

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ИЗУЧЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ КЛАССЕ НА БАЗЕ МГСУ

для учащихся средних школ г. Москвы
по инженерной специальности
«Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Москва 2009

Составители:

Орешкин Д.В., д.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы»

Ляпидевская О.Б., к.т.н., профессор кафедры «Строительные материалы»

Безуглова Е.А., инженер, специалист по учебно-методической работе

Кисель Я.С., специалист по учебно-методической работе

Введение

Сегодняшний день диктует необходимость преодоления последствий финансово-экономического кризиса, обеспечения повышения качества и уровня жизни населения, осуществления масштабной перестройки экономики Москвы. В этой связи одним из ключевых вопросов является активизация и повышение эффективности деятельности градостроительного комплекса столицы. Транспортная инфраструктура, жилище и социально-культурные объекты, промышленные и сельскохозяйственные здания и сооружения, градостроительство и планирование территорий являются основными составляющими строительной деятельности.

Неоспоримым является тот факт, что для успешной реализации стратегии устойчивого развития Москвы одним из основных векторов является расширение производства строительных материалов и изделий, качество которых оказывает огромное влияние на технико-экономическую эффективность и безопасность строительства. Современная промышленность строительных материалов должна строиться на основе гармоничной и сбалансированной деятельности по отношению к окружающей среде, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов, максимального использования местного и техногенного сырья. Приоритетными направлениями в структурной перестройке отрасли стала организация производства эффективных строительных материалов, теплоизоляционных изделий на основе минерального и органического сырья, совершенствование технологий по производству новых видов цементов. Продолжается процесс развития монолитного и сборно-монолитного домостроения.

Процесс изучения и создания новых видов строительных материалов продолжается, и этому во многом способствует научные исследования и разработки МГСУ. Строительная индустрия города насчитывает десятки предприятий по производству строительных материалов и изделий: бетона и железобетона, керамических изделий, теплоизоляционных и гидроизоляционных, отделочных материалов. Наряду с этим динамичное развитие приобретает монолитное и сборно-монолитное строительство, освоение подземного пространства, возведение специальных сооружений транспортного и другого назначения. Этому способствует развитие новых технологий, использование современного оборудования и строительной техники, применение новых методов производство строительных работ.

Для успешной реализации генерального плана развития Москвы городу необходимо наличие высококвалифицированных и энергичных кадров.

Подготовка будущих специалистов является долгим и трудоемким процессом, поэтому первостепенной задачей является подготовка будущих кадров среди подрастающего поколения школьников города Москвы, которые, пройдя предварительное обучение по своей будущей специальности, оказались бы готовыми принять знания и умения, накопленные опытом предыдущих поколений.

Предварительное обучение в специализированных классах при МГСУ позволит школьникам получить общее представление об избираемом ими направлении и частично погрузиться в мир строительных материалов. Программа обучения включает теоретическое ознакомление с основными видами строительных материалов, технологиями производства и областью их применения в современном строительстве, позволит получить общее представление о передовых направлениях развития отрасли производства перспективных строительных материалов. Проведение лабораторных работ является обязательным и способствует закреплению пройденного материала и получению более полного представления о строительных материалах. Проведение практических занятий с преподавателем позволяет развивать аналитическое мышление и умение применять приобретенные знания при решении конкретных задач.

Таким образом, разработанная программа должна помочь в адаптации будущих выпускников московских школ, пробудить интерес к познанию будущей специальности и убедить в полезности и значимости получаемой информации.

Проведение лабораторных работ по изучению строительных материалов в специализированном классе на базе МГСУ для учащихся средних школ г. Москвы по инженерной специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Строительные материалы и конструкции воспринимают те или иные нагрузки и подвергаются воздействию окружающей среды. Поэтому строительные материалы должны обладать комплексом определенных показателей свойств, например, достаточной прочностью, способностью сопротивляться физическим и химическим воздействиям среды: воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ, колебаниям температуры и влажности, совместному воздействию воды и мороза и т.п.

Важнейшими свойствами строительных материалов, определяющими их долговечность и надежность, являются физические и механические свойства.

Физические свойства материала характеризуют его строение или отношение к физическим воздействиям окружающей среды. Физические свойства разделяются на:

1) Параметры состояния и структурные характеристики (истинная плотность, средняя плотность, насыпная плотность; общая, открытая и закрытая пористость);

2) Свойства материалов по отношению к действию воды, или гидрофизические свойства (влажность, водопоглощение и другие), а также к одновременному действию воды и мороза (морозостойкость);

3) Свойства материалов по отношению к действию тепла и холода, т.е. теплофизические (теплопроводность, теплоемкость, огнеупорность, огнестойкость и другие).

Механические свойства разделяют на деформативные (упругость, пластичность и другие) и прочностные (пределы прочности при сжатии, изгибе, растяжении, скалывании; ударная прочность или сопротивление удару; сопротивление истиранию).

Лабораторные работы, относящиеся к данному разделу, содержат методики определения основных физических и механических свойств материалов в основном применительно к испытаниям каменных материалов и прежде всего бетона

Лабораторная работа №1

Определение основных физических свойств строительных материалов

1. Определение истинной плотности

Истинная плотность – масса единицы объема в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот. Истинная плотность ρ (г/см³, кг/м³) вычисляется по формуле:

$$\rho = m / V_a,$$

где m – масса материала; V_a – объем материала в абсолютно плотном состоянии.

Истинную плотность материала определяют с помощью специальной стеклянной колбы – *объемомера Ле-Шателье*, вместимостью 120 - 150 см³.

Для определения истинной плотности каменного материала с помощью объемомера Ле-Шателье из отобранной и тщательно перемешанной пробы отвешивают 200-250 г. Кусочки отобранной пробы сушат в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы; затем их тонко измельчают в агатовой или фарфоровой ступке. Полученный порошок просеивают через сито с сеткой № 02 (размер ячейки в свету $0,2 \times 0,2$ мм). Отвесив в фарфоровой чашке навеску около 180 г просеянного порошка, его снова высушивают при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, а затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе, в котором порошок хранят до проведения испытания. Объемомер наполняют до нижней нулевой черты жидкостью (водой, безводным керосином или спиртом), инертной по отношению к порошку материала.

После этого свободную от жидкости часть (выше черты) тщательно протирают тампоном из фильтрованной бумаги. Затем объемомер помещают в стеклянный сосуд с водой и термометром. Вода имеет температуру выше 20°C (температура, при которой градуировали его шкалу). В воде объемомер остаётся все время, пока идет испытание. Чтобы объемомер в этом положении не всплывал, его закрепляют на штативе так, чтобы вся градуированная часть шейки находилась в воде.

От подготовленной пробы, находящейся в эксикаторе, отвешивают с погрешностью 0,01 г на технических весах 80 г порошка материала и

посыпают его ложечкой через воронку в прибор небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в нем не поднимется до черты с делением 20 см³ или до черты в пределах верхней градуированной части прибора. Разность между конечным и начальным уровнями жидкости в объемомере показывает значение объёма порошка, высыпанного в прибор. Остаток порошка взвешивают. Масса порошка, высыпанного в объемомер, будет равна разности между результатами первого и второго взвешиваний.

Истинная плотность материала (г/см³):

$$\rho = (m_1 - m_2) / V_a$$

, где m_1 – навеска материала до опыта, г ; m_2 – остаток от навески, г ; V_a – объём жидкости, вытесненной навеской материала (объём порошка в объемомере), см³

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты определения истинной плотности с помощью объемомера Ле-Шателье

Наименование материала	№ опыта	Первоначальная масса пробы, г	Масса остатка, г	Объём вытесненной жидкости, см ³	Истинная плотность, г/см ³	Среднее значение, г/см ³

2. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы

Средняя плотность – масса единицы объёма в естественном состоянии,

т.е. вместе с порами и пустотами. Средняя плотность ρ_o (г/см³, кг/м³)

вычисляется по формуле:

$$\rho_o = m / V_o,$$

где m – масса материала; V_o – объём материала в естественном состоянии.

Для определения плотности используют образцы материала в форме куба, параллелепипеда или цилиндра.

Образцы измеряют с необходимой точностью штангенциркулем или металлической линейкой (в зависимости от размера образцов), вычисляют их объём, после чего взвешивают на технических весах.

Объём образца (см^3), имеющего вид куба или параллелепипеда, $V_o = a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot h_{cp}$, где a_{cp} , b_{cp} , h_{cp} – средние значения размеров граней образца, см.

Объём образца цилиндрической формы (см^3):

$V_o = \pi \cdot d_{cp}^2 \cdot h_{cp} / 4$, где $\pi = 3,14$; d_{cp} – средний диаметр цилиндра, см; h_{cp} – средняя высота цилиндра, см.

Зная объём и массу образца, по формуле $\rho_o = m / V_o$ вычисляют его среднюю плотность. Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трёх ее значений для различных образцов.

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты определения средней плотности образцов правильной геометрической формы

Наименование материала	Масса образца, г	Размеры образца, см			Объём, см ³	Средняя плотность	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>		г/см ³	кг/м ³

3. Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы

Среднюю плотность таких образцов определяют методом гидростатического взвешивания или с помощью объемомера.

Метод гидростатического взвешивания основан на использовании закона Архимеда: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу вытесненной им жидкости. Чтобы определить выталкивающую силу, образец взвешивают на воздухе и в жидкости; разность этих весов даёт значение выталкивающей силы. Зная плотность жидкости, по выталкивающей силе можно вычислить объём вытесненной образцом жидкости, т.е. объём образца. Так как плотность воды равна 1 г/см³, при взвешивании в воде значение выталкивающей силы в г численно равно значению объёма образца в см³.

При определении средней плотности этим методом приготовленный образец взвешивают, выясняя массу m . Затем его насыщают водой. Насыщенный образец вынимают из воды, удаляют влагу с поверхности мягкой влажной тканью и сразу же взвешивают на гидростатических весах. Для этого образец на нитке подвешивают к крюку, закрепленному на левом конце коромысла весов. Сыпучие материалы помещают в перфорированный стакан. После определения массы насыщенного водой образца $m_{\text{нас}}$ (г) его, не снимая с крючка весов, погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок стакана, и определяют массу гирь, уравновешивающих образец в воде $m_{\text{вод}}$ (г).

Среднюю плотность материала ρ_m (г/см³) вычисляют по формуле:

$$\rho_m = [m / (m_{\text{нас}} - m_{\text{вод}})] \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

4. Определение насыпной плотности

Насыпную плотность материалов определяют, измеряя их объём мерными цилиндрическими сосудами вместимостью от 1 до 50 л. За объём материала в этом случае принимают объём сосуда.

Крупнозернистые материалы (зерна более 5 мм) засыпают в мерные сосуды вместимостью 5; 10; 20 и 50 л совком или лопаткой с высоты 100 мм без последующего уплотнения. Мелкозернистые материалы (зерна менее 5 мм) насыпают в мерный сосуд вместимостью 1 л с помощью стандартной воронки, корпус которой представляет собой металлический усеченный конус, заканчивающийся трубкой с задвижкой. Под трубку устанавливают заранее взвешенный мерный сосуд. Расстояние между верхним обрезом сосуда и задвижкой воронки 50 мм.

Мерный сосуд во всех случаях заполняют с избытком, а излишек материала срезают линейкой от середины в обе стороны вровень с краями сосуда. При этом линейку держат наклонно, плотно прижимая к краям сосуда. После удаления излишка материала сосуд с материалом взвешивают. Масса материала будет равна разности масс сосуда с материалом m_2 и пустого сосуда m_1 . Зная массу материала и объём сосуда V ($1 \text{ л} = 1000 \text{ см}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$), находят насыпную плотность по формуле:

$$\rho_{\text{нас}} = (m_1 - m_2) / V$$

5. Определение пористости

Пористость (общая) Π – степень заполнения материала порами:

$$\Pi = V_{\text{п}} / V_0,$$

где $V_{\text{п}}$ - объём пор в материале; V_0 - объём материала в естественном состоянии.

Открытая пористость Π_0 определяется как отношение суммарного объёма пор, насыщающихся водой, $V_{\text{п}}^{\text{вод}}$ к объёму материала V_0 , т.е.

$$\Pi_0 = V_{\text{п}}^{\text{вод}} / V_0$$

Закрытая пористость Π_3 :

$$\Pi_3 = \Pi - \Pi_0$$

6. Определение водопоглощения

Водопоглощение – это способность материала впитывать и удерживать в порах воду. Определяют водопоглощение по массе и объёму.

Водопоглощение по массе:

$$W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100,$$

где m_n - масса насыщенного водой образца, г; m_c - масса сухого образца, г.

Водопоглощение по объёму:

$$W_o = \frac{m_n - m_c}{\rho_w \cdot V_o} \cdot 100,$$

где V_o – объём образца, см^3 ; ρ_w - плотность воды (1 г/см^3).

W_o (%) – степень заполнения объёма материала водой, характеризующую в основном его открытую пористость,

Зная водопоглощение по массе W_m и плотность ρ_w , можно рассчитать водопоглощение по объёму по следующей формуле:

$$W_o = \frac{W_m \rho_w}{\rho_s} \cdot 100$$

Испытания производят на образцах в виде кубов с ребром 100 или 150 мм или в виде цилиндров, имеющих такие же диаметр и высоту. Испытание проводят на двух или трёх образцах. Образцы высушивают до постоянной массы и записывают массу сухого образца. Высушенные и охлажденные до комнатной температуры образцы погружают в воду так, чтобы над ними был слой воды не менее 2 и не более 10 см, и выдерживают в течение времени, предусмотренного ГОСТом. После насыщения образцы вынимают из воды, обтирают влажной мягкой тканью и каждый образец немедленно взвешивают (массу воды, вытекающей из пор образцов на чашку весов, включают в массу образца). Применяют и другие методы насыщения материала водой: постепенное погружение образца в воду, кипячение в воде или насыщение водой после предварительного вакуумирования.

Зная массу сухого образца и его массу после насыщения водой, вычисляют по формуле $W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100$ водопоглощение по массе W_m для каждого образца. Водопоглощение материала принимают как среднее арифметическое результатов испытания всех образцов.

Водопоглощение по объёму W_o рассчитывают по формуле

$$W_o = \frac{V_{H_2O}}{V_{am}} = \frac{m_n - m_c}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{\rho_m}{m_c} = W_m \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}}$$

или, если известна плотность материала, используя водопоглощение по массе:

$$W_o = W_m \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}}$$

Где ρ_m - плотность материала, кг/м³; ρ_{H_2O} - плотность воды, принимаемая равной 1000 кг/м³

Контрольные вопросы:

1. Что такое истинная плотность материала, от чего она зависит, как определяется?
2. Почему для определения истинной плотности каменный материал измельчают?
3. Что общего и что разного между истинной и средней плотностью материала?
4. Что такое средняя плотность материала, от чего она зависит, как определяется?
5. Как определяется насыпная плотность материала?
6. Что такое и как определяется общая, открытая и закрытая пористость материала?
7. Какая существует зависимость между водопоглощением по объёму и общей пористостью материала? Всегда ли эта зависимость справедлива?
8. Что такое водопоглощение материала, от чего оно зависит, как определяется?

