

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 19.09.2024 10:00:57
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)
Кафедра уникальных зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 9 » 09 2024 г.



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине:
«Строительные материалы» для студентов направления подготовки 08.05.01.

УДК 65 (075)

Составитель: Ю.И. Гладышкина

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Колесников А.Г.

Строительные материалы: методические указания по выполнению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т, сост.: Ю.И. Гладышкина. – Курск, 2024. – 49, с. – Библиогр.: с.49.

Содержат задания для выполнения практической работы, которые помогут лучшему пониманию и усвоению теоретического материала, и получению практических навыков в изучении строительных материалов.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по направлению подготовки строительство уникальных зданий и сооружений.

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» очной формы обучения.

Методические указания содержат описание практических заданий и правила оформления ее результатов.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 2,85. Уч.-изд.л. 2,57

Тираж 100 экз. Заказ.

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

«ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Задание: ознакомиться со стандартными методами определения структурных характеристик и параметров состояния, гидрофизических и физико-механических свойств строительных материалов. Рассмотреть решение практических задач по определению указанных характеристик.

1.1. Стандартные методы определения структурных характеристик, параметров состояния и гидрофизических свойств материалов

Основными структурными характеристиками материала, во многом определяющими его технические свойства, являются плотность и пористость, а важнейшим параметром состояния является его влажность. Строительные материалы в процессе их эксплуатации и хранения подвергаются действию воды или водяных паров, находящихся в воздухе. При этом их свойства существенно изменяются. Так, при увлажнении материала повышается его теплопроводность, изменяется средняя плотность, прочность и другие свойства. Поэтому при всех расчетах необходимо учитывать как влажность материала, так и его способность к поглощению влаги.

1.1.1. Плотность

Плотность — физическая величина, определяемая массой единицы объема вещества (или материала). В зависимости от того, берется ли в расчет объем только самого вещества, из которого состоит материал, или весь объем материала с порами и пустотами, различают истинную и среднюю плотность. Для сыпучих материалов (песка, щебня, цемента и т.п.) вводится понятие насыпной плотности.

• *Истинная плотность* ρ (г/см³, кг/м³) — масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот), определяется отношением (1):

$$\rho = m/v_a$$

где m — масса материала, г (кг); V_a — объем материала без пор, см³, (м³). Таким образом, истинная плотность характеризует не материал, а вещество, из которого состоит материал, это физическая константа вещества. Значение истинной плотности вещества зависит от его химического состава, внутреннего строения и, как правило, у материалов с близким химическим составом истинная плотность приблизительно одинакова (таблица 1).

Истинная плотность некоторых строительных материалов

Материалы	Истинная плотность, г/см ³
Сталь	7,85
Гранит	2,6–2,8
Бетон тяжелый и легкий	2,6
Кирпич керамический	2,65
Древесина	1,54
Полистирол	1,05

- *Средняя плотность материала* ρ_m (г/см³, кг/м³) — масса единицы объема материала в естественном состоянии (с порами и пустотами), определяемая отношением (2):

$$\rho_m = m/v_e$$

где m — масса материала, г (кг);

V_e — объем материала в естественном состоянии, см³, (м³).

- *Насыпная плотность* ρ_n (г/см³, кг/м³) — масса единицы объема сыпучего материала (3). В ее величине отражается влияние не только пор в каждом зерне, но и межзерновых пустот в рыхлонасыпанном объеме материала.

$$\rho_n = m/v_n$$

где m — масса материала, г (кг);

V_n — объем материала в свободно насыпанном состоянии, см³, (м³).

- *Относительная плотность* (d) — отношение средней плотности материала ρ_m , г/см³) к плотности воды (ρ_v , г/см³) при температуре 4 °С; является безразмерной величиной (4):

$$d = \rho_m / \rho_v$$

1.1.2. Пористость и коэффициент плотности

Пористость Π (%) — степень заполнения объема материала порами (5):

$$\Pi = (V_e - V_a) * 100 / V_e$$

Обычно пористость рассчитывают, исходя из средней и истинной плотности материала (6):

$$\Pi = (\rho - \rho_m) * 100 / \rho = (1 - \rho_m / \rho) * 100$$

Пористость материала характеризуют не только с количественной стороны, но и с качественной, т.е. по характеру пор: замкнутые и открытые, по размерам: мелкие (размером в сотые и тысячные доли миллиметра) и крупные (от десятых долей миллиметра до 2...5 мм). Общая пористость строительных материалов колеблется в пределах от 0 до 99 %.

Коэффициент плотности $K_{пл}$ (%) — степень заполнения объема материала твердым веществом (7):

$$K_{пл} = \rho_m * 100 / \rho$$

Сумма пористости и коэффициента плотности составляет 1 (или 100 %) (8):

$$\Pi + K_{пл} = 1 (100 \%).$$

1.1.3. Водопоглощение, коэффициент насыщения пор водой и оценка морозостойкости

Водопоглощение — способность материала поглощать воду при непосредственном контакте с ней и удерживать ее в своих порах.

Водопоглощение характеризуется максимальным количеством воды, поглощаемым образцом материала при выдерживании его в воде, отнесенным к массе сухого образца (водопоглощение по массе W_m) или к его объему (водопоглощение по объему W_o).

Водопоглощение W_m и W_o (%) определяют соответственно по формулам (9), (10):

$$W_m = (m_{нас} - m_{сух}) * 100 / m_{сух}$$

$$W_o = v_v / v_e = (m_{нас} - m_{сух}) * 100 / (\rho_v * v_e) = W_m * \rho_m * 100 / \rho_v = W_m * d$$

где $m_{\text{нас}}$ — масса материала в насыщенном водой состоянии, г;
 $m_{\text{сух}}$ — масса сухого материала, г;
 V_e — объем материала в сухом состоянии, см³;
 ρ_m — средняя плотность материала, г/см³;
 ρ_v — плотность воды, $\rho_v = 1$ г/см³;
 d — относительная плотность материала.

Так как вода не проникает в замкнутые поры и не удерживается в открытых пустотах, водопоглощение по объему, как правило, меньше пористости.

Коэффициент насыщения пор водой K_n — отношение водопоглощения по объему к общей пористости, определяется по формуле (11):

$$K_n = W_o/\Pi$$

Коэффициент насыщения пор водой может изменяться от 0, когда все поры в материале замкнуты, до 1, когда теоретически все поры открыты, т.е. водопоглощение по объему равно пористости.

Морозостойкость — свойство материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и снижения прочности. Разрушение материала при таких циклических воздействиях связано с появлением в нем напряжений, вызванных как давлением растущих кристаллов льда в порах материала, так и всесторонним гидростатическим давлением воды, вызванным увеличением объема при образовании льда примерно на 9 %. Морозостойкость материала зависит от его пористости и водопоглощения.

Морозостойкость характеризуется числом циклов замораживания (при температуре не выше минус 18 °С) и оттаивания (в воде), которое выдерживает образец без снижения прочности, потери массы или появления внешних повреждений, указанных в нормативном документе на соответствующий материал. По морозостойкости материалы подразделяют на марки: F15; F25; F35; F50; F100 и т.д. Морозостойкость материала, находящегося в контакте с внешней средой, является важнейшим показателем его долговечности.

Для оценки морозостойкости по формуле (11) рассчитывается коэффициент насыщения пор водой K_n , по значению которого определяется морозостоек материал или нет, исходя из взаимосвязи коэффициента насыщения пор водой K_n и морозостойкости. Взаимосвязь коэффициента насыщения пор водой и морозостойкости: при $K_n \leq 0,6$ материал считается морозостойким; при $0,6 < K_n < 0,8$ материал сомнительно морозостойкий; при $K_n \geq 0,8$ материал считается неморозостойким.

1.1.4. Определение предела прочности при сжатии и оценка водостойкости

Прочность (МПа, Н/мм², кН/см², кгс/см²) — способность материала сопротивляться разрушению под действием внешних сил или других факторов, вызывающих в нем внутренние напряжения.

Прочность оценивают пределом прочности, который условно равен напряжению, соответствующему нагрузке, вызвавшей разрушение материала. Предел прочности при сжатии определяется по формуле (12):

$$R_c = F/a$$

где F — разрушающая нагрузка, Н (кН);

A — площадь приложения нагрузки, мм² (см²).

Предел прочности материала определяют на образцах, формы и размеры которых устанавливают стандарты на этот материал.

Прочность материала является одной из основных характеристик для большинства строительных материалов, т.к. в сооружениях они всегда подвергаются тем или иным воздействиям, вызывающим напряженное состояние (сжатие, растяжение, изгиб и др.). Для всех природных и искусственных каменных материалов установлены марки и (или) классы по прочности в широком диапазоне значений.

Для оценки прочностной эффективности материала часто используют удельную прочность (прежнее название — коэффициент конструктивного качества), которая определяется отношением прочности к относительной плотности материала d по формуле (13):

$$R_{уд} = R/d$$

Водостойкость — способность материала, насыщенного водой, сохранять свою прочность. Степень понижения прочности материала характеризуется коэффициентом размягчения (14):

$$K_p = R_{нас} / R_{сух}$$

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

$R_{сух}$ — предел прочности материала в сухом состоянии, МПа.

Значение K_p для разных материалов колеблется от 0 (необожженная глина) до 1 (стекло, сталь). Материал считается водостойким при $K_p > 0,8$. В этом случае его разрешается применять в сырых местах без специальных мер по защите от увлажнения.

1.2. Типовые задачи

Задача 1. Масса сухого образца пористого материала неправильной формы составляет $m_{сух}=39$ г. Поверхность образца покрыли парафином. Масса гирь при взвешивании образца в воде составила $m_в=19,7$ г. Парафина израсходовано $m_{пар}=0,7$ г, плотность парафина — $\rho_{пар} = 0,9$ г/см³. Плотность воды — $\rho_в=1$ г/см³. Определить среднюю плотность материала.

Задача 2. При измерении размеров полнотелого керамического кирпича были получены следующие данные: длина — 25,2 см, ширина — 12,1 см, высота — 6,4 см. Определить величину средней плотности, если масса кирпича составляла 3 кг 503 г.

Задача 3. Определить среднюю плотность материала, если известно, что его коэффициент плотности в три раза больше, чем пористость, а истинная плотность составляет 2,65 г/см³.

Задача 4. Во сколько раз пористость материала А меньше пористости материала В, если известно, что истинная плотность этих материалов равна и

составляет $2,72 \text{ г/см}^3$? Средняя плотность материала А на 20 % больше, чем у материала В. Материал В имеет водопоглощение по объему в 1,8 раза больше водопоглощения по массе.

Задача 5. Образец материала в виде куба с ребром, равным 20 см, был подвергнут испытанию на прочность. При сжатии разрушающая нагрузка составила 800 кН. Определить прочность и удельную прочностью материала, если масса образца составляет 19,2 кг.

Задача 6. Определить разрушающую нагрузку при испытании материала на сжатие в сухом состоянии, если известно, что предел прочности при сжатии материала в водонасыщенном состоянии составил 9 МПа, а коэффициент размягчения материала равен 0,45. Испытанию были подвергнуты образцы в виде куба с размером ребра 5 см.

Задача 7. Оценить морозостойкость материала, если известно, что его водопоглощение по массе составляет 9 %, средняя плотность $1,7 \text{ г/см}^3$, а пористость равна 30 %.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

«СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Задание: изучить общие сведения о минералах и горных породах. Рассмотреть решение практических задач по изученной теме.

2.1. Общие сведения о минералах и горных породах

Природные каменные материалы и изделия получают механической обработкой горных пород (раскалыванием, распиливанием, дроблением и т.п.). В результате их обработки получают облицовочные плиты, плиты для полов, ступени, камни и блоки для кладки стен, бордюрные камни и др. Некоторые горные породы (песок, щебень, гравий, глину) используют и без механической обработки, но после сортировки, обогащения, очистки и мойки. Значительная часть горных пород является сырьем для получения неорганических вяжущих веществ, керамических изделий, бетонов, стекла, теплоизоляционных материалов и других строительных материалов и изделий.

Горная порода — это природный минеральный агрегат более или менее определенного состава и строения, являющийся продуктом геологических процессов и образующий в земной коре самостоятельные тела. Горная порода может быть мономинеральной, состоящей из одного минерала (гипс, магнезит, доломит и др.), или полиминеральной, состоящей из нескольких минералов (гранит, диабаз и др.)

Минерал — это химический элемент (самородная медь, сера, платина) или соединение (кварц, кальцит и др.), однородное по своему составу, строению и свойствам, образующееся в результате природных физико-химических процессов в земной коре, водной среде или атмосфере.

По своему состоянию большинство минералов являются твердыми кристаллическими телами (кварц, полевой шпат и др.), но встречаются и коллоидно-дисперсные (опал, халцедон, монтмориллонит), и жидкие, например, ртуть. К настоящему времени известно несколько тысяч минералов, но лишь около 50 из них слагают горные породы, используемые в строительстве.

Минералы, которые в составе горной породы образуют более или менее постоянные сочетания и обуславливают основные свойства породы, называются породообразующими. Например, в граните породообразующие минералы различных групп составляют: полевые шпаты — 40–70 %, кварц — 20–40 %, слюда — 10–20 %; в составе мрамора — кальцит — 90–100 %.

