A + C_4AF \leq 22\%$. Такие цементы имеют пониженное тепловыделение при твердении, поэтому их можно использовать для массивных конструкций и сооружений.

Портландцемент с добавками получают помолом клинкера, двухводного гипса и активных минеральных добавок (доменные шлаки и др.) не более 20%. Выпускают его марок 400, 500, 550, 600, допускается марка 300. Добавки несколько повышают водо- и сульфатостойкость цемента по сравнению с чисто-клинкерным, но снижают морозостойкость. Стоимость цемента при введении добавок снижается.

Шлакопортландцемент (ГОСТ 10178) – получают помолом клинкера, гипса и гранулированных шлаков (от 20 до 80%). Марки шлакопортландцемента 300, 400, 500; разновидности: сульфатостойкий и быстротвердеющий.

Пуццолановый цемент (ГОСТ 22266) получают помолом клинкера нормированного минерального состава, гипса и активных минеральных добавок (осадочного происхождения 20...30%, вулканического 25...40%). Выпускают марки 300 и 400. Рост прочности в начальный период замедленный.

Цементы с органическими добавками: пластифицированный портландцемент содержит 0,1-0,3% пластифицирующей добавки (ЛСТ); *гидрофобный* портландцемент содержит 0,1-0,3% снижающей гигроскопичность гидрофобно-пластифицирующей добавки (мылонафт, асидол).

Декоративные портландцементы – белый (ГОСТ 965-89), для получения которого используются чистый известняк и белые глины (по белизне имеет три сорта, марки 400, 500), и *цветной* (ГОСТ 15825-80), получаемый совместным помолом белого или цветного клинкера с пигментами или красителями, гипсом, минеральными добавками (марки 300, 400, 500).

Специальные виды цемента:

1. *Глиноземистый цемент* (алюминатный) (СТБ EN 14647-2011, ГОСТ 969-91) – быстротвердеющее, высокопрочное вяжущее, получаемое из бокситов ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$). Марочная прочность (400, 500, 600) достигается к трем суткам твердения.

2. *Расширяющиеся и безусадочные цементы* (ГОСТ 11052, СТБ 942-93) – это многокомпонентные смешанные вяжущие: *водонепроницаемый расширяющийся цемент*; *водонепроницаемый безусадочный цемент*; *гипсоглиноземистый расширяющийся цемент*; *расширяющийся портландцемент*; *напрягающий цемент* (НЦ предназначен для изготовления самонапряженных железобетонных конструкций, отличается водо-, бензо-, газонепроницаемостью и повышенной трещиностойкостью).

3. *Цемент напрягающий* (СТБ 1335-2002) – минеральное вяжущее вещество, обеспечивающее при твердении в условиях упругого ограничения регулируемое увеличение объема, приводящее к самонапряжению, получается совместным помолом портландцементного клинкера, глиноземистого цемента и гипса (иногда с добавлением свободной извести).

Пример

Рассчитать, сколько получится негашеной и гидратной извести из 20 т известняка. Содержание в известняке CaO – 85% по массе, а естественная влажность его 8%.

Решение:

При нагревании известняка с влажностью 8% испарится воды:

$$m_B = m_{II} \cdot \frac{W}{100} = 20000 \cdot 0,08 = 1600 \text{ (кг)}.$$

Тогда сухого известняка останется

$$m_{с,II} = m_{II} - m_B = 20000 - 1600 = 18400 \text{ (кг)}.$$

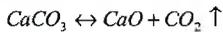
Количество примесей в известняке

$$m_{пр,II} = m_{с,II} \cdot \frac{100 - 85}{100} = 18400 \cdot 0,15 = 2760 \text{ (кг)}.$$

Масса чистого известняка

$$m_{ч,II} = m_{с,II} - m_{пр,II} = 18400 - 2760 = 15640 \text{ (кг)}.$$

Количество чистой негашеной извести определяем из уравнения



$$15640 \rightarrow x$$

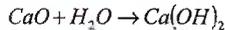
$$100 \rightarrow 56$$

$$m_{ч,НИ} = m_{ч,II} \cdot \frac{56}{100} = 15640 \cdot \frac{56}{100} = 8758 \text{ (кг)}.$$

Но примеси в количестве 2760 кг останутся в негашеной извести, тогда общая масса негашеной извести будет

$$m_{с,НИ} = m_{ч,НИ} + m_{пр,II} = 8758 + 2760 = 11518 \text{ (кг)}.$$

Из этого количества негашеной извести можно получить гидратной извести



$$8758 \rightarrow x$$

$$56 \rightarrow 74$$

$$m_{ГИ} = m_{с,НИ} \cdot \frac{74}{56} = 8758 \cdot \frac{74}{56} = 11573 \text{ (кг)}.$$

В состав гидратной извести также войдут примеси в количестве 2760 кг, с учетом которых общая масса гидратной извести будет

$$m_{общ,ГИ} = m_{с,ГИ} + m_{пр,II} = 11573 + 2760 = 14333 \text{ (кг)}.$$

Задачи:

1. Вычислить, сколько получится строительного гипса после термической обработки 10 т природного гипсового камня.
2. Определить количество негашеной (комовой) извести, получаемой при полном обжиге 10 т чистого известняка с влажностью 10%.
3. Сколько получится известкового теста, содержащего 50% воды, из 2 т известки-кипелки, имеющей активность 85%?

4. При испытании строительного гипса были получены следующие значения: начало схватывания 2 мин, конец схватывания – 10 мин; тонкость помола (на сите №02) — 10%; предел прочности при сжатии трех образцов через 2 ч после изготовления — 7.2 МПа, 6.8 МПа и 7.3 МПа. К какой марке можно отнести строительный гипс по ГОСТ 125? Укажите вид гипса в зависимости от сроков схватывания и тонкости помола.

Таблица 3.1– Марки строительного гипса

Марка вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размерами 40×40×160 мм в возрасте 2 ч, не менее	
	при сжатии	при изгибе
Г-2	2 (20)	1,2 (12)
Г-3	3 (30)	1,8 (18)
Г-4	4 (40)	2,0 (20)
Г-5	5 (50)	2,5 (25)
Г-6	6 (60)	3,0 (30)
Г-7	7 (70)	3,5 (35)
Г-10	10 (100)	4,5 (45)
Г-13	13 (130)	5,5 (55)
Г-16	16 (160)	6,0 (60)
Г-19	19 (190)	6,5 (65)
Г-22	22 (220)	7,0 (70)
Г-25	25 (250)	8,0 (80)

Таблица 3.2 – Сроки схватывания гипсовых вяжущих

Вид вяжущего	Индекс сроков твердения	Сроки схватывания, мин	
		начало, не ранее	конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормально твердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	Не нормируется

Таблица 3.3 – Тонкость помола гипсовых вяжущих

Вид вяжущего	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, %, не более
Грубого помола	I	23
Среднего помола	II	14
Тонкого помола	III	2

5. Определите марку цемента по ГОСТ 10178-85, если при испытании цементных образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 7 сут. показатели предела прочности при изгибе составили 3.6 МПа, 3.0 МПа и 3.3 МПа. Среднее значение предела прочности при сжатии составило 30 МПа.

Таблица 3.4– Марки портландцемента

Обозначение вида цемента	Гарантированная марка	Предел прочности, МПа (кгс/см ²)			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ	300	-	4,4 (45)	-	29,4 (300)
	400	-	5,4 (55)	-	39,2 (400)
	500	-	5,9 (60)	-	49,0 (500)
	550	-	6,1 (62)	-	53,9 (550)
ПЦ-Д20-Б	400	3,9 (40)	5,4 (55)	24,5 (250)	39,2 (400)
	500	4,4 (45)	5,9 (60)	27,5 (280)	49,0 (500)
ШПЦ-Б	400	3,4 (35)	5,4 (55)	21,5 (220)	39,2 (400)

- Определить среднюю плотность известкового теста, в котором содержится более 56% воды (по массе), если истинная плотность извести-пушонки равна 2080 кг/м³.
- Определить активность цемента, состоящего из 70% портландцемента марки 500 и 30 % добавки-наполнителя из молотого известняка.
- Какое количество негашеной (комовой) извести получится при обжиге 12 т известняка, имеющего влажность 5%? Содержание глинистых примесей составляет 10%, а песчаных — 8%. Определить активность полученной извести. К какому сорту относится полученная известь в соответствии с требованиями ГОСТ 9179-77?

Таблица 3.5–Сорта извести воздушной

Наименование показателя	Норма для извести, %, по массе							
	негашеной						гидратной	
	кальциевой			магнезиальной и доломитовой				
	сорт							
	1	2	3	1	2	3	1	2
Активные								
CaO + MgO, не менее:								
без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
с добавками	65	55	-	60	50	-	50	40
Активный MgO, не более	5	5	5	20(40)	20(40)	20(40)	-	-
CO ₂ , не более:								
без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
с добавками	4	6	-	6	9	-	2	4
Непогасившиеся зерна, не более	7	11	14	10	15	20	-	-

4 ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

4.1 БЕТОНЫ

4.1.1 Заполнители для бетона

Заполнители занимают в бетонах и растворах до 80% объёма, поэтому они не только снижают расход дорогостоящего вяжущего вещества, но и влияют как на свойства смеси, так и на свойства затвердевшего каменного материала – бетона или раствора.

Стандартом (СТБ 4.211-94) установлена номенклатура заполнителей – это плотный щебень из горных пород, гравия, шлаков; гравий для строительных работ; песок природный и дробленый, обогащенный и фракционированный; смесь песчано-гравийная; пористые керамзитовый гравий, щебень и песок.

Заполнители классифицируют:

- по происхождению — на природные (образовавшиеся в результате выветривания горных пород) и искусственные (получаемые дроблением горных пород и отходов производств);
- по средней (или насыпной) плотности — на тяжелые и легкие;
- по размерам зёрен — на мелкие (песок) и крупные (щебень и гравий);
- по формам зёрен — на угловатые и округлые.

Песок состоит из зерен размером 0.16...5 мм. Среди природных песков встречаются горные (овражные), речные, морские, барханные и др. Каждые из них имеют свои преимущества и недостатки, проявляющиеся при использовании их в качестве мелких заполнителей. В зависимости от вида горной породы, из которой образовался песок, его химический состав может быть различным. Наиболее часто встречаются кварцевые пески. Качество песка как мелкого заполнителя для бетонов определяется с помощью лабораторных испытаний и должно соответствовать стандарту (ГОСТ 8736-93, 8735-88, СТБ EN 12620).

Щебень и гравий для бетонов (ГОСТ 8267-93, СТБ 1311) представляет собой рыхлую смесь зерен размером от 5(3) до 70 мм (для массивных конструкций щебень до 150 мм).

Щебень получают дроблением плотных горных пород или искусственного камня, имеет угловатую форму.

Гравий образовался выветриванием горных пород и имеет окатанную форму. Часто он залегает вместе с песком, при содержании песка 25-40% материал называется *гравийно-песчаной смесью*.

В качестве крупного заполнителя используют щебень, гравий и щебень из гравия из плотных горных пород со средней плотностью зерен заполнителя от 2000 до 3000 кг/м³, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8267, кубовидный щебень по СТБ 1311, а также заполнители по СТБ EN 12620.

Важной характеристикой заполнителей является *зерновой состав*, которым называют выраженное в процентах или частях содержание в этом материале зерен определённого размера. Зерновой состав определяется просеиванием материала через набор сит, установленный стандартом на этот материал. Остатки на каждом сите взвешивают с погрешностью не более 1 г на технических весах, а затем рассчитывают *частные остатки* a_i по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – общая масса просеиваемой навески, г.

Полные остатки A_i определяют с точностью до 0,1%. Полный остаток – это остаток, который был бы на данном сите, если бы просеивание производилось только через него. Равен он сумме всех частных остатков на данном и выше лежащих ситах, %:

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i, \quad (4.2)$$

где $a_{2,5} \dots a_i$ – частные остатки на ситах, %.

Для песка определяют модуль крупности по формуле:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100, \quad (4.3)$$

где $A_{2,5} \dots A_i$ – полные остатки на ситах, %.

Песок по крупности согласно ГОСТ 8736-93 делят на 7 групп (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Группы песка по крупности

Группа песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите № 063
Повышенной крупности	» 3,0 до 3,5	» 65 до 75
Крупный	» 2,5 » 3,0	» 45 » 65
Средний	» 2,0 » 2,5	» 30 » 45
Мелкий	» 1,5 » 2,0	» 10 » 30
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5	До 10
Тонкий	» 0,7 » 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	» »

Если песок по модулю крупности относится к одной группе, а по полному остатку на сите №063 к другой, то определяющим показателем является модуль крупности.

Качественным считается песок, у которого соотношение зерен различного размера находится в определенных пределах (рисунок 4.1).

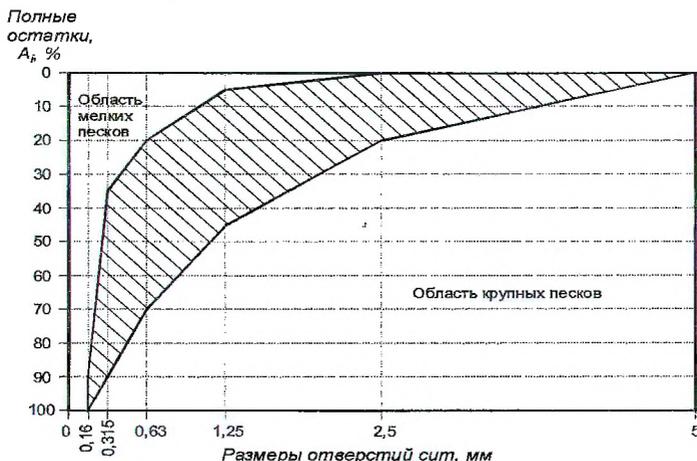


Рисунок 4.1 – График зернового состава песка

Пример

Определить модуль крупности и группу песка, если частные и полные остатки приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Зерновой состав песка

Сита с размером отверстия, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16
Частные остатки на ситах, %	8,0	12,0	36,5	32,5	9,0
Полные остатки на ситах, %	8,0	20,0	56,5	89,0	98,0

Решение:

Содержание фракции менее 0,16 мм – 2%.

Модуль крупности

$$M_k = \frac{\sum A_i}{100} = \frac{8+20+56,5+89+98}{100} = 2,72.$$

Согласно ГОСТ 8736-93 песок относится к крупному песку II класса.