Лабораторная работа №2

Определение механических свойств материалов

1. Определение истираемости материалов

Истираемость показывает стойкость материала к абразивному износу и оценивается потерей массы материала, отнесенной к единице его площади или уменьшением толщины материала. Чем выше истираемость, тем менее износостоек материал.

Истираемость определяют на кругах истирания, основным элементом которых - истирающий диск. К диску, вращающемуся с частотой $(0,5 \pm 0,02) \text{ с}^{-1}$, с помощью грузов прижимается образец с усилием 300 Н, что соответствует давлению образца на круг около 60 кПа. Для испытания готовят два образца-куба с ребром 70 мм или два цилиндра диаметром и высотой 70 мм. Боковые грани образцов-кубов нумеруют цифрами 1...4 и при проведении испытаний в порядке этой нумерации поворачивают образец.

Подготовленные образцы взвешивают на технических весах с погрешностью не более 0,1 г и определяют площадь, которая будет подвергаться истиранию, измеряя при этом образец штангенциркулем или линейкой.

На круг равномерным слоем насыпают 20 г абразивного материала: шлифовальное зерно № 16 или стандартный песок. Образцы помещают в гнезда круга, проверяют, свободно ли оно перемещается в вертикальной плоскости, и пригружают грузом. После этого включают привод круга. Через 30 м пути истирания образца (28 оборотов диска) прибор останавливают. С поверхности диска убирают старый абразивный материал и продукты истирания и вновь насыпают 20 г абразивного материала. Указанную операцию повторяют 5 раз, что составляет 1 цикл испытаний.

После одного цикла испытания образцы вынимают из гнезда и поворачивают на 90° в горизонтальной плоскости. В этом положении цикл испытаний повторяют. После четырех циклов испытания образцы вынимают, обтирают сухой тканью и взвешивают.

Истираемость материала I_T ($\text{г}/\text{см}^2$) вычисляют с погрешностью до 0,1 $\text{г}/\text{см}^2$ по формуле

$$I_m = \frac{m_1 - m_2}{F}$$

m_1 - масса образца до испытания, г; m_2 - масса образца после испытания, г; F - площадь образца, см^2 .

2. Определение твердости материала

Твердость - способность материала сопротивляться проникновению в него другого материала. Твердость материала определяют различными

методами, зависящими от вида материала. Все методы измерения твердости основаны на внедрении в поверхность испытуемого материала эталонного материала и оценки степени его внедрения.

Твердость каменных строительных материалов оценивают по шкале твердости Мооса (таблица 1), которая составлена из десяти минералов, расположенных по степени возрастания твердости. Поверхность испытуемых образцов последовательно прочерчивают минералами, входящими в шкалу, начиная с самого мягкого, до тех пор, пока на поверхности образца один из минералов не оставит царапину. Твердость испытуемого материала находится между твердостью этого и предыдущего минералов.

Таблица 1

Шкала твердости минералов (шкала Мооса)

Минерал	Показатель твердости	Характеристика твердости
Тальк	1	легко чертится ногтем
Гипс природный	2	с трудом чертится ногтем
Кальцит	3	стальной нож легко оставляет черту
Плавиновый шпат	4	стальной нож оставляет черту при небольшом нажиме
Апатит	5	стальной нож оставляет черту при сильном нажиме, минерал на стекле черты не оставляет
Полевой шпат (ортоклаз)	6	стальной нож не оставляет черты, минерал слегка царапает стекло
Кварц	7	стальной нож черты на этих минералах не оставляет, минералы легко режут стекло
Топаз	8	
Корунд	9	
Алмаз	10	

При всех методах измерения значения твердости являются условными, зависящими не только от свойств материала, но и от метода испытания. Поэтому для сравнения твердости различных образцов их испытание проводят каким-либо одним методом.

3. Определение предела прочности на сжатие

Прочность – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (стесненной усадкой, неравномерным нагреванием и т.д.). Прочность материала оценивают пределом прочности (временным

сопротивлением), определенным при данном виде деформации. Для хрупких материалов (природных каменных материалов, бетонов, строительных растворов, кирпича и др.) основной прочностной характеристикой является предел прочности на сжатие.

Предел прочности на осевое $R_{сж}$ [МПа (кгс/см²)] равен частному от деления разрушающей силы $P_{разр}$ [Н(кгс)] на первоначальную площадь поперечного сечения F [мм²(см²)] образца (куба, цилиндра, призмы):

$$R_{сж} = P_{разр} / F$$

Для определения предела прочности на сжатие образцы материала подвергают действию сжимающих усилий и доводят до разрушения. Испытуемые образцы должны иметь правильную геометрическую форму (куб, параллелепипед, цилиндр). Образцы бетона в форме кубов могут быть следующих размеров: 70×70×70, 100×100×100, 150×150×150, 200×200×200, 300×300×300 мм.

Для испытания образцов материала на сжатие применяют гидравлические прессы и универсальные испытательные машины. Перед испытанием образец взвешивают и обмеряют. Затем его устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса точно по ее центру, а верхнюю опорную плиту с помощью винта опускают на образец. Убедившись в правильности установки образца, включают насос пресса и прикладывают к образцу нагрузку, регулируя скорость ее нарастания (обычно в секунду 0,5 – 1 МПа (5-10 кгс/ см²)). В момент разрушения образца, т.е. в момент наибольшей нагрузки, стрелка, связанная с силоизмерительным устройством пресса, остановится и начнет двигаться обратно. Разрушающую нагрузку фиксируют с помощью второй регистрирующей стрелки, которая, будучи отклонена по шкале вместе с первой стрелкой, после ее возвращения в исходное положение остаётся на месте и показывает значение максимальной нагрузки на образец.

Предел прочности на сжатие образца вычисляют по формуле $R_{сж} = P_{разр} / F$, причём в эту формулу, как указано в соответствующих ГОСТах на испытание различных строительных материалов, обычно вводят различные коэффициенты, в т.ч. масштабный коэффициент перехода к прочности образцов базового размера, коэффициент, учитывающий влажность образца, и другие. Например, при испытании тяжёлого бетона базовым образцом является куб размерами 150×150×150мм, для которого масштабный коэффициент равен 1. При длине ребра куба 70, 100, 200 и 300 мм предел прочности рассчитывают, пользуясь соответственно масштабными коэффициентами 0,85; 0,95; 1,05 и 1,10.

Иногда для определения усилий, действующих на испытываемый образец, на прессе устанавливают манометр, показывающий давление масла в цилиндре (кгс/ см²). Тогда, зная площадь поршня и давление на 1 см² его поверхности и умножив величину давления на величину площади поршня, можно определить усилие $P_{разр}$, действующее на образец и разрушающее его.

Зная площадь F образца, на которую действует разрушающая нагрузка по формуле

$R_{сж} = P_{разр} / F$ можно вычислить предел прочности на сжатие (в кгс/см² или МПа)

Результаты опытов заносятся в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты определения предела прочности на сжатие образца материала

Наименование материала	Размеры образца, см	Площадь поперечного сечения образца F , см ²	Разрушающая нагрузка $P_{разр}$, кН	Предел прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа	Масштабный коэффициент	Предел прочности на сжатие базового образца, МПа

4. Определение предела прочности на растяжение при изгибе

Предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$ [МПа (кгс/см²)] определяют по следующим формулам:

- при одном сосредоточенном грузе, расположенном посередине образца балочки прямоугольного сечения,

$$R_{изг} = \frac{3P_{разр}l}{2bh^2}$$

- при двух одинаковых грузах, расположенных на одинаковом расстоянии от середины балочки

$$R_{изг} = \frac{3P_{разр}(l-a)}{2bh^2}$$

, где $P_{разр}$ – разрушающая нагрузка, Н (кгс); l – расстояние между опорами балочки, мм (см); b и h – ширина и высота балочки в поперечном сечении, мм(см); a – расстояние между двумя грузами, мм (см).

При $a = 1/3 l$ формула $R_{изг} = \frac{3P_{разр}(l-a)}{2bh^2}$ упрощается: $R_{изг} = \frac{Pl}{bh^2}$

Предел прочности на растяжение при изгибе определяют на гидравлическом прессе при помощи специального приспособления или на приборе МИИ-100. При испытании образец устанавливают на опорные валики приспособления или опоры прибора МИИ – 100 так, чтобы его грани, расположенные при изготовлении горизонтально, находились в вертикальном положении, и нагружают до разрушения.

Расчёт предела прочности на растяжение при изгибе производят по формулам приведённым выше. Предел прочности на растяжение при изгибе стандартных образцов-балочек на приборе МИИ-100 указывается счётчиком.

Результаты заносятся в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты определения предела прочности на растяжение при изгибе образца материала

Наименование материала	Схема приложения нагрузки	Размеры образца, см			Предел прочности на растяжение при изгибе образца $R_{изг}$, МПа	Масштабный коэффициент	Предел прочности на растяжение при изгибе базового образца, МПа
		l	b	h			

Контрольные вопросы:

1. Как влияют на результаты определения прочности на сжатие размеры образца и параметры испытания (скорость нагружения)?
2. Какие экспериментальные данные необходимы для определения прочности при изгибе?
3. Что называют истираемостью материала?
4. Как определяется показатель истираемости материала?
5. Что называют твердостью материала?
6. Что такое шкала Мооса?
7. Как определяется твердость того или иного материала?

Лабораторная работа № 3

Природные каменные материалы

Работа включает изучение коллекций основных видов горных пород, используемых для получения строительных изделий

Природными каменными материалами называют материалы и изделия, получаемые механической обработкой (дроблением, раскалыванием, распиливанием и др.) горных пород, добываемых из недр земной коры. Таким путем получают облицовочные плиты, плиты для полов, ступени, камни и блоки для кладки стен, бордюрные камни, песок, щебень и др. Значительная часть горных пород является сырьем для получения неорганических вяжущих веществ, керамических изделий, бетонов, стекла и других строительных материалов и изделий.

Горные породы – это скопления минеральных агрегатов, обладающее более или менее постоянным составом и свойствами и образующие в земной коре самостоятельные геологические тела. Горные породы могут быть мономинеральными, состоящими из одного минерала (гипс, магнезит, доломит и др.) или полиминеральными – из нескольких минералов (гранит, диабаз и др.).

По происхождению горные породы делятся на магматические, осадочные и метаморфические.

1. Магматические или изверженные (первичные) горные породы
образовались непосредственно из расплавленной магмы. В зависимости от условий охлаждения (отвердевания) магмы различают два вида магматических пород: глубинные и излившиеся.

Глубинные породы образовались в глубине земной коры при медленном, сравнительно равномерном остывании магмы и значительном давлении верхних слоев, что способствовало процессам кристаллизации; они имеют зернисто-кристаллическое строение, однородную структуру, большую плотность, высокую прочность на сжатие и морозостойкость, низкое водопоглощение и большую теплопроводность. К ним относятся: гранит, сиенит, габбро и др.

Излившиеся породы образовались вблизи и на поверхности земной коры при быстром остывании магмы. Некоторая часть магмы, излившаяся на поверхность, уже содержала кристаллы отдельных минералов, поэтому в большинстве случаев эти породы состоят из отдельных хорошо сформировавшихся кристаллов, вкрапленных в основную скрытокристаллическую массу. Такое строение называют порфировым. К излившимся породам относятся: кварцевый порфир, андезит, диабаз, базальт и др.

При очень быстром охлаждении расплавленной магмы, выбрасываемой при извержении вулканов, породы приобретают пористое аморфное (стекловидное) строение. К таким породам относятся: рыхлые (вулканические пеплы, пески) и сцементированные (вулканические туфы, трассы и др.).

Основные представители магматических горных пород

Гранит – магматическая массивная глубинная горная порода. Имеет цвет от светло-серого и розового до темно-красного или почти черного. Структура гранита зернисто-кристаллическая, текстура – плотная массивная. Состоит из кварца, полевых шпатов и слюды. Иногда слюда частично замещена авгитом или другими темноокрашенными минералами, средняя плотность - 2500...2900 кг/м³, прочность - 120...300 МПа. Применяется в качестве облицовочного материала, при изготовлении бортового камня, ступеней, в гидротехническом строительстве. В дробленном виде – как заполнитель для бетона.

Габбро – магматическая массивная глубинная горная порода. Цвет от темно-серого и темно-зеленого почти до черного. Состоит из плагиоклазов (≈50%) и темноокрашенных минералов – авгита, реже роговой обманки, оливина. Структура крупно_ или среднекристаллическая. Текстура массивная плотная, пятнистая, $\rho(m) = 2900...3300$ кг/м³, $R(сж) = 200...450$ МПа. Обладает высокой атмосферостойкостью, хорошо полируется и имеет красивый вид. Применяется, главным образом, в качестве облицовочного материала.

Диабаз – магматическая массивная излившаяся порода. Цвет черный. Выветренные порода имеют цвет зеленовато-серый. Скрытокристаллическая или тонкокристаллическая структура. Текстура плотная, массивная. Минеральный состав почти аналогичен габбро. Обладает высокой ударной вязкостью, средняя плотность = 3000 кг/м³, прочность - 300...400 МПа. Высокая атмосферостойкость. Имеет сравнительно невысокую температуру плавления – 1200...1300 С и является ценным сырьем для каменного литья. Кроме того, применяется в качестве брусчатки для строительства дорог, облицовки.

Кварцевый порфир – близок по составу к граниту, структура порфировая. Порфировые включения (от долей миллиметра до 4...5 мм, редко до 1...1,5 см) представлены полевым шпатом и кварцем. Основная масса породы тонко- и мелкокристаллическая. Прочность плотных порфиров близка к прочности гранита, но порфиры быстрее разрушаются при колебаниях температуры вследствие различия температурных коэффициентов расширения включений и основной массы. Поэтому порфиры не рекомендуется применять для изготовления изделий, подвергающихся многократному замораживанию и оттаиванию (наружные облицовки и др.).

Базальт – магматическая массивная излившаяся горная порода темно-серого, зелено-черного или черного цвета. Обладает

скрытокристаллической, иногда стекловато-зернистой или порфировой структурой и плотной текстурой. По минеральному составу аналогичен габбро, т.е. состоит из плагиоклазов, авгита, реже роговой обманки, иногда оливина. Порода тяжелая, средняя плотность - $2700...3300 \text{ кг/м}^3$, прочность достигает 550 МПа. Атмосферостойкость высокая. Применяется в качестве отделочного материала, брусчатки, является сырьем для производства теплоизоляционных материалов и др.

Вулканические туфы и трассы – магматические обломочные сцементированные породы. Цвет этих пород может быть желтый, красный, синеватый, лиловый и др. Вследствие быстрого охлаждения магмы эти породы имеют пористую текстуру, преимущественно с замкнутой пористостью. Состоят, главным образом, из аморфного кремнезема, который обеспечивает высокую атмосферостойкость. Средняя плотность колеблется в пределах $750...1400 \text{ кг/м}^3$. Характеризуются невысокой прочностью $R_{сж} = 6...15 \text{ МПа}$ и небольшой теплопроводностью ($0,3...0,45 \text{ Вт/ мС}$). Применяются в качестве заполнителя для легких бетонов, для изготовления стеновых блоков.

2.Осадочные (вторичные) горные породы

образовались в результате разрушения или выветривания магматических пород, химической или биологической переработки природного минерального сырья. Обычно они залегают пластами, слоями.

