

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра строительного производства и экспертизы недвижимости

Составитель
Т. М. Федотова

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Строительные материалы»**

Рекомендованы учебно-методической комиссией
направления подготовки 08.03.01 Строительство
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты

Сорокин А. Б. – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства и экспертизы недвижимости

Белова Е. М. – доцент кафедры строительного производства и экспертизы недвижимости

Татьяна Митрофановна Федотова

Физико-механические свойства строительных материалов: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Строительные материалы» [электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 08.03.01 Строительство, / сост.: Т. М. Федотова; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

В методических указаниях приводится цель работы, теоретические положения, физические, гидrofизические, теплофизические, механические и др. свойства материалов, порядок выполнения работы, а также перечень вопросов для проверки знаний дисциплины.

© КузГТУ, 2019

© Федотова Т. М.

составление, 2019

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель данной работы: научиться определять некоторые основные свойства строительных материалов.

Работа рассчитана на 6 часов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Основные свойства строительных материалов

Все свойства рассматриваемых материалов по совокупности признаков подразделяются на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные.

Физические свойства характеризуют параметры состояния материала и его отношение к таким воздействиям, как вода, газы, температура и другие. К физическим свойствам относятся истинная, средняя и насыпная плотности, пористость, влажность, водопоглощение, водостойкость, гигроскопичность, водопроницаемость, водонепроницаемость, огнеупорность, огнестойкость, термическое сопротивление и другие.

Химические свойства характеризуют отношение данного материала к воздействию химических реагентов кислот, солей, щелочей, а также воды. К химическим свойствам относятся кислотостойкость, солестойкость, щелочестойкость, коррозионная стойкость.

Механические свойства материала характеризуют его способность сопротивляться различным механическим нагрузкам и воздействиям. К механическим свойствам относятся прочностные свойства (прочность при сжатии, при изгибе, при растяжении, при ударе, коэффициент конструктивного качества); склерометрические свойства (твердость, истираемость, износ); деформативные свойства (упругость, пластичность, хрупкость, модуль упругости, коэффициент Пуассона).

Технологические свойства характеризуют отношение материала к различным технологическим обработкам, например: удобоукладываемость бетонных смесей, способность строгаться и пилиться древесины, способность к сварке и склеиванию линолеумов и другие.

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала эксплуатироваться длительное время в строго заданных усло-

виях эксплуатации (долговечность, надежность, работоспособность и другие).

Физические свойства материалов

Физические свойства строительных материалов подразделяются на три группы: параметры состояния, гидрофизические, теплофизические.

Параметры состояния

Истинная плотность материала (ρ) – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, без пор, раковин и включений. Измеряют в кг/м³, т/м³, кг/л, г/см³. Определяют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{абс}}}, \quad (1)$$

где m – масса материала, кг, г, т; $V_{\text{абс}}$ – объем материала в абсолютно плотном состоянии, м³, л, см³.

Средняя плотность материала ($\rho_{\text{Т}}$) – масса единицы объема материала в естественном состоянии, с порами, раковинами, включениями. Измеряют в кг/м³, т/м³, кг/л, г/см³. Определяют по формуле

$$\rho_{\text{Т}} = \frac{m}{V_{\text{ест}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{ест}}$ – объем материала в естественном состоянии, с раковинами, порами, включениями, м³, л, см³.

Истинная плотность для большинства материала больше, чем средняя плотность, только для абсолютно плотных материалов истинная плотность равна средней, например, для воды, стекла, битума, стали.

Насыпная плотность ($\rho_{\text{нас}}$) – масса единицы объема рыхло насыпанных зернистых или волокнистых материалов. Измеряют в кг/м³, т/м³, кг/л, г/см³. определяют по формуле

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{m_{\text{нас}}}{V_{\text{нас}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{нас}}$ – масса материала в насыпном состоянии, м^3 , л, см^3 .