Горные породы, входящие в состав земной коры, весьма разнообразны как по своему происхождению, так и по составу и свойствам. Обычно горные породы классифицируют по условиям их образования в земной коре на три основные группы: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические или изверженные (первичные) горные породы образовались непосредственно из расплавленной магмы. В зависимости от условий охлаждения (отвердевания) магмы

различают два вида магматических пород: глубинные (интрузивные) и излившиеся (эффузивные).

Глубинные породы образовались в глубине земной коры при медленном остывании магмы и значительном давлении верхних слоев. Это способствовало процессам кристаллизации. Они имеют зернисто-кристаллическое строение, однородную массивную текстуру, большую плотность, практически нулевую пористость, высокую прочность на сжатие и морозостойкость, низкое водопоглощение и большую теплопроводность, обладают высокой стойкостью к выветриванию. К ним относятся: граниты, сиениты, диориты, габбро, анартозиты и др.

Излившиеся плотные породы образовались при остывании магмы вблизи и на поверхности земной коры. Некоторая часть магмы, излившаяся на поверхность, уже содержала кристаллы отдельных минералов. Поэтому чаще всего эти породы состоят из отдельных хорошо сформировавшихся кристаллов, вкрапленных в основную скрытокристаллическую массу. Такое строение называют порфировым. К излившимся плотным породам относятся: кварцевые и бескварцевые порфиры, трахиты, андезиты, диабазы, базальты.

Излившиеся пористые породы образовались при очень быстром охлаждении расплавленной магмы, выбрасываемой при извержении вулканов. Для этих пород характерно пористое аморфное (стекловидное) строение. К таким породам относятся: пемза, рыхлые (вулканические пеплы, пески) и сцементированные (вулканические туфы, трассы) породы.

Осадочные (вторичные) горные породы образовались в результате разрушения или выветривания магматических пород, химической или биологической переработки природного минерального сырья. Обычно они залегают пластами или слоями. К осадочным горным породам относятся:

Обломочные породы (механические осадки): рыхлые (песок, щебень, гравий, глина) и сцементированные (песчаник, брекчия, конгломерат).

Хемогенные породы (химические осадки): некоторые виды известняков, доломит, магнезит, гипс, ангидрит.

Органогенные породы: растительные (фитогенные) — трепел, диатомит, опока; животные (зоогенные) — мел, известняк-ракушечник.

Метаморфические или видоизмененные горные породы (третичные) образовались из магматических или осадочных горных пород под влиянием высоких температур, давления, химически активных веществ и других факторов. К этой группе относятся: гнейсы, образовавшиеся главным образом из гранита, мраморы — из известняков и доломитов, кварциты — из кремнистых песчаников, глинистые сланцы — из глин.

Свойства горных пород зависят от их строения — структуры и текстуры, определяемых условиями образования, и свойств породообразующих минералов.

Структура горных пород характеризуется размером, формой слагающих ее минералов, количественным соотношением и характером связи между ними. Структура может быть кристаллической, пегматитовой, порфировой, зернистой, офитовой, зернисто-стекловатой и др.

Текстура горных пород характеризуется взаиморасположением и распределением в ней минералов. Текстура может быть однородной и неоднородной, слоистой, сланцеватой, плотной, пористой, полосчатой и др. Внешний вид горных пород в основном определяется их цветом и строением.

2.2. Типовые задачи

Задача 1. Образец камня в сухом состоянии весил 250 г. При погружении образца в градуированный цилиндр с водой он поднял уровень воды на 100 см³. После того, как образец был вынут из воды, вытерт с поверхности и снова погружен в цилиндр с водой, он вытеснил уже 125 см³ воды. Далее образец был высушен и насыщен водой под давлением. Количество поглощенной при этом воды составило 33 г. Затем образец был снова высушен и измельчен для измерения абсолютного объема, который оказался равным 90 см³.

Вычислить среднюю плотность камня в сухом состоянии, весовое и объемное водопоглощение, истинную плотность, открытую и полную пористость. Дать заключение о морозостойкости камня.

Задача 2. Вес сухого известняка 300 г, а после насыщения водой — 308 г. Средняя плотность известняка 2400 кг/м³. Вычислить объемную и весовую, абсолютную и относительную влажности, общую и открытую пористости известняка. Дать заключение о морозостойкости.

Задача 3. Образец гранита имеет объемный вес 2700 кг/м³. Его полное водопоглощение (при насыщении водой под давлением) составляет 3,71 % по весу. Определить истинную плотность гранита. Можно ли считать способ определения удельного веса гранита вполне точным?

Задача 4. Каменный материал имеет следующий химический состав: СаО — 20 %, SiO₂ — 55 %, Al₂O₃ — 5 %. Потери при прокаливании (при 1000°) — 20 %. При пробе соляной кислотой обнаружено содержание углекислого кальция. При анализе следует полагать, что других материалов, содержащих кальций, кроме СаСО₃, в составе данного каменного материала не имеется. Определить минералогический состав, по которому установить название исследуемого материала.

Задача 5. При исследовании образца гранита установлен его состав: 32 % кварца, 58 % полевого шпата (ортоклаза) и 10 % слюды. Определить содержание кремнезема и глинозема в составе гранита (в %), если в составе слюды имеется 50 % кремнезема и 30 % глинозема. Какое химическое соединение является преобладающим в составе гранита?

Задача 6. Сухие образцы камня-известняка весом 50 кг нагрели от температуры $t_n = 15$ °С до температуры $t_k = 40$ °С, затратив $Q = 260$ ккал полезного тепла. Затем известняк охладили и уложили в воду. После

нескольких дней выдерживания в воде вес известняка стал на 1 кг больше. Определить удельную теплоемкость данного материала в сухом состоянии. Изменится ли и насколько его теплоемкость после увлажнения? Вычислить объемную теплоемкость известняка.

Среднюю плотность исследуемого известняка принять равной 2000 кг/м^3 .

Задача 7. Как изменится термическое сопротивление стены толщиной 50 см из плотного известняка, если его объемная влажность поднялась до 2 %? Объемный вес известняка принять равным 2000 кг/м^3 .

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ»

Задание: рассмотреть решение практических задач по изученной теме.

Предел прочности при сжатии образца древесины при стандартной влажности (12 %) определяется по формуле:

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

где R_{12} , R_w — пределы прочности образцов соответственно при 12 % и фактической влажности в момент испытаний;

α — коэффициент изменения прочности при изменении влажности на 1 %; при сжатии $\alpha = 0,04$;

W — влажность образца в момент испытаний, %.

Предел прочности древесины на статический изгиб при фактической влажности 25 % (R_{25}) вычисляем по формуле:

$$R_{25} = 3 \cdot F \cdot l / (2 \cdot b \cdot h^2),$$

где F — разрушающая нагрузка, кгс;

l — расстояние между опорами, см;

b , h — размеры сечения образца, см.

Фактическая (равновесная) влажность древесины определяется по формуле:

$$W_p = (m_b - m_c) \cdot 100 / m_c$$

где, m_b , m_c — масса образца соответственно во влажном и сухом состоянии, г.

Среднюю плотность древесины при стандартной влажности 12 % (ρ_{12} , кг/м³) вычисляем по формуле:

$$\rho_{12} = \rho_w + 2,5(12 - W)$$

где ρ_w — средняя плотность образцов при фактической влажности в момент испытаний;

2,5 — коэффициент изменения плотности при изменении влажности на 1 %;

W — влажность образца в момент испытаний, %.

Удельная прочность определяется по формуле:

$$R_{уд} = R/d,$$

где R — прочность образца, МПа;

d — относительная плотность.

3.1. Типовые задачи

Задача 1. Определить, во сколько раз дуб прочнее сосны, если известно, что предел прочности при сжатии вдоль волокон образца сосны с влажностью 17 % составляет 50,5 МПа, а усилие, при котором разрушается образец дуба стандартной влажности, равно 2900 кгс.

Задача 2. Определите предел прочности древесины на сжатие поперек волокон при влажности 40 %, если известно, что при влажности 33 % он составляет 13 МПа.

Задача 3. Определить, какое количество сосновых досок размером 600 x 20 x 4 см можно полностью пропитать водным раствором 3 % антисептика NaF в

количестве 550 л при пористости древесины 60 %.

Задача 4. Стандартный образец древесины сосны с влажностью 25 % при испытании на статический изгиб разрушился при нагрузке 150 кгс. Его масса составила 52,8 г. Определить предел прочности при статическом изгибе и среднюю плотность древесины при стандартной влажности.

Задача 5. Рассчитать количество огнезащитного красочного состава, необходимого для покрытия поверхности деревянных стен здания площадью 78 м². Площадь оконных и дверных проемов составляет 18 %, а расход краски — 1,1 кг/м².

Задача 6. Предел прочности на сжатие вдоль волокон образца древесины дуба оказался равным 58 МПа, а его масса составила 8,5 г. Определить среднюю плотность и предел прочности древесины при стандартной влажности, если масса образца в сухом состоянии 6,8 г.

Задача 7. Масса 1 м³ древесины сосны при влажности 18 % составляет 540 кг. Определить удельную прочность древесины, если при испытании на сжатие вдоль волокон разрушающая нагрузка составила 16 кН.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»

Влажность формовочной массы W , %, вычисляется по формуле:

$$W = (m_r - m_c) * 100 / m_r,$$

где m_r — масса образца-сырца (влажная глина), г;

m_c — масса образца в сухом состоянии, г.

Потеря массы при прокаливании X , %, рассчитывается по формуле:

$$X = (m_c - m_k) * 100 / m_c,$$

где m_c — масса образца в сухом состоянии (до прокаливании), г;

m_k — масса образца после прокаливании (керамика), г.

Воздушная усадка ϵ_v , %, вычисляется по формуле:

$$\epsilon_v = (l_r - l_c) * 100 / l_r,$$

где l_r — длина линии на глиняном образце-сырце, мм;

l_c — длина линии после высушивания образца, мм.

Полная усадка $\epsilon_{п}$, %, рассчитывается по формуле:

$$\epsilon_{п} = (l_r - l_k) * 100 / l_r,$$

где l_k — длина линии после сушки и обжига образца, мм.

Огневая усадка ϵ_o , %, определяется как разность между полной и воздушной усадкой:

$$\epsilon_o = \epsilon_{п} - \epsilon_v.$$

Число пластичности $Пл$, %, рассчитывается по формуле:

$$Пл = W_T - W_p,$$

где W_T — влажность нижней границы текучести, %;

W_p — влажность границы раскатывания глиняного жгута, %.

Масса высушенной и обожженной глины (керамики) M_k , кг, вычисляется по формуле:

$$M_k = M_r * (1 - W) * (1 - X),$$

где M_r — масса глины, кг;

W — влажность глины в долях единицы;

X — потеря при прокаливании в долях единицы.

Дополнительная пористость камней $П_{доп}$, %, обеспечивающая необходимое снижение средней плотности, рассчитывается по формуле:

$$П_{доп} = (1 - \rho_{п} / \rho_{нп}) * 100,$$

где $\rho_{п}$ и $\rho_{нп}$ — средняя плотность, соответственно поризованных и непоризованных камней, кг/м³.

4.1. Типовые задачи

Задача 1. Определить влажность формовочной массы для изготовления керамических изделий и потерю массы при прокаливании в процессе обжига. Известно, что лабораторный образец-сырец весил 45,0 г; его масса в сухом состоянии равнялась 36,8 г, а после обжига — 33,2 г.

Задача 2. Определить воздушную, огневую и полную (общую) усадку глины, применяемой для производства стеновой керамики. Известно, что линия

длиной 100 мм, нанесенная на лабораторном образце-сырце, после его сушки стала длиной 92,5 мм, а после обжига — 89,2 мм.

Задача 3. Оценить степень пластичности глины для изготовления керамических изделий, если влажность, соответствующая нижней границе текучести, составляет 24 %, а влажность, соответствующая границе раскатывания глиняного жгута, — 6,5 %

Задача 4. Какое количество одинарного полнотелого керамического кирпича нормального формата (одинарного) со средней плотностью 1750 кг/м³ можно изготовить из 50 т глины? Влажность глины 18,2 %, потеря при прокаливании 9,8 % массы высушенной глины.

Задача 5. Какое количество керамических камней формата 2,1 НФ со средней плотностью 1100 кг/м³ можно изготовить из 20 м³ глины с плотностью 1700 кг/м³? Влажность глины 18,2 %, потеря при прокаливании 9,8 % массы сухой глины.

Задача 6. Определить, сколько необходимо глины (по массе и объему) для изготовления 10000 штук пустотелого лицевого кирпича формата 1,4 НФ со средней плотностью 1300 кг/м³. Характеристики глины: влажность — 18,2 %, потеря при прокаливании — 9,8 %, средняя плотность — 1700 кг/м³. Вероятный брак в процессе производства составляет 2 % партии кирпича.

Задача 7. Определить массу древесных опилок, необходимую для изготовления 1000 штук поризованных керамических камней формата 10,7 НФ со средней плотностью 780 кг/м³. Средняя плотность непоризованных изделий 960 кг/м³, а опилок 350 кг/м³.