Задачи:

1. Определить полные остатки, модуль крупности и пригодность песков для приготовления бетона, используя данные таблицы 4.3 и рисунок 4.1.

Таблица 4.3 – Зерновой состав песков №1 и №2 в виде частных остатков, %

№ песка	Размеры отверстий сит, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	Прошло через 0,16
1	–	7.3	22.1	45.3	17.3	6.3	1.7
2	–	6.5	12.8	56.3	21.7	2.3	0.4

2. Рассев песка на стандартном наборе сит показал следующее содержание частных остатков: сито № 2,5 – 182 г; № 1,25 – 381 г; № 0,63 – 198 г; № 0,315 – 166 г; № 0,16 – 5 г. Остальные 20 г прошли сквозь сито № 0,16. Определить модуль крупности песка и нанести его гранулометрический состав на кривую плотных смесей.
3. Два песка имеют истинную плотность 2640 кг/м³, а средние плотности зерен 1640 кг/м³ и 1520 кг/м³. Какой из этих песков является более качественным заполнителем для бетона, если их модули крупности практически равны?
4. Определить полные остатки на ситах, а также наибольшую и наименьшую крупность зерен щебня, зерновой состав которого приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Зерновой состав щебня №1 и №2 в виде частных остатков, %

№ щебня	Размеры отверстий сит, мм					
	40	30	20	10	5	Прошло через 5
1	–	–	–	48	35	13
2	3	–	7	26	44	20

5. В пробе щебня массой 5 кг обнаружены пластинчатые зерна и игольчатые зерна, общей массой соответственно 780 г и 211 г. Удовлетворяет ли щебень требованию ГОСТ 8267-93 по содержанию пластинчатых и игольчатых зерен? Почему наличие таких зерен в щебне нежелательно?

4.1.2 Подбор состава тяжелого бетона

Бетон – материал, получаемый путем смешивания вяжущего, крупного и мелкого заполнителей, воды и при необходимости различных химических и минеральных добавок, структура которого формируется вследствие процесса гидратации вяжущего.

Бетонная смесь – бетон, получаемый путем смешивания заданных компонентов, не имеющий механической прочности, и структура которого формируется до укладки и уплотнения.

Целью подбора состава бетона является выбор материалов и установление их наиболее рационального расхода, при котором обеспечиваются заданные характеристики: удобоукладываемость смеси, прочность бетона и, если требуется, морозостойкость, водонепроницаемость, средняя плотность. Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов на 1 м^3 уложенной и уплотненной смеси или соотношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента.

Согласно положению метода «абсолютных объемов», расход заполнителей (песка, щебня, гравия) в килограммах на 1 м^3 смеси вычисляют, исходя из двух условий:

- сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м^3 уплотненной смеси

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{щ(\Gamma)}} + \frac{\Pi}{\rho_{п}} = 1, \quad (4.4)$$

- цементно-песчаный раствор заполняет пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{\Pi}{\rho_{п}} = V_{н,щ(\Gamma)} \cdot \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{н,щ(\Gamma)}} \cdot \alpha, \quad (4.5)$$

где $V_{н,щ(\Gamma)}$ – пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия).

Состав бетона рассчитывают в два этапа: вначале определяют ориентировочный состав бетона, затем расчет проверяют и корректируют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Технические характеристики для тяжелого бетона назначаются по СТБ 1544-2005 «Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия». Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные: проектную прочность бетона на сжатие, требуемую марку бетонной смеси по удобоукладываемости, а также характеристики исходных материалов – вид и активность цемента, насыпную и истинную плотность составляющих, наибольшую крупность зерен и влажность заполнителей.

1. *Водоцементное отношение* $В/Ц$ вычисляют, исходя из требуемой прочности бетона, активности цемента и с учетом вида и качества заполнителей по следующим формулам:

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц \geq 0.4$

$$R_b = A \cdot R_u \cdot \left(\frac{Ц}{В} - 0.5 \right), \quad (4.6)$$

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц < 0.4$

$$R_b = A_1 \cdot R_u \cdot \left(\frac{Ц}{В} + 0.5 \right), \quad (4.7)$$

где R_b – предел прочности бетона при сжатии, МПа;

R_u – активность цемента, МПа;

A и A_1 – коэффициенты, учитывающие качество материалов (таблица 4.5)

Таблица 4.5 – Коэффициенты, учитывающие качество материалов

Характеристика заполнителей и цемента	A	A_1
Высококачественные	0.65	0.43
Рядовые	0.6	0.4
Пониженного качества	0.55	0.37

Примечание. 1. К высококачественным материалам относят щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности без добавок или с минимальным количеством гидравлической добавки в его составе; заполнители должны быть чистые и фракционированные. 2. К рядовым материалам относят заполнители среднего качества, в том числе и гравий, портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент. 3. К материалам пониженного качества относят крупные заполнители низкой прочности, мелкие пески, цементы низкой активности.

После преобразования относительно В/Ц формулы (4.6) и (4.7) имеют следующий вид

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_{ц}}{R_b + 0,5 \cdot A \cdot R_{ц}} \quad \text{или} \quad \frac{B}{Ц} = \frac{A_1 \cdot R_{ц}}{R_b - 0,5 \cdot A_1 \cdot R_{ц}} \quad (4.8)$$

Максимальное В/Ц (СТБ 1544-2005) для бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях умеренной или высокой влажности (или на открытом воздухе, защищенных от дождя) класса ХС3 — 0,65, для конструкций, испытывающих попеременное высушивание и увлажнение (элементы мостовых конструкций; плиты дорожные и автостоянок) класса ХД3 — 0,45.

2. *Расход воды В* (в литрах на 1 м³) ориентировочно определяют исходя из заданной марки по удобоукладываемости бетонной смеси по таблицам или графикам, которые составлены с учетом вида и крупности зерен заполнителя (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси на плотных заполнителях

Удобоукладываемость бетонной смеси		Расход воды л/м ³ , при наибольшей крупности заполнителя, мм					
Осалка конуса, см	Жесткость, с	гравия			щебня		
		10	20	40	10	20	40
–	Ж4	150	135	125	120	160	150
–	Ж3	160	145	130	125	170	155
–	Ж2	165	150	135	130	175	165
–	Ж1	175	160	145	140	185	175
П1	–	190	175	160	155	200	190
П2	–	200	185	170	165	210	200
П3	–	215	200	190	180	225	215
П4	–	225	220	205	195	235	230

Примечание. Данная таблица справедлива для бетонной смеси на портландцементе с нормальной плотностью цементного теста 26-28% и песке средней крупности с $M_k=2$. На каждый процент повышения нормальной плотности цементного теста расход воды увеличивается на 3-5 л/м³, при уменьшении — сокращается на 3-5 л/м³; расход воды увеличивается при уменьшении модуля крупности на каждые 0.5 на 3-5 л/м³, а при увеличении модуля крупности на каждые 0.5 — уменьшается на 3-5 л/м³.

Удобоукладываемость бетонной смеси назначают в зависимости от толщины конструкции, насыщения ее арматурой, способов подачи и уплотнения смеси (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости (СТБ 1035-96)

Удобоукладываемость по показателю жесткости		Удобоукладываемость по показателю подвижности		Удобоукладываемость по показателю распылу конуса	
Марка	Жесткость (Ж), с	Марка	Осадка конуса (ОК), см	Марка	Распыл конуса (РК), см
СЖЗ	более 100	П1	1—4	РК-1	менее или равно 34
СЖ2	51—100	П2	5—9	РК-2	35—41
СЖ1	41—50	П3	10—15	РК-3	42—48
Ж4	31—40	П4	16—20	РК-4	49—55
ЖЗ	21—30	П5	21—25	РК-5	56—62
Ж2	11—20			РК-6	более 62
Ж1	5—10				

Примечание. 1. Марки по распылу конуса бетонной смеси устанавливаются для смесей марки по подвижности П4 и выше. 2. Марки бетонной смеси, приведенные в таблице, между собой не связаны. В отдельных случаях марка может назначаться при подборе состава по заданному значению за пределами таблицы. Для бетонов, уплотняемых по специальным технологиям, удобоукладываемость смеси не классифицируется. 3. Смесей марок СЖ1, СЖ2, СЖЗ относятся к группе сверхжестких; марок Ж1, Ж2, ЖЗ, Ж4 - жестких; марок П1, П2 - низкопластичных; марок ПЗ, П4, РК-1 - пластичных; марок П5, РК-2, РК-3, РК-4, РК-5, РК-6 - литых и самоуплотняющихся.

3. *Расход цемента Ц* (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по полученным значениям водоцементного отношения V/C и водопотребности смеси B .

$$C = \frac{B}{V/C} \quad (4.9)$$

Полученный расход цемента сравнивают с минимально допустимым и для дальнейших расчетов принимают наибольшее из этих значений. Минимально допустимый расход цемента (СТБ 1544, СТБ EN 206-1) для бетонных и железобетонных конструкций, находящихся в неагрессивной среде Х0 (фундаменты без армирования, не подвергаемые переменному замораживанию и оттаиванию; внутренние элементы зданий без армирования; железобетонные конструкции или бетонные с закладными деталями в очень сухой среде) — 220 кг/м³, для железобетонных конструкций, работающих в условиях умеренной или высокой влажности (или на открытом воздухе, защищенных от дождя) класса ХС3 — 260 кг/м³, для конструкций, испытывающих попеременное высушивание и увлажнение (элементы мостовых конструкций; плиты дорожные и автостоянок) класса ХД3 — 320 кг/м³.

4. *Расход щебня Ц (или гравия Г)* (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$Ц(Г) = \frac{1}{\frac{V_{н,Ц(Г)} \cdot \alpha}{\rho_{н,Ц(Г)}} + \frac{1}{\rho_{Ц(Г)}}}, \quad (4.10)$$

где $V_{н,Ц(Г)}$ – пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии, определяется как

$$V_{н,Ц(Г)} = 1 - \frac{\rho_{н,Ц(Г)}}{\rho_{Ц(Г)}}, \quad (4.11)$$

$\rho_{н,Ц(Г)}$ – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;

$\rho_{Ц(Г)}$ – плотность зерен щебня (гравия), кг/м³;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия), для пластичных смесей принимают по таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент α при B/C				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
250	–	–	1.26	1.32	1.38
300	–	1.3	1.36	1.42	–
350	1.32	1.38	1.4	–	–
400	1.4	1.46	–	–	–
450	1.45	–	–	–	–

Примечание. 1. При других значениях C и B/C коэффициент находят интерполяцией.
2. При применении мелкого песка с водопотребностью свыше 7% коэффициент уменьшается на 0.03 на каждый процент увеличения водопотребности песка; при применении крупного песка с водопотребностью ниже 7% коэффициент увеличивается на 0.03 на каждый процент уменьшения водопотребности песка.

5. Расход песка Π (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{B}{\rho_b} + \frac{Ш(C)}{\rho_{Ш(C)}} \right) \right] \cdot \rho_p \quad (4.12)$$

6. Определив расход компонентов C , B , $Ш(C)$, Π в кг на 1 м³ бетонной смеси, вычисляют расчетную среднюю плотность смеси

$$\rho_{б,см}^p = C + B + Ш(C) + \Pi \quad (4.13)$$

7. Определение фактического расхода материалов на 1 м³ бетонной смеси. После испытания бетонной смеси устанавливают фактический расход компонентов на 1 м³ бетона. Для этого сначала определяют номинальный состав бетона:

$$\frac{C}{C} : \frac{\Pi}{C} : \frac{Ш(C)}{C} \text{ при } \frac{B}{C} = Z, \quad \text{т. е. } 1 : X : Y \quad (4.14)$$

где X, Y – массовая часть песка и щебня соответственно, приходящаяся на одну массовую часть цемента: $X = \frac{\Pi}{C}$, $Y = \frac{Ш(C)}{C}$;

Z – числовой показатель водоцементного отношения.

Фактический расход составляющих на 1 м³ бетона определяют по формулам:

$$C_\phi = \frac{\rho_{ср,б,см}^\phi}{1 + X + Y + Z}; \quad \begin{aligned} \Pi_\phi &= C_\phi \cdot X; \\ Ш(C)_\phi &= C_\phi \cdot Y; \\ B_\phi &= C_\phi \cdot Z. \end{aligned} \quad (4.15)$$

8. Рабочий состав бетона определяют с учетом влажности заполнителей.

$$\begin{aligned} \Pi_p &= \Pi_\phi \cdot \left(1 + \frac{W_\Pi}{100} \right); \\ Ш(C)_p &= Ш(C)_\phi \cdot \left(1 + \frac{W_{Ш(C)}}{100} \right); \\ B_p &= B_\phi \cdot \left(1 - \left[\Pi_\phi \frac{W_\Pi}{100} + Ш(C)_\phi \frac{W_{Ш(C)}}{100} \right] \right), \end{aligned} \quad (4.16)$$

где W_Π , $W_{Ш(C)}$ – влажность песка и щебня (гравия), %.

9. Коэффициент выхода бетона представляет собой отношение объема бетонной смеси в уплотненном состоянии (принимают 1 м³) к сумме объемов сухих составляющих (цемента, песка, щебня или гравия) в естественном состоянии:

$$\beta = \frac{V_6}{V_d + V_n + V_{ш(\Gamma)}} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{н.ц}} + \frac{П}{\rho_{н.п}} + \frac{Ш(\Gamma)}{\rho_{н.ш(\Gamma)}}}, \quad (4.17)$$

где $\rho_{н.ц}$, $\rho_{н.п}$, $\rho_{н.ш(\Gamma)}$ – насыпные плотности цемента, песка, щебня (гравия), кг/м³.
Значение коэффициента выхода обычно находится в пределах 0.55...0.75.

10. Определение расхода материалов на замес бетоносмесителя с полезным объемом барабана V_B определяют по формулам:

$$\begin{aligned} Ц_v &= \beta \cdot \frac{V_6}{1} \cdot Ц_\phi; & П_v &= \beta \cdot \frac{V_6}{1} \cdot П_p; \\ B_v &= \beta \cdot \frac{V_6}{1} \cdot B_p; & Ш(\Gamma)_v &= \beta \cdot \frac{V_6}{1} \cdot Ш(\Gamma)_p; \end{aligned} \quad (4.18)$$

где V_B – полезный объем барабана бетоносмесителя, м³;

$Ц$, B_p , $П_p$, $Ш(\Gamma)_p$ – расход материалов с естественной влажностью на 1 м³ бетона, кг.

