

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ СЕМЕНА КУЗНЕЦА**

**Методические рекомендации  
к выполнению практических заданий  
по учебной дисциплине  
"СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ"  
для иностранных студентов  
направлений подготовки  
6.030507 "Маркетинг", 6.030601 "Менеджмент"  
всех форм обучения**

**Харьков. Изд. ХНЭУ им. С. Кузнецца, 2014**

Утверждено на заседании кафедры техники и технологии.  
Протокол № 1 от 30.08.2013 г.

**Составители:** Крюк А. Г.  
Стрельчук Р. М.

М54        Методические рекомендации к выполнению практических заданий по учебной дисциплине "Системы технологий в строительстве" для иностранных студентов направлений подготовки 6.030507 "Маркетинг", 6.030601 "Менеджмент" всех форм обучения / сост. А. Г. Крюк, Р. М. Стрельчук. – Х. : Изд. ХНЭУ им. С. Кузнеца, 2014. – 60 с. (Рус. яз.)

Рассмотрены основные вопросы учебной дисциплины, даны практические материалы, а также практические рекомендации по овладению технологическими процессами в строительстве и их усовершенствованию.

Рекомендовано для студентов экономических направлений подготовки.

## Введение

Практическое освоение материала учебной дисциплины " Системы технологий в строительстве" предусматривает формирование комплексных представлений о роли технологических процессов и систем в строительстве, понимания их влияния на глубинные процессы перестройки страны и нахождения реальных путей их воплощения.

Для этого с целью приобретения навыков деловой предпринимательской деятельности на конкретных примерах, приводимых в практических работах, с позиций системного подхода закрепляются как базовые основополагающие инженерные знания в сфере технологии строительства, необходимые для понимания наиболее важных особенностей функционирования современных технологий в сфере строительства.

Выдавая студенту практическое задание, преподаватель указывает время, которое отводится на выполнение работы. Для углубления знаний приведены основная и дополнительная литература, ресурсы сети интернет.

Оформление работы выполняется на листах формата А4. Структура отчета работы включает в себя: тема, цель работы, краткое пояснение работы, анализ действующих технологий производства, выводы.

Полностью выполненная и оформленная работа передается преподавателю на проверку. Ответив на вопросы по практической работе и выставив оценку, преподаватель возвращает ее студенту. Работа, которая хранится у него до конца семестра. Зачтенные работы снабжаются титульным листом. Отчет заданий, содержащий все работы, выполненные студентом, представляется преподавателю в конце семестра во время сдачи зачета и в дальнейшем хранится на кафедре.

# **Практическая работа № 1**

## **Эргономические и экологические аспекты в технологических системах строительства**

### **Методические рекомендации**

Цель занятия – научить студента понимать сложные переплетения природных связей, свою зависимость от биосферы и зависимость биосферы от человека, и в соответствии с этим должным образом умение вести себя в жизни.

Длительное время человек пользовался дарами природы, не думая о последствиях. Казалось, что богатства ее неисчерпаемы. Но вот наступило время покорения атома, освоения космоса, сложнейшей техники и умнейшей автоматики, и человечество обнаружило и вдруг ощутило, что мир обитания очень тесен, что нельзя нарушать гармоническую целостность природы, ибо это часто приводит к катастрофам: пыльные бури за несколько часов уносят плодородный слой почвы; меньше становится кислорода в воздухе, ухудшается генофонд всего живого, и, соответственно, под угрозой оказывается само существование человека.

Научно-техническая революция (НТР) интенсифицирует использование человеком ресурсов природы в огромных масштабах. Однако нередко считается невыгодным совершенствовать технологию переработки природного сырья, энергии, утилизировать отходы производства. Так, например, труд лесорубов на 90 % механизирован, а посадка молодого леса и уход за ним производится вручную, восстановление леса отсутствует. Вместе с тем каждый год из недр земли извлекаются миллиарды тонн руды, сжигаются миллиарды тонн топлива. Только за год в водоемы попадают сотни миллиардов тонн промышленных и бытовых стоков, в почву вносится 300 миллионов тонн минеральных удобрений, в атмосферу выбрасывается 20 миллиардов тонн углекислого газа и более одного миллиарда тонн других соединений.