К этой группе относятся:

2.1. Механические осадки: рыхлые (песок, щебень, гравий, глина) и сцементированные (песчаник, брекчия, конгломерат).

2.2. Органогенные осадки: растительные (фитогенные) – трепел, диатомит, опока; животные (зоогенные) – мел, известняк-ракушечник, известняки.

2.3. Химические осадки: некоторые виды известняков, доломит, магнезит, гипс, ангидрит.

Основные представители осадочных горных пород

Песчаник кремнистый – осадочная горная порода, относящаяся к подгруппе механических отложений (сцементированных). Цвет песчаников разнообразен: от белого до темно-серого, от розового до красно-бурого. Имеет зернистую (конгломератную) структуру, плотную текстуру. По составу представляет собой зерна кварцевого песка, сцементированные кремнеземистым веществом, Средняя плотность = $2300...2700 \text{ кг/м}^3$, прочность - до 250 МПа. Применяется в качестве щебня для бетона, для изготовления стеновых блоков, облицовочных плит и др. Значительная твердость кремнеземистых песчаников затрудняет их обработку.

Брекчия – осадочная порода, относящаяся к подгруппе механических отложений (сцементированных). Брекчии образовались в результате цементации природного щебня различными природными цементами (карбонатным, кремнеземистым, железистым и др.). Эти породы имеют различную окраску: от серой и бурой до пестрой. Структура их обломочная

угловатая (у брекчии). Текстура чаще плотная. Плотность и прочность зависят от вида цементирующего вещества, породы цементированных частиц и крупности обломков: средняя плотность колеблется от 1800 до 2700 кг/м³, прочность может достигать 150 МПа и более. Применяется чаще всего в виде щебня для бетона, бутового камня, а красивые и стойкие разновидности в качестве отделочных плит.

Известняк-ракушечник – осадочная органогенная порода. Цвет чаще всего светло-серый, желтый. Структура, главным образом, из кальцита, так как образовалась порода из слабощементированных известковых ракушек отмерших морских животных организмов, сцементированных известковым цементом, средняя плотность - 600...1500 кг/м³, прочность - до 15 МПа. Широко применяется в качестве стеновых блоков и облицовки, как щебень для легких бетонов, является сырьем для производства извести, цемента.

Известняк плотный – осадочная горная порода, по своему образованию может находиться в подгруппе органогенных или в подгруппе химических осадков. Цвет известняков белый, но в зависимости от примесей может быть с желтыми, красноватыми, серыми или бурыми оттенками. Встречается кристаллической, мраморовидной, аморфной структуры и плотной текстуры. Состоит, главным образом, из кальцита с возможными примесями доломита, глины. Средняя плотность - 1700...2600 кг/м³, прочность может достигать 200 МПа. Широко применяется в строительстве в качестве стеновых блоков и облицовки, как щебень для легких бетонов, является сырьем для производства извести, цемента и др.

Диатомит, трепел, опока – осадочные органогенные породы. Имеют белую окраску с желтоватым оттенком. Структуру имеют землистую, текстуру – мелкопористую. Состоят, главным образом, из аморфного кремнезема в виде опала с примесями кварца. Их средняя плотность колеблется от 400 до 1200 кг/м³, прочность – до 2,5...5 МПа. Стойкие разновидности применяются в качестве заполнителей для легких бетонов, добавки к цементам и др.

Доломит – осадочная горная порода, относится к подгруппе химических осадков. Имеет белый, желтоватый или серый цвет. Структура породы может быть скрытокристаллической, мелкозернистой и других видов. Текстура плотная. Мономинеральная порода состоит из минерала доломита, иногда с примесями. Средняя плотность - 2200...2800 кг/м³, прочность - 100...200 МПа. Применяется как щебень для бетона, является сырьем для производства извести, цемента и др.

Гипс – осадочная горная порода, относится к подгруппе химических осадков. Цвет белый, с примесями может быть розовый. Структура кристаллическая с различной формой кристалла (зерна, волокна и др.). Состоит из минерала гипса. Средняя плотность - 2000...2300 кг/м³, прочность - от 5 до 30 МПа. Применяется как сырье для производства гипсовых вяжущих веществ, и при производстве искусственного мрамора, для облицовки стен.

3. Метаморфические горные породы

Метаморфические горные породы образовались из магматических или осадочных горных пород под влиянием высоких температур, давления и других факторов.

Основные представители метаморфических горных пород

Гнейс – метаморфическая горная порода, образуется чаще без гранита. Серого цвета, может быть розового. Структура кристаллическая, разномзернистая. Текстура плотная, полосчатая, со слабо выраженной сланцеватостью. Состоит, главным образом, из кварца, слюды, полевых шпатов. Средняя плотность - 2400...2800 кг/м³, прочность - до 400 МПа. Применяется в качестве дорожных плит, плиток для полов и др.

Кварцит - метаморфическая горная порода, образуется из кремнистого песчаника. Цвет может быть светло-серый, розовый, красный, вишневый. Структура мелкокристаллическая, слитно кристаллическая. Текстура плотная, массивная. Состоит из кварца и различных примесей. Средняя плотность - 2500...2700 кг/м³, прочность - 100...450 МПа. Порода очень стойкая против выветривания, имеет высокую твердость, трудно истирается. Применяется в качестве облицовочного материала, является сырьем для огнеупоров, из него изготавливают плиты для полов, ступени.

Мрамор - метаморфическая горная порода, образуется из известняков и доломитов. Цвет имеет самый разнообразный: от белого до черного. Может быть розовый, красный, пестрый и др. Структура мрамора зернистая, текстура плотная. Состоит, главным образом, из кальцита, $R(m) = 2600...2800 \text{ кг/м}^3$, $R(сж) = 100...300 \text{ МПа}$. Стойкость имеет среднюю. Подвергается сульфатной коррозии. Легко обрабатывается. Применяется в качестве облицовочного материала, для изготовления плит для полов, ступеней и др.

Глинистый сланец - метаморфическая горная порода. Окраску имеет различную, чаще темно-серую, черную. Структура глинистая. Текстура плотная, сланцеватая. Состоит из каолинита, кварца, слюды и примесей. Средняя плотность - 1000...2000 кг/м³, прочность - до 5 МПа. Применяется в качестве кровельных плиток и является сырьем для производства вяжущих веществ.

Контрольные вопросы:

1. Что называют горной породой?
2. Приведите классификацию горных пород по условиям образования.
3. Назовите мономинеральные и полиминеральные горные породы.
4. Какие горные породы относятся к магматическим?
5. Назовите природные каменные материалы из осадочных горных пород.

6. Назовите природные каменные материалы из метаморфических горных пород.
7. Какие горные породы используют для изготовления стеновых блоков?
8. Какие горные породы применяют в качестве сырья для производства вяжущих веществ?
9. Какие горные породы применяют в дорожном строительстве?
10. Из каких природных каменных материалов изготавливают облицовочные плиты?

Лабораторная работа № 4

Виды керамических стеновых материалов, применяемых при строительстве жилых и офисных зданий г. Москвы (Изучение коллекции)

Виды и размеры стеновых керамических изделий
(в соответствии с ГОСТ 530-95)

Таблица 1

Вид изделия	Номинальные размеры, мм, по		
	длине	ширине	толщине
Кирпич одинарный	250	120	65
Кирпич утолщенный	250	120	88
Кирпич модульных размеров одинарный	288	138	63
Кирпич модульных размеров утолщенный	288	138	88
Кирпич утолщенный с горизонтальным расположением пустот	250	120	88
Камень	250	120	138
Камень модульных размеров	288	138	138
Камень модульных размеров укрупненный	288	288	88
Камень укрупненный	250	250	138
	250	250	188
	180	250	138
Камень укрупненный с горизонтальным расположением пустот	250	250	120
	250	200	80

1. Основные свойства керамического кирпича и камня:

- 1). Средняя плотность:

- обыкновенный $\rho_0 > 1600 \text{ кг/м}^3$;
- условно-эффективный $\rho_0 = 1400 \dots 1600 \text{ кг/м}^3$ – улучшает теплотехнические показатели;
- эффективный $\rho_0 < 1400 \text{ кг/м}^3$ – пустотелый и пористый – позволяет уменьшить толщину стен.

В Москве толщину стен делают в 2...2,5 кирпича (0,66 м); применение пустотелого кирпича позволяет уменьшить толщину стены на 20-30% (1,5 кирпича).

- 2). Теплопроводность - $\lambda = 0,56 \dots 0,84 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$
- 3). Марки по прочности: М75, М100, М125, М150, М175, М200, М250, М300 – полнотелые и с вертикально расположенными пустотами; М25, М35, М75, М100 – с горизонтально расположенными пустотами.
- 4). Марки по морозостойкости: F15, F25, F35, F50.

2. Примеры условных обозначений кирпичей и камней керамических

Кирпич керамический полнотелый одинарный марки по прочности 100, марки по морозостойкости F15: *Кирпич К — О 100/15/ГОСТ 530—95*

Кирпич керамический пустотелый одинарный марки по прочности 150, по морозостойкости F15: *Кирпич КП — О 150/15/ГОСТ 530—95*

Кирпич керамический пустотелый утолщенный марки по прочности 125, по морозостойкости F25: *Кирпич КП — У 125/25/ГОСТ 530—95*

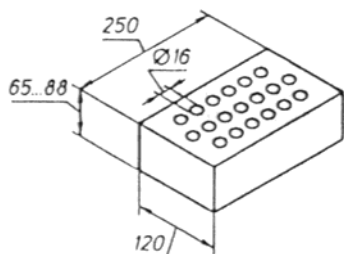
Камень керамический марки по прочности 100, по морозостойкости F15: *Камень К 100/15/ГОСТ 530—95*

Камень керамический укрупненный марки по прочности 150, по морозостойкости F15:

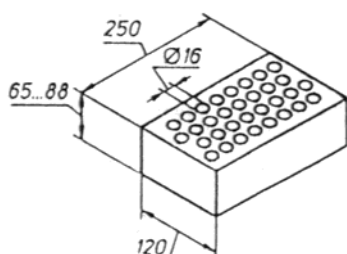
Камень КУК 150/15/ГОСТ 530—95

Кирпич керамический утолщенный с горизонтальным расположением пустот марки по прочности 100, по морозостойкости F15: *Кирпич КУГ 100/15/ГОСТ 530—95*

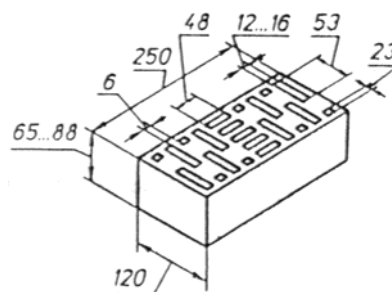
3. Внешний вид и размеры пустотелых керамических кирпичей



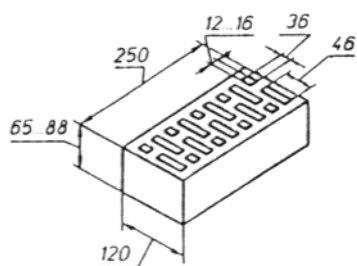
Кирпич с 19 пустотами
(пустотность 13 %)



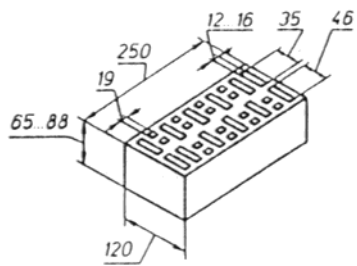
Кирпич с 32 пустотами
(пустотность 22 %)



Кирпич с 21 пустотами
(пустотность 34 %, 45 %)



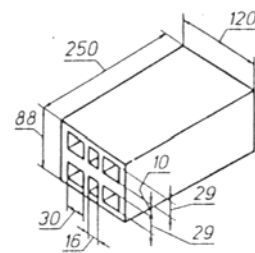
Кирпич с 18 пустотами
(пустотность 29 %, 38 %)



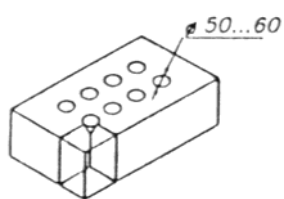
Кирпич с 28 пустотами
(пустотность 32 %, 42 %)



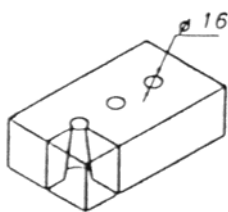
Кирпич с 6 горизонт. пустотами



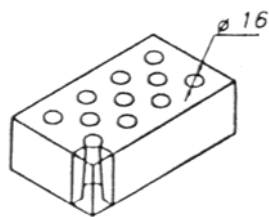
К



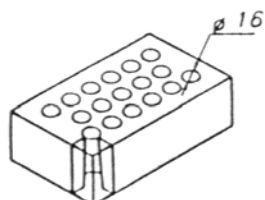
Кирпич с 8 несквозными
отверстиями
(пустотность 2,25 %)



Кирпич с 3 сквозными
отверстиями
(пустотность 6 %)

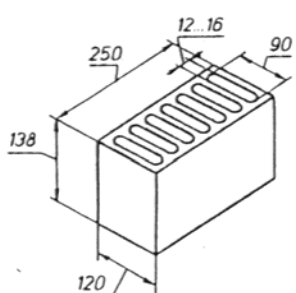


Кирпич с 11 сквозными
отверстиями
(пустотность 8,2 %)

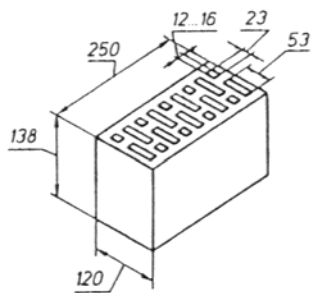


Кирпич с 17 сквозными
отверстиями
(пустотность 12,7 %)

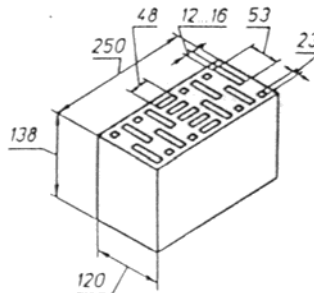
4. Внешний вид и размеры керамических камней



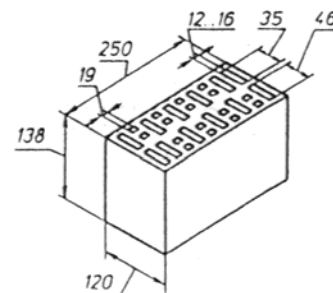
Камень с 7 пустотами
(пустотность 25 %, 33 %)



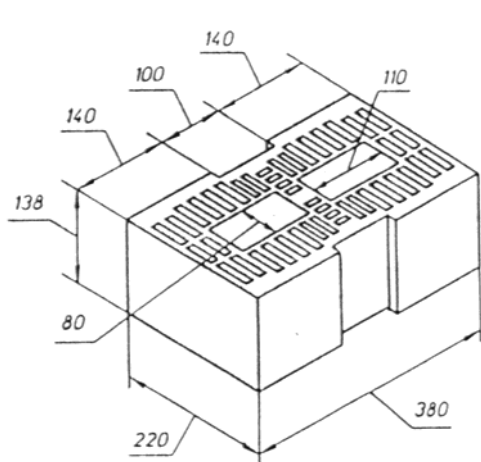
Камень с 18 пустотами
(пустотность 27 %, 36 %)



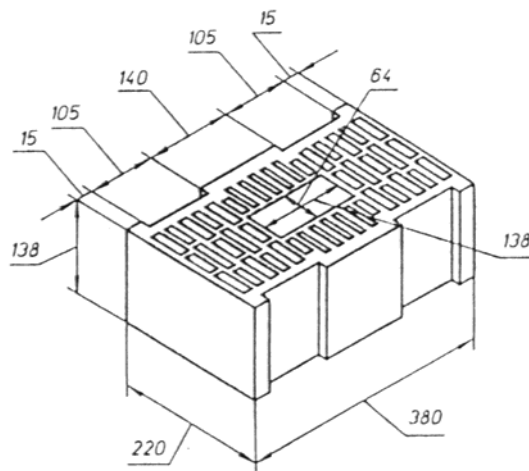
Камень с 21 пустотами
(пустотность 34 %, 45 %)



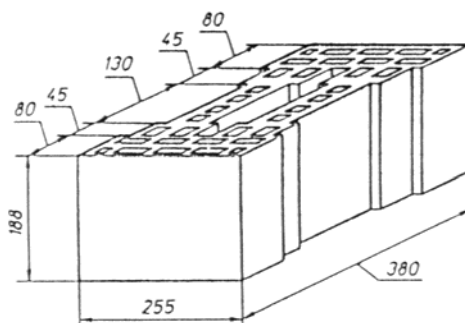
Камень с 28 пустотами
(пустотность 32 -42%)



Камень с пустотностью 45 %



Камень с пустотностью 55 %



Камень с пустотностью 55 %

Контрольные вопросы:

1. Какие материалы называют керамическими?
2. Какие изделия из керамики Вы знаете?
3. Перечислите виды стеновых керамических изделий.
4. Чем керамический кирпич отличается от керамического камня?
5. Какой кирпич называют полнотелым, а какой – пустотелым?
6. Дайте классификацию керамических кирпичей по средней плотности.
7. Какие кирпичи относят к эффективным?
8. Как определяется марка кирпича по прочности?
9. Приведите примеры условных обозначений кирпичей и камней керамических.