Относительная плотность (d) – выражает отношение средней плотности материала к плотности стандартного вещества, чаще к плотности воды. Определяют по формуле

$$d = \frac{\rho_{\text{Т}}}{\rho_{\text{В}}}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{Т}}$, $\rho_{\text{В}}$ – средняя плотность соответственно материала и стандартного вещества – воды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Плотность воды при 4 °С равна $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Пористость (Π) есть степень заполнения объема материала порами. Пористость выражают в долях от объема материала, принимаемого за единицу, или в % от объема.

$$\Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ест}}}, \text{ или } \Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ест}}} 100 \%, \quad (5)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем пор, м^3 , см^3 , л; $V_{\text{ест}}$ – объем материала в естественном состоянии, м^3 , см^3 , л.

Общую пористость можно определить и через плотность материала по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_{\text{Т}}}{\rho}\right) 100 \%, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{Т}}$ – средняя плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ – истинная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Пористость строительных материалов колеблется в широких пределах, например у конструкционных материалов пористость невелика, а у теплоизоляционных материалов она может достигать 90 %.

Коэффициент плотности материала ($K_{\text{пл}}$) – степень заполнения объема материала твердым веществом, определяют по формуле

$$K_{\text{пл}} = \frac{\rho_{\text{Т}}}{\rho}, \text{ или } K_{\text{пл}} = \frac{\rho_{\text{Т}}}{\rho} 100 \%, \quad (7)$$

Материал состоит из твердого вещества и воздушных пор, поэтому в сумме пористость и коэффициент плотности равны единице или 100 %.

$$П + K_{пл} = 1 \text{ (или 100 \%)} \quad (8)$$

Поры в материалы могут быть открытыми и закрытыми.

Открытая пористость ($П_0$) равна отношению суммарного объема всех пор, насыщенных водой, к объему материала в естественном состоянии, определяют по формуле

$$П_0 = \frac{(m_{нас} - m_{сух})}{V_{ест}} \frac{1}{\rho_в}, \quad (9)$$

где $m_{нас}$, $m_{сух}$ – масса образца, соответственно, в насыщенном водой и сухом состояниях, кг; $\rho_в$ – истинная плотность воды.

Открытая пористость увеличивает водопоглощение и водопроницаемость материала, но снижает прочность и морозостойкость.

Закрытая пористость ($П_з$) представляет собой разницу между общей и открытой пористостями, определяется по формуле

$$П_з = П - П_0. \quad (10)$$

Гидрофизические свойства

Гидрофизические свойства характеризуют отношение материала к воздействию воды.

Гигроскопичность – свойство капиллярно-пористого материала поглощать водяной пар из воздуха. Гигроскопичность материала тем больше, чем выше пористость и удельная поверхность материала.

Влажность – количество воды, содержащееся в порах материала, выраженное в процентах

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \quad (11)$$

где m_1 – масса влажного материала, кг; m_2 – масса высушенного материала, кг.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду, характеризуется количеством воды, поглощаемым сухим материалом, выражается в %. Различают водопоглощение по массе B_M и водопоглощение по объему B_O .

Водопоглощение по массе

$$B_M = \frac{(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})}{m_{\text{сух}}} 100 \%. \quad (12)$$

Водопоглощение по объему

$$B_O = \frac{(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})}{V_{\text{ест}}} 100 \%, \quad (13)$$

где $m_{\text{нас}}$, $m_{\text{сух}}$ – масса материала, соответственно, в насыщенном водой состоянии и в сухом, кг; $V_{\text{ест}}$ – объем материала в естественном состоянии, м³.

Так как плотность воды равна единице, то в формулу ее не вводят.

Водопоглощение по объему всегда больше водопоглощения по массе и связано с ним следующим образом

$$B_O = B_M \rho_T, \quad (14)$$

где ρ_T – средняя плотность материала.

Водостойкость – способность материала не терять своих прочностных свойств в водонасыщенном состоянии. Водостойкость характеризуют коэффициентом размягчения ($K_{\text{разм}}$) и определяют по формуле

$$K_{\text{разм}} = \frac{R_{\text{нас}}}{R_{\text{сух}}}, \quad (15)$$

где $R_{\text{нас}}$, $R_{\text{сух}}$ – предел прочности материала соответственно в насыщенном водой состоянии и в сухом, МПа.