Задача 8. Установить марку по прочности пустотелого кирпича нормального формата, если при испытании по стандартным методикам получены следующие результаты: на изгиб — среднее для пяти образцов — 2,6 МПа, наименьший для отдельного образца — 1,1 МПа; на сжатие — среднее из пяти результатов — 21,6 МПа, наименьший для отдельного образца — 18,5 МПа.

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА»

Задание: рассмотреть решение практических задач по изученной теме.

5.1. Типовые задачи

Задача 1. Рассчитать количество воды, необходимое для полной гидратации 5 т строительного гипса, и относительное содержание химически связанной воды в продукте гидратации.

Задача 2. Какое количество гипсового камня с влажностью 7 % необходимо подвергнуть термической обработке в варочном котле, чтобы получить 15 т строительного гипса? Гипсовый камень содержит 13 % глинистых и песчаных примесей.

Задача 3. Вычислить пористость и среднюю плотность гипсового камня с влажностью 10 % (по массе). Состав гипсового теста характеризуется водогипсовым отношением $V/G = 0,55$. Плотность полуводного (строительного) гипса $\rho_{г.с.} = 2,65 \text{ кг/дм}^3$, а гипсового камня — $\rho_{г.к.} = 2,3 \text{ кг/дм}^3$. При твердении гипсового теста увеличение объема составляет 1 %.

Задача 4. Определить массу комовой негашеной извести, которая получается в результате обжига 15 т чистого известняка с влажностью 8 %.

Задача 5. Сколько потребуется известняка, не содержащего примесей, чтобы получить 5 т молотой негашеной извести? Влажность известняка 10 %, потери по массе в процессе обжига и помола составляют 5 %.

Задача 6. Определить пористость в затвердевшем цементном камне, изготовленном из портландцемента. Цементное тесто при затворении содержало 28 % воды, а количество связанной воды — 20 % от массы цемента. Истинную плотность цемента принять равной $\rho = 3,1 \text{ г/см}^3$.

Задача 7. Сколько потребуется ввести пластифицирующей гидрофобной добавки для получения 20 т пластифицированного портландцемента? Пластифицирующая добавка ССД содержит 50 % твердого вещества и 50 % воды. Установлено, что количество добавки ССД должно составлять 0,2 % от массы цемента, считая ССБ на сухое вещество.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «БЕТОНЫ»

Задание: ознакомиться с основными принципами, порядком и последовательностью выполнения расчета лабораторного состава тяжелого бетона. Рассчитать лабораторный и рабочий составы тяжелого бетона на цементах и плотных заполнителях. Определить дозировку материалов на замес бетоносмесителя заданного объема.

Расчет выполняется по классу бетона согласно вариантам, заданным преподавателем по таблице 2.

Таблица 2

Варианты для расчета бетона

Номер варианта	Класс тяжелого бетона	Объем бетоносмесителя, м ³
1	B 15	1,0
2	B 20	0,5
3	B 22,5	0,75
4	B 25	1,25
5	B 27,5	1,5
6	B 30	2,0
7	B 35	1,25
8	B 40	1,1
9	B 45	

6.1. Порядок выполнения расчета состава тяжелого бетона

6.1.1. Исходные требования

Исходные данные для выполнения задания выдаются преподавателем.

Для расчета начального состава бетона необходимо знать:

- вид и условия эксплуатации конструкции, геометрию конструкции;
- класс бетона, данные об однородности прочности (коэффициент вариации), срок, к которому нормируемая прочность должна быть достигнута;
- условия уплотнения и твердения бетона;
- удобоукладываемость бетонной смеси, выраженную осадкой конуса в сантиметрах или показателем жесткости в секундах.

Состав бетона, исходя из требуемой прочности, рассчитывают по формуле:

$$R_T = K_T * V_{\text{норм}}$$

где $V_{\text{норм}}$ — заданный класс бетона по прочности; K_T — коэффициент требуемой прочности, определяемый по таблице 3 в зависимости от фактического коэффициента вариации прочности бетона. При отсутствии данных о фактической однородности прочности бетона (например, при организации нового производства), коэффициент требуемой прочности определяют, исходя из нормативного коэффициента вариации (для тяжелого бетона — 13,5 %) — $K_T = 1,3$.

Таблица 3

Коэффициент требуемой прочности K_T для всех видов бетонов
(кроме плотных силикатных и ячеистых)

Таблица 3

**Коэффициент требуемой прочности K_T для всех видов бетонов
(кроме плотных силикатных и ячеистых)**

Средний коэффициент вариации прочности \bar{V} , %	6 и менее	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Коэффициент требуемой прочности K_T	1,07	1,08	1,09	1,11	1,14	1,18	1,23	1,28	1,33	1,38	1,43

Наибольшая крупность крупного заполнителя должна соответствовать размерам сечения и густоте армирования конструкции. Необходимо проверить выполнение двух условий (16, 17):

1. Наибольшая крупность заполнителя D должна быть не более $3/4$ наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры a :

$$D=3a/4$$

2. Наибольшая крупность заполнителя D должна быть не более $1/3$ минимального размера поперечного сечения конструкции b_{\min} :

$$D=1*b_{\min}/3 \quad (17)$$

По результатам данной проверки формулируют вывод о значении допускаемой наибольшей крупности крупного заполнителя, исходя из геометрии конструкции и характера ее армирования.

6.1.2. Характеристики исходных материалов

Вид цемента назначают с учетом условий работы конструкций. В частности, при нормальных условиях эксплуатации, когда коррозионные воздействия исключены, рекомендуется использовать портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент с учетом их фактической цены. При наличии коррозионных воздействий следует применять специальные цементы. Рациональную марку цемента принимают в зависимости от проектного класса прочности бетона по таблице 4.

Таблица 4

Рациональные марки цемента для бетонов различных классов

Проектный класс бетона по прочности на сжатие	Марка цемента	
	Рекомендуемая	Допускаемая
B15	400	—
B20	400	500
B22,5	400	500
B25	400	500
B27,5	500	400
B30	500	400; 550
B35	500	550; 600
B40	550	500; 600
B45	600	550

В случае если применяемые цементы квалифицированы классом прочности по ГОСТ 31108–2016, их ориентировочная марка, в соответствии с ГОСТ 10178-85, может быть установлена по таблице 5.

Таблица 5

**Усредненное соотношение между марками цемента по ГОСТ 10178-85
и классами прочности цемента по ГОСТ 31108-2016**

Класс прочности цемента по ГОСТ 31108–2016	32,5	42,5	52,5
Марка цемента по ГОСТ 10178–85	400	500; 550	550; 600

Истинную и насыпную плотность цемента можно принимать в пределах, указанных в таблице 6. Данные об основных характеристиках заполнителей для выполнения работы выдает преподаватель.

Таблица 6

Истинная и насыпная плотности цемента

Таблица 6

Истинная и насыпная плотности цемента		
Вид цемента	Истинная плотность, кг/дм ³	Насыпная плотность, кг/дм ³
Портландцемент	3,0...3,3	1,0...1,4
Шлакопортландцемент	2,8...3,1	1,1...1,4
Пуццолановый цемент	2,7...2,9	0,95...1,3

Водопотребность песка в бетонной смеси V_n зависит от его модуля крупности и определяется по графику (рис. 4).

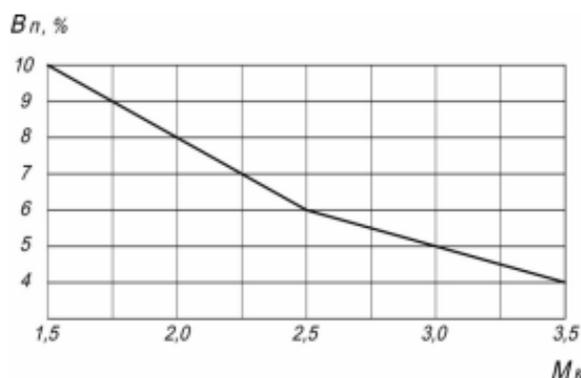


Рис. 4. Водопотребность песка в зависимости от модуля крупности

Пустотность крупного заполнителя α_k определяют по формуле (18):

$$\alpha_k = 1 - (\rho_{нк} / \rho_k)$$

где ρ_k — средняя плотность (в куске) крупного заполнителя, кг/дм³;

$\rho_{нк}$ — насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм³.

В конце раздела формулируют вывод о соответствии (несоответствии) наибольшей крупности крупного заполнителя размерам сечения и характеру армирования конструкции.

6.1.3. Расчет расхода материалов на 1 м³ уплотненной бетонной смеси (лабораторный состав)

Цементно-водное отношение, необходимое для получения бетона требуемой прочности, определяют из формулы закона прочности бетона (формулы И. Болоемя — Б.Г. Скрамтаева), имеющей в общем случае вид (19):

$$R_{28} = A * R_{ц} ((Ц/В) \pm 0,5)$$

где R_{28} — прочность бетона в возрасте 28 суток нормального твердения;

$R_{ц}$ — активность цемента или смешанного вяжущего;

A (A_1) — коэффициент, учитывающий качество заполнителей (таблица 7).

При $R_{28} * 1,2 R_{ц}$ (бетоны низкой и средней прочности) закон прочности бетона принимает вид:

$$R_{28} = A * R_{ц} ((Ц/В) - 0,5)$$

При $R_{28} > 1,2 * R_{ц}$ (высокопрочные бетоны) используется другая зависимость:

$$R_{28} = A * R_{ц} ((Ц/В) + 0,5)$$

Высококачественными заполнителями считают щебень из плотных и прочных горных пород, песок оптимальной крупности; заполнители чистые, фракционированные, с оптимальным зерновым составом. К рядовым относят заполнители, отвечающие требованиям стандарта. Заполнителями пониженного качества являются низкопрочные щебень и гравий, мелкие пески. В случае если пустотность крупного заполнителя более 45 %, то такой заполнитель также следует отнести к заполнителям пониженного качества.

Таблица 7

Значения коэффициентов качества заполнителей

Качество заполнителей	A	A ₁
Высокое	0,65	0,43
Рядовое	0,60	0,40
Пониженное	0,55	0,37

Для бетонов классов до В40 включительно цементно-водное отношение находят из формулы (22):

$$Ц/В = 0,5 + R_m / (A * R_{ц})$$

где R_m — требуемая прочность бетона.

Далее рассчитывают водоцементное отношение (23):

$$В/Ц = 1 / (Ц/В)$$

В ряде случаев к конструкциям могут предъявляться дополнительные требования — по морозостойкости, водонепроницаемости, стойкости в агрессивных средах, определяющие необходимость повышения плотности бетона за счет ограничения значения В/Ц.

Начальный расход воды $V_{табл}$ определяют по таблице 8 в зависимости от требуемой удобоукладываемости бетонной смеси, вида и наибольшей крупности заполнителя.

Таблица 8

Расход воды на 1м³ бетона

Марка по удобоукладываемости	Осадка конуса, см	Показатель жесткости, с	Расход воды на 1м ³ бетона, кг, при наибольшей крупности, мм,							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	—	31...50	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	—	21...30	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	—	16...20	165	150	135	130	175	165	150	145
	—	11...15	175	160	145	140	185	175	160	155
Ж1	—	5...10	180	165	150	145	190	180	165	160
П1	1...4	≤4	190	175	160	155	200	190	175	170
	5...7	—	200	185	170	165	210	200	185	180
П2	8...9	—	205	190	175	170	215	205	190	185
	10...12	—	215	205	190	180	225	215	200	190
П3	12...15	—	220	210	197	185	230	220	207	195
	16...20	—	227	218	203	192	237	228	213	202

Примечания: 1. Табличные данные относятся к бетонной смеси, приготовляемой на песке средней крупности с водопотребностью $V_w = 7\%$.

2. В случае применения пуццоланового цемента расход воды увеличивают на 15...20 кг.

3. При расходе цемента свыше 400 кг расход воды увеличивают на 1 кг на каждые 10 кг цемента сверх 400 кг.

Окончательный расход воды V , кг, рассчитывают, вводя поправку на водопотребность песка (24):

$$V = V_{табл} + (V_p - 7) * 5,$$

где $V_{табл}$ — расход воды, определяемый по таблице 8;

V_p — водопотребность песка (рис. 4).

Формула (27) учитывает изменение расхода воды при использовании песков

с водопотребностью, отличающейся от 7 %.

Определив расход воды и взяв из формулы (23) значение Ц/В, вычисляют расход цемента по формуле:

$$Ц = В*(Ц/В)$$

Если расход цемента на 1 м³ бетона окажется меньше допускаемого (таблица 9), то следует увеличить его до требуемой нормы, сохранив прежнее Ц/В. Расход воды при этом пересчитывают, исходя из увеличенного расхода цемента.

При определении минимального расхода цемента также следует учесть требования приложения Д ГОСТ 31384–2017, которое устанавливает рекомендуемые минимальные расходы цемента в зависимости от степени агрессивности среды эксплуатации — от 260 кг до 360 кг на 1 м³ бетона.

Так, для среды без признаков агрессии (ХО) минимальный расход цемента не нормируется, а для среды с риском коррозии под действием карбонизации рекомендуемый минимальный расход цемента — 260...300 кг.