Лабораторная работа №5

Определение основных свойств гипса

Гипсовые вяжущие – воздушные вяжущие вещества, получаемые термической обработкой (при температуре 160...160⁰С) гипсового сырья до полугидрата сульфата кальция CaSO₄·0.5H₂O. твердение гипсовых вяжущих заключается в обратном присоединении воды (гидратации) до образования двугидрата сульфата кальция.



Характерные свойства гипсовых вяжущих- быстрое схватывание и твердение.

1. Определение тонкости помола гипсовых вяжущих

Тонкость помола гипсовых вяжущих оценивают по остатку при просеивании пробы на сите с отверстиями размером 0,2 мм. Пробу гипсового вяжущего массой 120...150 г высушивают в течение 1 ч при температуре 50±5⁰С. Из сухой пробы отбирают навеску массой 50 г и высыпают на сито.

Тонкость помола определяют как отношение массы остатка на сите к массе первоначальной навеске (50 г) и выражают в %. За тонкость помола гипсового вяжущего принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Группу по тонкости помола, к которой относится испытуемое вяжущее, определяют в соответствии с требованиями стандарта.

Таблица 1

Группа	I	II	III
Степень помола	грубый	средний	тонкий
Остаток на сите 002, не более	23	14	2

2. Определение нормальной плотности гипсового теста

Сущность метода количественной оценки гипсового теста стандартной консистенции (нормальной плотности) состоит в определении диаметра расплыва теста на вискозиметре Сутгарда. Время проведения испытания должно составлять строго 45 с.

Перед началом испытания на стол выкладывают квадратный лист стекла, под который подкладывают лист картона с нанесенными на него концентрическими окружностями диаметром от 150 до 220 мм через каждые 10 мм и диаметром 170-190 мм через каждые 5 мм. В центр стеклянной

пластинки ставят цилиндр, изготовленный из нержавеющей металла и имеющий полированную внутреннюю поверхность. Внутренняя поверхность цилиндра и пластинка должны быть протерты влажной тканью.

Для определения стандартной консистенции отвешивают 300...350 г гипсового вяжущего и отмеривают 45...55% воды от массы гипсового вяжущего. Воду вливают в чистую емкость и туда же в течение 2...5 с всыпают отвешенное количество вяжущего. Полученную массу перемешивают ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет от момента всыпания гипсового вяжущего в воду. После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре пластинки, в течение 15 с. заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Через 45 с, считая от момента затворения гипсового вяжущего водой, цилиндр быстро поднимают вверх на высоту 15-20 см. Таким образом, вследствие быстрого возрастания вязкости гипсового теста, время проведения эксперимента должно быть четко соблюдено.

Диаметр расплыва теста измеряют непосредственно после поднятия цилиндра в двух взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение. Диаметр расплыва теста стандартной консистенции должен быть равен 180 ± 5 мм. В случае отклонения от данного диаметра, испытание повторяют с измененным количеством добавляемой воды, добиваясь нужной консистенции.

3. Определение сроков схватывания гипсового вяжущего

Сроки схватывания гипсового вяжущего определяют с помощью прибора Вика с иглой на тесте стандартной консистенции. Для испытания берут 200 г гипсового вяжущего и воду в количестве, соответствующем тесту стандартной консистенции. Гипсовое вяжущее всыпают в воду, одновременно включая секундомер, и перемешивают в течение не более 1 мин до получения однородного теста.

Готовое тесто выливают в коническое кольцо-форму, установленное на пластинке. Для удаления воздуха кольцо с пластинкой 5...6 раз встряхивают, поднимая и опуская одну из сторон пластинки на 10...15 мм. Затем излишек теста срезают ножом, одновременно заглаживая его поверхность, после чего пластинку с кольцом устанавливают на прибор Вика.

Стержень прибора устанавливают так, чтобы игла касалась поверхности гипсового теста. Далее опускают зажимной винт и игла под действием силы тяжести погружается в гипсовое тесто. Погружения проводят каждые 30 секунд, начиная с целого числа минут (обычно 2 мин.) После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку с кольцом передвигают так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности гипсового теста.

Начало схватывания определяется временем, прошедшим с момента всыпания гипса в воду, до момента, когда свободно опущенная игла при

погружении в тесто впервые не дойдет до поверхности пластинки. Концом схватывания считается время от момента всыпания гипса в воду до момента, когда игла погрузится в тесто не более, чем на 1...2 мм. По полученным данным определяют, к какой группе относится гипс по срокам схватывания:

А- быстротвердеющий (начало схватывания- не ранее 2 мин, конец- не позднее 15 мин);

Б- нормальнотвердеющий (начало схватывания- не ранее 6 мин, конец- не позднее 30 мин);

В-медленнотвердеющий (начало схватывания- не ранее 20 мин, конец- не нормируется).

Контрольные вопросы:

1. Как определяется тонкость помола гипсового вяжущего?
2. Какие Вы знаете группы гипсового вяжущего по тонкости помола?
3. Что называют нормальной густотой гипсового вяжущего?
4. Как определяется нормальная густота гипсового вяжущего?
5. Почему при определении нормальной густоты гипсового теста строго регламентируются сроки перемешивания?
6. Почему сроки схватывания гипса определяют на тесте нормальной густоты?
7. Как изменится результат испытания сроков схватывания гипса, если уменьшить (увеличить) количество добавляемой воды?

Лабораторная работа № 6.

Определение основных свойств портландцемента.

Портландцемент - гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с добавкой гипса (3-5%), а также минеральными добавками (до 20%). Клинкер получают обжигом до спекания сырьевой смеси известняка и глины.

1. Определение тонкости помола цемента

Тонкость помола портландцемента оценивается по остатку при просеивании на сите №008 (размер отверстий сита 0,8 мм). Пробу цемента предварительно высушивают до постоянной массы при температуре 105-110 °С. Из сухой пробы выбирают навеску массой 50 г и переносят на сито №008. Затем закрывают сито крышкой, устанавливают его в прибор для механического просеивания, включают прибор в электрическую сеть и после этого просеивают в течение 5-7 минут. По окончании просеивания взвешивают на сите остаток Р (г) и вычисляют количество цемента, прошедшего через сито, Т (%) по формуле:

$$T = \frac{50 - P}{50} * 100$$

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты определения тонкости помола цемента

№ опыта	Навеска цемента, г	Остаток на сите № 008, г	Средний остаток на сите № 008, г	Прошло через сито № 008, г

Требования, предъявляемые к тонкости помола портландцемента: через сито №008 должно проходить не менее 85% просеиваемой пробы цемента.

2. Определение нормальной густоты цементного теста

Нормальной густотой цементного теста называют количество воды (выраженное в % от массы цемента), которое необходимо для затворения цемента в целях получения цементного теста стандартной консистенции.

Для определения нормальной густоты цементного теста применяют прибор Вика с кольцом, чашку и лопатку для приготовления цементного теста. В нижнюю часть стержня прибора Вика вставляют металлический цилиндр-пестик.

Нормальной густотой цементного теста считается такая его консистенция, при которой пестик прибора Вика не доходит 5-7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают в чашку, предварительно протертую влажной тканью, делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно) для получения теста нормальной густоты.

После заливки воды углубление засыпают цементом и через 30 секунд начинают осторожно перемешивать, далее энергично растирать тесто лопаткой. Продолжительность перемешивания и растирания цемента с водой должна быть 5 минут с момента затворения водой.

Сразу после окончания перемешивания кольцо наполняют в один прием цементным тестом и 5-6 раз встряхивают его, постукивая о стол. Затем поверхность теста выравнивают, срезая избыток теста вровень с краями кольца ножом, протертым влажной тканью. Немедленно после этого приводят пестик прибора в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень зажимным винтом, затем быстро освобождают стержень и предоставляют пестику возможность свободно погружаться в тесто. Через 30 секунд с момента освобождения стержня фиксируют глубину его погружения по шкале. Кольцо с тестом при погружении не должно подвергаться толчкам.

При несоответствующей консистенции цементного теста изменяют количество воды и вновь затворяют тесто, добиваясь погружения пестика на глубину, указанную выше (5-7 мм).

Результаты опытов заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты определения нормальной густоты цементного теста

№ опыта	Навеска цемента, г	Количество воды, мл	Отчет по шкале прибора, мм г	Водопотребность цемента, %

3. Определение сроков схватывания цементного теста

Для определения сроков схватывания цементного теста применяют прибор Вика с кольцом, чашку и лопатку для приготовления цементного

теста. В нижней части подвижного стержня устанавливают стальную иглу сечением 1 мм и длиной 50 мм.

Для определения сроков схватывания готовят цементное тесто нормальной густоты по методике, указанной выше. Затем тесто стандартной консистенции помещают в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной пластинке и слегка встряхивают пять-шесть раз для удаления воздуха. Избыток теста снимают ножом и поверхность выравнивают. Кольцо устанавливают на столик прибора, опускают иглу до соприкосновения с поверхностью теста и закрепляют винтом стержень. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в цементное тесто. Далее иглу погружают каждые 5 минут до начала схватывания (до момента, когда игла впервые не доходит до стеклянной пластинки), затем каждые 10 минут после начала схватывания, передвигая кольцо каждый раз для того, чтобы игла не попадала в одно и то же место. После каждого погружения иглу следует вытирать. За конец схватывания принимают время от момента затворения водой до того момента, когда игла будет опускаться в тесто на глубину не более, чем 1 мм.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты определения сроков схватывания цементного теста

№ опы та	Навеск а цемент а, г	Количе ство воды, мл	Время от начала затворени я водой, мин	Отсчет по шкале прибора, мм	Начало схватывани я цементного теста, мин	Конец схватыван ия цементног о теста, мин

Контрольные вопросы:

1. Что называют портландцементом, и какие компоненты входят в его состав?
2. По каким основным показателям оценивают качество портландцемента?
3. С какой целью определяется нормальная густота цементного теста?
4. Как определяется нормальная густота цементного теста?

5. Как определяются сроки схватывания цементного теста?
6. Как определяется тонкость помола цемента?

Лабораторная работа № 7.

Определение и изучение основных свойств тяжелого бетона: средней плотности, прочности.

Бетонами называют искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из вяжущего вещества, мелкого и крупного заполнителя, воды и различных добавок, взятых в определенных пропорциях.

В строительстве наиболее широко используют тяжелые бетоны с плотностью 2100-2500 кг/м³ на плотных заполнителях из горных пород (гранит, известняк и пр.). В качестве вяжущего используются преимущественно портландцемент и различные его разновидности. Цемент и вода являются активными составляющими бетона; в результате реакции между ними образуется цементный камень, скрепляющий зерна заполнителей в единый монолит.

1. Определение средней плотности бетона

Средней плотностью бетона называется масса единицы объема вещества.

Одним из способов определения средней плотности является прямой метод. Образец правильной геометрической формы (куб) взвешивается на лабораторных весах. Затем замеряется размер грани образца и вычисляется его объем (см³).

Средняя плотность бетонного образца вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

Где ρ - средняя плотность (г/см³), m-масса образца (г), V-объем образца (см³).

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Определение средней плотности бетона

Дата изготовления образцов	Маркировка серии образцов	Дата испытания	Масса образца, г	Размер грани образца, см ³	Средняя плотность, г/см ³

2. Определение прочности бетона

Одними из показателей качества тяжелого бетона являются класс и марка бетона по прочности при сжатии и изгибе. На производственных предприятиях преимущественно контролируют среднюю прочность бетона на сжатие или марку бетона по прочности на сжатие. Соотношение между классами бетона по прочности на сжатие, средней прочностью на сжатие и марками по прочности на сжатие приведены в таблице 2.

Таблица 2

Классы, марки и средняя прочность на сжатие

Класс бетона по прочности на сжатие	Средняя прочность бетона данного класса, МПа	Ближайшая марка бетона по прочности на сжатие
В 3,5	4,6	М 50
В 5	6,5	М 75
В 7,5	9,8	М 100
В 10	13,1	М 150
В 12,5	16,4	М 150
В 15	19,6	М 200
В 20	26,2	М 250
В 22,5	29,4	М 300
В 25	37,7	М 350
В30	39,3	М 400
В 35	45,8	М 450
В 40	52,4	М 500
В 45	58,9	М 600
В 50	65,5	М 700
В 55	72,0	М 700
В 60	78,6	М 800

Предел прочности на сжатие обычно определяют на образцах кубической формы с размерами грани 70, 100, 150, 200, 300 мм. Образцы обычно испытывают сериями по два, три, четыре образца.

Испытуемый образец устанавливают на нижнюю плиту гидравлического пресса так, чтобы направление разрушающей силы было параллельно слоям бетонной смеси при ее уплотнении. Нарастание нагрузки, действующей на образец, должно быть равномерным. Скорость нарастания нагрузки должна составлять $0,6 \pm 0,4$ МПа в секунду.

Предел прочности бетона в МПа (кгс/см^2) вычисляют по формуле:

$$R = \alpha * \frac{P}{F},$$

где Р - разрушающая сила, Н (кгс); F-площадь поперечного сечения образца, мм^2 (см^2); α - масштабный коэффициент.

Значения масштабных коэффициентов выбирают из таблицы 3 в зависимости от размеров грани испытываемых образцов.