11. Прочность бетона определяется чаще всего в возрасте 28 суток, хотя в зависимости от времени нагружения конструкций может определяться и в другом возрасте. В таких случаях для расчета ориентировочной прочности используют формулу

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n}, \quad (4.19)$$

где n – фактический возраст бетона при нормально-влажностном режиме твердения, сут.

Предел прочности отдельного образца при сжатии f_c , МПа, с точностью до 0,1 МПа вычисляют по формуле

$$f_c = \alpha \cdot \frac{F}{A}, \quad (4.20)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь образца, мм²;

α – масштабный коэффициент для перевода к прочности образца базового размера с ребром 15 см, который определяют экспериментально или принимают по таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Вид и размеры образцов

Форма образца	Номинальные размеры образца	Минимальное значение α
Куб с ребром, мм	70	0.85
	100	0.91
	150	1.00
	200	1.05
	300	1.10
Цилиндры с диаметром и высотой, мм	70x140 и 100x200	1.16
	150x300	1.20
	200x400	1.24
	300x600	1.28

12. Пористость бетона плотной структуры вычисляют по формуле

$$П = \frac{B - wЦ}{1000} \cdot 100\%, \quad (4.21)$$

где B и $Ц$ – расход воды и цемента на 1 м³ бетона, кг;

w – количество химически связанной воды, в долях от расхода цемента.

Пример

Бетонная смесь со средней плотностью $\rho_{б,см}=2420 \text{ кг/м}^3$ и водоцементным отношением 0,5 имеет номинальный состав 1: X : Y = 1:2:4. Насыщенные и истинные плотности цемента, песка и гравия соответственно равны (в кг/м^3): $\rho_{н,ц}=1300$, $\rho_{н,п}=3100$; $\rho_{н,п}=1560$, $\rho_{н,г}=2650$; $\rho_{н,г}=1500$, $\rho_{гп}=2600$. Вычислить коэффициент α раздвижки зерен гравия цементно-песчаным раствором.

Решение:

Коэффициент раздвижки зерен гравия – это отношение абсолютного объема цементно-песчаного раствора в бетоне (V_p^a) к объему пустот крупного заполнителя ($V_{пг}$). Сумма абсолютных объемов цемента, песка и воды

$$V_p^a = V_{ц}^a + V_{п}^a + B.$$

Расход цемента:

$$Ц = \frac{\rho_{б,см}}{1 + X + Y + B/Ц} = \frac{2420}{1 + 2 + 4 + 0,5} = 323 \text{ (кг)}.$$

$$\text{Расход воды} \quad B = B/Ц \cdot Ц = 0,5 \cdot 323 = 161,5 \text{ (л/м}^3\text{)}.$$

$$\text{Расход песка} \quad П = X \cdot B/Ц = 2 \cdot 323 = 646 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

$$\text{Расход гравия} \quad Г = Y \cdot B/Ц = 4 \cdot 323 = 1292 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Абсолютный объем цементно-песчаного раствора в бетоне

$$V_p^{abc} = \frac{Ц}{\rho_{н,ц}} + B + \frac{П}{\rho_{н,п}} = \frac{323}{3,1} + 161,5 + \frac{646}{2,6} = 509,5 \text{ (л)}.$$

Пустотность крупного заполнителя

$$П_{гг} = \frac{\rho_{гг} - \rho_{н,г}}{\rho_{гг}} = \frac{2,6 - 1,5}{2,6} = 0,422.$$

Объем пустот в крупном заполнителе

$$V_{пг} = П_{гг} \cdot \frac{Г}{\rho_{н,г}} = 0,422 \cdot \frac{1292}{1,5} = 363,7 \text{ (л)}.$$

Коэффициент раздвижки зерен

$$\alpha = \frac{V_p^{abc}}{V_{пг}} = \frac{509,3}{363,7} = 1,42.$$

Задачи:

1. Бетон на щебне в возрасте 7 сут. нормального твердения показал предел прочности при сжатии 20 МПа. Определить активность цемента, если водоцементное отношение В/Ц=0,4. Заполнители применялись рядовые.
2. При водоцементном отношении В/Ц=0,5 получен тяжелый бетон прочностью при сжатии 30 МПа. Рассчитать прочность бетона при сжатии, если В/Ц=0,4.
3. Определить пористость П бетона в 28-суточном возрасте, если расход материалов на 1 м³ бетонной смеси составляет: цемент Ц=500 кг, вода В=200 л. Количество химически связанной воды w=0,15.
4. Определить водоцементное отношение бетонной смеси В/Ц, если к 28-суточному возрасту пористость бетона достигла П=12 %, количество химически связанной воды w=0,13, а расход цемента Ц=430 кг/м³.
5. Определить количество химически связанной воды w к 28 суткам в бетоне с пористостью П=9 % и водоцементным отношением В/Ц=0,4, если расход воды на 1 м³ В=220 л.

6. Для бетона с водоцементным отношением В/Ц=0,43, изготовленного на заполнителе повышенного качества и цементе активности 49 МПа определить ориентировочную прочность к 14 суткам твердения.
7. Определить размер ребра образца-куба, если при испытании на сжатие разрушающее усилие составило 243000 Н, а полученный предел прочности равен 10,8 МПа.
8. При проектировании состава тяжелого бетона в лаборатории расход компонентов на 1 м³ бетона составил: цемента – 300 кг, щебня – 1200 кг, песка – 600 кг, воды – 150 кг. Определить рабочий состав бетона, если в момент приготовления бетонной смеси влажность мелкого и крупного заполнителей была соответственно 7% и 4%.
9. При проектировании состава цементного бетона в лаборатории плотность его оказалась 2235 кг/м³; номинальный состав по массе был 1:1,9:4,1 при водоцементном отношении В/Ц=0,45. Определить расход составляющих материалов на 1 м³ бетона, если в момент приготовления бетонной смеси влажность песка была 7%, а гравия – 4,0%.
10. Определить минимально необходимую емкость бетоносмесителя и плотность бетонной смеси, если при одном замесе получается 2 т бетонной смеси состава 1:2:4 (по массе) при В/Ц=0,6 и коэффициенте выхода β=0,7. Насыпная плотность использованных материалов: песка – 1,6 т/м³, щебня – 1,5 т/м³ и цемента – 1,3 т/м³.
11. Определить коэффициент выхода и плотность цементного бетона, если для получения 555 м³ его израсходовано 162,5 т цемента, имеющего стандартную плотность в насыпном состоянии, 275 м³ песка и 525 м³ гравия. Израсходованные составляющие имели плотности в насыпном состоянии: песок 1600 и гравий 1500 кг/м³, водоцементное отношение В/Ц=0,4.
12. Номинальный состав тяжелого бетона по массе 1:2:4, водоцементное отношение В/Ц=0,5. Расход цемента на 1 м³ бетонной смеси составляет 300 кг. В бетонную смесь ввели добавку-пластификатор в количестве 0,6% от массы цемента (в пересчете на сухое вещество), при этом В/Ц снизилось на 10%, а средняя плотность снизилась на 5%. Рассчитайте полученную экономию цемента.

4.2 ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ НЕОБЖИГОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТИ, ГИПСА И ЦЕМЕНТА

Искусственные каменные необжиговые материалы получают из растворных или бетонных смесей на основе различных видов вяжущих веществ. По виду вяжущего их разделяют на три группы: силикатные (СТБ 1228-2000; гипсовые (СТБ 1230-2000) и гипсобетонные (ГОСТ 9574-90, ГОСТ 27563-87); асбестоцементные (хризотилцементные) (СТБ 4.202-98, СТБ 1118-2008, ГОСТ 31416—2009). Каждая из групп материалов обладает рядом специфических особенностей, которые надо учитывать при их применении в строительстве

Пример

Сколько нужно песка и извести по массе для изготовления 1000 штук силикатного кирпича? Средняя плотность силикатного кирпича 1750 кг/м³ при его влажности 6% (по массе). Содержание СаО в сухой смеси составляет 8,5% по весу. Активность извести, применяемой для изготовления силикатного кирпича – 80%.

Решение:

Размеры силикатного кирпича 0,25×0,12×0,065 м.

Масса 1000 штук силикатного кирпича составляет

$$m_1 = 1000 \cdot V_{\text{ок}} = 1000 \cdot (a \cdot b \cdot h) \cdot \rho_{\text{ок}} = 1000 \cdot (0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065) \cdot 1750 = 3412,5 \text{ (кг)}.$$

При влажности кирпича 6% массу сухого кирпича можно определить из формулы (1.6)

$$m_2 = \frac{m_1}{1,06} = \frac{3412,5}{1,06} = 3219 \text{ (кг)}.$$

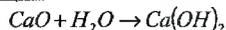
Содержание CaO в сухой смеси

$$m_{CaO} = m_2 \cdot n\%_{CaO} = 3219 \cdot 0,085 = 273,6 \text{ (кг)}.$$

Расход негашеной извести, содержащей 80% CaO

$$m_{н.И} = \frac{m_{CaO}}{0,8} = 273,6 : 0,80 = 342 \text{ (кг)}.$$

Расход воды на гашение извести определяют исходя из молекулярных масс реакции



$$273 \rightarrow x$$

$$56 \rightarrow 18$$

$$m_B = m_{CaO} \cdot \frac{18}{56} = 273,6 \cdot \frac{18}{56} = 87,9 \text{ (кг)}.$$

Расход сухого песка

$$m_{с.П} = m_2 - m_{н.И} - m_B = 3219 - 342 - 87,9 = 2789,1 \text{ (кг)}.$$

Расход влажного песка

$$m_{в.П} = m_{с.П} \cdot 1,04 = 2789,1 \cdot 1,04 = 2900,7 \text{ (кг)}.$$

Задачи:

1. Рассчитать расход материалов по массе (количество извести, воды для гашения, песка сухого и влажного) для изготовления 1000 штук силикатного кирпича. Средняя плотность силикатного кирпича 1850 кг/м^3 при влажности его 6%. Содержание CaO в сухой смеси 8% по массе. Активность извести 90%, песок имеет влажность 5,5%.
2. Определить марку силикатного кирпича по СТБ 1228-2000, если при испытаниях были получены следующие значения прочности при сжатии: 16,0 МПа, 14,6 МПа, 15,5 МПа, 14,9 МПа, 12,8 МПа. Средний из пяти испытаний предел прочности при изгибе составил 2,9 МПа.

Таблица 4.10 – Марки кирпича силикатного

Марка изделия	Предел прочности, не менее, МПа					
	при сжатии		при изгибе			
	всех видов изделий		одинарного и утолщенного полнотелого кирпича		одинарного и утолщенного пустотелого кирпича	
средний для пяти образцов	наименьший из пяти значений	средний для пяти образцов	наименьший из пяти значений	средний для пяти образцов	наименьший из пяти значений	
300	30,0	25,0	4,0	2,7	2,4	1,8
250	25,0	20,0	3,5	2,3	2,0	1,6
200	20,0	17,5	3,2	2,1	1,8	1,3
175	17,5	15,0	3,0	2,0	1,6	1,2
150	15,0	12,5	2,7	1,8	1,5	1,1
125	12,5	10,0	2,4	1,6	1,2	0,9
100	10,0	7,5	2,0	1,3	1,0	0,7
75	7,5	5,0	1,6	1,1	0,8	0,5

3. Рассчитать расход материалов для изготовления 100 м^2 гипсошлаковых плит для перегородок толщиной 10 см. Состав гипсошлака 1:2 по объему. Объем пустот в шлаке 60%. Водогипсовое отношение 0.5. Средняя плотность полуводного гипса 710 кг/м^3 .

5 МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

Металлы — вещества, обладающие, как строительные материалы, целым комплексом ценных свойств — большой прочностью, пластичностью, свариваемостью, выносливостью; способностью упрочняться и улучшать другие свойства при термомеханических и химических воздействиях. В чистом виде металлы, вследствие недостаточной прочности, твердости и высокой пластичности, применяются редко. Главным образом они используются в виде сплавов с другими металлами и неметаллами. Сплавами называют вещества, полученные преимущественно сплавлением нескольких металлов или металлов с неметаллами. *Чугун* — сплав железа с углеродом (более 2.14%). *Сталь* — сплав железа с углеродом (не более 2.14%), является основным конструкционным материалом, применяемым в строительстве. При содержании углерода $C < 0.25\%$ сталь называется *низкоуглеродистой*, при $C = 0.25-0.6\%$ — *среднеуглеродистой*, $C > 0.6\%$ — *высокоуглеродистой*. Для улучшения свойств стали в состав вводят легирующие добавки. В зависимости от содержания добавок различают *низколегированные* ($< 2,5\%$), *среднелегированные* (2,5-10%), *высоколегированные* ($> 10\%$) стали. В строительстве в основном применяются низколегированные и низкоуглеродистые конструкционные стали.

Углеродистые стали по области применения подразделяют на конструкционные (качественные и обыкновенные) и инструментальные; по степени раскисления: спокойные (*сп*) — полностью раскислены; кипящие (*кп*) — нераскисленные; полуспокойные (*пс*) — занимают промежуточное положение. Углеродистая сталь *обыкновенного качества* подразделяется на три группы: **А** — с гарантированными механическими свойствами; **Б** — с гарантированным химическим составом; **В** — с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. Марки стали: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Перед маркой стали ставится буква, обозначающая группу, после марки стали — индекс раскисления. Если при маркировке углеродистой стали не указана степень раскисления, то сталь спокойная (*сп*). По требованиям ударной вязкости стали разделены на 6 категорий. Сталь *углеродистая качественная* конструкционная выпускается следующих марок: 05, 08, 10, 11, 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60. Цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента; после марки стали — индекс раскисления. *Инструментальная* сталь имеет марки У7-У13; подразделяется на качественную и высококачественную (в обозначении после цифры стоит буква «А»).