Водопроницаемость – способность материала пропускать воду через свою толщу под давлением. Она характеризуется коэффициентом фильтрации (K_{ϕ}), который определяют по формуле

$$K_{\phi} = \frac{V_B a}{S(P_1 - P_2)} t, \quad (16)$$

где V_B – объем воды, прошедшей через стенку материала, м³; a – толщина стенки, м; S – площадь стенки, м²; $(P_1 - P_2)$ – разность гидростатического давления на границах стенки, м вод. ст.; t – время, ч.

Водонепроницаемость – способность материала не пропускать через свою толщу воду под давлением. Она характеризуется маркой по водонепроницаемости (W [7]), обозначающей одностороннее гидростатическое давление в МПа, при котором образец – цилиндр не пропускает воду в условиях стандартного испытания. Существуют следующие марки по водонепроницаемости: $W2$; $W4$; $W6$; $W8$; $W10$... $W20$. Водонепроницаемость тем выше, чем меньше открытая пористость и меньше коэффициент фильтрации.

Морозостойкость – способность материала выдерживать в водонасыщенном состоянии попеременные замораживания и оттаивания. Морозостойкость оценивается маркой по морозостойкости и коэффициентом морозостойкости.

Марка по морозостойкости (F) – это количество циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов в воде, при этом снижение прочности должно быть не более 15 %, а потеря массы – не более 5 %. Существуют следующие марки по морозостойкости: $F25$; $F50$; $F100$; $F150$; $F200$; $F300$ и др.

Коэффициент морозостойкости определяют по формуле

$$K_{\text{мрз}} = \frac{R_{\text{мрз}}}{R_{\text{нас}}}, \quad (17)$$

где $R_{\text{мрз}}$ – предел прочности образцов, испытанных на морозостойкость, МПа; $R_{\text{нас}}$ – предел прочности образцов материала в водонасыщенном состоянии, МПа.

Материал считается морозостойким, если коэффициент морозостойкости более 0,85.

Теплофизические свойства

Теплофизические свойства материала характеризуют отношение материала к воздействию высоких температур.

Теплопроводность – способность материала передавать тепло от одной своей поверхности к другой. Теплопроводность материала тем больше, чем меньше пор в материале. Известна формула В.П.Некрасова, связывающая коэффициент теплопроводности (λ , Вт/м °С) с относительной плотностью материала (d):

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16. \quad (18)$$

Влага, попадающая в поры материала, увеличивает его теплопроводность, так как теплопроводность воды в 25 раз больше теплопроводности воздуха.

Теплоемкость материала определяют количеством тепла, которое необходимо сообщить одному килограмму данного материала, чтобы повысить его температуру на 1 °С. Теплопроводность неорганических строительных материалов (бетонов, кирпича, природных каменных материалов) изменяется в пределах от 0,75 до 0,92 кДж/кг °С. Теплоемкость древесины составляет около 0,7 кДж/кг °С, наибольшая теплоемкость у воды – 1 кДж/кг °С. С повышением влажности материала его теплоемкость возрастает.

Огнеупорность – способность материала выдерживать длительное воздействие высоких температур, не расплавляясь и не деформируясь. Все материалы, в зависимости от огнеупорности, подразделяют на огнеупорные с температурой огнеупорности более 1580 °С, тугоплавкие – с температурой от 1580 до 1350 °С, легкоплавкие – с температурой менее 1350 °С.

Огнестойкость – способность материала сопротивляться действию огня и воды при пожаре в течение определенного времени. В зависимости от огнестойкости все материалы подразделяются на три группы.

Несгораемые материалы – это материалы, которые при поднесении огня загораются, но при удалении источника огня горение, тление и обугливание прекращаются.