Таблица 9

Минимальный расход цемента для изготовления железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой, эксплуатируемых в неагрессивных средах в соответствии с ГОСТ 26633–2012

Условия эксплуатации конструкции	Примеры сред эксплуатации	Вид и расход цемента, кг/м ³		
		ПЦ - Д0, ПЦ - Д5, ЦЕМ I, ЦЕМ I СС	ПЦ - Д20, ЦЕМ II, ЦЕМ II СС	ШПЦ, ЦЕМ III, ЦЕМ III СС, ЦЕМ IV, ЦЕМ V
Среда без признаков агрессии (ХО)	Внутри сухих помещений	150	170	180
Коррозия вследствие карбонизации (ХС)	Внутри влажных помещений; бетон, подвергающийся частому увлажнению или постоянно находящийся в воде; большинство фундаментов	200	220	240

Расход заполнителей определяют, исходя из следующих условий:

а) объем плотно уложенной бетонной смеси, принимаемый в расчете равным 1 м³ (1000 дм³), складывается из объема зерен мелкого и крупного заполнителей и объема цементного теста, заполняющего пустоты между зернами заполнителей. Это выражается уравнением абсолютных объемов (26):

$$(Ц/\rho_{ц}) + (В/\rho_{в}) + (П/\rho_{п}) + (К/\rho_{к}) = 1000$$

б) для обеспечения требуемой удобоукладываемости бетонной смеси пустоты между зернами крупного заполнителя должны быть заполнены цементно-песчаным раствором с некоторой их раздвижкой (27):

$$(Ц/\rho_{ц}) + (В/\rho_{в}) + (П/\rho_{п}) = \alpha_{к}*(К*k_{р.з.})/\rho_{нк}$$

где Ц, В, П, К — расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя, кг;

$\rho_{ц}$, $\rho_{в}$, $\rho_{п}$, $\rho_{к}$ — истинные плотности этих материалов, кг/дм³;

$\rho_{нк}$ — насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм³;

$\alpha_{к}$ — пустотность крупного заполнителя в рыхлонасыпном состоянии в долях единицы объема;

$k_{р.з.}$ — безразмерный коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором.

Значение коэффициента раздвижки зерен находят с учетом

удобоукладываемости бетонной смеси. Если смесь жесткая, $k_{p.z.}$ принимают в пределах 1,05...1,15. Чем больше показатель жесткости Ж, тем меньшим должно быть значение $k_{p.z.}$. В среднем значение коэффициента раздвижки зерен для жестких смесей составляет 1,1. Для подвижных бетонных смесей, характеризуемых осадкой конуса ОК, значения $k_{p.z.}$ определяют в зависимости от объема цементного теста и водопотребности песка.

Сначала рассчитывают объем цементного теста $V_{цт}$ по формуле (31):

$$V_{цт} = (Ц / \rho_{ц}) + (В / \rho_{в})$$

Далее по графику (рис. 5) находят начальное значение коэффициента раздвижки $k_{p.z.}$ и корректируют его с учетом водопотребности песка (29):

$$k_{p.z.} = k'_{p.z.} + (7 - B_{п}) * 0,03$$

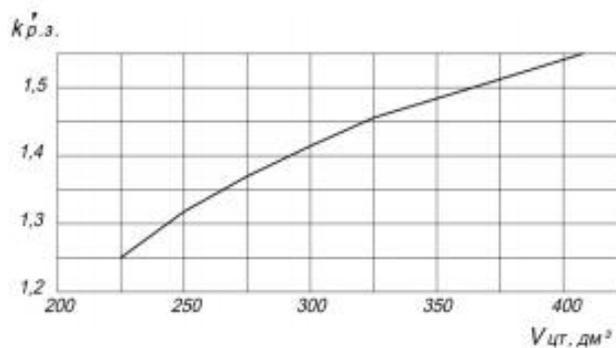


Рис. 5. Значения $k'_{p.z.}$ для подвижных бетонных смесей, приготовляемых с применением песка средней крупности ($B_{п} = 7 \%$)

Решая совместно уравнения (26) и (27), получим формулы для определения расхода крупного заполнителя К, кг (30) и песка П, кг (34):

$$K = \frac{1000}{\frac{\alpha_K k_{p.z.}}{\rho_{шк}} + \frac{1}{\rho_K}}; \quad (30)$$

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{К}{\rho_K} \right) \right] \rho_{п}. \quad (31)$$

На этом заканчивается расчет начального состава бетона. Расходы цемента, воды, крупного и мелкого заполнителей записывают отдельно. При их сложении получают теоретическую среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{см}^m$, выраженную в кг/м³:

$$\rho_{см}^m = (Ц + В + П + К) / 1000$$

где Ц, В, П, К — расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя в килограммах на 1 м³ бетона.

Состав бетона по объему (34):

$$(V_{ц} / V_{цт}) / (V_{в} / V_{цт}) / (V_{п} / V_{цт}) / (V_{к} / V_{цт}) = 1 / (V_{в} / V_{цт}) / (V_{п} / V_{цт}) / (V_{к} / V_{цт})$$

где $V_{ц}$, $V_{п}$, $V_{к}$ — объемы цемента, песка и крупного заполнителя в рыхлонасыпном состоянии (дм³) на 1 м³ бетона;

$V_{в}$ — объем воды (дм³) на 1 м³ бетона (35):

$$V_{ц} = Ц / \rho_{ц}; \quad V_{в} = В / \rho_{в}; \quad V_{п} = П / \rho_{п}; \quad V_{к} = К / \rho_{к}$$

где $\rho_{в}$ — плотность воды, принимаемая равной 1 кг/дм³;

$\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{к}$ — насыпные плотности цемента, песка и крупного заполнителя, кг/дм³.

6.1.4. Расчет рабочего состава бетона

Расчет состава бетона производят, исходя из условия, что заполнители сухие. Полученный состав называют лабораторным. В действительности песок и крупный заполнитель всегда содержат некоторое количество воды, что необходимо учитывать при назначении рабочего состава бетона. В этом случае определяют влажность заполнителей, рассчитывают массу воды, содержащейся в заполнителях, и на эту величину уменьшают массу добавляемой в бетонную смесь воды, повышая на эту же величину расход заполнителей. Количественно рабочий состав бетона отличается от лабораторного, но фактически количество воды и сухих компонентов в бетоне, а также средняя плотность бетона остаются прежними, как и в лабораторном составе.

- Расход цемента по лабораторному и рабочему составу одинаков.

Масса воды, содержащейся в песке:

$$V_{\text{п}} = w_{\text{п}} * \Pi.$$

Масса воды, содержащейся в крупном заполнителе:

$$V_{\text{к}} = w_{\text{к}} * K,$$

где Π , K — расходы песка и крупного заполнителя на 1 м³ бетона по лабораторному составу, кг;

$w_{\text{п}}$, $w_{\text{к}}$ — влажности песка и крупного заполнителя, доли единицы.

Масса добавленной воды:

$$V^{\text{доб}} = V - V^{\text{п}} - V^{\text{к}}$$

где V — расход воды на 1 м³ бетона по лабораторному составу, кг.

- Расходы заполнителей по рабочему составу определяют по формулам:

$$\Pi' = \Pi + V^{\text{п}}$$

$$K = K + V^{\text{к}}$$

Объемы заполнителей по рабочему составу определяют по формулам:

$$V'_{\text{п}} = \Pi' / \rho_{\text{пп}}^{\text{вл}};$$

$$V'_{\text{к}} = K' / \rho_{\text{кк}}^{\text{вл}};$$

$\rho_{\text{пп}}^{\text{вл}}$ - насыпные плотности песка и крупного заполнителя в увлажненном состоянии, кг/дм³.

Дозировку материалов на замес бетоносмесителя назначают с учетом, что объем готовой бетонной смеси будет меньше суммарного объема исходных сыпучих компонентов в рыхлонасыпном состоянии вследствие уменьшения объема смеси при ее перемешивании и последующем уплотнении.

Уменьшение объема бетонной смеси учитывают коэффициентом выхода бетона:

$$\beta = 1000 / (V'_{\text{ц}} + V'_{\text{п}} + V'_{\text{к}})$$

где $V'_{\text{ц}}$; $V'_{\text{п}}$; $V'_{\text{к}}$ — объемы цемента, песка и крупного заполнителя в рыхлонасыпном состоянии (дм³) на 1 м³ бетона по рабочему составу.

Коэффициент выхода всегда меньше единицы и находится в пределах 0,6...0,75 в зависимости от пустотности заполнителей и состава бетона.

Зная коэффициент выхода бетона, рассчитывают дозировку материалов по

рабочему составу на замес бетоносмесителя объемом V (дм³):

$$Ц'_v = \beta * V * Ц / 1000$$

$$В'_v = \beta * V * В / 1000$$

$$П'_v = \beta * V * П / 1000$$

$$К'_v = \beta * V * К / 1000$$

Где $Ц'_v, В'_v, П'_v, К'_v$ - расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя по рабочему составу на замес бетоносмесителя вместимостью V , кг; $Ц', В', П', К'$ — расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя на 1 м³ бетона по рабочему составу, кг.

Объем бетона в замесе определяют по формуле:

$$V_3 = \beta * V$$

ЗАДАЧИ

ЗАДАЧА 1. Рассев песка на стандартном наборе сит показал следующие значения частных остатков: на сите размером 2,5 мм – 0,182 кг, на сите размером 1,25 мм – 0,381 кг, на сите размером 0,63 мм – 0,138 кг, на сите размером 0,315 мм – 0,166 кг, на сите размером 0,15 мм – 0,113 кг. Остальные 0,02 кг прошли через сито размером 0,14 мм. Рассчитать модуль крупности песка и построить кривую его зернового состава в сопоставлении с областью песков, допустимых в качестве мелкого заполнителя для бетона.

ЗАДАЧА 2. Сколько кубических метров щебня будет израсходовано на бетонирование покрытия дороги площадью 4000 м² и толщиной 0,2 м, если насыпная плотность щебня 1400 кг/м³, истинная плотность – 2800 кг/м³, а коэффициент раздвижки зерен щебня в бетоне – 1,25?

ЗАДАЧА 3. Определить наибольшую и наименьшую крупность щебня, если при просеивании 10 кг щебня через стандартный набор сит частные остатки на ситах составляли: на сите 70 мм – 0,0 кг, на сите 40 мм – 0,33 кг, на сите 20 мм – 5,1 кг, на сите 10 мм – 3,2 кг, на сите 5 мм – 1,37 кг.

ЗАДАЧА 4. Вес пробы сухого песка перед отмучиванием был равен 1000 г, а после отмучивания высушенный песок весил 930 г. Пригоден ли этот песок для бетона?

ЗАДАЧА 5. Два песка с приблизительно одинаковым модулем крупности имеют истинную плотность 2,65 г/см³ и насыпную плотность 1650 кг/м³ и 1540 кг/м³. Какой из этих песков предпочтительнее в качестве мелкого заполнителя для бетона и почему?

ЗАДАЧА 6. В пробе щебня весом 5 кг обнаружены пластинчатые (лещадные) зерна массой 807 г и игловатые зерна массой 215 г. К какой группе по содержанию пластинчатых и игловатых зерен относится щебень согласно ГОСТ 8267-93?

ЗАДАЧА 7. Какой маркой по прочности будет обладать обычный тяжелый

бетон на портландцементе после 28 суток твердения в нормальных условиях, если активность цемента 450 кг/см^2 ? Заполнители среднего качества ($A = 0,60$), цементно-водное отношение – 1,6.

ЗАДАЧА 8. Какой марке будет соответствовать бетон, если после испытания стандартных образцов размером $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$ в возрасте 10 суток среднее значение предела прочности при сжатии составило 160 кг/см^2 ?

ЗАДАЧА 9. Какой минимальной активности цемент потребуется для приготовления тяжелого бетона, имеющего после 7 суток твердения в нормальных условиях прочность при сжатии 7 МПа, если водоцементное отношение в бетонной смеси равно 0,6, заполнители среднего качества ($A = 0,6$)?

ЗАДАЧА 10. Фундамент из бетона марки «200» имеет форму правильного параллелепипеда с размерами $4 \times 6 \times 2 \text{ м}$. Рассчитать, сколько потребуется портландцемента для бетонирования этого фундамента при условии, что активность этого цемента равна 43 МПа, заполнители среднего качества, а расход воды на 1 м^3 бетонной смеси составляет 200 л.

ЗАДАЧА 11. Номинальный состав бетона по массе выражается пропорцией 1:2:4 при В/Ц = 0,50. Рассчитать расход цемента, песка, щебня и воды на 100 м^3 бетонной смеси, если известно, что средняя плотность свежееуложенного бетона составляет 2603 кг/м^3 , а влажность песка и щебня соответственно равны 2,0 и 1,0 %.

ЗАДАЧА 12. Для бетонирования железобетонной балки приготовлена бетонная смесь с водоцементным отношением В/Ц=0,60 на цементе с активностью 45 МПа и на заполнителях среднего качества ($A = 0,60$). Проверить расчетом, какой прочностью при сжатии будет обладать бетон в балке после 28 суток твердения в нормальных условиях, и будет ли он удовлетворять проектной марке 300.