В мировой океан выливают порядка 10 миллионов тонн нефтепродуктов, из которых 34 % сливает морской транспорт, 38 % – попадает с хозяйственно-бытовыми стоками, 10 % – из атмосферы, 6 % от катастроф танкеров. Одна тонна нефти покрывает пленкой 12 квадратных километров поверхности океана, делая ее безжизненной. Воз-

действие людей на биосферу соизмеримо с геологическим эффектом. Таким образом, НТР несет не только радость созидания, но и тревогу за будущее окружающей среды – среды обитания человека.

Ежегодно ущерб от автомобильных аварий составляет свыше 1 миллиарда долларов, при этом погибает 40 – 50 тысяч человек 75 % этих аварий происходит по вине водителей.

Следует обратить внимание на крайне несовершенную структуру капитальных вложений в промышленное производство и выполнение услуг. В частности, недостаточно внимания уделяется эргономическим и экологическим аспектам. В настоящее время предприниматели вкладывают свой капитал в приобретение машин, оборудования и механизмов, но недостаточно финансируются проекты по изучению воздействий на человека различных явлений, связанных с внедрением технологий (влияние шумов, запахов, вибраций, тепловых, электромагнитных, информационных и других силовых полей). Особую опасность могут представлять технологии, поддерживаемые крупными инвестициями из-за рубежа (технологии хранения и переработки отходов атомных электростанций радиоактивных веществ и др.).

Эргономические требования к технологии определяются свойствами человека, характеристиками среды использования и предъявляются для повышения эффективности функционирования человека при реализации этой технологии. При оценке технологий могут предъявляться требования определяемые:

- антропометрическими характеристиками человека (размеры тела и отдельных его частей в разных рабочих позах и положениях, динамика изменений размеров тела при перемещении всего тела или его частей в пространстве, форма частей тела и др.);

- характеристиками двигательной активности человека (сила, скорость, экономичность и объем исполнительных движений);

- возможностями и особенностями функционирования органов чувств человека;

  - особенностями восприятия, памяти, мышления человека;

  - влиянием среды на эффективность деятельности человека;

  - необходимостью учета в технологии уровня профессиональной подготовки человека, взаимодействующего с этой технологией.

Под средой использования понимается пространство, в котором человек осуществляет функциональную деятельность, например, каби-

на трактора, салон легкового автомобиля, кабина экипажа самолета, салон для пассажиров самолета, помещение цеха и т. д.

Эффективность функционирования человека при реализации конкретной технологии можно характеризовать показателями производительности, точности, безошибочности работы, утомляемости человека, комфортабельности рабочих условий.

Примерами эргономических параметров может служить усилие на рукоятке механизма, выраженное в Ньютонах или баллах, угол наклона спинки сидения плота самолета, водителя транспортного средства и т. п. Эргономические параметры непосредственно не характеризуют эргономические свойства изделия, технологии, но влияют на степень их проявления в различных условиях, т. е. определяют значения эргономических показателей.

Под экологическими параметрами понимают свойства, характеризующие способность технологии, изделия воздействовать на внешнюю окружающую среду.

#### *Окружающая среда обитания человека*

Одна из основных причин недооценки загрязнения окружающей среды – ее вредное воздействие на человека и природу – проявляется не сразу, а спустя длительное время.

#### *Земля*

Сельскохозяйственное производство осуществляется на земле. Из 14 миллиардов гектаров для обработки пригодны 50 %, а возделывается всего 1 – 3 миллиарда, которые и обеспечивают 90 % пищи. Ежегодно население планеты увеличивается на 1,5 %, что требует увеличения площадей посевов. Однако немало площадей занимают водохранилища, жилые массивы (например, Салтовки, Алексеевки и др. в Харькове).