Таблица 3

Значения масштабных коэффициентов для приведения прочности тяжелого бетона к прочности бетона в образцах базового размера

Длина ребра куба, мм	Значение коэффициента α
70	0,85
100	0,95
150	1,00
200	1,05
300	1,10

После вычисления предела прочности отдельных образцов рассчитывают среднее арифметическое значение предела прочности в данной серии образцов: из двух образцов-по двум результатам, из трех образцов - по двум наибольшим результатам, из четырех- по трем наибольшим результатам.

Результаты испытаний заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты определения прочности бетона на сжатие

Дата изготовления	Маркировка серии	Дата испытани	Разрушающа я нагрузка,	Прочность бетона, приведенна	Средняя прочност ь серии

я образцов	образцов	я	кН (кгс)	я к базовому размеру образца, МПа	образцов, МПа

После расчета средней прочности серии образцов на сжатие определяют марку бетона в соответствии с таблицей 2.

Контрольные вопросы:

1. Что называют бетоном?
2. Какие основные компоненты входят в состав бетона?
3. Что называют средней плотностью бетона и как она рассчитывается?
4. Как рассчитывают прочность отдельных образцов и среднюю прочность бетона на сжатие?
5. Что называют маркой и классом бетона по прочности на сжатие?
6. Какие Вы знаете марки и классы бетона?

Лабораторная работа № 8

Кровельные и гидроизоляционные материалы на основе битумных и дегтевых вяжущих веществ

1. Общие сведения

Основной задачей, решаемой с помощью как кровельных, так и гидроизоляционных материалов, является создание *водонепроницаемого покрытия*, защищающего изолируемую конструкцию или здание в целом от воздействия влаги. Однако условия эксплуатации кровельных материалов отличаются от условий, в которых работают гидроизоляционные материалы.

Кровельные материалы подвергаются периодическому увлажнению и высушиванию, воздействию прямого солнечного излучения (особенно опасно действие УФ лучей), нагреву, замораживанию, снеговым и ветровым нагрузкам.

Для длительной работы в таких условиях кровельные материалы должны быть атмосферостойкими, светостойкими, водо- и морозостойкими и достаточно прочными. В тех же случаях, когда крыша является видимым элементом сооружения (мансардные, двухскатные, и т.п. кровли), материал должен отвечать определенным 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 гнилостных процессов.

Основными требованиями, предъявляемыми к гидроизоляционным материалам, являются полная водонепроницаемость, долговечность, базирующаяся на гнилостойкости и коррозионной стойкости, прочность на разрыв, а также технологичность и экономичность.

Технологичность и экономичность - общее требование ко всем кровельным и гидроизоляционным материалам.

Для изготовления кровельных и гидроизоляционных материалов и изделий используются разнообразные материалы: металлы, керамика, асбестоцемент, битумы, полимеры и др.

Ниже рассмотрены кровельные и гидроизоляционные материалы, содержащие битумные и дегтевые вяжущие вещества.

2. Виды кровельных и гидроизоляционных материалов

Кровельные и гидроизоляционные битумо- и дегтесодержащие 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.

Выбор того или иного типа материала зависит от многих факторов: конструктивных (угол наклона крыши, материал основания и др.), технологических (простота устройства покрытия); архитектурно-декоративных (цвет и фактура поверхности кровли); экономических (стоимость и долговечность).

1.1 Рулонные материалы

Рулонные материалы применяются для устройства мягких кровель с уклоном от 0 до 15%.

Рулонные кровельные материалы классифицируют по следующим признакам:

- *по структуре полотна*: основные и безосновные;
- *по виду основы*: на картонной, асбестовой, стекловолоконистой, на основе из полимерных волокон, на комбинированной основе;
- *по виду вяжущего*: битумные, битумно-полимерные, полимерные, дегтевые;
- *по виду защитного слоя*: с посыпкой (крупнозернистой, чешуйчатой, мелкозернистой, пылевидной), с фольгой, с пленкой.

1.1.1 Битумные и дегтевые материалы на картонной основе

Первые рулонные материалы появились еще в XIX в.: *толь, пергамин и рубероид*. Основой этих материалов является кровельный картон, пропитанный и покрытый черными органическими вяжущими (битумом, дегтем).

Кровельный картон получают из вторичного текстиля, макулатуры и древесного сырья. Картон имеет рыхлую структуру и хорошо впитывает влагу и другие жидкости (в частности, расплавленный битум). При увлажнении, под действием солнечного излучения и в результате гниения картон теряет свои свойства. Пропитка битумом замедляет эти процессы.

Марка картона определяется его поверхностной плотностью (массой 1 м² картона в г) и находится в пределах от 300 до 500 г/м².

Рубероид получают пропиткой кровельного картона мягким нефтяным битумом с последующим покрытием материала с обеих сторон тугоплавким битумом. Для повышения атмосферостойкости лицевая сторона *рубероида* покрывается “бронирующей” крупнозернистой, чешуйчатой или мелкозернистой посыпкой (песком, слюдой, сланцевой мелочью и т.п.); для предотвращения слипания поверхностей полотна на нижнюю сторону наносят мелкую пылевидную посыпку (порошок из известняка или талька).

Пергамин - беспокровный рулонный материал, получаемый пропиткой кровельного картона легкоплавким нефтяным битумом марки БНК 45/180. Применяют *пергамин* для нижних слоев кровельного ковра и для устройства пароизоляции строительных конструкций. Марки *пергамина* П-300; П-350 (П - пергамин; 300; 350 - марка картона).

Толь кровельный и гидроизоляционный получают путем пропитки кровельного картона каменноугольными дегтями с последующим нанесением минеральной посыпки на лицевую и нижнюю поверхности.

В зависимости от назначения, массы 1 м² картона и вида посыпки *толь* подразделяется на марки: ТКП-350, ТКП-400 – *толь* с песчаной посыпкой; ТКК-350, ТКК-400 – *толь* с крупнозернистой посыпкой; ТГ-300, ТГ-350 – *толь* гидроизоляционный с мелкозернистой или пылевидной минеральной посыпкой.

Толь применяется для гидро- и пароизоляции строительных конструкций и нижних слоев кровельного ковра.

Серьезным недостатком кровель из пергамина, рубероида и толя является их недолговечность. Обусловлено это, с одной стороны, невысокой теплостойкостью, прочностью и биостойкостью картонной основы. С другой стороны, - быстрым «старением» битума и дегтя под воздействием солнечной радиации: из-за испарения масел и окисления битума и дегтя эти вяжущие становятся хрупкими, интенсивно идут процессы растрескивания по поверхности полотна. Через образовавшиеся трещины вода беспрепятственно проникает до картонной основы, которая разлагается под воздействием влаги и в результате через 3÷5 лет материал разрушается.

Другим недостатком рулонных материалов на картонной основе является высокое водопоглощение и невозможность получения абсолютно герметичного стыка полотнищ; поэтому такие кровли делаются многослойными (4÷5 слоев). Реальный срок безремонтной эксплуатации битумных кровель не превышает, как правило, двух-трех лет. Постановлением правительства Москвы с 1995 года эти материалы запрещены для капитального ремонта и устройства новых кровель.

В связи с этим актуальной задачей стало улучшение качества рулонных кровель. Усовершенствование рулонных кровельных материалов осуществляется в следующих направлениях:

- замена картона на более прочную и долговечную основу;
- модификация битумного вяжущего;
- применение новых видов «бронирующих» посыпок.

Существенно облегчить и ускорить устройство кровельного ковра и создать возможность работы при относительно низких температурах позволил выпуск ***наплавляемых рулонных материалов***. Такие материалы, в отличие от ненаплавляемых, имеют дополнительный слой из приклеивающей

битумной мастики. Полотна приклеиваются к подготовленному основанию путем оплавления мастичного слоя газовой горелкой.

2.1.2. Битумные материалы на негниющих основах

Повышение долговечности рулонных материалов возможно путем замены непрочного и не стойкого к гниению кровельного картона на более прочные водо- и гнилостойкие основы из полимерных волокон (полиэфир), стекловолокна (стеклохолст, стеклоткань) и алюминиевой фольги. В настоящее время промышленность выпускает целый ряд **битумных рулонных материалов на негниющей основе: гидростеклоизол, линокром, фольгоизол** и др. Срок службы битумных покрытий на негниющих основах составляет 10÷15 лет.

Гидростеклоизол – гидроизоляционный наплаваемый битумный материал на стекловолоконистой (стеклоткань – Т; стеклохолст – Х) основе, предназначенный для гидроизоляции железобетонных обделок тоннелей, пролетных строений мостов, путепроводов и подземных переходов, фундаментов и подвалов в гражданском и промышленном строительстве, а также для нижнего слоя кровельного ковра. Тип покрытия – полиэтиленовая пленка (П) или суспензия (С).

Линокром - битумный рулонный наплаваемый материал на гнилостойкой основе (стеклохолст, стеклоткань, полиэфир). Материал с крупнозернистой минеральной посыпкой предназначен для верхнего слоя кровельного ковра; с пылевидной посыпкой – для нижних слоев и гидроизоляции. Марки устанавливаются в зависимости от типа основы. **Линокром СХ** – основа стеклохолст, **линокром СТ** – основа стеклоткань.

Фольгоизол- рулонный материал на основе алюминиевой фольги (толщиной 0,08÷0,2 мм), покрытой с нижней стороны слоем резино-битумного вяжущего, состоящего из битума, резины и минерального наполнителя. **Фольгоизол** выпускают двух марок: кровельный - **ФК** и гидроизоляционный – **ФГ**. Кровельный применяется для устройства верхнего слоя рулонного ковра с различными уклонами и конфигурацией кровель; гидроизоляционный – для устройства защитного гидроизоляционного слоя теплоизоляции трубопроводов, герметизации стыков на кровельном покрытии. Срок службы – 20 лет.

2.1.3. Битумно-полимерные материалы на негниющих основах

Серьезный недостаток материалов на битумном вяжущем - узкий интервал рабочих температур: битум становится хрупким при охлаждении до +5÷0°C и начинает течь при 80÷90°C. Расширить интервал рабочих температур, придав битуму эластичность на морозе и подняв температуру текучести, а также повысить устойчивость к ультрафиолетовому излучению удалось путем модификации битума полимерами. Для этого используют синтетические каучуки, в частности, стирол-бутадиен-стирольный каучук

(СБС), и термопласты, в основном, атактический полипропилен (АПП). Материалы этой группы являются наплавляемыми и укладываются в 2 слоя.

Срок службы битумно-полимерной изоляции составляет 25÷30 лет.

Ниже представлены некоторые примеры рулонных битумно-полимерных материалов на негниющей основе.

Филизол – битумно-полимерный кровельный и гидроизоляционный материал на стекловолоконистой или полиэфирной основе. В зависимости от типа покрытия поверхности существуют следующие марки: *филизол В* – поверхность покрыта крупнозернистой посыпкой – применяется для устройства верхнего слоя кровельного ковра, *филизол Н* – поверхность покрыта пылевидной посыпкой или полиэтиленовой пленкой – применяется для нижнего слоя кровельного ковра.

Изопласт – битумно-полимерный кровельный и гидроизоляционный материал. Основа – нетканое полотно из полиэфирных волокон. У марок, предназначенных для верхнего слоя кровельного ковра – *изопласт К* – лицевая сторона защищена крупнозернистой посыпкой, а у марок, рекомендуемых для нижнего слоя кровельного ковра, – *изопласт П* (*П* – подкладочный) – лицевая сторона защищена мелкозернистой посыпкой или полиэтиленовой пленкой; нижняя сторона того и другого материала покрыта полиэтиленовой пленкой. *Изопласт П* рекомендуется также для устройства гидроизоляции фундаментов, подземных сооружений, бассейнов, мостов и т.п.

2.1.4. Безосновные битумно-полимерные материалы

Изол – безосновный, биостойкий, гидроизоляционный и кровельный материал, получаемый из резино-битумного вяжущего, пластификатора, наполнителя, антисептика и полимерных добавок. Нижняя поверхность полотна (внутренняя в рулоне) покрыта пылевидной посыпкой. Выпускают *изол* двух марок: *И-БД* (без полимерных добавок) и *И-ПД* (с полимерными добавками). Предназначен для устройства плоских кровель, для гидроизоляции подвалов и фундаментов зданий, туннелей, мостов и бассейнов, пароизоляции покрытий, для защиты наружной поверхности стальных труб тепловых сетей от коррозии.

2.2. Штучные материалы

Рулонные материалы в основном применяются для крыш с малым уклоном. Зрительно они образуют монотонную темно-серую лишенную декоративности поверхность. Для плоских “невидимых” для людских глаз крыш это не имеет значения. В современном строительстве входят в моду крыши с большим уклоном (15÷60°). Такие крыши уже являются важным архитектурным элементом здания, и в этом случае необходимы кровельные материалы, придающие кровле цвет и фактуру. Традиционно такими материалами были черепица, асбестоцементные листы, натуральный шифер (плитки из глинистого сланца) и т.п. Ниже рассмотрены мягкая черепица и

гофрированные листы типа «ондулин», обязательным компонентом которых является битум.

Мягкая (гибкая) черепица - штучный материал, получаемый на основе традиционных рулонных материалов вырубкой из полотна фигурных полос, которые при укладке напоминают кровлю из ленточной черепицы, натурального шифера или дранки. Минимальный угол наклона кровли 10°.

Основой плиток служит стеклохолст, покрытый с двух сторон окисленным битумом. В качестве «бронирующей» посыпки используют минеральные гранулы, покрытые керамической краской. Нижняя поверхность плитки покрыта слоем битумно-полимерного вяжущего и защищена тонкой полимерной пленкой, удаляемой в момент монтажа. Прогнозируемая долговечность мягкой черепицы – не менее 30 лет.

Один из наиболее популярных видов гибкой черепицы производит финская фирма «Kattopal». Этот материал представляет собой листы размером 1000x317 мм, имитирующие 4 штуки простейшей ленточной черепицы различной формы.

Гофрированные кровельные листы (типа «Ондулин») - штучный материал для кровель в виде гибких волнистых листов размером 200x100 см и толщиной 3 мм (вес листа около 6 кг). Листы представляют собой гофрированный картон, пропитанный битумно-полимерным вяжущим и окрашенный с лицевой стороны атмосферостойкой краской на винил-акриловом связующем. Окраска создает декоративный эффект и защищает картон и битум от действия солнечного излучения. Гофрированный кровельный лист обеспечивает хорошую звукоизоляцию, он характеризуется высокой химической и биостойкостью. Долговечность материала более 30 лет.

2.3. Мастичные материалы

Мастиками называют материалы, получаемые смешиванием органических вяжущих веществ с тонкодисперсными наполнителями и добавками, обладающими клеящей способностью.

Мастики применяют для устройства и ремонта мягких кровель, приклеивания отделочных, теплоизоляционных материалов; для защиты наземных и подземных сооружений и конструкций фундаментов, стен и полов подвалов, открытых помещений, бассейнов, очистных сооружений; для антикоррозионной защиты металлоконструкций.

В отличие от рулонных материалов мастики после нанесения и отвердевания образуют гидроизоляционную пленку, практически не имеющую стыков. Мастики позволяют формировать ковер на поверхностях, имеющих сложную конфигурацию с большим количеством архитектурных деталей. Применение мастик позволяет в 2÷4 раза снизить стоимость гидроизоляции.