По назначению легируемые стали бывают: конструкционные, инструментальные и специальные. Легируемые стали маркируются следующим образом: первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента, если одна цифра — в десятых долях процента (для инструментальных сталей). Буквы обозначают легирующие элементы: **Х** - хром, **Е** - селен, **Р** - бор, **К** - кобальт, **Н** - никель, **Г** - марганец, **П** - фосфор, **Ц** - цирконий, **А** - азот, **Д** - медь, **Ю** - алюминий, **Ф** - ванадий, **В** - вольфрам, **Б** - ниобий, **М** - молибден. Цифра за буквой обозначает

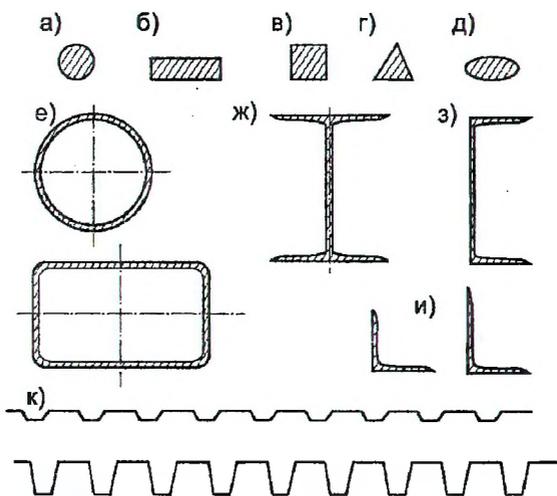
содержание данного элемента в %. Если цифры нет, содержание элемента менее 1%. Буква «А» в конце обозначения указывает на то, что сталь высококачественная.

Рациональные марки сталей для строительных конструкций выбирают исходя из их вида, назначения, ответственности, режима и условий работы и эксплуатации.

Основные цветные металлы и сплавы, применяемые в строительстве, — это алюминий и его сплавы (силумины, магнелии, дуралюмины и др.), медь и ее сплавы (латунь, бронза). Силумины — сплавы алюминия с кремнием (до 14%). Латунь — сплав меди с цинком. Марки латуни: Л 96, Л 90 (томпак); Л 85, Л 80 (полутомпак); Л 70, Л 68, Л 62 (латунь). Цифра указывает содержание меди в процентах. Специальные латуни: ЛА 77-2 (содержание меди 77%, алюминия 2%, цинка 21%); ЛАЖ 60-1-1 (содержание меди 60%, алюминия 1%, железа 1%, цинка 38%). Бронза — сплав меди с оловом, алюминием, кремнием, свинцом, бериллием и др. Примеры маркировки бронзы: БрОЦСН 3-5-7-1 оловянистая бронза, содержащая 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, 1% никеля, 84% меди; БрАЖН 10-4-4 алюминистая бронза, содержащая 10% алюминия, 4% железа, 4% никеля, 82% меди.

Сортамент прокатного металла и металлоизделий.

В строительстве применяется листовая сталь и различные профили (рисунок 5.1), которые идут на изготовление балок, ферм, кровель и других конструкций.



а) круг; б) полоса; в) квадрат; г) треугольник; д) овал; е) трубы;
 ж) двутавр; з) швеллер; и) уголки равнополочные и неравнополочные;
 к) профилированный настил

Рисунок 5.1 – Основные виды прокатной стали

Листовая сталь: *толстолитовая* (листы толщиной от 4 до 160 мм, шириной от 600 до 3600 мм, длина до 12 м); *тонколистовая* (толщина до 4 мм, ширина 600-1400 мм, длина до 4 м); *широкополосная* (толщина от 4 до 60 мм, ширина 160-1050 мм длина до 18 м); *полосовая* (толщина от 4 до 60 мм); *рифлёная* (толщина от 2,5 до 8 мм) для устройства настилов.

Профильная сталь: *уголковые* профили (равнополочные и неравнополочные); *швеллеры*; *двутавры*; *трубы*; *гнутые и сварные* профили.

Арматурная сталь. В качестве ненапрягаемой арматуры железобетонных конструкций следует применять арматуру классов S240, S400, S500. По способу производства арматура может быть горячекатаной, термомеханически упрочненной, холоднодеформированной. При обозначении арматуры после указания класса по СНБ 5.03.01 следует указывать обозначение арматуры по стандарту, регламентирующему качество арматуры, например: S400; таблицы соответствия обозначений приведены в технических нормативно-правовых актах.

Пример

Образец углеродистой стали испытывался на твердость на прессе Бринелля шариком 10 мм под нагрузкой 30 кН. Получены три отпечатка с диаметрами соответственно 5,09, 5,15, 5,12 мм. Определить предел прочности стали при растяжении и марку.

Решение:

Твердость материалов по Бринеллю и предел временного сопротивления связаны между собой, что позволяет по показателям твердости определить прочностные свойства материалов. *Твёрдость* является одним из основных механических свойств любого конструкционного материала. Под твердостью понимают способность материала сопротивляться внедрению в его поверхность твердого тела — *индентора*. При стандартном методе измерения твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012) в поверхность материала вдавливают закаленный стальной шарик диаметром 10, 5 или 2,5 мм при действии нагрузки от 5000 Н до 300000 Н. После снятия нагрузки на поверхности остается отпечаток в виде сферической лунки диаметром d (рисунок 5.2). Диаметр лунки измеряют лупой, на окуляре которой нанесена шкала с делениями, или микроскопом. Число твердости по Бринеллю НВ определяют путем деления нагрузки P на площадь поверхности сферического отпечатка:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (5.1)$$

где P - нагрузка, Н;

d - диаметр отпечатка, мм,

D - диаметр вдавливаемого шарика, мм.

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2 \cdot 30\,000}{3,14 \cdot 10 \cdot (\sqrt{10^2 - 5,12^2})} = 222$$

Число твердости по Бринеллю записывают без единиц измерения.

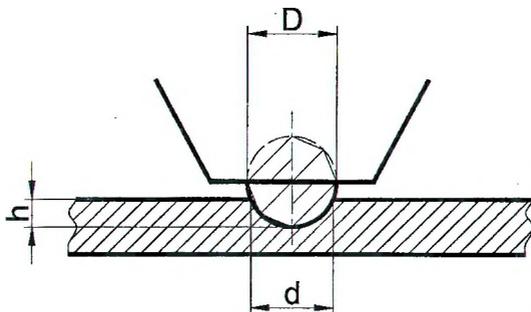


Рисунок 5.2 – Определение твердости по Бринеллю

Между числом твердости по Бринеллю (HB) и пределом прочности на растяжение (σ_B) существует приближенная зависимость:

$$\sigma_B = RHB, \quad (5.2)$$

где R для стали с $HB < 175$ составляет 0,34, а для стали с $HB > 175$ - 0,36. Наличие этой зависимости позволяет в ряде случаев использовать метод Бринелля для приближенного определения предела прочности металлов, не прибегая к сложным испытаниям на растяжение. На практике при измерении твердости расчет по указанной выше формуле не производят, а используют заранее составленные таблицы, указывающие значение HB в зависимости от диаметра отпечатка и выбранной нагрузки. Чем меньше диаметр отпечатка, тем выше твердость материала.

$$\sigma_B = RHB = 0.36 \cdot 222 = 79.9 \text{ (МПа)}.$$

Способ измерения по Бринеллю не является универсальным. Его используют для материалов малой и средней твердости: сталей с твердостью $\leq 450 HB$, цветных металлов с твердостью $\leq 200 HB$ и т. п.

Задачи:

1. При испытании стали по методу Бринелля диаметр отпечатка шарика 10 мм под нагрузкой 30 кН составил 4 мм. Определить твердость стали HB .
2. При испытании медного образца по методу Бринелля диаметр отпечатка шарика 10 мм под нагрузкой 30 кН составил 6 мм. Определить твердость меди HB .
3. Расшифровать состав латуней ЛМц 58–2; ЛЖМц 59–1–1; ЛН 65–5.
4. Расшифровать состав бронзы БроЦС 8–4–3.
5. Расшифровать состав сталей 12ГН2МФАЮ; 18Г2АФис; 10ХНДП.
6. Образец стали диаметром 10 мм и длиной 100 мм разрушился при нагрузке 30 кН, текучесть наступила при нагрузке 17,5 кН. Длина рабочей части образца после разрыва составила 125 мм. Найдите предел прочности при растяжении, предел текучести, относительное удлинение. Какая это может быть марка стали?

6 ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина обладает сравнительно высокой прочностью при небольшой средней плотности, упругостью, малой теплопроводностью, хорошими технологическими свойствами. Благодаря этим положительным качествам и относительно небольшой стоимости древесина весьма широко применяется в строительстве. Однако как строительный материал древесина имеет ряд недостатков, к которым можно отнести следующие: анизотропность, гигроскопичность, загниваемость и лёгкая воспламеняемость, наличие пороков.

Изменение влажности древесины влекут за собой изменения размеров и формы досок, брусьев и других изделий из древесины. Вычисляют Y_V (%) объёмную усушку древесины без учёта продольной усушки по формуле

$$Y_V = \frac{ab - a_0 b_0}{a_0 b_0} 100, \quad (6.1)$$

где a, b – размеры поперечного сечения образца при данной начальной влажности, см (мм);

a_0, b_0 – размеры поперечного сечения образца в абсолютно сухом состоянии, см (мм).

Показателем усыхания древесины при удалении из нее гигроскопической влажности является коэффициент объёмной усушки K_0 , вычисляемый по формуле

$$K_0 = \frac{Y_V}{W_{\text{гг}}}. \quad (6.2)$$

В этой формуле среднее значение предела гигроскопичности принято равным 30%.

Все показатели физико-механических свойств древесины должны приводиться к стандартной влажности 12%. Прочность древесины при различных условиях нагружения пересчитывают на стандартную влажность, в зависимости от влажности образцов при испытании. Если влажность образцов меньше предела гигроскопичности (30 %), то пересчет осуществляется по формуле

$$R_{12} = R_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (6.3)$$

где α – поправочный коэффициент, равный 0,04 на 1% влажности (кроме скальвания);

W – влажность образца в момент испытаний;

R_w – предел прочности образца с влажностью в момент испытаний, %.

Для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности, определяют R_{12} предел прочности на сжатие вдоль волокон по формуле

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}, \quad (6.4)$$

где K_{12}^{30} – коэффициент, равный 0,550 – для дуба, липы, ольхи, вяза и др.; 0,450 – для сосны, бука; 0,4 – для берёзы и лиственницы.

Для образцов с влажностью, большей или равной влажности предела гигроскопичности, предел прочности на сжатие поперёк волокон R_w пересчитывается на 12% влажности до 0,1 МПа по формуле

$$R_{12} = R_w \cdot K_{12}, \quad (6.5)$$

где K_{12} – коэффициент при $W=30\%$, равный 1,67 для лиственных пород в обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии; 2,45 – при тангенциальном сжатии для хвойных пород.

Предел прочности древесины R_{mv} на статический изгиб для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности

$$R_{w12} = \frac{R_{mv}}{K_{12}^{30}}, \quad (6.6)$$

где K_{12}^{30} — коэффициент пересчёта, равный 0,615 (для дуба, липы, ольхи, ясеня, вяза, акации), 0,580 (для сосны, бука, пихты, тополя, ивы, бука), 0,550 (для берёзы, ели, лиственницы, ореха, граба).

Прочностные свойства древесины в значительной степени зависят от её средней плотности, которая непосредственно зависит от процентного содержания в дереве поздней древесины. Отсюда вытекает возможность приближённой оценки прочности древесины по процентному содержанию поздней древесины. Ориентировочный предел прочности производится по эмпирическим формулам:

$$R_{сж} = 0.6m + 30, \text{ МПа} \quad (\text{для сосны}), \quad (6.7)$$

$$R_{сж} = 0.32m + 29.4, \text{ МПа} \quad (\text{для дуба}), \quad (6.8)$$

где m — содержание поздней древесины, %.

Виды лесных материалов и деревянных изделий.

Лесные материалы могут быть:

- *необработанные* (круглые): сваи, стойки, фермы, мачты, подпорные стойки и т. д.;
- *обработанные*: пиленые; полуфабрикаты; заготовки и др.

По характеру обработки пиломатериалы делятся на необрезные; обрезные; обрезные с одной стороны (рисунок 6.1).

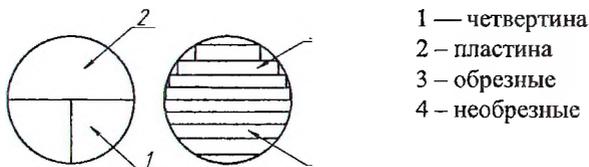


Рисунок 6.1 – Виды пиломатериалов

Виды пиломатериалов:

- Доска: $b \geq 2h$ (до 100 мм);
- Брусок: $b \leq 2h$ (до 100 мм);
- Брус: $b \leq 2h$ ($h > 100$ мм);
- Шпалы;
- Шашки (четырёх- и шестигранной формы).

Полуфабрикаты и заготовки – пиломатериалы, прирезанные к заданным размерам с припусками на обработку и усушку;

- Шпунтованные доски или брусья;
- Профильные изделия (плинтуса, наличники, поручни и т. д.);
- Паркет. Виды паркета: *штучный* (планочный) изготавливается из декоративных и прочных пород древесины (дуба, бука, ясеня), длиной обычно меньше 40 см, толщиной 15÷18 см; *щитовой* (наборный) – представляет собой основание из досок или брусьев, на которые наклеен паркет, набранный из отдельных планок; *паркетные доски* – состоят из реечного основания, позволяющего избежать коробления, на которое наклеены паркетные планки.

Фанера представляет собой листовый материал, склеенный из n слоев лущеного шпона. Верхний слой «рубашка» должен быть без дефектов, «серединки» могут быть хуже. Слои располагаются перпендикулярно друг к другу либо под углом 45°, 30°, 60° к волокнам серединок из тонких листов древесного шпона. Виды: ФСФ – фанера на формальдегидной смоле, имеет повышенную водостойкость; ФК – на карбамидном клее, имеет среднюю водостойкость; ФБ – на казеиновом клее, имеет низкую водостойкость; бакелизованная – фанера (ФСБ), полученная из целых листов берёзового шпона, пропитанного и склеенного формальдегидным клеем. Имеет повышенную водостойкость и атмосферостойкость.

Столярные изделия – это оконные и дверные блоки, столярные перегородки, шитовые двери.

ДВП (древесноволокнистые плиты) и ДСП (древесностружечные плиты). ДВП изготавливаются путем горячего прессования древесных волокон, воды, наполнителя, полимера и антисептиков, антипиренов и гидрофобизирующих веществ. ДСП получают путем горячего прессования специально приготовленных древесных стружек с термореактивными жидкими полимерами (карбамидными или фенолформальдегидными), с добавлением антисептиков, антипиренов, гидрофобизирующих веществ.

Кровельные материалы – это гонт, шиндель, дрань.

Строительные детали и конструкции. Из дерева изготавливают клееные балки, фермы, оболочки, купола, панели стен, рамные конструкции и т. д. Применение клееных конструкций позволяет использовать древесину рационально по высоте сечения, использовать короткие пиломатериалы (их можно склеивать по длине), изготавливать конструкции различного сечения.