Различают следующие методы защиты растений: агротехнические, химические, биологические. К сожалению, они применяются недостаточно. К слову сказать, почти половина минеральных удобрений, вносимых в пахотные земли, оседает в биосфере, нанося ей ущерб. Надо больше применять органических удобрений, лучше усваиваемых растениями и почвой.

Вред приносит также неумелое применение химических препаратов – ядохимикаты, накапливаясь в почве, могут замедлять рост растений. Например, дуст (ДДТ) в настоящее время под строгим запретом во

многих странах мира, однако его можно свободно приобрести на рынке. Его создатель Пауль Мюллер ранее получил даже Нобелевскую премию. То, чего он не учел, выяснилось позже.

### *Воздух*

Газовый состав атмосферы изменяется, все меньше и меньше становится кислорода. Только за один перелет от Москвы до Америки турбины лайнера сжигают 40 – 60 тонн атмосферного кислорода, в то время как 400 миллионов автомобилей сжигают кислорода намного больше.

Восстановительный процесс обеспечивается зелеными легкими планеты – лесами, которые варварски уничтожаются (вырубываются, выжигаются). Еще не так давно леса занимали площадь, равную 15 млн квадратных километров, а сейчас они сократились на одну треть и продолжают сокращаться ежегодно на 2 %. Для примера одно дерево бука выделяет в среднем за день 1,5 литра кислорода. Кора этого дерева вылавливает из воздуха многие вредные примеси, перерабатывая их в живую материю. Полеты сверхзвуковых самолетов, запуск ракет, испытания ядерного оружия выделяют значительное количество веществ типа NO<sub>x</sub>, их концентрация в атмосфере увеличивается еще и в результате микробного разложения азотных минеральных удобрений. Эти вещества, поднимаясь в стратосферу, вступая в химические реакции, разрушают озоновый экран Земли, защищающий ее поверхность от жесткого космического излучения. Не меньшей угрозой для озонового экрана являются фреоны – химически инертные вещества, широко применяемые в холодильной промышленности и в производстве бытовых аэрозольных упаковок. В ходе фотохимического разложения в стратосфере фреоны дают ионы хлора, который разрушает озон.

Уменьшение плотности озонового щита снижает урожаи сельскохозяйственных культур, биологическую продуктивность Мирового океана, приводит к повышению заболеваемости людей раком кожи и др. заболеваниями. Ожидается уменьшение плотности озонового щита Земли к началу XXI века на 20 %. Количество углекислоты в атмосфере нашей планеты растет 47 % CO<sub>2</sub> поглощается океаном, а 53 % остается в атмосфере. Ожидаемое потепление климата может привести к таянию ледников Антарктиды и Гренландии, что поднимет уровень океанов.

### *Вода*

Самый драгоценный минерал земли – вода, необходимый проводник жизни и участник многих производственных процессов. Рост водопо-

ребления неоправданный как в быту, так и в промышленном производстве. Жилищно-коммунальное хозяйство расходует на нужды водоснабжения 25 кубических километра воды, из 20 % которых теряется В худшем состоянии водопотребление в промышленном производстве, где показатель обратного и повторно–последовательного водоснабжения очень резко снизился.

Состояние биологических ресурсов Мирового океана вызывает тревогу. Так, изучение загрязнения Северного моря показало, что в его воды ежегодно поступает 7 740 т свинца, 5 900 т меди, 30 900 т цинка, 2 900 т хрома, 850 т кадмия, 3 700 т никеля, 44 т ртути Исследование же Атлантического океана свидетельствует о том, что в шельфовых водах Европы и Северной Америки уровень нефтяного загрязнения в 2 – 3 раза выше, чем в открытом океане.