Мастики классифицируют по следующим основным признакам:

- *по назначению*: кровельные (предназначенные для устройства мастичных и ремонта всех типов кровель; приклеивающие (для приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов и для устройства защитных слоев кровель); гидроизоляционные и пароизоляционные (для устройства мастичных слоев гидро- и пароизоляции);
- *по виду основных исходных компонентов*: битумные, битумно-эмульсионные, битумно-резиновые, битумно-полимерные, полимерные;
- *по способу применения*: горячие (с предварительным подогревом перед применением); холодные (не требующие подогрева, содержащие растворитель и эмульсионные).

2.3.1. Горячие мастики

Горячие мастики используют с предварительным подогревом до $160\div 180^{\circ}\text{C}$. В состав горячих мастик входят: битумосодержащие вяжущие и наполнители. Наполнителями служат измельченные волокна асбеста, минеральной ваты, тонкомолотые известняки, мел, доломит, тальк, золы. Мастики предназначены для устройства бесшовного кровельного покрытия, приклеивания рулонных материалов, для гидроизоляции строительных конструкций.

2.3.2. Холодные мастики

Холодные мастики применяют при повышенных требованиях к технической безопасности, невозможности применения открытого огня.

Холодные мастики представляют собой смеси органических вяжущих с наполнителями, разжижителями и добавками (пластификаторами). В качестве разбавителей (разжижителей) для получения холодных мастик применяют различные органические вещества: бензин, лигроин, керосин (летучие растворители), соляровое масло, мазут, нефть (нелетучие). Нанесение холодных битумных мастик допускается производить при отсутствии атмосферных осадков и температуре окружающего воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

По виду вяжущего холодные кровельные битумосодержащие мастики подразделяются на битумные и битумно-полимерные.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются условия эксплуатации кровельных от гидроизоляционных рулонных материалов?
2. Как определить стойкость кровельных рулонных материалов к низким температурам?
3. Каковы недостатки рулонных битумных и дегтевых материалов на картонной основе?
4. Почему рубероид запрещен для использования в качестве кровельного материала при новом строительстве в г. Москве?

5. В чем преимущества рулонных битумно-полимерных материалов на основе стеклоткани?
6. Какие безрулонные битумно-полимерные материалы вы знаете?
7. Где применяются битумные мастики?
8. Чем отличаются горячие битумные мастики от холодных?
9. Что такое гибкая черепица?
10. Как повысить эксплуатационные свойства битумных и дегтевых вяжущих и материалов на этих вяжущих?

Лабораторная работа № 9

Строительные материалы из пластмасс

1. Основные понятия

Пластмассы - многокомпонентные системы, в которых наряду с полимерами входят наполнители, пластификаторы, отвердители, стабилизаторы, красители и другие добавки.

В основы классификации полимеров положено их отношение к нагреванию. По этому признаку они делятся на термопластические и термореактивные.

Термопластичные полимеры характеризуются способностью многократно размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении. Это свойство обусловлено линейным строением молекул. К термопластичным полимерам относится полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат и др.

Термореактивные полимеры при нагревании размягчаются, а за тем необратимо отвердевают. Они не растворяются ни в каких растворителях, хотя в некоторых из них могут набухать. К термореактивным относятся фенолформальдегидный, эпоксидные, полиэфирные и фурановые полимеры.

2. Некоторые виды полимерных материалов

По назначению различают следующие полимерные строительные материалы: для покрытия полов, санитарно-технические, догонажные, отделочные, конструкционные, гидроизоляционные и антикоррозионные, тепло- и звукоизоляционные.

2.1 Материалы для покрытия полов

Большая часть полимерных строительных материалов – материалы для покрытия полов, к которым относятся рулонные материалы, плитки и составы для устройства наливных бесшовных покрытий полов.

Поливинилхлоридный линолеум. Более 75% общего количества полимерных покрытий полов выполняются из поливинилхлоридного (пвх) линолеума.

Основными сырьевыми компонентами пвх линолеума являются термопластичный поливинилхлоридный полимер, порошкообразные наполнители (мел, тальк, каолин и др.) и пластификатор (обычная диоктилфталат). Получают пвх линолеум различными способами: вальцево-каландровым, экструзионным и промазным.

Как правило, пвх линолеум многослойный материал. Верхний лицевой слой содержит большее количество полимера и меньшее – наполнителя, благодаря чему пвх линолеум обладает повышенной износостойкостью и эластичностью. Часто этот слой имеет декоративный рисунок, создаваемый

методом печати на внутренней стороне или дублированием декоративной пленкой. Нижний несущий слой содержит большее количество наполнителей (с целью повышения твердости и снижения стоимости). Слои могут формироваться последовательно в процессе производства линолеума или получаться отдельно, а затем дублироваться на горячих валках.

В связи с особенностями технологий или для придания повышенных тепло- и звукоизоляционных свойств ПВХ линолеум выпускают на тканевой подоснове и тепло- звукоизоляционный.

Бесподосновный многослойный линолеум получают в виде рулонов длиной 12 м, шириной до 1,6 м и толщиной 2...2,5 мм. Он может быть одноцветным и с рисунком. Настилают на основание, которое обеспечивает тепло- и звукоизоляции.

Линолеум на тканевой основе получают главным образом промазным способом: сырьевая смесь (ПВХ, наполнитель, пластификатор) наносится на тканевую (джутовая и т.п.) подоснову и затем с помощью термообработки (желирования) превращается в плотную массу.

Линолеум на тепло - звукоизоляционной подоснове получают дублированием ПВХ линолеума с войлочным материалом или вспененной ПВХ пленкой толщиной 2-4 мм. Этот вид линолеума благодаря низкой звуко- и теплопроводности можно настилать непосредственно на выровненное цементно-песчаной стяжкой бетонное основание.

Часто линолеум раскраивают и сваривают в ковры размером в комнату, что сводит к минимуму работы по устройству покрытия пола.

Поливинилхлоридные плитки для полов получают вальцево-каландровым (однослойные) и экструзионным (двухслойные) способом и сырьевых масс, используемых в производстве соответствующих видов линолеума. Плитки имеют истираемость не более 0,01...0,02 г/м², водопоглощение – не более 0,2 %, твердость по прибору ПВ-2 – не более 0,2 мм.

По сравнению с рулонными материалами плиточные покрытия более надежно крепятся к основанию, более ремонтпригодны, однако более трудоёмки.

2.2 Санитарно-технические изделия и трубы

Вентиляционные решетки. Сырье – ударопрочный полистирол изготавливается методом прессования. Отличается высокой коррозионной стойкостью, средняя плотность $P_m = 1,2 \text{ г/см}^3$, высокая декоративность. Использование пластмасс для санитарно-технической арматуры даёт экономию цветных и черных металлов.

Трубы из пластмасс обладают рядом преимуществ перед металлическими: 3...6 раз легче стальных, коррозионностойки, морозостойки, большая пропускная способность, более технологичны. Недостаток – низкая теплостойкость. Применяют для водоснабжения и канализации, сброса промышленных стоков.

Полиэтиленовые трубы. Сырьё – гранулированной полиэтилен, способ изготовления – экструзия. Морозостойки (-60°C), обладают высокой эластичностью, могут быть напорными и безнапорными (давление менее 0,25 МПа) и напорными (давление 0,6-1,0 МПа), теплостойкость 140°C .

Стеклопластиковые трубы. Сырьё – термореактивные полимеры, стекловолокно. Методы получения: центробежный, намотки, протяжки. Предел прочности: прижатие 300 МПа, при изгибе 600 МПа, теплостойкость 150°C .

2.3. Погонажные изделия

Плинтус. Изготавливают из сырьевой смеси, содержащий суспензионный поливинилхлорид, пластификатор, наполнитель, стабилизатор. Получают методом экструзии. Обладает коррозионной стойкостью, износостойкостью, биостойкостью, эластичностью, диэлектрическими свойствами, декоративностью. Являются элементом отделки и скрытой проводки.

Поручни. Для изготовления применяется та же сырьевая смесь что для плинтусов. Получаются изделия методом экструзии, обладает высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью, эластичностью, декоративностью. Применяются в лестничных ограждениях.

Раскладки – правильные реки, с помощью которых закрываются швы между листами облицовочных материалов и торцы ДСП и т.п.

2.4. Отделочные материалы

Бумажно-слоистый пластик. Получают горячим прессованием специальной бумаги, пропитанной термореактивными олигомерами. Для внутренних слоев применяют крафт-бумагу, для внешних – декоративную бумагу. Внутренние слои пропитываются фенолформальдегидными полимерами, внешние – мочевиномеламиноформальдегидными полимерами. Бумажно-слоистый пластик выпускается в виде листов длиной 1000...3000 мм, шириной 600...1000мм, и толщиной 1,0...5,0 мм, $R_{расм} = 90$ МПа, $R_{изг} = 120$ МПа, водопоглощение менее 6% применяются для внутренней облицовки помещений.

Декоративный ПВХ панели «полидекор» изготавливается методом вакуум – формования жесткой ПВХ пленки, предварительно сдублированной с ПВХ отделочной пленкой. Размеры: длина – 92,180 см, ширина – 92 см. изменение линейных размеров не более 0.3...0.5 % ;разрывное усиление не менее 0,08...0.1 кН , теплостойкость не менее 60°C . Применяются для внутренней отделки стен.

Декоративные ПВХ пленки бесосновные. Наибольшее распространение получили бесосновные самоклеющиеся поливинилхлоридные пленки. Для получения пленок применяют сырьевую смесь, состоящую из поливинилхлорида, пластификатора, стабилизатора,

пигмента. Пленки получают вальцево-каландровым способом. На нее наносят слой невысыхающего клея. Пленки обладают высокой прочностью, гигиеничны, долговечны, декоративны.

Пленка ПВХ на бумажной основе «изоплен» . изготавливается промазным способом из поливинилхлорида, пластификаторов, наполнителей, пигментов. Применяются для внутренней отделки стен. Размеры: длина 10,5...25 м, ширина 0,47м. разрывное усиление не менее 0,005 кН. Должна быть устойчива к действию моющих средств.

2.5. Конструкционные материалы

Плоский стеклопластик. Сырьё – стекловолокно и полиэфирные смолы. Получают методом непрерывного формирования. Предел прочности при растяжении 60...90 МПа. Модуль упругости $5 \cdot 10^4 \dots 7 \cdot 10^4$ МПа. Светопрозрачен, атмосферостоек. Применяется для кровель и ограждающих элементов.

Волокнистый стеклопластик. Сырьё – стекловолокно и полиэфирные смолы. Получают методом непрерывного формирования. Свойства и области применения аналогичны имеющимся и плоского стеклопластика.

Стеклопластик с ориентированными волокнами (типа СВМ) . сырьем явл. Однонаправленное стекловолокно и терморезактивные полимеры (фенолформальдегидный, эпоксидные, полиэфирные). Волокна со связывающим первоначально формируют в стеклошпоны, которые прессуют в изделия при повышенной температуре. Параметры: $P_M = 1900 \dots 2000$ кг/м³, водопоглощение – 0%, водостойк, $R_{раст} = 450$ МПа, $R_{сж} = 400$ МПа, $R_{изг} = 700$ МПа. Применяются для конструкций, работающих в агрессивных средах.

Стеклотекстолит. Сырьём являются стеклоткани и терморезактивные полимеры. Метод получения – прессование при высоком давлении и температуре. $R_{раст} = 140 \dots 415$ МПа, $R_{сж} = 350 \dots 420$ МПа. Применяются для изготовления трехслойных панелей и оболочек.

Полимербетон. Сырьевые компоненты – терморезактивные полимеры и минеральные составляющие: тонкомолотый наполнитель, мелкий заполнитель, крупный заполнитель. Приготовление полимербетона: дозирование, перемешивание, формирование, тепловая обработка. Прочностные показатели: $R_{сж} = 90 \dots 100$ МПа, $R_{изг} = 40 \dots 50$ МПа, водостойк и стойк к различным агрессивным средам. Применяются для изготовления химически стойких конструкций.

Древесностружечные плиты. (ДСП) – конструкционно-отделочный и реже теплоизоляционно-конструкционный материал, получают горячим прессованием древесной стружки, смешанной с 8...15 % карбомидной или фенолформальдегидной смолы. ДСП главным образом получают плоским прессованием. Такие плиты имеют размер : длина 180...350 см; ширина 120...175 см ;толщина 10...50 мм. Для верхнего и нижнего слоя ДСП используют специально приготовленную мелкую стружку, для средней части плит – отходы деревообработки (дробленку, опилки, стружку от

механической обработки древесины). Основным видом ДСП – конструктивно-отделочные плиты высокой плотности $P_m=660...800 \text{ кг/м}^3$; производят так же плиты средней плотности (конструкционно-теплоизоляционный $P_m=510...650 \text{ кг/м}^3$.) и малой плотности (изоляционные) $P_m=250...510 \text{ кг/м}^3$. Применяя большее давление и увеличивая содержание смолы, получают плиты особо высокой плотности $P_m=810...1000 \text{ кг/м}^3$. Общий недостаток ДСП – малая водостойкость и большие деформации набухания и усадки при увлажнении. Применяют ДСП для устройства и перегородок, встроенной и обычной мебели, настилки черного пола.

2.6. Теплоизоляционные материалы

Пенопласты – газонаполненные пластмассы – высокоэффективные теплоизоляционные материалы со средней плотностью $P_m=10...1000 \text{ кг/м}^3$ (пористость, соответственно, 99...90%). К ним относятся пенополистирол, пенополиэтилен, пенополиуретан и др.

2.7. Гидроизоляционные антикоррозионные и герметизирующие материалы

Ребристая полиэтиленовая пленка. Сырьевой материал – газонаполненный полиэтилен низкой плотности, высокого давления. Метод получения – экструзия. Толщина листов 2...3 мм, высота ребер 10 мм и расстояние между ребрами 10 мм. Обладает высокой водо- и газонепроницаемостью, водостойкостью; химически стойкий. Применяется для гидроизоляционной облицовки железобетонных конструкций.

Мастика ФАЭД – 8. Сырьевые компоненты эпоксидный полимер, №ФА, отвердитель, минеральный наполнитель. Обладает высокой адгезией к бетону и стали, водостойкость водо- и газонепроницаемостью и стойкостью в агрессивных средах. Применяется для защитных покрытий строительных конструкций.

Герметизирующие мастики – пастообразные материалы, обладающие хорошей адгезией к строительным материалам, водонепроницаемостью, водо- и атмосферостойкостью. Они применяются для герметизирующей заделки стыков железобетонных элементов, покрытий, кровель сложных конфигураций и т.п. В зависимости от сохранения свойств в мастике бывают твердеющие и нетвердеющие.

Нетвердеющие мастики – густовязкие массы сохраняющие пластичность во все время эксплуатации. Их получают на основе полиизобутилена, синтетических каучуков и их смесей, наполненных порошкообразным мелом, известняком и т.п. Марки таких мастик УМС – 50, «бутепрол», МБС – 50.