ЗАДАЧА 13. Определить расход материалов (по массе и по объему) с учетом их влажности на 1 м^3 бетона состава 1:2:3,8 (по массе) при В/Ц = 0,65, если средняя плотность бетонной смеси равна 2500 кг/м^3 . Принять при расчетах следующие насыпные плотности материалов: песок – 1600 кг/м^3 , щебень – 1450 кг/м^3 , цемент 1300 кг/м^3 . Влажность песка равна 4 %, щебня – 2 %.

ЗАДАЧА 14. Рассчитать состав бетона М 300 с ОК=2 см при следующих характеристиках компонентов бетонной смеси:

- вяжущее вещество – портландцемент с активностью 525 кг/см^2 и истинной плотностью 3000 кг/м^3 ;
- мелкий заполнитель – песок сурский с истинной плотностью $2,65 \text{ г/см}^2$, среднего качества;

- крупный заполнитель – щебень гранитный с истинной плотностью 2600 кг/м^3 , с насыпной плотностью – 1480 кг/м^3 , с максимальной крупностью зерен 40 мм .

ЗАДАЧА 15. Определить расход цемента на 1 м^3 песка для приготовления строительного раствора марки 50. Активность портландцемент – 410 кгс/см^2 . Коэффициент, зависящий от вида цемента, принять равным 1.

ЗАДАЧА 16. Определить расход минеральной пластифицирующей добавки - известкового теста (по массе и по объему) на 1 м^3 песка, если расход портландцемента на 1 м^3 песка составляет 200 кг , а плотность известкового теста равна 1450 кг/м^3 .

ЗАДАЧА 17. Сколько тонн цемента потребуется для приготовления 200 м^3 сложного строительного раствора марки 75, если в качестве вяжущего применяется шлакопортландцемент марки М 300 с активностью 33 МПа ? Коэффициент, зависящий от вида цемента, принять равным $0,88$.

ЗАДАЧА 18. Определить необходимый расход портландцемента активностью 37 МПа на 1 м^3 песка для приготовления строительного раствора марки 75. Коэффициент, зависящий от вида цемента, принять равным 1.

ЗАДАЧА 19. Определить состав сложного строительного раствора марки 50 для кирпичной кладки стен при наличии шлакопортландцемента марки 300, активностью 34 МПа и с насыпной плотностью 1100 кг/м^3 и известкового теста в качестве неорганического пластификатора с истинной плотностью 1400 кг/м^3 . Коэффициент, зависящий от вида цемента, принять равным $0,88$.

ЗАДАЧА 20. Определить расход материалов (по массе и по объему) 1 м^3 бетона состава 1:2:4 (по массе) при $V / Ц = 0,6$, если средняя плотность бетонной смеси равна 2600 кг/м^3 . Принять при расчетах следующие насыпные плотности материалов: песок – 1470 кг/м^3 , щебень – 1450 кг/м^3 , цемент – 1300 кг/м^3 .

ЗАДАЧА 21. Бетон на портландцементе после 7 суток твердения в нормальных условиях имеет предел прочности при сжатии 120 кгс/см^2 , а после термообработки (пропаривания) при 85°C сразу после формования – 378 кгс/см^2 . Рассчитать какую часть (в процентах) марки бетона составляет его прочность после термообработки.

ЗАДАЧА 22.

На 1 м^3 расходуется 285 кг портландцемента с насыпной плотностью $1,2 \text{ т/м}^3$, 610 кг сухого песка с насыпной плотностью 1560 кг/м^3 , 1210 кг сухого щебня с насыпной плотностью 1400 кг/м^3 и 162 л воды. Составить дозировку материалов на один замес бетономешалки с паспортной емкостью барабана

425 литров, если влажность песка равна 3 %, а щебня – 1%.

ЗАДАЧА 23.

Какие марки тяжелых бетонов возможно получить на портландцементях разных марок (300, 400, 500, 600) при расходе цемента 310 кг/м^3 и требуемой подвижности бетонной смеси 6 см? Заполнители для бетона рядовые, максимальная крупность гравия 40 мм. Построить график зависимости марки бетона от марки цемента.

ЗАДАЧА 24.

Для тяжелого бетона на высококачественных заполнителях применен портландцемент М 550. Какие марки бетона можно получить при водоцементных отношениях 0,4; 0,5; 0,6; 0,7. Построить график зависимости прочности бетона от водоцементного отношения.

ЗАДАЧА 25. Для тяжелого бетона применен портландцемент М 400 при водоцементном отношении 0,5. Установить влияние заполнителей на марку бетона и построить график, рассмотрев бетоны на заполнителях высококачественных, рядовых и пониженного качества.

ЗАДАЧА 26. Опытным путем установлена оптимальная доза добавки С-3 в бетон М 400 – 0,2% от веса цемента. Эта добавка при сохранении марки бетона и подвижности бетонной смеси обеспечивает снижение расхода воды на 1 м^3 бетона с 179 до 163 л. Вычислить экономию цемента на 1 м^3 бетона. Заполнители бетона высококачественные, водоцементное отношение более 0,4.

Приложение 1

Классификация песков по крупности

Группа песка	Модуль крупности Мк
Очень крупный	Св. 3,5
Повышенной крупности	» 3,0 до 3,5
Крупный	» 2,5 » 3,0
Средний	» 2,0 » 2,5
Мелкий	» 1,5 » 2,0
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5
Тонкий	» 0,7 » 1,0
Очень тонкий	До 0,7

Приложение 2

Технические требования к песку по содержанию пылевидных и глинистых частиц

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе, не более	
	В песке природном	В песке из отсевов дробления
1 класс		
Очень крупный	-	3
Повышенной крупности, крупный и средний	2 3	3 5
Мелкий		
2 класс		
Очень крупный	-	10
Повышенной крупности, крупный и средний	3 5	10 10
Мелкий и очень мелкий	10	НН
Тонкий и очень тонкий		

Приложение 3

Группы щебня в зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой формы

Группы щебня	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, % по массе
1	До 15 включ.
2	Св. 15 до 25
3	» 25 « 35
4	» 35 « 50

Приложение 4
Нормы расхода воды в бетонной смеси

Жесткость, с	Подвижность, см	Расход воды, л/м ³ , при крупности заполнителя, мм							
		Гравий				Щебень			
		10	20	40	70	10	20	40	70
>31	-	150	135	125	120	160	150	135	130
30-21	-	160	145	130	125	170	160	145	140
20-11	-	165	150	135	130	175	165	150	145
10-5	-	175	160	145	140	185	175	160	155
-	1-4	190	175	160	155	200	190	175	170
-	5-9	200	185	170	165	210	200	185	180
-	10-15	215	205	190	180	225	215	200	190
-	>15	225	220	205	195	235	230	215	205

Приложение 5
**Значения коэффициента раздвижки зёрен
крупного заполнителя, α**

Расход цемента, кг	Значение коэффициента α при В/Ц					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	-	1,30	1,36	1,42	-
350	-	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,31	1,40	1,46	-	-	-
500	1,44	1,52	1,56	-	-	-
600	1,52	1,56	-	-	-	-

Приложение 6
Значения коэффициента качества заполнителей

Характеристика материалов	A	A ₁
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

«ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ»

Задание: ознакомиться с общими сведениями о кровельных и гидроизоляционных материалах на основе битумных вяжущих. Изучить классификацию, состав и строение рулонных, штучных, листовых и мастичных материалов, их физико-механические характеристики, а также основные показатели качества и области применения.

Рассмотреть решение практических задач по изученной теме.

7.1. Общие сведения

Основной задачей кровельных и гидроизоляционных материалов является создание водонепроницаемого покрытия, защищающего изолируемую конструкцию от воздействия влаги. Однако условия эксплуатации кровельных и гидроизоляционных материалов различаются. Так, кровельные материалы подвергаются периодическому увлажнению и высушиванию, воздействию прямого солнечного излучения, нагреву, замораживанию, снеговым и ветровым нагрузкам. Поэтому кровельные материалы должны быть атмосферостойкими, светостойкими, водо- и морозостойкими и достаточно прочными. В тех случаях, когда крыша является видимым элементом сооружения, материал должен отвечать архитектурно-декоративным требованиям. Гидроизоляционные материалы, в отличие от кровельных, постоянно работают в условиях воздействия влаги или агрессивных водных растворов (например, в подземных сооружениях); температурные условия их работы более стабильны, солнечное облучение отсутствует, но возможно развитие процессов гниения.

Первые рулонные материалы появились еще в XIX веке: пергамин, рубероид. Основой этих материалов является кровельный картон, пропитанный и покрытый битумом. Однако указанные материалы обладают низкой долговечностью, связанной, с одной стороны, с невысокой теплостойкостью, прочностью и биостойкостью картонной основы, с другой стороны, — с быстрым «старением» битума под воздействием солнечной радиации. Из-за испарения масел и окисления битума эти вяжущие становятся хрупкими, интенсивно идут процессы растрескивания по поверхности полотна.

Основными направлениями повышения качества рулонных материалов стали замена гниющей картонной основы на негниющие, модификация битумного вяжущего путем введения полимерных добавок (СБС — стирол-бутадиен-стирола и АПП — атактического полипропилена), применение защитных посыпок. Это позволило улучшить физико-механические и эксплуатационные характеристики материалов, а также значительно повысить срок службы кровли.

Кровельные и гидроизоляционные битумосодержащие материалы выпускают в виде рулонов, штучных изделий, мастик: рулонные — полотнища шириной 1 м и длиной 7–20 м, поставляемые на стройку в рулонах; штучные и листовые — листы или полосы площадью до 1 м² и до 7 м² соответственно; мастичные — вязкие жидкости, образующие водонепроницаемую пленку

после нанесения на изолируемую конструкцию.

7.2. Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы

Классификация рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов

Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы классифицируют по назначению: кровельные, гидроизоляционные, пароизоляционные; по структуре полотна: основные и безосновные; по виду основы: на картонной, асбестовой, стекловолоконистой, на основе из полимерных волокон, комбинированной основе; по виду вяжущего: битумные (наплавляемые, ненаплавляемые); битумно-полимерные (наплавляемые, ненаплавляемые); по виду защитного слоя: с посыпкой (крупнозернистой, чешуйчатой, мелкозернистой, пылевидной), с фольгой, с пленкой; по способу укладки: наплавляемые, приклеиваемые на мастику, механически закрепляемые, свободно укладываемые (под балласт).

Состав и строение рулонных битумосодержащих материалов

Рулонные кровельные битумные и битумно-полимерные материалы представляют собой многослойные композиции, состоящие из основы, вяжущего вещества и защитных слоев (рис. 6).

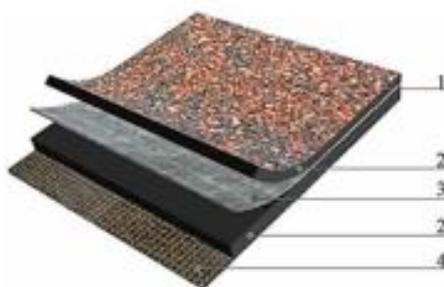


Рис. 6. Строение рулонного кровельного материала:
1 — посыпка; 2 — битумное (битумно-полимерное) вяжущее;
3 — основа; 4 — полимерная пленка

Оценку качества рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов производят в соответствии с ГОСТ 2678–94 по следующим основным показателям: гибкости на брус, теплостойкости, водонепроницаемости, разрывной силе при растяжении, относительному удлинению при разрыве и др.

Стойкость к низким температурам, или гибкость на брус, — минимальная температура, при которой образец не трескается при загибе вокруг бруса, изготовленного из древесины или пластмассы и имеющего с одной стороны закругление радиусом R (рис. 7). Радиус указан в ТУ на конкретный материал. Испытания проводят на трех образцах 150×20 мм, вырезанных в продольном направлении. Образцы и брус помещают в морозильную камеру и выдерживают при заданной температуре в течение 20 минут.

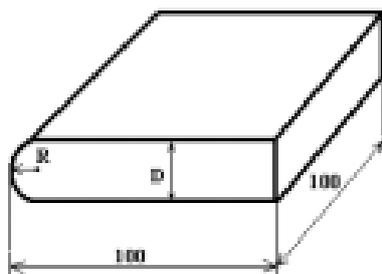


Рис. 7. Испытательный брус

Затем их извлекают из морозильной камеры, и каждый образец оборачивают вокруг закругленной части бруса. Производят контроль внешнего вида образца. Образец считают выдержавшим испытание, если на его лицевой стороне не появятся трещины и отслаивание вяжущего или посыпки.

Определение теплостойкости проводят испытанием трех образцов 100x50 мм, вырезанных в продольном направлении. Сушильный шкаф нагревают до температуры, указанной в ТУ на конкретный материал. Образец подвешивают в вертикальном положении на расстоянии не менее 50 мм от стенок шкафа и выдерживают в сушильном шкафу при заданной температуре в течение времени, установленного ТУ. Затем образец извлекают из шкафа, охлаждают и осматривают. Образец считают выдержавшим испытание, если на его поверхности отсутствуют вздутия, следы перемещения вяжущего и сползание посыпки.