Трудногораемые материалы – это материалы, которые при поднесении огня загораются, но при удалении источника огня горение и тление прекращаются. К таким трудногораемым материалам

можно отнести асфальтобетон, фибролит, пропитанную антипиренами древесину и другие.

Сгораемые материалы – это такие материалы, которые при поднесении к ним источника огня горят, тлеют и обугливаются, при удалении источника горение и тление продолжается. К сгораемым материалам относятся все органические материалы: древесина, пластмассы, рубероид, пергамин и другие.

Механические свойства материалов

Все механические свойства материалов подразделяются на три группы: деформативные свойства, прочностные и склерометрические.

Деформативные свойства материалов

Упругостью называется способность материалов самопроизвольно восстанавливать свою первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней силы. При воздействии на упругий материал внешних сил в материале возникают упругие деформации, которые полностью исчезают после снятия нагрузки, поэтому упругие деформации называются обратимыми. Резина является характерным примером упругих материалов.

Пластичностью называются способность материала изменять свою форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь, причем после прекращения действия силы материал не может самопроизвольно восстановить свои размеры и форму. Деформации, возникающие в пластичных материалах под нагрузкой, называются пластическими, они не исчезают после снятия нагрузок, и поэтому их называют остаточными. Примерами пластичных материалов могут быть сталь, битум, асфальтовый бетон.

Хрупкостью называется способность материала при воздействии внешних нагрузок разрушаться без видимых значительных пластических деформаций. К хрупким материалам можно отнести чугун, кирпич, бетон.

Модуль упругости E (модуль Юнга) связывает упругую деформацию (ε) и одноосное напряжение (σ) линейным соотношением, выражающим закон Гука:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (19)$$

где ε – упругая деформация; σ – одноосное напряжение.

Модуль упругости представляет собой меру жесткости материала. Чем прочнее связи между отдельными частицами в материале, тем выше модуль упругости и выше температура плавления материала.

Количественные характеристики деформаций подробно изучаются в курсах «Сопротивление материалов» и «Строительная механика».

Прочностные свойства материалов

Прочность – способность материала не разрушаться от возникающих внутренних напряжений при воздействии внешних нагрузок. Прочность материала характеризуется пределом прочности (R) определенным при данном виде деформации. Для хрупких материалов (кирпича, стекла, бетона и других) основной прочностной характеристикой является предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа, Па, н/м², кг/см². предел прочности при сжатии определяют по формуле

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{S}, \quad (20)$$

где $P_{разр}$ – разрушающая нагрузка, н, кг; S – площадь поперечного сечения образца, м², см².

Предел прочности при изгибе $R_{изг.}$, МПа, Па, н/м², кг/см², определяют по формуле

$$R_{изг} = \frac{3P_{разр}l}{2bh^2}, \quad (21)$$

где $P_{разр}$ – разрушающая нагрузка, н, кг; l – длина пролета, м, см; b – ширина образца, м, см; h – высота образца, м, см.

Коэффициент конструктивного качества ($ККК$) материала характеризует конструкционные свойства материала, измеряют в МПа и определяют по формулам

$$ККК = \frac{R_{сж}}{d} \text{ или } ККК = \frac{R_{сж}}{\rho_M}, \quad (22)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности материала при сжатии, МПа; d – относительная плотность материала; ρ_m – относительная средняя плотность материала.

Релаксация напряжений – постепенное уменьшение напряжений в материале при постоянной деформации.

Скорость релаксации характеризуется временем релаксации (t) – отрезком времени, в течение которого напряжения уменьшаются в e раз ($e = 2,2$) по сравнению с первоначальным напряжением.

Уравнение релаксации напряжений выражается формулой

$$\ln \frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{t}{\lambda}, \quad (23)$$

где σ_0 – напряжения по прошествии времени τ , МПа, σ – первоначальное напряжение, МПа; t – время релаксации, ч; λ – постоянная времени релаксации.

Склерометрические свойства материалов

Склеро – в переводе с греческого означает «твердый».

Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела. Твердость многих строительных материалов оценивается по шкале Мооса, представленной десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие.