Твердеющие мастики – пастообразные массы, переходящие в эластичное состояние при нормальной температурой под действием отвердителей, вводимых перед употреблением, или под действием кислорода воздуха и паров воды. Двухкомпонентные мастики получают на основе

синтетических каучуков с добавлением вулканизаторов; к таким мастикам относятся мастики У – 30 м, ГС – 1, ЦПЛ – 2. Однокомпонентные мастики также изготавливают на основе тиоколового каучука(УТО – 40) и на основе кремнийорганических соединений.

Контрольные вопросы:

1. Что такое пластические массы? Назовите составляющие пластических масс.
2. Основные физико-механические свойства пластмасс.
3. По какому принципу производится классификация строительных материалов? Назовите группы полимерных строительных материалов.
4. Какие полимерные строительные материалы применяются для покрытия полов?
5. Назовите полимерные отделочные материалы.
6. Какими преимуществами обладают трубы из пластмасс по сравнению с металлическими?
7. Назовите виды конструкционных полимерных материалов и их свойства.
8. Какие полимерные материалы применяются для гидроизоляции, защиты от коррозии и герметизации?
9. Назовите полимерные теплоизоляционные материалы.

Лабораторная работа № 10

Теплоизоляционные материалы и изделия

(изучение по коллекции)

1. Общие положения

Теплоизоляционными называют материалы, имеющие теплопроводность не более $0,175 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ и среднюю плотность не более $500 \text{ кг}/\text{м}^3$. Они предназначены для снижения теплообмена с окружающей средой (теплопотерь) через ограждающие конструкции зданий и изоляцию технологического оборудования и теплопровода.

Низкая теплопроводность теплоизоляционных материалов обеспечивается их высокой пористостью (в некоторых случаях до 98%). Воздух, обычно заполняющий поры в материале, имеет теплопроводность в спокойном состоянии $0,023 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, что много меньше, чем у твердых тел и жидкостей. Для предотвращения движения воздуха (конвекции), значительно повышающего интенсивность теплообмена, поры в материале преимущественно должны быть мелкими и замкнутыми.

По виду исходного сырья теплоизоляционные материалы делят на неорганические и органические. К неорганическим относятся: минеральная вата, стеклянная вата, пеностекло, пенобетон. К органическим: ячеистые пластмассы, древесноволокнистые плиты, фибролит.

По внешнему виду и форме теплоизоляционные материалы бывают сыпучие, штучные. Сыпучие материалы представляют собой рыхлые порошкообразные, зернистые или волокнистые массы. Штучные материалы выпускают в виде плит, блоков, кирпичей, фасонных изделий (цилиндры, полуцилиндры и сегменты), гибких матов, полос и шнуров.

2. Основные виды теплоизоляционных материалов

Ниже приводятся краткие сведения о теплоизоляционных материалах, находящихся в коллекциях, выдаваемых ученику для изучения.

2.1. Неорганические теплоизоляционные материалы и изделия на их основе

Минеральная вата представляет собой рыхлый материал, состоящий из тончайших взаимно переплетающихся волокон, находящихся в стекловидном состоянии, и неволокнистых включений в виде капель застывшего материала. Для изготовления ваты используют магматические горные породы (габбро, базальт, диабаз), многокомпонентные смеси осадочных и вулканических пород, промышленные отходы, прежде всего щебень из доменного шлака, и другие сырьевые материалы.

Насыпная плотность ваты в стандартно-уплотнительном состоянии составляет $30...100 \text{ кг/м}^3$. теплопроводность в зависимости от температуры $0,04...0,116 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Товарная вата относится к негорючим материалам (НГ). Применяется для изготовления теплоизоляционных, звукоизоляционных и поглощающих изделий, а так же в качестве теплоизоляции в строительстве и промышленности для изготовления поверхностей с температурой до 700°С .

Стекловолоконная вата – разновидность минеральной ваты. Стекловолоконные волокна состоят из кварцевого песка, известняка, кальцинированной соды, борной кислоты, а также стеклобоя. Особенности стекловолоконной ваты является большая длина волокон, меньшее содержание неволоконистых включений, повышенная эластичность, гибкость и влагостойкость. Применяемая в строительстве стекловата имеет насыпную плотность $20...60 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность $0,035...0,09 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ и предельную температуру использования 500°С .

Прошивные маты – гибкие изделия, сохраняющие форму за счет механического переплетения волокон и дополнительного слоя прошивки слоя волокнистого материала стальной низкоуглеродной проволокой, стеклянными нитями и др.

Размеры матов (мм): длина $1000...6000$, ширина $500...1000$, толщина $50...120$ с интервалом 10. Плотность составляет $60...135 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность $0,042...0,064 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, сжимаемость $30...40\%$.

Маты предназначены для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, промышленного оборудования и трубопровод при температуре поверхности от минус 180 до плюс 700°С . Маты, изготовленные без использования органических компонентов, относятся к негорючим материалам (НГ) и их можно применять в огнестойких конструкциях.

Минераловатные плиты, цилиндры и полуцилиндры изготавливают формованием и тепловой обработкой минераловатного ковра с введенным в него связующим веществом. В качестве связующего обычно используют вещества органического происхождения (синтетические смолы, битумы и др.).

Размеры плит (мм): длина $1000 (1200)$, ширина $500 (600)$ и толщина от 50 до 120 с шагом 10. В зависимости от вида и содержания связующего и степени обжата ковра при формировании получают изделия различной жесткости. Средняя плотность плит $50...150 \text{ кг/м}^3$ (мягкие, полужесткие и жесткие), $175...300 \text{ кг/м}^3$ (повышенной жесткости и твердые). Теплопроводность $0,047...0,06 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Основная область применения плит – утепление ограждающих конструкций зданий (покрытий, стен и т.п.).

Цилиндры и полуцилиндры выпускают марок 100, 150, и 200 с размерами (мм): длина $500 (1000)$, внутренний диаметр $18...219$ и толщина $40...80$ с шагом 10. Их используют для тепловой изоляции трубопроводов при температуре изолируемой поверхности от минус от 180 до плюс 400°С .

Изделия из стекловолоконного волокна (маты, полосы, плиты, цилиндры и полуцилиндры) отличаются пониженной плотностью $10...75 \text{ кг/м}^3$, несколько

меньшей теплопроводностью 0,032...0,045 Вт/(м*°C), повышенной эластичностью и упругостью; изделия в процессе эксплуатации не дают усадки и не оседают при вертикальном расположении в конструкции.

Пеностекло – материал ячеистой структуры с равномерно распределенными пора́ми размером 0,1...5 мм. Пеностекло получают из тонко измельченной смеси стеклянного порошка с газообразователем (антацит, кокс и полукокс, карбонатные горные породы и др.).

Пеностекло выпускают в виде блоков размерами (мм): длина 200...600 с интервалом 50, ширина 200...450 с интервалом 50, толщина 60, 80, 100 и 120. Плотность 100...250 кг/м³, теплопроводность 0,046...0,086 Вт/(м*°C), водопоглощение не более 6%, прочность при сжатии 0,8...2,0 Мпа. Пеностекло – негорючий материал (НГ) с высокой влагостойкостью, устойчив к действию микроорганизмов, насекомых и грызунов. Применяется для теплоизоляции ограждающих строительных 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.

Изделия (камни, блоки) выпускают размерами (мм): длина от 500...1000, ширина 400, 500 и 600, толщина от 80 до 240 с шагом 20. Материал легко обрабатывается, негорючий (НГ), экологически чистый и долговечный. Марки по плотности 350 и 400. Теплопроводность 0,073...0,104 Вт/(м*°C). 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 °C.

Вспученный перлит (песок, щебень) получают обжигом при температуре до 1200 °C вулканических пород (перлит, обсидиана), содержащих до 7% кристаллизационной воды. Вспучивание предварительно размягченной породы 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 0,047...0,093 Вт/(м*°C). Перлит – коррозионно- и биологически стойкий, негорючий материал (НГ). Применяется в качестве теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемой поверхности от минус 200 до плюс 875 °C; при изготовлении теплоизоляционных и акустических материалов; в качестве заполнителя в теплоизоляционных и жаростойких растворах и бетонах.

2.2. Органические теплоизоляционные материалы и изделия на их основе

Ячеистые пластмассы – высокопористые материалы (пористость 90...98%) с преимущественно замкнутыми пора́ми. Ячеистая структура формируется в результате поризации полимерной композиции с

последующим отверждением. Наиболее широко в строительстве применяются теплоизоляционные изделия на основе полистирола, полиуретана, полиэтилена, феноло-формальдегидных и мочевино-формальдегидных полимеров. Газонаполненные пластмассы характеризуются высокой теплоизолирующей способностью в сочетании с низкой плотностью и, следовательно, уменьшенным расходом полимерного сырья при достаточной прочности. Недостаток пластмасс является ограниченная теплостойкость; большинство из них горючи и выделяют при горении токсичные вещества.

Пенополистирол беспрессовый (ПСБ) – плитный материал, получаемый вспениванием в формах. Пенополистирол состоит из спекшихся между собой гранул вспененного полистирола без добавки или с добавкой антипирена. Гранулы полистирола содержат преимущественно замкнутые микропоры, между ними имеются сообщающиеся пустоты разных размеров (пустотность 3...6%). Размеры плит (мм): длина 900...5000 с интервалом 50, ширина 500...1300 с интервалом 50, толщина 20...500 с интервалом 10. Марки по плотности 15, 25, 35 и 50. Теплопроводность в сухом состоянии 0,037...0,043 Вт/(м*°С). Плиты используют в качестве среднего слоя ограждающих конструкций, подложки под сайдинг и напольные покрытия, для дополнительного утепления наружных стен, теплоизоляции горизонтальных и наклонных крыш. Предельная температура применения 80 °С.

Пенополистирол экструзионный (ЭППС) в виде плит получают переработкой вспенивающейся полистирольной композиции в экструдере, на выходе из которого при тепловом воздействии поверхностный слой изделий оплавляется. Материал характеризуется замкнутой микрочаеистой структурой и, как следствие, низкими гигроскопичностью, паропроницаемостью и водопоглощением (менее 0,3 %). Сочетание этих свойств обуславливает высокую долговечность теплоизоляции из ЭППС, постоянство ее термического сопротивления при любых условиях эксплуатации. Прочность при сжатии ЭППС в 2...3 раза выше, чем у ППС той же плотности. Размеры плит (мм): длина 1250, 2500 и 4000, ширина 600, толщина варьируется от 30 до 120. Средняя плотность ЭППС 30...50 кг/м³, теплопроводность 0,028...0,035 Вт/(м⁰С). Материал умеренногорючий (Г 2). Наряду с традиционными областями применения плиты из ЭППС могут использоваться для утепления фундаментов, подвалов, подземных сооружений, кровель в инверсионном варианте, а также утепления оснований шоссе, железных дорог и аэродромов.

Пенополиэтилен (ППЭ) – гибкий, эластичный, упругий высокопористый материал, изготавливаемый экструзионным методом на основе 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 75⁰С. Плотность 40...60 кг/м³, теплопроводность 0,028...0,032 Вт/(м⁰С). Материал экологически чистый, не повреждается грызунами и насекомыми. Используется для теплоизоляции инженерных коммуникаций и оборудования, а также в строительных конструкциях, к которым предъявляются требования тепло- и пароизоляции.

Древесноволокнистые плиты (ДВП) – листовой материал, состоит из древесных или растительных волокон, получаемых из отходов деревообработки, неделовой древесины, а также костры, камыша, хлопчатника и др. Для повышения прочности, огнестойкости и долговечности при изготовлении плит вводят специальные добавки (водные эмульсии синтетических смол, антипирены, антисептики и др.). Волокнистое сырье измельчают с большим количеством воды и смешивают с добавками. Жидкотекучую массу на отливочной машине 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/(м⁰С), предел прочности при изгибе 0,4...2 МПа. ДВП обладают значительными гигроскопичностью и водопоглощением; при изменении влажности существенно деформируются. Древесноволокнистые плиты с антипиренами относятся к умеренно горючим материалам (Г 2); температура их применения не должна превышать 100⁰С. ДВП применяют для утепления стен, перегородок, перекрытий.

Фибролит - плитный материал волокнистой структуры, изготавливаемый из древесной шерсти и неорганического вяжущего (портландцемента или магнезиального вяжущего). Древесная шерсть представляет собой тонкие узкие ленты длиной от 20 до 50 см, которые предварительно 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 6000 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/(м⁰С). Фибролит - слабогорючий материал (Г 1) с температурой применения до 100⁰С. Магнезиальный фибролит имеет более высокую прочность по сравнению с цементным, но обладает меньшей водостойкостью и большей гигроскопичностью. Применяют в качестве

теплоизоляции перекрытий, перегородок и каркасных стен с последующим оштукатуриванием.

Целлюлозная вата (эковата) - волокнистый материал серого цвета, изготавливаемый из макулатуры. Эковата представляет собой тонкоизмельченную газетную бумагу (80% массы), обработанную модифицирующими борными добавками: антисептиками и антипиренами. Макулатура подвергается 2-х стадийному измельчению (грубому и тонкому); на втором этапе к волокнам примешивают добавки. Эковата - гигроскопический материал с малой воздухопроницаемостью. Свойства в стандартно-уплотненном состоянии: плотность 35...70 кг/м³, теплопроводность 0,042...0,05 Вт/(м⁰С). Соединения бора защищают эковату и соприкасающиеся с ней деревянные конструкции от гниения, поражения насекомыми и грызунами. Материал экологически чистый, не содержит летучих веществ опасных для здоровья человека. Вследствие повышенного содержания антипиренов эковата является умеренногорючим материалом (Г 2) и эффективно замедляет распространение пламени в конструкциях. Предельная температура применения 100⁰С.

По традиционной схеме эковата в сухом виде может использоваться в качестве теплоизоляционной засыпки для утепления перекрытий и каркасных стен. Более эффективным и производительным методом устройства теплоизоляции из эковаты является ее напыление компрессором на вертикальные, наклонные и горизонтальные потолочные поверхности совместно с клеевым составом. Это позволяет получить сплошной (без швов и стыков) теплоизоляционный слой, плотно прилегающий к изолируемой поверхности.

Торфяные плиты получают из слаборазложившегося торфа, содержащего не менее 80% мха-сфагнума («белый мох») из верхних слоев торфяников, сохранившего волокнистое строение. Изготавливают плиты из водной суспензии, содержащей 5...10% торфяных волокон и специальные добавки (антисептики, антипирены, гидрофобизаторы и др.). Размеры торфяных плит (мм) : длина 1000, ширина 500 и 1000, толщина 30. Плиты могут склеиваются в блоки, состоящие из двух, трех и более плит. В материале преобладают мелкие сообщающиеся поры (общая пористость 80...90%). Плотность в сухом состоянии торфяных плит 170...260 кг/м³, теплопроводность 0,052...0,075 Вт/(м⁰С). Материал склонен к гигроскопическому и капиллярному увлажнению. Торфяные плиты с добавкой антипирена относятся к группе умеренногорючих материалов (Г 2), предельная температура их эксплуатации 100⁰С. Применяются в качестве

тепловой изоляции ограждающих конструкций для помещений с сухим и нормальным влажностным режимом эксплуатации.

Контрольные вопросы.

1. Какие материалы относятся к теплоизоляционным?
2. Назовите неорганические теплоизоляционные материалы.
3. Какие органические теплоизоляционные материалы Вы знаете?
4. Каковы преимущества и недостатки органических материалов?
5. Назовите теплоизоляционные материалы с волокнистой структурой.
6. Какие материалы используют при теплоизоляции трубопроводов?
7. Что такое ячеистые пластмассы?
8. Какие теплоизоляционные материалы можно отнести к негорючим?
9. В чем заключается эффективность применения теплоизоляционных материалов?