Пример

Образец древесины дуба размером $a=2$ см, $b=2$ см, $h=3$ см разрушился при нагрузке 12800 Н; влажность древесины 21 %. Определить коэффициент конструктивного качества данной древесины при средней плотности 680 кг/м³.

Решение:

Предел прочности при сжатии при влажности 21%

$$R_{сж,21} = \frac{F}{A} = \frac{12\,800}{0,02^2} = 32 \text{ (МПа)}.$$

Предел прочности при сжатии при стандартной влажности

$$R_{сж,12} = R_{сж} [1 + \alpha(W - 12)] = 32 \cdot [1 + 0,04(21 - 12)] = 20,48 \text{ (МПа)}.$$

Коэффициент конструктивного качества

$$К.К.К. = \frac{R_{сж,12}}{d} = \frac{20,48}{0,68} = 30,12 \text{ (МПа)}.$$

Задачи:

1. Масса образца стандартных размеров, вырезанного из древесины дуба в естественных условиях равна $m=9,25$ г. При сжатии вдоль волокон предел прочности $R=43,1$ МПа. Определить влажность W , плотность ρ и предел прочности при равновесной влажности для данного образца, если масса сухо-го образца равна $m_c=6$ г.
2. Определить плотность древесины сосны при влажности $W=25\%$, если при влажности $W=10\%$ плотность древесины $\rho=450$ кг/м³, а коэффициент объемной усушки равен 0,5.
3. Масса 1 м³ сосны при стандартной влажности 540 кг. Определить коэффициент конструктивного качества, если при сжатии вдоль волокон стандартного образца с влажностью $W=20\%$ разрушающая нагрузка составила 18 кН.
4. Определить ориентировочную прочность сосны и дуба, если известно, что количество поздней древесины составило соответственно 25 % и 68 %.
5. Примерно во сколько раз дуб прочнее сосны при сжатии вдоль волокон, если известно, что дуб тяжелее сосны в 1,35 раза, а средняя плотность сосны при 15% влажности равна 520 кг/см³?
6. Какое количество огнезащитного состава необходимо для покрытия наружной поверхности стен временного здания площадью 84 м² при ширине 6 м и высотой 3 м. Площадь дверных и оконных проемов составляет 18%. Расход краски 1050 г/м².
7. Образец древесины размером 12x12x8 см после высушивания до нулевой влажности имеет размеры 11,5x11,5x7,8 см. Определить значение объемной усушки и коэффициент объемной усушки.

7 ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

К органическим вяжущим веществам относят битумы, дегти. Они представляют собой смесь высокомолекулярных органических соединений, получаемых из нефти, горючих сланцев, каменного угля, древесины, торфа или битуминозных пород.

Битумы — это сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их кислородных, сернистых и азотистых производных. Битумы, как органические вяжущие, имеют следующие свойства: пластичность при нагревании и быстро увеличивающаяся вязкость при охлаждении; гидрофобность; водонепроницаемость; стойкость к действию кислот, щелочей, агрессивных жидкостей и газов; способность прочно сцепляться с металлом, с деревом, каменными материалами. **Битумы** бывают природные и искусственные. Искусственные в свою очередь подразделяются на нефтяные, сланцевые и торфяные. В строительстве применяют в основном нефтяные битумы. В зависимости от физико-механических свойств битумы подразделяются на вязкие, твердые и жидкие.

К материалам на основе битумов и дегтей относят: *мастики битумные и дегтевые, эмульсии и пасты, асфальтобетоны и дегтебетоны, рулонные материалы.*

Мастиками называют пластичные вещества, состоящие из вяжущих веществ, минеральных наполнителей и добавок. По виду вяжущего они подразделяются на битумные, битумно-резиновые, битумно-дегтевые, битумно-полимерные. В качестве минеральных наполнителей применяют тонкомолотые порошки из известняка, доломита, угольную пыль, трепел, золу твердых видов топлива, хризотил-асбест, короткие волокна минеральной и стеклянной ваты.

Эмульсия — это дисперсная система, состоящая из двух практически нерастворимых друг в друге жидких фаз, хотя бы одна из которых равномерно распределена в виде мельчайших капелек в другой. Битумные *эмульсии* являются дисперсией битума в воде с содержанием битума 40-60%. **Пасты** — высококонцентрированные эмульсии с содержанием битума 60-70% и твердых эмульгаторов. Эмульсии и пасты применяют для холодной обработки дорожных покрытий, окраски кровель, устройства гидро- и пароизоляционных покрытий, гидрофобизации поверхностей.

Асфальтобетонная смесь — рационально подобранная смесь минеральных материалов — щебня (гравия), песка, минерального порошка — с вяжущим, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии (СТБ 1033-2004).

Асфальтобетон — уплотненная асфальтобетонная смесь. Применяют его для дорожных и аэродромных покрытий, полов, для гидроизоляций.

Рулонные материалы (ГОСТ 30547-97, СТБ EN 13969-2008) выпускают в виде свертков цилиндрической формы. На основе битума изготавливают рубероид, экарбит, гидростеклоизол, армобитеп, гидроизол, фольгоизол, изол, стеклоизол и др. Такие материалы, как кровляэласт, биполикрин и др. маркируются по СТБ 1107-98. В обозначении марки материала по СТБ 1107-98 указывают: на-

значение (кровельный *К*, гидроизоляционный *Г*, в т. ч. для гидроизоляции мостового полотна *Гм*), вид вяжущего (битумные *Б*, битумно-эластомерные *БЭ*, битумно-пластомерные *БП*); вид основы (стеклохолст *СХ*, стеклоткань *СТ*, полиэфирный холст *ПХ*, полиэфирная ткань *ПТ*), вид защитного слоя (крупнозернистая (цветная) посыпка *К(Ц)*; мелкозернистая посыпка *М*; пылевидная посыпка *П*; металлическая фольга *МФ*, полимерная пленка *ПП*); указания массы 1 м² материала в килограммах или толщины в миллиметрах (в соответствии с заказом); обозначения стандарта.

Пример

Подсчитать расход материалов для изготовления 1000 кг мастики для приклейки рубероида к бетонному основанию.

Решение:

Приклеивающие мастики для рубероида имеют состав: битум 70-90%, наполнитель 30-10%. Принимая для задачи количество битума (*Б*) – 80%, наполнителя (*Н*) – 20% на 1000 кг мастики, необходимо:

$$B = \frac{80 \cdot 1000}{100} = 800 \text{ (кг)}.$$

$$H = \frac{20 \cdot 1000}{100} = 200 \text{ (кг)}.$$

Задачи:

1. Что обозначают буквы и цифры в марке материала БН 90/10, БНК 90/40, БНД 90/130?
2. Определить расход материалов для изготовления 200 кг битумной пасты с эмульгатором в виде негашеной извести. Состав пасты принять следующий: битум 45...50%, вода 38...47%, эмульгатор 8...12%.
3. Определить требуемое количество материалов для приготовления 300 кг битумной пасты с эмульгатором из негашеной извести, если известно, что битума содержится в пасте 50%, а эмульгатора – 10%.
4. Определить расход материалов для приготовления 1 т горячей битумной мастики, если известно, что содержание волокнистого наполнителя составляет 12...15%, а пылевидного – 25...30%.
5. Подобрать состав компаунда (сплав битума) с температурой размягчения $T=40^{\circ}\text{C}$ на основе двух марок битумов с температурой размягчения $T_1=50^{\circ}\text{C}$ и $T_2=25^{\circ}\text{C}$.
6. Найти оптимальное соотношение между битумами с температурой размягчения 40°C и 90°C , необходимое для изготовления мастики с теплостойкостью 85°C .
7. Что обозначает маркировка материалов: К-СХ-БЭ-М/П-4,5 кг СТБ 1107-98, Г-ПХ-БП-П/ПП-3,0 мм СТБ 1107-98.

8 ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Полимерные материалы (пластические массы) – материалы, содержащие в качестве важнейшей составной части высокомолекулярные соединения — полимеры природного или искусственного происхождения. **Полимеры** – высокомолекулярные соединения, построенные из большого числа одинаковых звеньев. Молекулярная масса этих веществ достигает сотен тысяч и млн единиц. Такие соединения являются главной составляющей полимерного материала — *связующим*, выполняющим роль полимерной матрицы. По химическому характеру реакций, лежащих в основе получения синтетических полимеров, их разделяют на *полимеризационные* и *поликонденсационные*.

Таблица 8.1 — Применение полимерных веществ для производства строительных материалов и изделий

Полимер	Применение
1	2
<i>Полимеризационные полимеры</i>	
Полиэтилен	изготовление водопроводных и канализационных труб, пленок, облицовочных изоляционных или прокладочных листов толщиной 1-2 мм, лаков, клеев, мастик
Полистирол	изготовление облицовочных плиток, вентиляционных решёток, санитарно-технических изделий, теплоизоляционных материалов
Поливинилхлорид	изготовление водопроводных и канализационных труб, плиток для полов, погонажных изделий и рулонных материалов (линолеума, релина, декоративной пленки, пенопласта и др.)
Поливинилацетат	изготовление водоземлюсионных красок, клеев, лаков, мастик, полимерцементов и полимербетонов.
<i>Поликонденсационные полимеры</i>	
Фенолоальдегидные полимеры	в качестве связующего для изготовления древесных плит, фанеры, антикоррозионных замазок, пластбетонов, клеевых композиций, газонаполненных пластмасс
Аминоальдегидные полимеры	изготовление облицовочных плиток, декоративного слоистого пластика, древесноволокнистых, древесностружечных плит, минора
Эпоксидные полимеры	изготовление клея, лаков, красок, литьевых композиций, замазок, мастик, слоистых пластиков и пластбетонов
Кремнийорганические полимеры	в качестве гидрофобизирующих веществ, для получения прессованных порошков и стеклотекстолитов
Полиэфирные алкидные или глифталевые ненасыщенные полимеры	– в качестве лаков, дающих прозрачные неплавкие и нерастворимые пленки, для приготовления мастик и изготовления линолеума; – листы стеклопластика, ванны, вентиляционные короба, душевые кабины, двери, карнизы, пансли, изготовление лаков, клеев, пластбетонов, шпаклевок и замазок и др.

Компоненты пластмасс: наполнители, пластификаторы, сшивающие агенты, структурообразователи, красители, стабилизаторы, порообразователи, смазки, антистатик, антипирены, антисептики.

Основные виды полимерных материалов, применяемых в строительстве.

1. Материалы для полов

Поливинилхлоридный линолеум. Наиболее популярный вид линолеума. Разновидности линолеума: на теплозвукоизолирующей основе; на тканой и нетканой подоснове; трудновоспламеняемый; покрытие полов поливинилхлоридное специ-

ального назначения; однослойный маслобензостойкий; сварные ковры на основе поливинилхлоридного линолеума на теплозвукоизолирующей подоснове. *Линолеум ПВХ* получают на основе суспензионной или эмульсионной поливинилхлоридной смолы, пластификатора – дибutilфталата, наполнителя (каолин, тальк, асбест и др.) и пигмента промазным, вальцово-каландровым, экструзионно-каландровым или экструзионным способами. Средняя плотность безосновного линолеума 1710–1900 кг/м³, на тканевой основе 1290 кг/м³, водопоглощение 3–5 %, истираемость 0,03–0,06 г/см². Применяется для устройства полов в жилых, общественных и некоторых промышленных зданиях, для покрытия лестничных площадок, ступеней, коридоров. Не рекомендуется использование линолеума на тканевой основе в помещениях с повышенной влажностью.

Высококачественные *износостойкие многослойные покрытия* имеют состав: подоснова из слоя наполненного поливинилхлорида; слой стекловолокна в роли «скелета», обеспечивающего неизменность формы; износостойкий слой чистого очень прочного поливинилхлорида толщиной 0,7 мм; слой полиуретанового защитного покрытия. Толщина покрытия – 2 мм.

Износостойкий слой *покрытия с повышенным сопротивлением скольжению* содержит твердые частицы (кварц). Они распределены равномерно в массе либо вынесены на поверхность материала. Рабочая поверхность упрочняется слоем полиуретана, имеет рифленый рисунок (тисненые «шашечки» или «островки»).

Современные поливинилхлоридные *покрытия с имитацией фактуры и цветовых оттенков натурального камня*. Декоративные качества покрытию придают «чистые» цвета, полутона и перламутровые «чипсы» — разноцветные мелкие или крупные вкрапления, проникающие на всю глубину материала. Покрытия усилены полиуретаном, что позволяет продлить срок службы, повышает устойчивость покрытий к загрязнению, химическим воздействиям, воздействию роликовых колес.

Спортивные *рулонные гетерогенные покрытия* толщиной 7,4 мм. Слои — вспененная поливинилхлоридная основа (примерно 75 % толщины), служащая амортизатором; армирующая сетка из нетканого стекловолокна; поливинилхлоридная пленка, нанесенная методом каландрирования. Выпускаются покрытия, пропитанные составами бактерицидного действия и снижающими адгезию покрытия к различным видам загрязнения.

Резиновый линолеум (релин) – двухслойный рулонный материал. Верхний слой изготавливают на основе синтетических каучуков СКБ и СКМС, а нижний – из смеси битума и старой резины вальцово-каландровым методом. Обладает эластичностью, гигиеничностью, химической стойкостью. Средняя плотность 1170 кг/м³, истираемость 0,03–0,05 г/см², водопоглощение до 1%. Современные *высококачественные резиновые напольные покрытия* очень износостойки и долговечны, антистатичны, не скользят, снижают нагрузку на опорно-двигательный аппарат человека. Они отличаются экологической чистотой, легкостью ухода, пространственной стабильностью, хорошими противопожарными характеристиками, химической стойкостью. *Эластичные резиновые полы* для спортзалов повышают результативность и снижают риск травм у спортсменов, не скользят, мгновенно восстанавливают форму, хорошо амортизируют удары, долговечны, просты в обслуживании. Выпускаются с верхним слоем из дерева, винила, резины, пропилена.

Плитки фенолитовые изготавливают из фенолоформальдегидных прессовочных порошков методом прессования. Отличаются повышенной водо-, тепло-, морозо-, кислотостойкостью, паронепроницаемостью и износостойчивостью. Средняя плотность 1400 кг/м^3 , истираемость $0,02\text{-}0,04 \text{ г/см}^2$, водопоглощение не более 0.1%. Применяются для устройства полов в помещениях с высокой агрессивностью.