Определение разрывной силы при растяжении проводят испытанием трех образцов 300x50 мм, вырезанных в продольном направлении. Образцы помещают в захваты разрывной машины по установочным меткам, расстояние между которыми 200 мм. Скорость перемещения захвата разрывной машины составляет 100 мм/мин. За величину разрывной силы принимают максимальное показание шкалы силоизмерителя в момент разрыва образца.

Водонепроницаемость материала оценивается отсутствием пропускания воды через образец за определенное время под определенным давлением: для кровельных материалов — не менее 0,001 МПа (10 см вод. столба); для гидроизоляционных — не менее 0,3 МПа (30 м вод. столба).

Испытание проводят на трех образцах размерами 150x50 мм. Для испытания кровельных материалов в центр образца устанавливают стальную трубу $d = 100$ мм и $L = 120$ мм. Для создания давления 0,001 МПа в трубу наливают воду высотой 10 см и выдерживают в течение времени, установленного в ТУ (как правило, в течение 72 часов). Испытание гидроизоляционных материалов проводят с помощью устройства, обеспечивающего создание избыточного давления до 0,3 МПа в течение времени, указанного в ТУ (как правило, в течение 2 часов). Образец считают выдержавшим испытание, если в течение установленного времени при заданном давлении на его нижней поверхности не появится вода.

7.3. Типовые задачи

Задача 1. Определить требуемое количество материалов для изготовления

350 кг битумной пасты с эмульгатором из негашеной извести.

Задача 2. Рассчитать расход материалов для изготовления 1000 кг мастики для приклейки рубероида к бетонному основанию.

Задача 3. Подсчитать расход материалов для изготовления 2000 кг мастики, необходимой для приклейки толя.

Задача 4. Рассчитать весовой состав асфальтового раствора для покрытия тротуаров и вес битума (% от веса раствора). Материалы: наполнитель — смесь по весу песка 40 % и мелкого гравия 60 %, объемный вес смеси в уплотненном состоянии 1,85 кг/л, удельный вес — 2,6 кг/л; вяжущее — асфальтовая мастика с содержанием битума 16 % и объемным весом 2,1 кг/л. Мастика заполняет пустоты смеси песка и гравия с избытком 25 %.

Задача 5. Рассчитать весовой состав асфальтобетона и общее содержание битума (% от веса бетона). Материалы: битум, асфальтовый порошок с содержанием битума 9 %, песок и щебень. Удельные веса щебня и песка 2,62 кг/л, насыпные объемные веса в уплотненном состоянии соответственно 1,44 и 1,7 кг/л. Удельный вес битума 1 кг/л, асфальтового порошка 2,2 кг/л. Для повышения удобоукладываемости следует добавить 3 % битума от веса заполнителя. Остаточная пустотность в асфальтобетоне 3 %.

Задача 6. Найти оптимальное соотношение между битумами БН-V и БНД 130/200 для изготовления мастики с теплостойкостью 85°C.

Задача 7. Подобрать состав гидроизоляционной мастики с температурой размягчения $T = 40^{\circ}\text{C}$ на основе двух марок битумов с температурой размягчения $T_1 = 50^{\circ}\text{C}$ и $T_2 = 25^{\circ}\text{C}$.

8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «ПОЛИМЕРНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Задание: пользуясь лекциями, учебниками, методическими указаниями, охарактеризуйте полимерные строительные материалы, приведенные в таблице 10.

8.1. Общие сведения

Полимерными называют материалы, основным компонентом которых является полимер. Другое их название — пластмассы (пластические массы) — связано со способностью в процессе переработки переходить в пластическое состояние и принимать требуемую форму, сохраняя ее после снятия действующих усилий.

Полимеры — высокомолекулярные органические соединения, молекулы которых (макромолекулы) состоят из многократно повторяющихся звеньев — одинаковых групп атомов. По поведению при нагревании и охлаждении полимеры делятся на две группы: термопластичные и терморезактивные.

Термопластичные полимеры (термопласты) при нагревании способны размягчаться, а при охлаждении вновь отвердевать, причем многократно и обратимо. Это полимеры с линейным или разветвленным строением макромолекул: полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, полистирол, поливинилхлорид, поливинилацетат, полиакрилаты, поликарбонаты и др.

Терморезактивные полимеры (реактопласты) имеют пространственное строение макромолекул и в отличие от термопластов отвердевают необратимо. После отверждения при последующем нагревании они подвергаются деструкции, превращаются в неплавкие и нерастворимые продукты. К ним относятся: фенолоальдегидные, полиэфирные, фурановые, эпоксидные, кремнийорганические полимеры и др.

Как правило, пластмассы представляют собой многокомпонентные системы, в которых полимеры играют роль связующего вещества.

Связующее вещество скрепляет непластичные материалы и определяет все важнейшие свойства готовой продукции, включая ее стоимость. Кроме полимера в состав пластмасс могут входить наполнители, стабилизаторы, пластификаторы, отвердители и другие компоненты.

Наполнители снижают расход полимера и удешевляют пластмассы. Кроме того, они придают пластмассам необходимые свойства: снижают усадку, ползучесть, горючесть, повышают атмосферостойкость, прочность, твердость, теплостойкость и т.д. По виду наполнители могут быть порошкообразными (древесная мука, мел, тальк, сажа и т.п.), волокнистыми (стекловолокно, асбест, органические волокна) и листовыми (бумага, древесный шпон, ткани). В газонаполненных пластмассах роль наполнителей выполняют равномерно распределенные воздушные поры. Наполнители занимают существенную часть объема пластмасс, а некоторые пластмассы на 80–90 % состоят из наполнителей.

Пластификаторы облегчают скольжение макромолекул друг относительно друга и в результате улучшают удобоформуемость пластмасс, повышают их

гибкость, растяжимость и эластичность. Пластификаторы вводятся в количестве от 5 до 40 % и представляют собой в основном нелетучие органические жидкости, хорошо совмещающиеся с полимером (дибутилфталат, диоктилфталат, масла, хлорпарафины и др.).

Стабилизаторы способствуют сохранению структуры и свойств пластмасс во времени. Вводят термо- и светостабилизаторы (стеараты цинка, кальция, газовая сажа и др.). Отвердители — аминные или перекисные соединения, кислоты и прочие вещества являются инициаторами реакций полимеризации и ускоряют процесс отверждения пластмасс.

Для придания цвета в пластмассы вводят органические красители (на основе анилина и др.) и минеральные пигменты (охра, железный сурик, диоксид титана и др.). Порообразователи (порофоры и др.) — вещества, обеспечивающие создание в материале пор. Антипирены (эферы фосфорных кислот, борат цинка и др.) повышают стойкость против возгорания.

К положительным свойствам пластмасс относится их малая средняя плотность: от 15... 50 кг/м³ у ячеистых пластмасс до 2100 кг/м³ у конструкционных материалов. В сочетании с высокой механической прочностью это обеспечивает очень высокую удельную прочность.

Наряду с высокой прочностью при сжатии пластмассы имеют еще более высокую прочность при изгибе. Пористость изменяется в широких пределах: полимерные пленки, линолеум, композитная арматура практически не имеют пор, а пористость пенопластов — от 95 до 98 %. Плотные полимерные материалы и материалы с закрытой пористостью водонепроницаемы.

Пластмассы имеют низкую теплопроводность, высокую водостойкость, универсальную химическую стойкость, высокие электроизоляционные свойства, малую истираемость, гигиеничность и декоративность. Пластмассы способны окрашиваться в различные цвета; некоторые из них — прозрачны. Технологичность пластмасс заключается в относительной простоте изготовления и в высокой степени заводской готовности изделий. Пластмассы легко обрабатываются (режутся, сверлятся, пилятся и т.д.), хорошо свариваются и склеиваются как между собой, так и с другими материалами.

К отрицательным свойствам пластмасс следует отнести низкую теплостойкость: температура применения большинства пластмасс от 100 до 150 °С, а некоторые начинают размягчаться уже при температуре 60–80 °С. Термореактивные полимеры более теплостойки; кремнийорганические полимеры выдерживают нагревание до 400 °С.

При длительном нагружении пластмассы склонны к необратимой деформации — ползучести. Твердость пластмасс низкая, а тепловое расширение высокое, гораздо больше, чем у бетона, металлов, стекла. Пластмассы склонны к старению, изменению структуры и свойств полимерного связующего при продолжительном комплексном воздействии климатических факторов, особенно ультрафиолетового излучения. Старение выражается в потускнении цвета, потере прозрачности, увеличении хрупкости, растрескивании и деструкции. В процессе эксплуатации

пластмассы могут выделять токсичные вещества (фенол, формальдегид, фурфурол и др.). Причина этого — незавершенность процессов получения полимеров. Особенно опасны вещества, выделяющиеся при горении пластмасс, например, диоксин. Большинство пластмасс относятся к горючим материалам. Отслужившие свой срок полимерные материалы не разлагаются в природной среде, а отсюда — рост количества полимерных отходов.

Таблица 10

Характеристика полимерных строительных материалов

№	Материал	Исходное сырье	Основные свойства	Внешний вид
1	Поливинилхлоридный линолеум: – без подосновы одно- и многослойный – на тканевой подоснове – на теплозвукоизолирующей подоснове – со вспененным слоем			
2	Синтетические ковровые покрытия			
3	Ламинат			
4	Трубы: – полимерные – металлополимерные – стеклопластиковые			
5	Погонажные изделия (поручни, раскладки, коробка для электропроводки, плинтусы и др.)			
6	Штучные изделия (вентиляционные решетки и др.)			
7	Декоративный бумажно-слоистый пластик			
8	Сайдинг			
9	Декоративная ПВХ пленка: – безосновная – на бумажной подоснове			
10	Материалы для отделки потолков			
11	Арматура композитная полимерная			
12	Древесно-стружечные плиты			
13	Полимербетоны и растворы			
14	Кровельные и гидроизоляционные мембраны			
15	Штучные герметики			
16	Герметизирующие мастики			
17	Геосинтетики			

ТЕСТ 1 ПО ТЕМЕ №8.

Основы технологии производства и применение полимерных материалов в строительстве

1. **Что определяет способность мономеров к полимеризации?**
 - 1). Наличие кратных связей, склонных к размыканию.
 - 2). Наличие функциональной группы ОН.
 - 3). Низкий коэффициент линейного температурного расширения.
2. **Назовите основные компоненты гетерогенных пластмасс**
 - 1). Связующее вещество, наполнители, добавки.
 - 2). Связующее вещество, пластификаторы, красители.
 - 3). Связующее вещество, красители, отвердители.
3. **Назовите основные компоненты гомогенных пластмасс**
 - 1). Связующее вещество, наполнители, добавки.
 - 2). Связующее вещество, пластификаторы, красители.
 - 3). Связующее вещество, стабилизаторы, наполнители
4. **Что входит в состав плексигласа?**
 - 1). Полиметилметакрилат.

- 2). Полистирол и отвердитель.
- 3). Полиметилметакрилат и винипласт.
- 4). Полиметилметакрилат и отвердитель.

5. Что такие пластмассы?

- 1). Термопластичные полимеры, получаемые различным способом в результате высокотемпературной обработки мономеров.
- 2). Полимерные материалы, получаемые методом полимеризации и поликонденсации мономеров.
- 3). Полимерные материалы, состоящие из наполнителей, отвердителей, пластификаторов, стабилизаторов.

6. Экструзия – это

- 1). Способ переработки полимерных материалов непрерывным продавливанием их расплава через формующую головку, геометрическая форма выходного канала которой определяет профиль получаемого изделия или полуфабриката.
- 2). Процесс, во время которого материал переводится в вязкотекучее состояние и затем впрыскивается под давлением в форму, где происходит оформление изделия.
- 3). Процесс формования изделий из заготовок в виде пленки или листа, нагретых до температур, при которых полимер переходит в высокоэластическое состояние.

7. Процесс однократного пропускания нагретой полимерной композиции через систему валков специальной машины называется

- 1). Экструзия.
- 2). Вальцевание.
- 3). Каландрирование.

8. Исключите (укажите) неправильный вариант ответа на вопрос «Каким способом можно получить линолеум?»

- 1). Экструзией.
- 2). Прессованием.
- 3). Каландрированием.

9. На основе какого полимера получают органическое стекло?

- 1). Полиэтилен.
- 2). Поливинилацетат.
- 3). Полиметилметакрилат.

10. Какой полимер, чаще всего, используют для получения погонажных изделий?

- 1). Поливинилхлорид.
- 2). Полистирол.
- 3). Поливинилацетат.

11. Каким способом формуют погонажные изделия?

- 1). Экструзией.
- 2). Вальцеванием.
- 3). Прессованием.

12. Какие полимеры применяют при производстве древесно-стружечных плит?

- 1). Поливинилхлоридные.
- 2). Фенолформальдегидные.
- 3). Поливинилацетатные.

13. Каким способом формуют древесно-стружечные плиты?

- 1). Экструзией.
- 2). Прессованием.
- 3). Литьем под давлением.

14. Какой полимер, чаще всего, используют для получения клеевых составов?

- 1). Поливинилхлорид.
- 2). Полистирол.
- 3). Поливинилацетат.