Проведение практических занятий по изучению строительных материалов в специализированном классе на базе МГСУ для учащихся средних школ г. Москвы по инженерной специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Знание основных свойств строительных материалов дает возможность рационально использовать их, а также производить инженерно-технические расчеты в строительстве.

Так, например, по известным значениям истинной и средней плотности материала можно рассчитать его пористость, что позволяет составить достаточно полное представление о прочности, водопоглощении, теплопроводности и других свойствах материалов и на этом основании решать вопрос о их применении в тех или иных конструкциях и сооружениях.

Расчет прочности и устойчивости конструкции невозможен без данных о прочности применяемых материалов. Невозможен прогноз их долговечности без знания таких свойств материалов как отношение к влаге, смене температур, воздействию окружающей среды.

Раздел 1. Общие свойства строительных материалов

Задача 1

Определить водопоглощение (по массе и объему) образца-песчаника размером 15x15x15 см и средней плотностью 1900 кг/м^3 , если после 24 часов выдерживания в воде его масса составила 6,9 кг.

Задача 2

Масса сухого образца составляет 142г, после измельчения образца в порошок его объем составил 52 см^3 . Определить среднюю и насыпную плотности образца.

Задача 3

Какой объем пустот следует создать в бетоне с истинной плотностью $2,4 \text{ г/см}^3$, чтобы средняя плотность уменьшилась с 2200 до 600 кг/м^3 .

Задача 4

Водопоглощение бетона по массе и по объему равно соответственно 4,2% и 9,5%. Найти общую пористость бетона при его истинной плотности $2,72 \text{ г/см}^3$.

Задача 5

Масса образца камня в сухом состоянии 76г. После насыщения образца водой его масса увеличилась до 79г. Определить плотность и пористость камня, если водопоглощение по объему составляет 8,2%, а истинная плотность равна 2,68 г/см³.

Задача 6

Определить пористость образца камня, если известно, что его водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощения по массе, а истинная плотность равна 2,6 г/см³.

Задача 7

Определить плотность каменного образца неправильной формы, если на воздухе его масса равна 80г. Масса образца, покрытого парафином, равна 80,75 г. При взвешивании парафинированного образца в воде получили 39г.

Задача 8

Масса образца камня в сухом состоянии равна 60г. При насыщении водой масса стала 70г. Определить среднюю плотность, водопоглощение по массе и пористость камня, если водопоглощение по объему составляет 21%, а истинная плотность -2,4 г/см³.

Задача 9

Наружная стеновая панель из газобетона имеет размеры 3,1x2,9x0,30 м и массу 2,16т. Определить пористость газобетона, принимая его истинную плотность равной 2,81 г/см³.

Задача 10

Какой будет масса деревянной детали в воздушно-сухом ($W_c = 20\%$) и в насыщенном водой состоянии ($W_n = 120\%$), если при влажности 8% она весит 18 кг.

Задача 11

Рассчитать среднюю плотность в сухом и влажном состоянии керамзитобетонной наружной стеновой панели размером 3,6x2,9x0,4 м массой 4,5 т при влажности $W=13\%$.

Задача 12

Высушенная до постоянной массы керамическая черепица объемом 1,4 дм³ весит 2,4 кг. В насыщенном водой состоянии ее масса 2,67 кг. Истинная плотность черепицы 2,65 г/см³. Рассчитать влажность черепицы, ее открытую и закрытую пористости.

Задача 13

Образец материала- призма с размерами 5x6x3 см, истинная плотность 2,6 г/см³, относительная плотность 69%. Определить среднюю плотность и массу образца.

Задача 14

В мерный стеклянный цилиндр, содержащий 35 см^3 керосина, всыпали $30,5$ портландцемента. На какой отметке установится уровень керосина в цилиндре, если истинная плотность портландцемента $3,1 \text{ г/см}^3$.

Задача 15

Масса щебня после заполнения мерного цилиндра диаметром 185 мм и высотой $186,5 \text{ мм}$ оказалась равной $7,75 \text{ кг}$. Какова насыпная плотность щебня?

Задача 16

Масса сухого образца составляет 142 г , объем 70 см^3 . После измельчения образца в порошок его объем составил 52 см^3 . Определить среднюю и истинную плотность образца.

Задача 17

Определить пористость цементного камня, если содержание воды в нем составляет 28% , а количество химически связанной воды -18% от массы цемента. Истинная плотность цемента -3 г/см^3 (при решении этой задачи рекомендуется задаться массой цемента, например, 100 г).

Задача 18

Определить пористость затвердевшего строительного гипса при $V/\Gamma=0,7$, если химически связанная вода составляет $18,6\%$ от массы гипса, а истинная плотность гипса $-2,7 \text{ г/см}^3$ (при решении этой задачи рекомендуется задаться массой гипса, например, 1 кг).

Задача 19

Определить диаметр цилиндрического силоса для хранения 100 т цемента высотой 10 м . Насыпную плотность цемента принять 1300 кг/м^3 . Коэффициент заполнения силоса $0,9$.

Задача 20

Какое количество цилиндрических силосов должно входить в склад цемента вместимостью 1500 т , если высота одной силосной банки $h=10 \text{ м}$, диаметр $d=6 \text{ м}$, насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 , коэффициент заполнения $0,9$.

Задача 21

Плита из пенопласта на основе ПВХ имеет среднюю плотность 115 кг/м^3 , истинную плотность 1400 кг/м^3 . Водопоглощение по объему 11% . Определить общую пористость и коэффициент насыщения пор водой.

Раздел 2. Неорганические (минеральные) вяжущие вещества

Задача 1

Определить объём цементного теста нормальной густоты, полученный из 1 кг пуццоланового портландцемента. Истинная плотность цемента – $2,85 \text{ г/см}^3$, водопотребность – 30%.

Задача 2

Цемент при полной гидратации химически связывает 32% воды от массы цемента. Определить пористость цементного камня из теста с водоцементным отношением $В/Ц=0,35$, если степень гидратации цемента составила 40%. Истинная плотность цемента $3,1 \text{ г/см}^3$

Задача 3

Определить пористость цементного камня из пуццоланового портландцемента, если цементное тесто содержало 40% воды ($В/Ц = 0,40$). Количество химически связанной воды после затвердевания составило 12% от массы цемента. Истинная плотность цемента $2,85 \text{ г/см}^3$

Задача 4

Цемент при полной гидратации химически связывает 36% воды по отношению к массе цемента. Определить пористость цементного камня из теста с $В/Ц = 0,4$, если степень гидратации составит 30%. Истинная плотность цемента $3,1 \text{ г/см}^3$

Задача 5

Определить объём цементного теста нормальной густоты, полученный из 1 кг портландцемента. Истинная плотность цемента – $3,13 \text{ г/см}^3$; водопотребность 24%

Задача 6

При затворении гипса 50% воды начало схватывания теста составило 2 мин, а конец схватывания – 10 мин, а при затворении этого же гипса 65% воды – соответственно 6 и 18 мин. Показать (графически) зависимость сроков схватывания гипса от водогипсового отношения и, считая ее прямолинейной, определить сроки схватывания этого гипса при водогипсовом отношении 58%

Задача 7

Для затворения 5 кг строительного гипса взято 65% воды. Определить пористость полученной абсолютно сухой гипсовой отливки при условии, что весь гипс состоял из полугидрата, а плотность сырой отливки равна $2,1 \text{ кг/дм}^3$

Задача 8

Определить пористость цементного камня при водоцементном отношении 0,6, если химически связанная вода составляет 16% от массы цемента, истинная плотность которого $3,1 \text{ г/см}^3$

Задача 9

Определить выход ангидритового вяжущего из 1,5 т гипсового камня влажностью 5%, содержащего 85% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В состав примесей входят 8% глины и 7% органических включений.

Задача 10

Для определения содержания полуводного гипса в строительном гипсе навеску измельченного гипса массой 2,5г, предварительно высушенную до постоянной массы, затворили водой. Затвердевший материал высушили до постоянной массы, которая оказалась 2,84г. Каково процентное содержание в строительном гипсе $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$?

Задача 11

Какое количество цемента и воды было взято для получения 10кг цементного теста со средней плотностью 1550 кг/м^3 ? Истинная плотность портландцемента $3,1 \text{ г/см}^3$.

Задача 12

Определить выход полугидрата при получении строительного гипса из 1 т гипсового камня I-го сорта при содержании в породе 97% двухводного гипса.

Задача 13

Сколько требуется добавить активной кремнеземистой добавки с содержанием 71% SiO_2 к 5т портландцемента с 95% клинкера, содержащего 56% трехкальциевого силиката (C_3S), чтобы обеспечить полное связывание выделяемой при гидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Задача 14

На сколько килограммов больше возможный выход полугидрата при получении строительного гипса из 1 т гипсового камня 1-го сорта, чем 4-го сорта, при содержании в породе соответственно 97 и 72% двухводного гипса?

Задача 15

Какое количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ выделится при гидратации 1т портландцемента, содержащего 57% C_3S , если гидролиз алита прошел на 70%?

Задача 16

Химический состав цементного клинкера, %: CaO -65.5; SiO_2 -22.2; Al_2O_3 -6.4; Fe_2O_3 -3.1; MgO -1.5; SO_3 -0.4; Na_2O -0.9. Определить содержание в клинкере трехкальциевого силиката C_3S , двухкальциевого силиката C_2S , трехкальциевого алюмината C_3A , четырехкальциевого аллюмоферрита C_4AF , а также сульфата кальция CaSO_4 .

Задача 17

Определить процентный выход строительного гипса, если после нагрева природного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в печи ($t=400^\circ\text{C}$) предварительно высушенной навески $m=1.54$ г ее масса уменьшилась до 1,25г.

Раздел 3. Бетонные смеси и их свойства

Задача 1

Определить среднюю плотность бетонной смеси и минимальную необходимую емкость бетоносмесителя для изготовления на один замес 2 т бетонной смеси состава 1:2,2:3,9 (по массе) при $\text{В/Ц}=0,57$ и коэффициенте выхода $\beta=0,68$. Насыпная плотность использованных материалов: песка-1500 кг/м^3 , щебня-1600 кг/м^3 ; цемента-1300 кг/м^3 .

Задача 2

Определить расход материалов в состоянии естественной влажности на замес бетоносмесителя вместимостью 500л при применении песка влажностью 3% и щебня влажностью 1%. Насыпная плотность песка 1650 кг/м^3 , насыпная плотность щебня 1400 кг/м^3 , насыпная плотность цемента 1300 кг/м^3 . Номинальный состав бетона на 1 м^3 : Ц=270 кг, В=180л, П=710 кг, Щ=1210 кг.

Задача 3

Определить коэффициент выхода бетонной смеси β и среднюю плотность бетонной смеси, если для получения 100 м^3 бетонной смеси с $\text{В/Ц}=0,7$ израсходовано цемента $m_{\text{ц}}=32$ т, песка $V_{\text{п}}=45\text{м}^3$ и щебня $V_{\text{щ}}=78\text{м}^3$. Насыпные плотности: цемента-1300 кг/м^3 , песка-1500 кг/м^3 , щебня-1450 кг/м^3 .

Задача 4

Определить среднюю плотность бетона состава 1:2:4,5 (по массе) при $\text{В/Ц}=0,5$ после испарения избыточной влаги, если известны средняя плотность бетонной смеси -2380 кг/м^3 и содержание химически связанной воды -19% от массы цемента.

Задача 5

Номинальный состав тяжелого бетона 1:1,9:4,1 (по объему). $\text{В/Ц}=0,5$. Сколько необходимо материалов для приготовления 150 м^3 бетона при расходе на 1 м^3 бетонной смеси 355 кг цемента? Влажность песка-5%, влажность щебня-1,5%. Насыпная плотность цемента-1300 кг/м^3 , сухого песка-1600 кг/м^3 , сухого щебня-1500 кг/м^3 .

Задача 6

Определить среднюю плотность и необходимую емкость бетоносмесителя для изготовления на один замес 2т бетонной смеси состава 1:2,2:3,9 (по массе) при В/Ц=0,57 и коэффициенте выхода 0,68.

Задача 7

Определить расход цемента и молотого песка для изготовления 1 м³ пенобетона, если его средняя плотность в сухом состоянии равна 680 кг/м³, а количество химически связанной воды составляет 20% от массы цемента. Отношение массы цемента к массе песка 1:0,8.

Задача 8

Бетонный кубик с размером ребра 20 см разрушился на гидравлическом прессе при показании манометра 12,5 МПа. Определить прочность бетона при сжатии, если диаметр поршня пресса равен 24 см.

Задача 9

Предел прочности при сжатии бетона, имеющего среднюю плотность 2300 кг/м³, равен 19,5 МПа. Какую прочность будет иметь бетон из тех же материалов, имеющий плотность 1800 кг/м³, если установлено, что при повышении пористости бетона на каждые 10% прочность его снижается в среднем на 2,6 МПа. Истинную плотность бетона принять равной 2,7 г/см³

Задача 10

Для приготовления бетона с прочностью в 14 – суточном возрасте 16,8 МПа применяется портландцемент марки 400 и заполнители высокого качества. Рассчитать водоцементное отношение при изготовлении данного бетона.

Задача 11

Какой активности и марки должен быть портландцемент для получения бетона с прочностью в 7 – суточном возрасте 11,5 МПа на рядовых заполнителях при водоцементном отношении В/Ц = 0,62

Задача 12

Какой маркой по прочности будет обладать бетон, изготовленный на портландцементе с активностью 43,5 МПа и рядовых заполнителях при водоцементном отношении 0,55?

Задача 13

Сколько тонн щебня необходимо взять для изготовления бетонного фундамента, имеющего размеры 10,0 × 1,5 × 0,6 м, если насыпная плотность щебня равна 1,42 т/м³, истинная плотность – 2,80 г/см³, а коэффициент раздвижки зёрен щебня – 1,25?

Задача 14

Определить пористость бетонов, полученных из смесей, водоцементное отношение в которых было 0,5 и 0,75, и содержащих одинаковое количество воды затворения – 180 л на 1 м³ бетона. Химически связалось цементом воды в бетонах 15% от массы цемента.

Задача 15

Цементный бетон с 7-дневным сроком твердения показал предел прочности при сжатии 20 МПа. Определить ориентировочную активность цемента, если водоцементное отношение было 0,4.

Задача 16

Определить марку бетона, если после 7 суток твердения в нормальных условиях в образцах 10×10×10 см были получены следующие разрушающие нагрузки: 35, 40, 41 т.

Задача 17

Используя приблизительный логарифмический закон изменения прочности по времени, построить график для бетона, твердеющего в нормальных условиях, через 3, 14, 90, 180, 360 дней, если бетон через 28 суток имел прочность 17,5 МПа.

Задача 18

Бетон на хорошем заполнителе показал через один год предел прочности при сжатии 60,0 МПа. Определить активность цемента при В/Ц=0,5.

Задача 19

Определить активность цемента для состава бетона с прочностью 35,0 МПа в 90-дневном возрасте при В/Ц=0,5 и заполнителях хорошего качества.