Износостойкая ковровая плитка выпускается на поливинилхлоридной основе размером 457×457 мм и может армироваться стекловолокном; ворс — нейлоновое волокно. Такая плитка может монтироваться к основанию при помощи фиксаторов, магнитного крепления; места стыков практически неразличимы.

Поливинилхлоридная полужесткая плитка изготавливается из композиции поливинилхлоридных смол и известняка трех типов: сплошной осколочно-зернистой структуры, с зернистым слоем и с вкраплениями. Благодаря декоративному слою маскируются все дефекты покрытия. Плитка практически не изнашивается. На основе такой же композиции выпускается *плитка, препятствующая скольжению* («степмастер»).

Покрывтия на основе химических волокон. Рабочая поверхность изготавливается из 100% полиамидного волокна и отличается очень высокой плотностью. Для печатного рисунка используются нити специфического строения, придающие покрытию структурные особенности (снижают оптический эффект загрязнения). В качестве подложки используется 100% полиэстер. Безворсовые сверхплотные ковры антистатичны, износостойчивы, экологичны.

Напольные покрытия специального назначения:

Пленки для защиты напольной графики — специальные прозрачные самоклеящиеся поликарбонатные (толщиной 125 мкм) или поливинилхлоридные (толщиной 185 мкм) пленки высокой прочности. Грязеулавливающие покрытия выпускаются с использованием полиамида, полипропилена, нейлона и др. Поставляются в рулонах и листах. Наиболее эффективна трехступенчатая система защиты: покрытие с мелкими ячейками; комбинированное покрытие с ячейками и ворсом; ворсовые ковры.

Рулонные материалы для покрытия полов в ванных комнатах, местах отдыха и занятий спортом изготавливают на основе вспененного полиуретана. Поверхность полотна — с ярким рисунком, рельефная, со сквозными отверстиями.

Масличные бесшовные материалы — вязкотекучие полимерные составы, наносимые путем полива или распыления на основание пола с последующим отверждением. Связующие — латексы натуральных и синтетических каучуков, поливинилацетатная или поливинилхлоридная дисперсии, цементы, гидравлическая известь и вода. Заполнители — тонкомолотый кварцевый песок, каменная мука и др. Средняя плотность $1800\text{-}2050 \text{ кг/м}^3$, истираемость $0,005 \text{ г/см}^2$, предел прочности при сжатии до 24 МПа, при изгибе — до 10 МПа. Рекомендуется для уменьшения пылеотделения, в цехах с движением транспорта, в общественных зданиях и др.

2. Материалы для стен

Древесностружечные плиты получают горячим прессованием древесных стружек, пропитанных фенольными или карбидными смолами с введением добавок (антисептиков, антипиренов и гидрофобизаторов). Средняя плотность 550-820 кг/м³, водопоглощение за 24 часа 10-15%, предел прочности при изгибе до 12-18 МПа. Применяются для облицовки стен, устройства перегородок, потолков и др.

Древесно-слоистые пластики получают прессованием под высоким давлением тонких листов шпона, пропитанных фенолоформальдегидной смолой. Средняя плотность 1250-1300 кг/м³, водопоглощение за 24 часа 5-10%, предел прочности при сжатии вдоль волокон 125-180 МПа. Применяются для несущих конструкций, в качестве обшивки стеновых трехслойных панелей, сводчатых конструкций и др.

Стеклопластики получают на основе стекловолокна, пропитанного синтетическими смолами (полиэфирной, фенольной, эпоксидной и др.). Средняя плотность 1400-2000 кг/м³, водопоглощение 0-3%, предел прочности при растяжении полиэфирного стеклопластика от 60 и 450 МПа, при сжатии 90-400 МПа, при изгибе 120-700 МПа. Применяются для изготовления несущих элементов и оболочек навесных панелей, пространственных ограждающих конструкций, световых фонарей и др.

Бумажнослоистые пластики получают прессованием специальных сортов бумаги, пропитанных полимерными смолами (фенолоформальдегидными, карбамидными и др.). Предел прочности при растяжении до 90 МПа, при изгибе до 117 МПа. Плотность пластика 1400 кг/м³.

Отделочные материалы.

Полистирольные плитки – тонкие литые пластинки квадратной или прямоугольной формы с гладкой наружной и рельефной тыловой поверхностью, изготовленные из полистирола, наполнителя, пигмента и добавок методом литья под давлением. Водо- и химически стойки, достаточно прочны, приклеиваются к основаниям мастиками или клеем. Недостатком является горючесть и растворимость в органических соединениях. Средняя плотность около 1000 кг/м³, водопоглощение за 24 часа до 0,1%, теплостойкость 70°С, предел прочности при изгибе 50-80 МПа. Применяются для облицовки стен кухонь, ванн, холодильников, бытовых помещений и др.

Листовой декоративный пластик на основе полистирола используют для отделки жилых и общественных зданий. Пластик может иметь самоклеящуюся основу, а с лицевой поверхности покрыт защитной пленкой. Виды пластика: гладкий; ячеистый; структурный; перфорированный.

Листы поливинилхлоридные предназначены для облицовки стен и потолков. Отличаются большим количеством фактурно-цветовых решений. Плотность 1380 кг/м³, эксплуатируются при температуре 0...60°С. Выпускаются с комплектующими: прозрачными и декоративными профилями, плинтусами и т. д. Возможна укладка покрытия встык, внакладку.

Моющиеся обои – рулонные материалы на бумажной основе с пленочным покрытием из водной дисперсии поливинилацетата, поливинилхлорида и др. Лицевая сторона может быть гладкой, рельефной, тиснёной и с цветным рисунком. Обои воздухопроницаемы, прочны и стойки к мытью.

Поливинилхлоридные пленки ПЛСО, ПЛО и др. – рулонные материалы толщиной 0,15 мм. Изготавливаются вальцево-каландровым способом из поливинилхлорида, пластификатора, пигментов и различных добавок. Выпускаются гладкими, тиснёными, с печатным рисунком. Предел прочности при растяжении в продольном направлении – не менее 9,8 МПа, относительное удлинение при разрыве – не менее 115%.

Обои под окраску. Основа обоев – флизелиновое волокно, представляющее собой материал из композиции целлюлозных и минеральных армирующих волокон. На эту основу наносится рельефный декор из вспененного винила, высокий рельеф которого позволяет скрыть незначительные дефекты стен. Обои имеют длительный срок службы, хорошую паропроницаемость и звукоизоляцию. При окраске обоев можно получить любой вид отделки.

Полимерные оконные пленки. Это солнцезащитные и бронирующие пленки на основе полиэфиров. Они повышают комфорт за счет уменьшения слепящего действия солнечных лучей и уменьшения бликов (до 90%), снижают потери тепла (до 30%), упрочняют стекло, изменяют цвет окон.

Пленки для натяжных потолков толщиной около 0,17 мм изготавливают на основе поливинилхлорида. Они отличаются высокой упругостью, работают при температурах от -5 до $+50^{\circ}\text{C}$, не горят, химически стойки, не конденсируют влагу, легко моются, способны выдержать достаточно большую нагрузку, упруги. Поверхность может быть глянцевой, зеркальной, полупрозрачной, под замшу и т. д. Потолки монтируются в течение 2-3 часов.

Виниловый сайдинг – фасадная облицовка, имитирующая вагонку для облицовки вновь возводимых и для обновления фасадов существующих зданий и сооружений. Устойчив к температурным перепадам и атмосферным воздействиям, морозостоек (выдерживает $t \leq 50^{\circ}\text{C}$), влагонепроницаем, не гниет, прост в эксплуатации, не коробится, долговечен (50 лет).

3. Тепло- и звукоизоляционные материалы

Пенополистирол получают прессовым или беспрессовым методами. Средняя плотность пенополистирола 15–50 $\text{кг}/\text{м}^3$, коэффициент теплопроводности 0,037–0,042 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, водопоглощение за 24 ч не более 2%, предел прочности при сжатии* 0,05–0,25 МПа. Теплостойкость 60–70 $^{\circ}\text{C}$. Применяется в кровлях промышленных зданий, для наружных конструкций в сочетании с облицовками из асбестоцемента и фольгоизола и др.

Пенополивинилхлорид изготавливают на основе ПВХ смолы прессовым или беспрессовым методами. Средняя плотность 50–220 $\text{кг}/\text{м}^3$, водопоглощение за 24 ч 0,3%, коэффициент теплопроводности 0,032–0,045 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, теплостойкость $+60^{\circ}\text{C}$, предел прочности при сжатии 0,2–2,6 МПа, при изгибе 2–4 МПа.

* – Предел прочности при сжатии при 10%-й деформации (так же и далее по тексту)

Минора представляет собой отвердевшую пену белого цвета. Изготавливают на основе карбамидной смолы в виде блоков. Средняя плотность 10-20 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,032-0,042 Вт/(м·К), водопоглощение за 24 часа не более 9,6-12%, предел прочности при сжатии 0,01 МПа. Теплостойкость до 100°С. Материал гигроскопичен и не биостоек, его рекомендуется упаковывать полиэтиленовой пленкой.

4. Кровельные, гидроизоляционные и герметизирующие материалы

Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы на основе эластомеров (РКГЭМ) обладают высокими физико-механическими характеристиками (в т. ч. тепло- и морозостойкостью, стойкостью к солнечной радиации). Применение таких материалов, в сочетании со специальной технологией монтажа, позволяет заменить многослойные кровли и гидроизоляцию из традиционных материалов на однослойную изоляцию, что значительно снижает трудоемкость работ, повышает огнестойкость зданий (особенно с перекрытиями из легких металлических конструкций). Для получения РКГЭМ используются полимеры с повышенной стойкостью к окислению: полихлорпреновые, бутил и этилпропиленовые каучуки, полиизобутилен и др.

Полиэтиленовая пленка получается методом экструзии из полиэтилена. Выпускается в рулонах ненормированной длины при ширине 800-1420 мм, толщине 0,06-0,2 мм. Является практически водо- и паронепроницаемым материалом высокой прочности, с пределом прочности при растяжении не менее 10-15 МПа.

Полиэфирные стеклопластики получают путем отверждения термореактивных смол, армированных стекловолокном. Выпускаются в виде волокнистых светопропускающих листов различной окраски, шириной не менее 1000 мм, длиной 1000-6000 мм, толщиной 1,5-2,5 мм. Средняя плотность 1400 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,28 Вт/(м·К), водопоглощение за 24 часа до 1%, предел прочности при растяжении не менее 60 МПа. Применяются как кровельный материал, для устройства фонарей в промышленных зданиях, крыш рынков, как отделочный материал.

Мастики УМС-50 и УМ-40 – невысыхающие пластозластичные мастики, изготовленные на основе высокомолекулярного полиизобутилена, наполнителя и пластификатора. Выпускаются черного и серого цвета, вводятся в стыки под давлением из упаковочных патронов или шприцов. Средняя плотность 1200 кг/м³, водопоглощение за 24 часа до 0,93%, относительное удлинение 200% и выше, теплостойкость до 70°С. Они абсолютно влаго-, паро- и воздухонепроницаемы, обладают хорошей адгезией.

5. Трубы

Полиэтиленовые трубы могут работать как напорные, так и безнапорные. Легче стальных, химически стойкие, имеют большую длину; низкий коэффициент трения внутренней поверхности снижает гидравлические потери и увеличивает пропускную способность труб, но они имеют недостаточный температурный предел эксплуатации (90°С). Средняя плотность 850-900 кг/м³, предел прочности при растяжении 14 МПа. Применяются для оросительных и ирригационных систем, транспортировки жидкостей, устройства газопроводов и ливневой канализации.

Стеклопластиковые трубы изготавливают на основе стекловолоконного наполнителя, пропитанного полиэфирной смолой, центробежным методом. Они прочнее полиэтиленовых, выдерживают рабочие температуры до 150°С. Применяются в нефтяной и химической промышленности.

6. Профильно-погонажные изделия

Профильно-погонажные изделия – длинномерные изделия разнообразных профилей. Изготавливают их способом экструзии на основе поливинилхлорида и его сополимеров с различными добавками. К отдельной группе профильно-погонажных изделий относятся отделочные материалы из пенополиуретана, производимые по технологии на основе литья. Это – элементы лепнины: карнизы, потолочные розетки, детали обрамления арок и др.; тела вращения: колонны, купола. Такие изделия отличаются низкой гигроскопичностью, невосприимчивостью к температурно-влажностным перепадам, упругостью, вязкостью, долговечностью.

Задачи:

1. Составить сравнительную характеристику основных видов материалов в виде таблицы 8.2.

Таблица 8.2 – Сравнительная характеристика основных видов полимерных материалов

№ п/п	Наименование материала	Основные компоненты, входящие в состав материала	Метод производства	Основные свойства, характерные для рассматриваемого материала	Особенности применения

2. Определить истираемость поливинилхлоридного линолеума, если при испытании образца площадью истирания 10x10 см² потеря массы составила 4 г.
3. При испытании на растяжение полимерных пленок были получены следующие результаты: полиэтиленовая пленка толщиной 0,15 мм и шириной 20,1 мм показала разрушающее усилие 41 Н; полипропиленовая пленка толщиной 0,125 мм и шириной 20,0 мм показала разрушающее усилие 60 Н. Определить прочность пленок на растяжение.
4. Определить коэффициент конструктивного качества различных стекловолоконистых полимерных материалов и сравнить их с соответствующими коэффициентами для стали, бетона и кирпича.

9 ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Теплоизоляционные материалы и изделия имеют низкую среднюю плотность $\rho_0 \leq 500 \text{ кг/м}^3$ и низкую теплопроводность – не более $0,175 \text{ Вт/(м·К)}$ (при температуре 25°C). Назначение теплоизоляционных материалов – тепловая изоляция промышленного оборудования и зданий, гражданских сооружений, энергетического оборудования, трубопроводов, с целью уменьшения теплообмена с окружающей средой. Т. к. у воздуха низкая теплопроводность ($\lambda_{\text{возд}}=0,023 \text{ Вт/(м·К)}$), то теплоизоляционные материалы содержат большое количество замкнутых равномерно распределённых воздушных пор; пористость таких материалов от 50 до 98%.

Марку материалов и изделий устанавливают по плотности. Предельную температуру применения материалов и изделий устанавливают в стандартах или технических условиях на конкретные виды материалов и изделий с обязательным указанием группы горючести.

Для теплоизоляционных материалов определяются теплофизические характеристики (формулы (1.11-1.13)). Термическое сопротивление является величиной нормируемой. Например, в настоящее время в нашей стране нормативное сопротивление наружных стен теплопередаче для жилых и общественных зданий при строительстве, реконструкции и модернизации $3,2 \text{ м}^2\text{к/Вт}$.