15. Какие полимеры применяют чаще всего при производстве линолеума?

- 1). Поливинилхлоридные.
- 2). Поливинилацетатные.
- 3). Фенолформальдегидные.

ТЕСТ 2 К ТЕМЕ №8.

Полимеры в составе строительных материалов

1. Цементный затвердевший бетон, пропитанный полимерной смолой называется

- 1). Полимербетон.
- 2). Бетонополимер.
- 3). Полимерцементный бетон.

2. Какие вещества называют поверхностно-активными?

- 1). Вызывающие снижение поверхностного натяжения за счет концентрации на поверхности раздела фаз.
- 2). Вызывающие повышение поверхностного натяжения за счет концентрации на поверхности раздела фаз.
- 3). Вызывающие снижение поверхностного натяжения за счет концентрации в пространстве между дисперсными частицами.

3. Что такое адсорбция?

- 1). Поглощение примеси из газа или жидкости твердым веществом.
- 2). Перенос вещества с поверхности раздела фаз в объём фазы.
- 3). Поглощение газа или жидкости по всему объёму твердого вещества.

4. Что такое мицеллы?

- 1). Скопления молекул ПАВ, самопроизвольно возникающие в объёме растворов.
- 2). Твердые частицы порошков в водных суспензиях.
- 3). Жидкие капли полимерных смол в водных эмульсиях.

5. Какие полимерные добавки называют модификаторами бетонов?

- 1). Улучшающие технологические свойства бетонных смесей и (или) конструктивно-технические свойства затвердевших бетонов

- 2). Снижающие себестоимость изделий из бетона
 - 3). Улучшающие строительно-технические свойства затвердевших бетонов
- 6. Аутогезия – это:**
- 1). Поглощение молекул какого-либо вещества поверхностью материала.
 - 2). «Прилипание» клеящего вещества к склеиваемой поверхности.
 - 3). Процесс образования полимерной пленки при склеивании капелек полимера.
- 7. Термомеханические кривые получают:**
- 1). При нагреве и растяжении образца полимера с постоянной скоростью.
 - 2). При нагреве и сжатии образца полимера с постоянной скоростью.
 - 3). При нагреве и растяжении образца полимера с возрастающей скоростью.
- 8. Порошковые краски на основе полиолефинов (полиэтилена, полипропилена) образуют покрытия**
- 1). Терморезистивные.
 - 2). Термопластичные.
 - 3). Глянцевые.
- 9. Чаще всего затвердевшие цементные бетоны пропитывают**
- 1). Полимерными смолами (олигомерами).
 - 2). Полимерными дисперсиями (эмульсиями).
 - 3). Растворами полимеров в органических растворителях.
- 10. На основе олиф получают:**
- 1). Масляные краски.
 - 2). Эмали.
 - 3). Водоземulsionные краски.
- 11. Алкидными называют краски на основе**
- 1). Синтетических каучуков.
 - 2). Полиэфиров.
 - 3). Эпоксидных полимеров.
- 12. Каучуки отличаются от других полимеров**
- 1). Большой длиной цепей и наличием двойных связей.
 - 2). Разветвленным строением и низкой плотностью.
 - 3). Повышенной способностью к образованию надмолекулярных структур.
- 13. Редиспергируемые полимерные порошки нашли широкое применение в производстве**
- 1). Детских игрушек.
 - 2). Сухих строительных смесей.
 - 3). Лако-красочных материалов.
- 14. Эфиры целлюлозы применяют в составе сухих строительных смесей в качестве:**
- 1). Водоудерживающих добавок.
 - 2). Загустителей.
 - 3). Разжижителей.

15. Пластифицирующие добавки для бетонов и растворов можно, также, назвать

- 1). Электролитами.
- 2). Поверхностно-активными веществами.
- 3). Гидрофильными коллоидами.

16. Основное назначение водоредуцирующих добавок –

- 1). Снижение расхода воды при сохранении подвижности бетонной смеси.
- 2). Повышение прочности бетона за счет регулирования подвижности.
- 3). Повышение морозостойкости за счет регулирования подвижности.

17. Для использования в химически агрессивных средах наиболее эффективны:

- 1). Пластбетоны.
- 2). Цементные бетоны.
- 3). Гипсовые бетоны.

9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Задание: ознакомиться с коллекцией основных теплоизоляционных материалов и охарактеризовать материалы, используя справочные данные, приведенные ниже.

Пользуясь лекциями и методическими указаниями, самостоятельно ответьте на вопросы о теплоизоляционных строительных материалах и заполните таблицу 11.

9.1. Общие сведения

Теплоизоляционными называют материалы, имеющие теплопроводность не более $0,175 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$ и среднюю плотность не выше $500 \text{ кг}/\text{м}^3$. Они предназначены для сокращения теплообмена с окружающей средой (теплопотерь) через ограждающие конструкции зданий и изоляцию технологического оборудования и трубопроводов. Эффективность слоя изоляции характеризуется его сопротивлением теплопередаче, которое зависит от толщины слоя и теплопроводности используемого материала. Сопротивление теплопередаче тем выше, чем толще слой изоляции и ниже теплопроводность. Современным направлением повышения уровня теплозащиты является использование материалов с теплопроводностью не более $0,06 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$.

Основными факторами, определяющими теплопроводность материала, являются пористость, строение порового пространства, состав и структура твердого каркаса, фазовый состав материала (содержание воздуха, влаги или льда в порах) и температура. Низкая теплопроводность теплоизоляционных материалов обеспечивается их высокой пористостью (в некоторых случаях до 98 %).

Воздух, обычно заполняющий поры в материале, имеет теплопроводность в спокойном состоянии $0,023 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, что много меньше, чем у твердых тел и жидкостей. Для предотвращения движения воздуха (конвекции), значительно повышающего интенсивность теплообмена, поры в материале должны быть преимущественно мелкими и замкнутыми. Понижению теплопроводности способствует использование материалов, имеющих стеклообразное строение, так как вещества в аморфном состоянии имеют теплопроводность на порядок ниже, чем кристаллические. Значительное влияние на теплопроводность оказывает влажность, так как у воды, замещающей воздух в порах, теплопроводность составляет $0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, т.е. в 25 раз выше, чем у воздуха. При замерзании воды теплопроводность материала возрастает в еще большей степени, так как λ льда $2,32 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$. Минимальному увлажнению способствует закрытая пористость, гидрофобность материала и конструктивная защита теплоизоляции от увлажнения. Для большинства материалов с повышением температуры теплопроводность увеличивается, что необходимо учитывать при расчете толщины изоляции для различных условий эксплуатации.

Структура теплоизоляционных материалов определяется как волокнистая, ячеистая, зернистая и пластинчатая. Волокнистое строение присуще материалам из минеральных или органических волокон. Ячеистое строение характеризуется наличием равномерно распределенных в объеме материала пор, форма которых близка к сферической. Зернистое строение имеют сыпучие материалы. Пластинчатое строение характерно для вспученного вермикулита и материалов на его основе.

По внешнему виду и форме теплоизоляционные материалы бывают сыпучие и штучные. Сыпучие представляют собой рыхлые порошкообразные, зернистые или волокнистые массы. В сухом виде их используют в качестве засыпки в полости стен, межэтажных перекрытий. Некоторые порошкообразные и волокнистые материалы затворяют водой и в виде мастик наносят на изолируемую поверхность трубопроводов и оборудования. Штучные материалы выпускают в виде плит, блоков, кирпичей, фасонных изделий, гибких матов, полос и шнуров. Из-за сложности экспериментального определения теплопроводности материалы классифицируют по средней плотности, значение которой с известной степенью приближения дает представление о теплопроводности. Теплоизоляционные материалы по средней плотности в сухом состоянии (кг/м^3) делят на марки: 15, 25, 35, 50, 75, 100 (особо легкие), 125, 150, 175, 200, 250, 300 (легкие) и 400, 450, 500 (тяжелые).

Для изделий на основе минеральной ваты предусмотрено деление по жесткости, критерием которой является относительная деформация сжатия в процентах при стандартном давлении (сжимаемость). По этому показателю изделия подразделяют на мягкие, полужесткие, жесткие, повышенной жесткости и твердые. Поведение теплоизоляционных материалов в условиях пожара характеризуется пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, дымообразующей способностью и токсичностью продуктов горения, главной из которых является горючесть. Негорючие материалы НГ не обладают пожарной опасностью. По горючести материалы делят на четыре группы: Г1 — слабогорючие, Г2 — умеренногорючие, Г3 — нормальногорючие, Г4 — сильногорючие. Возможность использования теплоизоляционного материала для изоляции горячих поверхностей определяется предельной температурой применения, которую материал выдерживает длительное время без потери физико-механических свойств. Она зависит от химического состава и у органических материалов не превышает 100–150°C. Минеральные материалы выдерживают нагрев до 500–800°C. Учитывая расширение областей применения теплоизоляции в строительстве, к современным эффективным утеплителям наряду с требованием пониженной теплопроводности предъявляются требования по паропроницаемости и гидрофобности, водостойкости, прочности, звукоизолирующей способности, а также биостойкости и отсутствию токсичных выделений. По назначению теплоизоляционные изделия делят

на строительные и технические. Техническая изоляция используется в системах отопления, горячего и холодного водоснабжения, для изоляции промышленного оборудования, работающего при повышенных и пониженных температурах. Использование теплоизоляционных материалов позволяет: снизить энергозатраты на отопление за счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций, уменьшить массу зданий и сооружений, а также транспортные расходы в процессе строительства, улучшить внутренний микроклимат и звукоизоляцию помещений, улучшить экологию окружающей воздушной среды из-за снижения выбросов в атмосферу углекислого газа, серы и других вредных веществ, образующихся при сгорании топлива.

9.2. Основные виды теплоизоляционных материалов

- Минеральная вата — рыхлый материал, состоящий из тончайших взаимно переплетающихся стекловидных волокон и неволокнистых включений в виде капель застывшего расплава. Для изготовления ваты используют магматические горные породы (габбро, базальт, диабаз), многокомпонентные смеси осадочных и вулканических пород, промышленные отходы, прежде всего доменный шлак.

Производство минеральной ваты включает плавление сырьевой смеси и получение волокон из силикатного расплава. Минеральное волокно в виде ковра собирается в камере волокноосаждения, туда же вводят обеспыливающие замасливающие добавки в количестве до 1 %. Свойства минеральной ваты определяются природой минерального сырья и диаметром волокна. По виду сырья волокна делятся на каменную вату, стеклянную и шлаковату. Диаметр волокон ваты составляет 2–8 мкм. Насыпная плотность ваты в стандартно уплотненном состоянии составляет 30–70 кг/м³. Теплопроводность при температуре 25 °С составляет 0,035–0,04 Вт/(м°С). Минеральная вата относится к негорючим материалам. Может применяться для изоляции поверхностей с температурой от минус 180 до плюс 700 °С. Используется для изготовления теплоизоляционных, звукоизоляционных и звукопоглощающих изделий.

- Стеклянная вата — разновидность минеральной ваты. Стеклянные волокна получают из расплава сырьевой смеси, состоящей из кварцевого песка, известняка, кальцинированной соды, борной кислоты, а также стеклобоя. Особенности стеклянной ваты являются бóльшая длина волокон, меньшее содержание неволокнистых включений, повышенная гибкость и влагостойкость. Применяемая в строительстве стекловата имеет насыпную плотность 20–60 кг/м³, теплопроводность 0,03–0,05 Вт/(м°С) и предельную температуру использования 500 °С. Минераловатные изделия в зависимости от наличия связующего вещества подразделяются на несодержащие (товарная рулонированная вата, прошивные маты, полосы и шнуры), содержащие связующее вещество и требующие тепловой обработки (плиты, цилиндры и полуцилиндры).

- Минераловатные плиты, цилиндры и полуцилиндры изготавливают формованием и тепловой обработкой минераловатного ковра с введением в него полимерного связующего вещества — от 2,5 до 10 %. В качестве связующего используют фенолоспирты, карбамидные смолы и композиции на их основе. К связующему добавляют гидрофобизирующие вещества.

Размеры плит, мм: длина 1000 или 2000, ширина от 400 до 1000 и толщина от 30 до 200. В зависимости от содержания связующего и степени обжатия ковра при формовании получают изделия различной жесткости. Средняя плотность плит 40–150 кг/м³ (мягкие, полужесткие и жесткие), 150–300 кг/м³ (повышенной жесткости и твердые). Теплопроводность 0,036–0,046 Вт/(м°С). Используют для изоляции поверхностей при температуре до 400 °С. Пожарная опасность в зависимости от содержания органических веществ: НГ, Г1, Г2. Основной областью применения плит является утепление ограждающих конструкций зданий. Полые цилиндры и полуцилиндры выпускают марок 100, 150 и 200, размерами, мм: длина 500 и 1000, внутренний диаметр 18–219 и толщина 40–80. Используют для тепловой изоляции трубопроводов при температуре изолируемой поверхности от минус 180 до плюс 400 °С.

- Изделия из стеклянного волокна (маты, полосы, плиты, цилиндры и полуцилиндры) отличаются пониженной плотностью 20–75 кг/м³, несколько меньшей теплопроводностью 0,035–0,045 Вт/(м°С), повышенной упругостью и гибкостью.