Эта шкала включает минералы в порядке возрастания твердости от 1 до 10: 1 – тальк – легко царапается ногтем; 2 – гипс – царапается ногтем; 3 – кальцит – легко царапается стальным ножом; 4 – флюорит – (плавиковый шпат) – царапается стальным ножом под небольшим нажимом; 5 – апатит – царапается стальным ножом при сильном нажиме; 6 – ортоклаз – царапает стекло; 7 – кварц; 8 – топаз – легко царапает стекло; 9 – корунд; 10 – алмаз – самый твердый материал.

Твердость древесины, металлов, пластмасс и некоторых других строительных материалов определяют, вдавливая в них стальной шарик или пирамиду. В результате испытаний определяют число твердости по Бринелю, кг/мм^2 , по формуле

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2} \sqrt{D^2 - d^2}}, \quad (24)$$

где F – площадь поверхности отпечатка, мм²; P – нагрузка на шарик, кг (стандартные нагрузки в соответствии с ГОСТом – 25, 75, 225 кг); D – диаметр шарика, мм (по ГОСТ равен 5 мм); d – диаметр отпечатка, мм.

От твердости материала зависит его истираемость, чем выше твердость, тем меньше истираемость материала.

Истираемость – способность материала уменьшать свою массу и объем при воздействии на материал истирающих усилий. Истираемость (I), кг/м², определяют по формуле

$$I = \frac{m_1 - m_2}{F}, \quad (25)$$

где m_1, m_2 – масса образца соответственно до истирания и после, кг; F – площадь истирания, м².

Это свойство важно для эксплуатации дорог, полов, ступеней лестниц и т. п.

Износом называют свойство материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов. Износ определяют на образцах, которые испытывают во вращающемся барабане со стальными шарами или без них. Показателем износа служит потеря массы материала в результате проведенного испытания (в % от первоначальной массы).

3. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

В лабораторной работе используют технические весы, пикнометр, штангенциркуль, образцы материалов, весы для гидростатического взвешивания, разогретый парафин, стандартная воронка для сыпучих, мерный металлический сосуд емкостью 1 л, шкаф сушильный, эксикатор, пресс гидравлический ПСУ, молотый кирпич, вода.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Опыт 1. Определение истинной плотности материала при помощи пикнометра.

Взвешивают чистый высушенный пикнометр. Приготовленную навеску всыпают в пикнометр, заполняя его примерно на одну треть. Взвешивают пикнометр с навеской. Определяют массу навески (m_1).

Наливают в пикнометр с навеской воду не более чем наполовину объема. Затем удаляют из суспензии пузырьки воздуха. Для этого пикнометр с суспензией встряхивают несколько раз в горизонтальной плоскости. Доливают жидкость до метки и взвешивают (m_2). Затем освобождают его от суспензии, промывают и снова заполняют водой до метки, после чего вновь взвешивают (m_3).

Истинную плотность материала определяют с точностью до $0,01 \text{ г/см}^3$ как среднее арифметическое значение трех измерений по формуле

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (26)$$

где m_1 – масса навески порошка, г; m_2 – масса пикнометра с суспензией, г; m_3 – масса пикнометра с водой, г.

Результаты измерений заносят в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Материал	Масса навески, г	Масса пикнометра		Истинная плотность материала, г/см
		с суспензией, г	с водой, г	

Опыт 2. Определение средней плотности на образцах правильной геометрической формы.

Если образец имеет форму куба или параллелепипеда, то каждую грань измеряют в тех местах. За окончательный размер каждой грани принимают среднее арифметическое трех измерений. Обмер производят штангенциркулем с точностью до $0,01 \text{ мм}$.

Объем вычисляют по формуле

$$V = a b h, \quad (27)$$

где V – объем образца материала, см^3 ; a – длина образца, см; b – ширина образца, см; h – высота образца, см.

Когда образец имеет форму цилиндра, то для установления его объема за величину его диаметра принимают среднее арифметическое шести измерений, а за высоту – среднее арифметическое четырех измерений.