Виды теплоизоляционных материалов и изделий

1. *Минеральная вата* представляет собой механическую смесь коротких искусственных волокон, получаемых из расплава горных пород (базальт, доломит, мергель) или металлургических шлаков. Беспорядочное расположение волокон создает высокопористую структуру, а следовательно, малую теплопроводность. Минеральная вата не горит, не гниет, почти не гигроскопична, она морозо- и температуростойка. При смешивании минеральных волокон со связующими получают готовые изделия: маты, плиты, войлок, полуцилиндры и полые цилиндры. В зависимости от вида, количества связующего вещества и степени прессования выпускают мягкие, полужесткие и жесткие плиты.

Плиты и маты минераловатные на синтетическом связующем применяют для теплоизоляции строительных конструкций, промышленного оборудования и трубопроводов при температурах изолируемых поверхностей от $-60 \dots +400^\circ\text{C}$. Марки по средней плотности 75–225; теплопроводность $0,047\text{--}0,054 \text{ Вт/(м·К)}$.

Такие же свойства имеют *плиты минераловатные на крахмальной связке*, однако их применяют только с защитой от увлажнения.

Плиты минераловатные на битумном связующем имеют марки 75, 100, 150, 200, 250, теплопроводность $0,044 \dots 0,058 \text{ Вт/(м·К)}$. Применяют такие плиты для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования и трубопроводов, промышленных холодильников при температуре изолируемых поверхностей $-100 \dots +60^\circ\text{C}$; допускается применять мягкие минераловатные плиты на битумном связующем при изоляции находящегося вне помещения оборудования и трубопроводов (кроме взрыво- и пожароопасных объектов) при температуре изолируемых поверхностей до $+100^\circ\text{C}$.

Минераловатные прошивные маты изготавливаются из минеральной ваты с обеспыливающими добавками, с одной стороны имеют обкладку. Применяют для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования и трубопроводов при температуре $-180 \dots +600^\circ\text{C}$.

2. К теплоизоляционным керамическим материалам относятся диатомитовые (трепельные), перлитокерамические и др. изделия, а также керамзитовые и аглопоритовые сыпучие материалы.

Диатомитовый (трепельный) кирпич и пенодиатомитовые изделия получают из осадочных горных пород различными способами, позволяющими получить высокопористую структуру (высокое водозатворение, выгорающие добавки и др.). Средняя плотность изделий 350...500 кг/м³, теплопроводность 0.068...0.1 Вт/(м·К), применяются для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования, трубопроводов, печей при температуре изолируемых поверхностей до 900°С.

3. *Ячеистое стекло* – пористый строительный материал, получаемый путем спекания тонко измельченного стеклянного порошка и газо- или пенообразователя (известняк, древесный уголь и др.). Выпускаются следующие виды пеностекла: теплоизоляционное, декоративно-акустическое, облицовочное и гранулированное. Теплоизоляционное стекло разделяют на изоляционно-строительное и изоляционно-монтажное. В основном выпускается изоляционно-строительное стекло плотностью 150-250 кг/м³, применяют его в виде плит и блоков для утепления стен, покрытий и других элементов каркаса. Теплопроводность такого стекла 0.064...0.083 Вт/(м·К), предел прочности при сжатии 0.8...2 МПа. Интервал рабочих температур -180...+400°С. Ячеистое стекло можно резать, шлифовать, сверлить. *Гранулированное пеностекло* изготавливают со средней плотностью 100–200 кг/м³ в виде гранул фракций 3–7, 7–15, 15–25 мм и применяют в виде теплоизоляционных засыпок в промежутках между стенами и в полостях панелей. Из гранул и вяжущих можно изготовить элементы разной формы.

Стекловолоконистые утеплители являются хорошим теплоизоляционным материалом благодаря высокой прочности на растяжение, атмосферо- и биостойкости, негорючести. Непрерывное стекловолокно выпускают диаметром от 3 до 100 мкм. Штапельное стекловолокно выпускают от микротонкого (диаметром менее 0.5 мкм) до грубого (диаметром более 20 мкм). Кроме диаметра, свойства штапельного стекловолокна определяются его длиной формой, составом стекла: средняя плотность от 15 до 190 кг/м³, коэффициент теплопроводности не более 0.047 Вт/(м·К), интервал рабочих температур -60...+200°С, материал труднообрабатываемый. Применяют в виде полос, плит, матов и др., для тепловой изоляции ограждающих конструкций и технологического оборудования.

4. *Вспученный перлит* – пористый материал, получаемый термической обработкой из дробленых водосодержащих пород. В зависимости от размера зерен вспученный перлит разделяется на песок и щебень. Вспученный *перлитовый песок* имеет марки по насыпной плотности 75...500 кг/м³; теплопроводность 0.043...0.093 Вт/(м·К). Применяют его в качестве заполнителя при изготовлении теплоизоляционных материалов, огнестойких штукатурных растворов, а также для теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемых поверхностей от -200 до +875°С. Вспученный *перлитовый щебень* разделяют на фракции 5..10 и 10...20 мм и применяют в качестве заполнителя в бетонах различного назначения. Выпускают вспученный перлитовый щебень марок 200, 400, 500 и 700.

Перлитцементные изделия в виде плит, полуцилиндров и сегментов изготавливают путем смешивания перлитового песка, цемента и водной асбестовой пыли. Марки по средней плотности изделий 225, 250, 300, 350, теплопроводность 0.065...0.079 Вт/(м·К), предел прочности при изгибе соответственно не менее

0.22...0.28 МПа. Применяют перлитоцементные изделия для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов.

Перлитоасбестовые жаростойкие плиты имеют марки 300...500, теплопроводность 0.07...0.18 Вт/(м·К). Применяют для тепловой изоляции оборудования до 875°C. Плиты из *перлитопластбетона* получают вспениванием смеси новолачной фенолформальдегидной смолы и вспученного перлита с добавками отвердителя и газообразователя. Выпускают плиты марок 100, 125, 150 и 175, теплопроводностью 0.039...0.046 Вт/(м·К), прочность при сжатии* 0.12...0.2 МПа, прочность при изгибе 0.18...0.3 МПа. Температура применения -50...+150°C. Используют плиты из перлитопластбетона для тепловой изоляции строительных конструкций в сельскохозяйственном строительстве.

5. *Асбестовая бумага* — это листовой или рулонный материал, изготовленный из асбеста с небольшой добавкой склеивающих веществ. В зависимости от степени распушки асбеста и уплотнения массы средняя плотность асбестовой бумаги составляет 450...950 кг/м³, теплопроводность 0.13...0.18 Вт/(м·К), предельная температура применения 500°C.

Асбестовый картон изготавливают из асбестовой бумаги или асбестового волокна, смешанного с наполнителем (каолином) и связующим веществом (крахмалом). В зависимости от толщины бумаги и размеров воздушных прослоек средняя плотность асбестового картона составляет 1000...1400 кг/м³, теплопроводность 0.052...0.093 Вт/(м·К). Картон из асбестового волокна и наполнителя имеет среднюю плотность от 900 до 1000 кг/м³. Применяют асбестовый картон для теплоизоляции промышленного оборудования и трубопроводов; он не обугливается и не тлеет.

Совелит — это асбестомagneзиальный материал, изготавливаемый из доломита, подвергнутого сложной переработке, и асбеста. Совелит применяют в виде порошка, плит, полуцилиндров для тепловой изоляции промышленного оборудования при температурах до 500°C. Средняя плотность 450 кг/м³, теплопроводность до 0.098 Вт/(м·К).

Известково-кремнеземистые изделия. Для изготовления применяют: асбест хризотилевый, известь строительную воздушную кальциевую негашеную без добавок, диатомит, трепел, кварцевый песок или другие кремнеземистые материалы, содержащие SiO₂ не менее 75 %. Изделия со средней плотностью 200...225 кг/м³, теплопроводностью 0.058...0.065 Вт/(м·К) и прочностью при изгибе не менее 0.35 МПа применяют для тепловой изоляции до 600°C.

6. *Древесноволокнистые плиты* применяют для теплоизоляции стен, полов, потолков, в ограждающих конструкциях используют мягкие древесноволокнистые плиты средней плотностью 150...350 кг/м³, теплопроводностью 0.055...0.09 Вт/(м·К), с прочностью при изгибе 0.4...2 МПа.

Фибролит — это плитный материал из тонких древесных стружек (древесной шерсти), скрепленных неорганическим вяжущим (портландцементом или магниевым). Фибролит — трудносгораемый материал, морозо- и биостоек. Плиты фибролита можно пилить, сверлить, забивать в них гвозди, ввинчивать шурупы; они хорошо оштукатуриваются и окрашиваются, прочно сцепляются с незатвердевающим бетоном. Теплоизоляционный фибролит средней плотностью 250...500 кг/м³, теплопроводностью 0.07...0.1 Вт/(м·К) применяют для утепления тонких кирпич-

* При 10 % деформации.

ных и бетонных стен в сельскохозяйственном строительстве, ограждающих стеновых конструкциях жилых, общественных и промышленных зданий с сухим режимом эксплуатации. Фибролит марок 400 и 500 можно использовать не только как теплоизоляционный, но и как конструкционный материал для устройства перегородок, покрытий, перекрытий сельскохозяйственных и складских зданий, а также для стен в деревянном стандартном домостроении.

Арболит — легкий бетон и изделия из него, получаемые на минеральном вяжущем и органическом целлюлозном наполнителе растительного происхождения, с введением химических добавок. В качестве вяжущего чаще всего применяют портландцемент, реже известь, магнезиальные вяжущие или гипс; в качестве наполнителя применяют отходы от обработки древесины, измельченные сучья, ветви, вершины, горбыли и др. Теплоизоляционный арболит имеет среднюю плотность 400...500 кг/м³, теплопроводность 0.07...0.095 Вт/(м·К), прочность при сжатии 0.5...5 МПа, прочность при изгибе 0.7...1 МПа. Материал биостойкий, трудносгораемый. Применяют арболит для изготовления панелей наружных и внутренних стен, применяемых во внутренних ненесущих стенах и перегородках жилых, общественных и промышленных зданий, а также для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий в зданиях и сооружениях с относительной влажностью воздуха помещений не более 60 %.

7. *Теплоизоляционные пластмассы* получают химическими и физическими способами из полимеров различной структуры. По строению различают полимерные материалы с замкнутыми порами (пенопласты), с сообщающимися порами (поропласты) и повторяющимися плоскостями (сотопласты). Для теплоизоляции применяются в основном *пенопласты* (пенополистирол, пенополиуретан, пенофенопласт, пенополивинилхлорид и др.), так как они имеют меньшую паро-, водо- и воздухопроницаемость. Свойства пенопластов зависят от вида применяемого полимера и способа производства: средняя плотность 10...150 кг/м³, теплопроводность 0.033...0.052 Вт/(м·К), прочность* 0.05...4 МПа, температура применения -180 ...+150°С. По огнестойкости теплоизоляционные пластмассы относятся к трудносгораемым и сгораемым материалам. Кроме хороших теплоизоляционных свойств, в большинстве случаев пластмассы отличаются достаточными прочностными и деформационными характеристиками, гидрофобностью и химической стойкостью. Применяют пенопласты в виде плит, блоков, полуцилиндров и др., для теплоизоляции кирпичных стен, многослойных стеновых панелей, трубопроводов, промышленного оборудования, холодильных установок.

Пенополиуретаны — продукт взаимодействия диизоцианата, многоатомных спиртов, полиэфиров. Изменяя состав исходных компонентов, можно получать эластичные, полужесткие и жесткие пенополиуретаны. Средняя плотность 25...200 кг/м³, теплопроводность 0.033...0.06 Вт/(м·К), прочность* 0.3...2.2 МПа, температура применения -60...+70°С.

Пеноплэкс — теплоизоляционные плиты, которые изготавливаются из полистирола методом экструзии. Благодаря особой технологии изготовления, плиты пеноплэкса не имеют пустот, способных поглощать воду, что и является основой сочетания низкой гигроскопичности (водопоглощение за 24 ч не более 0.1-0.2%), низкой средней плотности (29,5...50 кг/м³) теплопроводности (0.028...0.03 Вт/(м·К)) и высокой прочности на сжатие* (0.25...0.5 МПа). Применяется пеноплэкс для теплоизоляции стен, кровель, фундаментов, промышленных холодильных камер, изо-

*При 10 % деформации.

термических фургонов и рефрижераторов, как теплоизоляция полотна при строительстве автомобильных и железных дорог.

Сотопласты — пластмассы, получаемые горячим прессованием предварительно пропитанных полимерными связующими листов бумаги, стеклоткани, древесного шпона, металлической фольги и др. Сотопласты имеют строение, имитирующее пчелиные соты. Ячейки могут быть в виде шестиугольника, квадрата, круга и др.; пустые или заполненные теплоизоляционными материалами. Сотопласты при низкой средней плотности (30...140 кг/м³) обладают достаточной прочностью — 1...6 МПа. Применяются они в качестве среднего слоя в трехслойных ограждающих панелях. Огнестойкость сотовых конструкций повышают пропиткой антипиренами.

Пример

Требуется заменить теплоизоляцию из двух слоев совелитовой плиты общей толщиной $\delta=100$ мм на теплоизоляцию из стекловатных плит марки 75. Температура изолируемой поверхности 275°C, а поверхности изоляции — 25°C. Определить толщину теплоизоляционного слоя из стекловаты.

Решение.

Средняя температура теплоизоляционного слоя

$$t_{CP} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{275 + 25}{2} = 150^\circ \text{C}.$$

Коэффициенты теплопроводности для слоев (по справочным данным):

- из совелитовой плиты

$$\lambda_{COB} = 0,067 + 0,00016 \cdot t_{CP} = 0,067 + 0,00016 \cdot 150 = 0,091 \text{ Вт/(м·К)};$$

- из стекловатных плит

$$\lambda_{CT} = 0,038 + 0,0002 \cdot t_{CP} = 0,038 + 0,0002 \cdot 150 = 0,068 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Термическое сопротивление изоляции из совелита

$$R = \frac{\delta}{\lambda_{COB}} = \frac{0,100}{0,091} = 1,098 \text{ (м}^2\text{·К/Вт)}.$$

Толщина слоя из стекловатных плит с сохранением проектного термического сопротивления

$$b = R \lambda_{CT} = 1,098 \cdot 0,068 = 74,6 \text{ (мм)}.$$

Задачи:

1. Составить сравнительную характеристику основных видов теплоизоляционных материалов в виде таблицы 9.1.