- Пеностекло — материал ячеистой структуры с равномерно распределенными замкнутыми порами размером 0,1–5 мм. Выпускается в виде блоков, плит, фасонных изделий и сыпучих материалов (гранулированное пеностекло и щебень). Получают из смеси стекольного порошка и газообразователя (антрацит, кокс, карбонатные горные породы и др.). При нагревании до 700–850 °С образуется углекислый газ, вспучивающий размягченное стекло. Ячеистую структуру фиксируют быстрым охлаждением. Блоки из пеностекла имеют размеры, мм: длина 600, ширина 450, толщина 40–150. Плотность 120–150 кг/м³, теплопроводность 0,046–0,056 Вт/(м°С), водопоглощение не более 2 %, прочность при сжатии 0,8–2,0 МПа, предельная температура применения 430 °С. Негорючий материал с высокой влагостойкостью, устойчив к действию микроорганизмов, насекомых и грызунов. Применяется для теплоизоляции ограждающих конструкций, а также холодильных установок и тепловых агрегатов.

- Ячеистый бетон (теплоизоляционный) изготавливают поризацией смеси вяжущего (портландцемента или извести), кремнеземистого компонента (кварцевого песка, золы, шлака) и воды с использованием газообразователя (обычно алюминиевой пудры) или технической пены. В зависимости от состава смеси отформованные изделия твердеют в естественных условиях, при пропаривании или автоклавной обработке. Изделия (камни, блоки) выпускают размерами, мм: длина от 500 до 1000,

ширина 400, 500 и 600, толщина от 80 до 240. Материал негорючий, легко обрабатывается. Марки по плотности 350 и 400. Теплопроводность 0,08–0,104 Вт/(м^{°С}). Предел прочности при сжатии 0,8–1,5 МПа. Изделия из ячеистого бетона применяют для изоляции строительных конструкций и промышленного оборудования при температуре до 400 °С.

- Диатомитовые изделия (кирпич, плиты, полуцилиндры, сегменты) получают формованием, сушкой и обжигом поризованной массы из воды и диатомита, состоящего в основном из аморфного кремнезема. Поризуют массу введением выгорающих добавок. Марки по плотности: 300, 350, 400 и 500. Теплопроводность 0,065–0,114 Вт/(м^{°С}). Материал негорючий. Изделия применяют для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при температуре изолируемых поверхностей до 900 °С.

- Известково-кремнеземистые изделия выпускают в виде плит, полуцилиндров, сегментов. Сырье для производства — воздушная известь, кремнеземистый компонент (диатомит, трепел, кварцевый песок) и хризотил-асбест. Изделия получают формованием и автоклавной обработкой сырьевой смеси в виде водной суспензии. Размеры плит (мм): длина 1000, ширина 500, толщина 75 и 100. Изделия подразделяют на марки 200 и 225. Теплопроводность 0,048–0,087 Вт/(м^{°С}). Известково-кремнеземистые изделия относятся к негорючим и рекомендуются для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при температуре изолируемой поверхности до 600 °С.

- Вспученный перлит (песок, щебень) получают обжигом при температуре до 1200 °С перлитовых горных пород, содержащих до 7 % кристаллизационной воды. Вспучивание происходит вследствие взрывообразного выделения водяного пара. Перлитовый песок состоит из зерен размером до 5 мм; перлитовый щебень — от 5 до 20 мм. Насыпная плотность 75–500 кг/м³, теплопроводность 0,041–0,093 Вт/(м^{°С}). Перлит — коррозионно- и биологически стойкий, негорючий материал. Применяется в качестве теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемой поверхности от минус 200 до плюс 875 °С, при изготовлении теплоизоляционных и акустических изделий, в качестве заполнителя в теплоизоляционных растворах и бетонах.

- Вспученный вермикулит — сыпучий зернистый материал пластинчатого строения, получаемый обжигом природного вермикулита (гидрослюды). При нагреве до 900–1000 °С происходит вспучивание зерен в направлении, перпендикулярном плоскостям спайности. Вспучивание приводит к 15–20 кратному увеличению объема. При этом вермикулит расщепляется на отдельные пластинки, частично соединенные между собой. Марки вермикулита по насыпной плотности 100, 150 и 200, теплопроводность 0,065–0,075 Вт/(м^{°С}). Вермикулит — негорючий материал. Его применяют для изготовления теплоизоляционных изделий (например, асбесто-вермикулитовых), в огнезащитных составах металлических и деревянных конструкций, в

огнеупорных и акустических материалах. Температура применения от минус 260 до плюс 1100 °С.

- Полистиролбетон (ПСБ) — бетон поризованной структуры с заполнителем из вспененных гранул полистирола. В качестве вяжущего в ПСБ применяют портландцемент или шлакопортландцемент. Для поризации цементного камня используют воздухововлекающие добавки, например, СНВ (смола нейтрализованная воздухововлекающая). Пористый заполнитель получают вспениванием полистирола. Вспененный гранулированный полистирол должен иметь насыпную плотность не выше 15 кг/м³ при влажности не более 15 %. Размер гранул в пределах от 1,25 до 10 мм при содержании фракции 2,5–5,0 мм от 80 до 90 %. В зависимости от средней плотности, теплоизоляционный ПСБ выпускают марок Д150, Д175, Д200 и Д225 с прочностью при сжатии не ниже 0,2–0,5 МПа. Теплопроводность в сухом состоянии в пределах 0,052–0,068 Вт/(мК). Для полистиролбетона, применяемого в изделиях и конструкциях, подвергающихся в попеременному замораживанию и оттаиванию, нормируется марка по морозостойкости в пределах F35–F75. Полистиролбетон биостоек, не повреждается грызунами и устойчив против грибковой плесени. Для ПСБ слитной структуры группа горючести Г1, класс пожарной опасности КМ1. Для обеспечения пожарной безопасности конструкций из полистиролбетона их поверхность необходимо защищать негорючими материалами (цементно-песчаной штукатуркой, гипсово-локнистыми листами и др.). Полистиролбетон применяют для утепления несущих конструкций зданий в виде плит заводского изготовления длиной 1000–2000 мм, шириной 500–600 мм и толщиной от 50 до 200 мм, а также в виде товарной бетонной смеси для устройства монолитной теплоизоляции.
- Пенополиэтилен (ППЭ) — гибкий, эластичный, упругий высокопористый материал, получаемый экструзией из полиэтилена высокого давления. Представляет собой закрытопористую пену. Выпускается в виде полых цилиндров с внутренним диаметром от 16 до 120 мм и длиной 2 м, а также в виде полотен толщиной от 2 до 16 мм, поставляемых в рулонах. Материал не гигроскопичен, водопоглощение не более 1 %; может работать в диапазоне температур от минус 60 до плюс 75 °С. ППЭ с добавкой антипирена — материал умеренно горючий Г2. Плотность 40–60 кг/м³, теплопроводность 0,028–0,032 Вт/(м°С). Не повреждается грызунами и насекомыми. Для повышения эффективности и долговечности ППЭ может быть сдублирован с алюминиевой фольгой, полипропиленовой светоотражающей пленкой или слоем нетвердеющего клея (самоклеящаяся теплоизоляция). Используется для теплоизоляции инженерных коммуникаций и оборудования, а также в строительных конструкциях, к которым предъявляются требования тепло- и пароизоляции.

- Древесноволокнистые плиты (ДВП) состоят из древесных или растительных волокон, получаемых из отходов деревообработки,

неделовой древесины, костры камыша, хлопчатника и др. Волокнистое сырье измельчают с большим количеством воды и смешивают с добавками (водные эмульсии синтетических смол, антипирены, антисептики и др.). Жидкотекучую массу обезвоживают и уплотняют, а затем сушат и режут на плиты заданного размера, мм: длина от 1200 до 3000, ширина от 1200 до 1600 при толщине от 8 до 25. Средняя плотность плит 150–350 кг/м³, теплопроводность 0,046–0,093 Вт/(м°С), прочность при изгибе 0,4–2 МПа. ДВП имеют высокую гигроскопичность и водопоглощение; подвержены влажностным деформациям. Группа горючести — Г2; температура их применения не должна превышать 100 °С. ДВП применяют для утепления стен, перегородок, перекрытий.

- Фибролит — плитный материал, изготавливаемый из древесной шерсти и неорганического вяжущего (портландцемента или магнезиального вяжущего). Древесная шерсть — тонкие узкие ленты длиной от 20 до 50 см, которые обрабатывают минерализатором (например, раствором хлористого кальция). Плиты формируют при давлении 0,5 МПа с последующим твердением и сушкой до влажности не более 20 % . Плиты выпускают размерами, мм: длина 2400 и 3000, ширина 600 и 1200 и толщина от 30 до 150. По плотности изделия делят на марки: 300, 400 и 500 с пределом прочности при изгибе, соответственно, не менее 0,35, 0,6 и 1 МПа. Теплопроводность 0,08–0,1 Вт/(м°С). Фибролит — слабогорючий материал Г1 с температурой применения до 100°С. Применяют в качестве теплоизоляции перекрытий, перегородок и каркасных стен с последующим оштукатуриванием.

- Целлюлозная вата (эковата) — волокнистый материал серого цвета, изготавливаемый из макулатуры (тонкоизмельченная газетная бумага), обработанной соединениями бора, — антисептиками и антипиренами. Материал гигроскопичный с малой воздухопроницаемостью. Плотность в стандартноуплотненном состоянии 35–70 кг/м³, теплопроводность 0,042–0,05 Вт/(м°С). Соединения бора защищают эковату и соприкасающиеся с ней деревянные конструкции от гниения, поражения насекомыми и грызунами. Умеренно горючий материал Г2. Предельная температура применения 100 °С. Эковата в сухом виде может использоваться в качестве засыпки для утепления перекрытий и каркасных стен. Более эффективным методом является напыление эковаты совместно с клеевым составом на вертикальные, наклонные и горизонтальные потолочные поверхности. Это позволяет получить сплошной (без швов и стыков) теплоизоляционный слой, плотно прилегающий к изолируемой поверхности.

9.3. Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие материалы относятся к теплоизоляционным?
2. Перечислите численные значения коэффициента теплопроводности, Вт/(м°С): воздуха (в спокойном состоянии), воды, льда, древесины, керамического кирпича, тяжелого бетона, стали.
3. Назовите основные факторы, влияющие на теплопроводность.

4. Каковы особенности структуры и свойств теплоизоляционных материалов?
5. Какие существуют марки и классы теплоизоляционных материалов?
6. В чем заключается эффективность применения теплоизоляционных материалов?
7. Перечислите основные технологические приемы получения высокопористой структуры теплоизоляционных материалов.
8. Назовите показатели пожарной опасности горючих теплоизоляционных материалов.

Таблица 11

Характеристика теплоизоляционных строительных материалов

№	Материал	Исходное сырье	Структура	Внешний вид	Область применения
1	Минеральная вата				
2	Стекловолоконная вата				
3	Пеностекло				
4	Ячеистый бетон				
5	Диатомитовые изделия				
6	Известково-кремнеземистые изделия				
7	Вспученный перлит				
8	Вспученный вермикулит				
9	Полистирольный пенопласт вспененный				
10	Полистирольный пенопласт экструдированный				
11	Вспененный полиэтилен				
12	Полистиролбетон				
13	Древесноволокнистые плиты				
14	Фибролит				
15	Эковата (целлюлозная вата)				
16	Торфяные плиты				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости: дата введения 2014-01-01. — Москва: Национальные стандарты, 2018.
2. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия: дата введения 1987-01-01. — Москва: Стандартиформ, 2008.
3. ГОСТ 15588-2014 Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия: дата введения 2015-07-01. — Москва: Стандартиформ, 2015.
4. ГОСТ 21216-2014 Сырье глинистое. Методы испытаний: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2015-07-01. — Москва: Стандартиформ, 2015.
5. ГОСТ 2140-81 Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения: Межгосударственный стандарт: дата введения 1982-01-01. — Москва: Национальные стандарты, 2020.
6. ГОСТ 25288-82 Пластмассы конструкционные. Номенклатура показателей: дата введения 1983-07-01. — Москва: Издательство стандартов, 1994.
7. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия: дата введения 2014-01-01. — Москва: Стандартиформ, 2014.
8. ГОСТ 2678-94 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний: дата введения 1996-01-01. — Москва: Издательство стандартов, 2003.
9. ГОСТ 27006-86 Бетоны. Правила подбора состава: дата введения 1987-01-01. — Москва: Стандартиформ, 2006.
10. ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия: дата введения 2017-03-01. — Москва: Стандартиформ, 2019.
11. ГОСТ 4648-71 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: дата введения 1971-11-25. — Москва: Издательство стандартов, 1992.
12. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия: дата введения 2013-07-01. — Москва: Стандартиформ, 2013.
13. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе: дата введения 1985-07-01. — Москва: Издательство стандартов, 2001.
14. ГОСТ 9169-75 Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация: дата введения 1976-07-01. — Москва: Издательство стандартов, 2001.
15. ГОСТ 9573-2012 Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия: дата введения 2013-07-01. — Москва: Стандартиформ, 2013.