Объем вычисляют по формуле

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}, \quad (28)$$

где V – объем образца материала, см^3 ; d – диаметр образца, см ; h – высота образца, см .

Затем каждый образец взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г.

Полученные данные заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Материал	Размеры образца, см				Объем о бразца, см^3	Масса образца, г	Средняя плот- ность $\text{г}/\text{см}^3$
	длина	ширина	высота	диаметр			

Опыт 3. Определение средней плотности на образцах неправильной геометрической формы.

Объем испытуемого образца определяют по закону Архимеда (рис. 1.1).

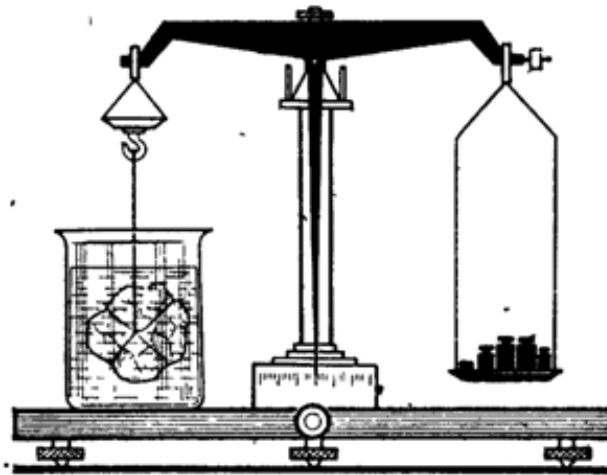


Рис. 1.1. Весы для определения объема образца неправильной геометрической формы (весы для гидростатического взвешивания).

Определение средней плотности на образцах неправильной геометрической формы производят методом гидростатического взвешивания.

Отобранный образец сначала взвешивают на технических весах (m). Затем его парафинируют.

Парафинирование производят следующим образом. Образец, высушенный до постоянной массы, нагревают до 60 °С и несколько раз погружают в расплавленный парафин с таким расчетом, чтобы на его поверхности образовалась пленка парафина толщиной около одного миллиметра. После этого образец взвешивают (m_1). Для определения объема образца с парафином образец прикрепляют на нитке (проволоке) к чашке весов, погружают в сосуд с водой, установленный на гидростатических весах, и взвешивают (m_2).

Плотность образца неправильной формы вычисляют по формуле (29)

$$\rho_0 = \frac{m}{V_1 - V_{\text{п}}}, \quad (29)$$

где ρ_0 – средняя плотность образца, г/см³; m – масса образца без парафина, г; V_1 – объем образца с парафином, см³, который определяют по формуле (30); $V_{\text{п}}$ – объем парафина, см³, который определяют по формуле (31)

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}, \quad (30)$$

где V_1 – объем образца с парафином, см³; m_1 – масса образца с парафином, г; m_2 – масса образца с парафином, определенная взвешиванием в воде, г; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность воды, равная 1 г/см³.

$$V_{\text{п}} = \frac{m_1 - m}{\rho_{\text{п}}}, \quad (31)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем парафина, см³; m_1 – масса образца с парафином, г; m – масса образца без парафина, г; $\rho_{\text{п}}$ – плотность парафина, равная 0,81–0,93 г/см³.

Все полученные значения заносят в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Материал	Масса образца, г			Объем образца с парафином, см ³	Плотность, г/см ³
	в естественном состоянии	парафинированного, взвешенного на воздухе	парафинированного, взвешенного в воде		

Опыт 4. Определение насыпной плотности материала.

Высушенный до постоянной массы сыпучий материал, насыпают с высоты 10 см с помощью воронки (рис. 1.2) в предварительно взвешенный мерный сосуд до образования конуса.