Таблица 9.1 — Сравнительная характеристика основных видов теплоизоляционных материалов

материал	сырье	структура	Основные свойства			Вид, свойства, особенности применения
			плотность, кг/м ³	теплопроводность, Вт/(м·К)	температура эксплуатации, °С	
1	2	3	4	5	6	7

2. Наружная поверхность кирпичной стены толщиной $a=51$ см имеет наружную температуру $t_1=-33^\circ\text{C}$, внутреннюю $t_2=+18^\circ\text{C}$. Какое количество тепла проходит через каждый 1 м^2 поверхности стены за 1 ч? Решить эту задачу для стен такой же толщины из шлакобетона и тяжелого бетона. Коэффициенты теплопроводности принять: для кирпича 0.58, для шлакобетона 0.5, для тяжелого бетона 1.2 Вт/мК.
3. Установить, достаточна ли толщина стен жилых зданий в 2,5 силикатного кирпича, т. е. 64 см (без штукатурки). Общее термическое сопротивление стены, установленное нормами $R_T \geq 3,2\text{ м}^2\text{K/Вт}$. Коэффициент теплопроводности для кладки из силикатного кирпича принять 0,7 Вт/м·К.
4. Полнотелый керамический кирпич, полученный при сухом прессовании, имеет среднюю плотность 1900 кг/м^3 ; полученный пластическим формованием имеет среднюю плотность 1700 кг/м^3 ; эффективный керамический кирпич — 1200 кг/м^3 . Какой толщины должны быть стены из прессованного и легкого эффективного кирпича, если равная им по величине термического сопротивления стена из обыкновенного кирпича имеет толщину 64 см? Ориентировочные значения коэффициентов теплопроводности вычислить по формуле Некрасова В.П. (1.12).
5. Теплоизоляционный материал *мипора* имеет среднюю плотность 10 кг/м^3 и коэффициент теплопроводности приблизительно равный коэффициенту теплопроводности воздуха (0.023 Вт/(м·K)). Каким приблизительно будет коэффициент теплопроводности мипоры, полностью насыщенной водой при 15°C , а также замороженной в этом состоянии?
6. Рассчитать, какую толщину должны иметь стены для обеспечения одинакового термического сопротивления при использовании некоторых стеновых материалов (см. таблицу 9.2):

Таблица 9.2 – Ориентировочные значения средней плотности и коэффициента теплопроводности некоторых стеновых материалов

Название материала	Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/мК
Керамический полнотелый кирпич	1800	0,81
Керамический пустотелый кирпич	1200	0,50
Легковесный пустотелый кирпич	800	0,33
Силикатный полнотелый кирпич	2000	1,10
Силикатный пустотелый кирпич	1400	0,70
Газосиликат	600	0,24
Бетон тяжелый	2400	2,1

10 ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочными называют составы, наносимые в жидком состоянии тонким слоем на поверхность строительных изделий и конструкций и образующие после высыхания твердые покровные пленки. Эти пленки должны прочно сцепляться с окрашиваемой поверхностью, защищать основной материал от воздействия агрессивных сред, придавать окрашиваемым поверхностям декоративный внешний вид, улучшать санитарно-гигиенические условия в помещениях. Основными компонентами лакокрасочных материалов являются пигменты, наполнители и связующие вещества. По условиям эксплуатации (ГОСТ 9825) различают краски для наружных и внутренних работ.

Пигменты – это тонкодисперсные красящие вещества, обладающие определенным цветом. Они нерастворимы в воде, органических растворителях и связующих материалах, но способны хорошо смешиваться с ними, образуя при этом красочные составы. По происхождению пигменты бывают минеральные и органические. При оценке качества пигментов определяют их дисперсность, укрывистость и маслосемость.

Укрывистостью, или кроющей способностью называют способность красочного состава закрывать цвет окрашиваемой поверхности непросвечивающим слоем. Укрывистость измеряется расходом пигмента в граммах на 1 м^2 окрашиваемой поверхности.

Расчет укрывистости $У$, г/м^2 , производят по формулам:
считая на краску малярной консистенции

$$У = a \cdot 10000 / S; \quad (10.1)$$

считая на сухой пигмент

$$У = a \cdot (100 - b) \cdot 100 / S; \quad (10.2)$$

где a – количество нанесенной краски малярной консистенции, г;

b – содержание олифы в краске малярной консистенции, %;

S – окрашенная площадь пластинки, см^2 .

Маслосемость характеризуется количеством масла, необходимого для превращения 100 г пигмента в красочную пасту. Маслосемость является важным техническим свойством пигмента и в основном зависит от степени его измельчения. Чем меньше масла требует пигмент для получения красочной пасты, тем экономичнее и долговечнее слой покраски.

Маслосемость пигмента, %

$$M = V \cdot \rho \cdot 100 / m, \quad (10.3)$$

где V – количество израсходованного масла, мл;

ρ – плотность масла, г/см^3 ;

m – масса сухого пигмента, г.

Связующие вещества – это вещества, которые в смеси с пигментами после высыхания на окрашенной поверхности образуют пленку декоративного или антикоррозионного покрытия. Связующие для приготовления красочных составов условно делят на следующие основные группы: для масляных составов, для водных составов и эмульсионные. При оценке качества определяют цвет, вязкость и скорость высыхания. Основные свойства красочных составов (удобнонаносимость, прочность, укрывистость и стойкость) в значительной мере зависят от вида связующего и относительного содержания его в составе.

Лакокрасочные материалы классифицируются по виду, химическому составу и назначению. К основным видам лакокрасочных материалов относят лаки, эмали, краски, грунтовки, шпатлевки, пасты. По химическому составу лакокрасочные материалы классифицируют в зависимости от вида пленкообразующего вещества (АК – акриловые, КО – кремнийорганические и т. д.). По назначению в зависимости от условий эксплуатации лакокрасочные материалы подразделяются на следующие группы: 1 – атмосферостойкие; 2 – ограниченно атмосферостойкие; 3 – консервационные; 4 – водостойкие; 5 – специальные; 6 – маслобензостойкие; 7 – химически стойкие; 8 – термостойкие; 9 – электроизоляционные.

Пример

Сколько можно приготовить краски и какую площадь оштукатуренной поверхности можно окрасить из 1 кг густотертой масляной краски желтого цвета, если известно, что охра густотертая требует разведения до рабочего состояния олифой в количестве 40% (от массы густотертой краски)? Укрывистость готовой к употреблению краски 180 г/см².

Решение:

Из 1 кг густотертой краски получим готовой к употреблению краски

$$a = m_{\text{гот}} = m_r + m_{\text{ол}} = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ (кг)}.$$

Площадь, которую можно окрасить, определяем из формулы (10.1)

$$S = a \cdot V = 1400 \cdot 180 = 7,7 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Задачи

1. Объяснить, что обозначают буквы и цифры в марке лакокрасочных материалов: эмаль ПФ-115 темно-серая; эмаль МА-224 синяя; лак НЦ-134; лак БТ-142; краска АК-111; грунтовка ПФ-020.
2. Определить укрывистость сажи (ламповой), если олифы содержится в краске 40 % (по массе). На укрывание стеклянной пластинки площадью 200 см² с двухцветным грунтом израсходовано 0,5 г краски.
3. Определить маслосъемность пигментов: титановых белил и ламповой сажи. При испытании в лаборатории количество льняного масла до полного смачивания 5 г пигмента и образования сплошного комка пошло масла в первом случае 0,35 мл, а во втором случае 1,5 мл. Средняя плотность льняного масла 930 кг/м³.
4. Приготовить светлый масляный лак для изоляции в количестве 75 кг следующего состава (%): льняное масло – 48,13; древесное масло – 5,35; эфир гарпиуса – 6,42; уайт-спирит – 37,43; кобальтовый сиккатив – 2,67.
5. Подсчитать количество материалов для приготовления 10 кг цементной зеленой краски для покрытия бетонной поверхности. Рецепт этой краски следующий (в.ч.): белый поргланццемент – 69, известь-пушонка – 15, зеленый пигмент – 10, стеарат кальция – 1, хлористый кальций – 3, микроасбест – 2, песок – 30% (от веса сухой смеси).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчаков, Г.И. Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
2. Строительное материаловедение: учебное пособие / под общей ред. В.А. Невского. – Изд. 2-е, доп. и перераб. Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 588, ил.
3. Широкий, Г.Т. Материаловедение в отделочных и реставрационно-восстановительных работах: учеб. пособие / Г.Т. Широкий, П.И. Юхневский, М.Г. Бортницкая. – Минск: Выш. шк., 2010. – 351 с.
4. Строительные материалы: учеб. для вузов / В.Г. Микульский, В.Н. Куприянов, Г.П. Сахаров [и др.]; под ред. В.Г. Микульского. – М.: Изд. АСВ, 2000. – 536 с.
5. Справочник по строительным материалам и изделиям / В.Н. Основин, Л.В. Шуляков, Д.С. Дубяго. — Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 443 с.
6. Шалобьга, Т.П. Строительное материаловедение. Лабораторный практикум: в 2-х ч. / Т.П. Шалобьга, В.А. Марчук. – Брест: из-во БрГТУ, 2013 и 2015. – Ч. 1, 2. – 118 с.
7. Шалобьга Т.П. Испытания строительных материалов и изделий: Лабораторный практикум: в 2-х ч. / Т.П. Шалобьга, В.А. Марчук. – Брест: из-во БрГТУ, 2005. – Ч. 2. – 68 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

- ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия
ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
ГОСТ 11052-74. Цемент гипсоглиноземистый расширяющийся
ГОСТ 11955-82. Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия
ГОСТ 125-79. Вяжущие гипсовые. Технические условия
ГОСТ 15825-80. Портландцемент цветной. Технические условия
ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ 22266-94. Цементы сульфатостойкие. Технические условия
ГОСТ 23732-2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия
ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний
ГОСТ 25137-82. Материалы нерудные строительные, щебень и песок плотные из отходов промышленности, заполнители для бетона пористые. Классификация
ГОСТ 25328-82. Цемент для строительных растворов. Технические условия
ГОСТ 25592-91. Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия
ГОСТ 26644 – 85. Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия
ГОСТ 27563-87. Блоки стеновые гипсобетонные для зданий высотой до двух этажей. Технические условия
ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия
ГОСТ 30547-97. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия
ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия
ГОСТ 31416-2009. Трубы и муфты хризотилцементные. Технические условия
ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных пород для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний
ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе
ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний
ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 9574-90. Панели гипсобетонные для перегородок. Технические условия
ГОСТ 965-89. Портландцементы белые. Технические условия
ГОСТ 969-91. Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия
Изменение № 4 ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования»
ПЗ-01 к СНиП 3.09.01-85. Изготовление сборных бетонных и железобетонных изделий
СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции
СТБ 1035-96. Смеси бетонные. Технические условия
СТБ 1062-97. Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия
СТБ 1107-98. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные на битумном и битумно-полимерном вяжущем. Технические условия
СТБ 1112-98. Добавки для бетонов. Общие технические условия.
СТБ 1114-98. Вода для бетонов и растворов. Технические условия
СТБ 1115-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний
СТБ 1118-2008. Листы асбестоцементные волнистые и детали к ним. Технические условия
СТБ 1160-99. Кирпич и камни керамические. Технические условия
СТБ 1182-99. Бетоны. Правила подбора состава
СТБ 1217-2002 Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия
СТБ 1228-2000. Кирпич и камни силикатные. Технические условия
СТБ 1230-2000. Плиты гипсовые декоративные. Технические условия
СТБ 1245-2007. Эмульсии битумные катионные дорожные. Технические условия
СТБ 1262-2001. Мастики кровельные и гидроизоляционные. Технические условия
СТБ 1307-2012. Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия
СТБ 1310-2002. Бетоны. Классификация. Общие технические требования
СТБ 1311-2002. Щебень кубовидный из плотных горных пород. Технические условия
СТБ 1335-2002. Цемент напрягающий. Технические условия
СТБ 1544-2005. Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия
СТБ 1545-2005. Смеси бетонные. Методы испытаний
СТБ 2189-2011.1. Материалы вяжущие гипсовые. Правила приемки. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение
СТБ 4.202-98. Система показателей качества продукции. Строительство. Изделия асбестоцементные. Номенклатура показателей
СТБ 4.211-94. Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы строительные нерудные и заполнители для бетона пористые. Номенклатура показателей.
СТБ 4.212-98. Система показателей качества продукции. Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей
СТБ 942-93. Портландцемент безусадочный. Технические условия
СТБ EN 12620-2010. Заполнители для бетона
СТБ EN 13279-1-2010. Вяжущие гипсовые и смеси сухие гипсовые. Часть 1. Определения и требования
СТБ EN 13279-2-2012. Вяжущие гипсовые и смеси сухие гипсовые. Часть 2. Методы испытаний
СТБ EN 13969-2008. Материалы рулонные гидроизоляционные. Материалы рулонные битумные для гидроизоляции строительных конструкций зданий и сооружений от проникновения влаги и грунтовых вод. Термины и определения, требования и методы испытаний
СТБ EN 14647-2011. Цемент глиноземистый. Состав, технические требования и критерии оценки соответствия
СТБ EN 197-1-2015. ЦЕМЕНТ. Часть 1. Состав, технические требования и критерии соответствия общестроительных цементов
СТБ EN 459-1-2007. Известь строительная. Часть 1. Определения, требования и критерии соответствия
СТБ EN 459-2-2013. Известь строительная. Часть 2. Методы испытаний

Учебное издание

Составители:

**Шалобыта Татьяна Петровна
Каленюк Татьяна Викторовна
Павлова Инесса Павловна**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Сборник задач

*для студентов строительных и технических
специальностей, слушателей института повышения
квалификации и переподготовки*

Ответственный за выпуск: **Шалобыта Т.П.**

Редактор: **Боровикова Е.А.**

Компьютерная верстка: **Боровикова Е.А.**

Корректор: **Никитчик Е.В.**

Издательство БрГТУ.

ISBN 978-985-493-352-8



9 789854 933528

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/235 от 24.03.2014 г.

Подписано к печати 31.12.2015 г. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага «Снегурочка». Гарнитура Times New Roman.

Усл. п. л. 3,25. Уч. изд. л. 3,5. Тираж 100 экз. Заказ № 1279.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Брестский государственный технический университет».

224017, Брест, ул. Московская, 267.