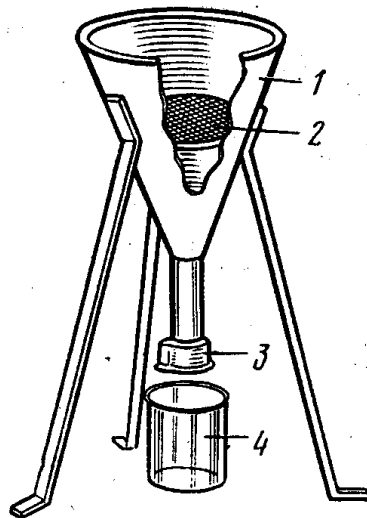


Рис. 1.2. Воронка для определения насыпной плотности сыпучих материалов:

1 – воронка с сыпучим материалом, 2 – сито с размером отверстий 5 мм, 3 – затвор, 4 – сосуд вместимостью 1 л.

Конус снимают линейкой вровень с краями сосуда без уплотнения, после чего сосуд с сыпучим материалом взвешивают и определяют насыпную плотность по формуле

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (32)$$

где m_1 – масса мерного сосуда, кг; m_2 – масса мерного сосуда с сыпучим материалом, кг; V – объем мерного сосуда, м³.

Опыт 5. Определение пористости материала.

Для определения пористости материала пользуются результатами опытов 1 и 3.

Общую пористость материала вычисляют по формуле (6)

Результаты заносят в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Материал	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, г/см ³	Пористость, %

Опыт 6. Определение влажности материала.

Влажный образец взвешивают (m_1) и высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Высушенный образец охлаждают в эксикаторе и взвешивают (m_2). Влажность по массе (абсолютную) определяют с точностью 0,01 %, как среднее арифметическое из результатов двух испытаний по формуле

$$B_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\%, \quad (33)$$

где m_1 – масса влажного образца, кг; m_2 – масса сухого образца, кг.

Опыт 7. Определение прочности материала.

Определяют площадь испытуемого образца. Образец испытывают на гидравлическом прессе, причем давление на образец во время испытания должно передаваться плавно, без сотрясений и толчков, перпендикулярно его поверхности.

Значение предела прочности образца при сжатии вычисляют по формуле (20). Результаты опыта заносят в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Материал	Разрушающая нагрузка, кг	Площадь образца, см ²	Предел прочности образца на сжатие, кг/см ²	Марка материала по прочности

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе оформить в школьной тетради; по каждому опыту сделать вывод о соответствии свойств предложенного материала требованиям государственного стандарта.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные физические и механические свойства материалов.
2. Отличие истинной плотности от средней плотности.
3. Что лежит в основе опыта определения средней плотности образца неправильной геометрической формы?
4. Как влияет пористость материала на другие его физические и механические свойства?
5. Какие материалы называются морозостойкими?
6. Что называется теплопроводностью материала?
7. Что называется коэффициентом размягчения?
8. Что называется водопоглощением и как оно определяется?
9. Приведите примеры водонепроницаемых материалов.

7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский, П. С. Строительные материалы [Текст] : учебное пособие для бакалавров, магистров и специалистов, обучающихся по направлению «Строительные материалы» / П. С. Красовский – Москва : Форум, 2013.
2. Красовский, П. С. Технология конструкционных материалов [Текст] : учебное пособие для бакалавров, магистров и специалистов, обучающихся по направлению «Строительные материалы» / П. С. Красовский – Москва : Форум , 2013
3. Усов, Б. А. Химия и технология цемента [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 (270800) «Строительство», профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» (квалификация (степень) «бакалавр») / Б. А. Усов – Москва : Инфра-М, 2015
4. Белов, В. В. Строительные материалы [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по программе бакалавриата по

направлению 270800 Строительство / В. В. Белов, В. П. Петропавловская, Н. В. Храмцов ; под общ. ред. В. В. Белова – Москва : АСВ, 2014

5. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение [Текст] : учебное пособие для бакалавров : [студентов строительных специальностей вузов] / И. А. Рыбьев. – Москва : Юрайт , 2012. – 701 с.

6. Документы Системы нормативных документов в строительстве <https://standartgost.ru/1/22-normativnye-dokumenty-na-stroitelnye-materialy-i-izdeliya>