#### *Проблема промышленных отходов*

Руководители предприятий, особенно сейчас, в такое нестабильное для развития страны время, часто не понимают всей сложности проблемы охраны природы и нередко выбрасывают за пределы своего предприятия вредные для окружающей среды отходы, ухудшающие здоровье людей, губящие реки, почву, животный мир и растительность. Как пример концентрация большого поголовья скота на крупных животноводческих фермах и комплексах дает возможность увеличить производство мяса, молока, яиц, но вместе с тем растет и количество отходов, однако, не все спешат их перерабатывать.

Множество средних и мелких производственных структур, в том числе и вновь образовавшихся, выбрасывают в атмосферу десятки миллионов тонн вредных веществ, их концентрации во много раз превышают допустимые нормы – все это замалчивается, не контролируется.

#### *Шумовое загрязнение*

Уровень шума измеряется в децибелах (дБ) 20 – 30 дБ не вредно для человека (80 дБ – допустимая граница), звук же в 130 дБ вызывает болевые ощущения, а в 150 дБ становится невыносимым, в 180 дБ вызывает усталость металла, а в 190 дБ вырывает заклепки из металлоконструкций. На центральных магистралях больших городов шум достигает 100 дБ и более. И такой шум постоянен.

Шум обладает кумулятивными качествами – акустическое раздражение, накапливаясь в организме, все сильнее угнетает нервную систе-

му. Под влиянием сильного шума в органе слуха происходят необратимые изменения. Понижение слуховой чувствительности при высоких уровнях шума наступает уже через один–два года работы, а при средних – через 5 – 10 лет. При обследовании группы юношей, слушающих современную эстрадную музыку, было выявлено потерю чувствительности слуха у 20%. Реакция на шум выражается в повышенной возбудимости и раздражительности. Очень вреден для слуха окружающей среды, включая и человека, звуковой удар от сверхзвуковых самолетов.

Зрительная реакция при шуме 90 дБ уменьшается на 25 %.

Человечество должно свести к минимуму свое воздействие на природную среду, не сокращая, а расширяя производство. Охрана природы, рациональное использование природных ресурсов стали сегодня одной из важнейших государственных задач, от решения которых зависит благополучие нынешнего и будущего поколений.

Одна из первоочередных задач современности – создание надежного заслона на пути различных бытовых и промышленных отходов, загрязняющих воздух, воду, почву. Для этого необходимо привить молодому человеку знания и навыки разумного общения с природой, научить его самого принимать решения и отвечать за их последствия.

НТР обострила проблему охраны окружающей среды, заставила по-иному взглянуть на многие явления и процессы, связанные с ее загрязнением, а с другой стороны, предоставила для решения эргономических и экологических проблем новые технологии и научный подход.

## **Практическая работа № 2**

### **Определение физических свойств строительных материалов**

#### **Методические рекомендации**

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) удельные характеристики 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 или холода, т. е. теплофизические свойства (теплопроводность, теплоемкость, огнеупорность, огнестойкость и другие).

Практическая работа содержит методику определения основных физических свойств материалов в основном применительно к испытаниям каменных материалов и прежде всего бетона.

### **1. Определение истинной плотности**

Истинная плотность – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, т. е. без пор и пустот. Истинная плотность  $\rho$  (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса материала;

$V_a$  – объем материала в абсолютно плотном состоянии.

Истинную плотность материала определяют либо с помощью специальной стеклянной колбы – объёмомера Ле-Шателье, вместимостью 120 – 150 см<sup>3</sup>, либо с помощью пикнометра – колбы точного объема, обычно вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

Для определения истинной плотности каменного материала с помощью *объёмомера Ле-Шателье* из отобранной и тщательно перемешанной пробы отвешивают 200 – 220 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 x 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. Объёмомер 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 фильтровальной бумаги. Затем объёмомер 4 помещают в стеклянный сосуд 5 с водой и термометром 3 (рис. 1). Вода имеет температуру  $20^\circ\text{C}$  (температура, при которой градуировали его шкалу). В воде объёмомер остается все время, пока идет испытание. Чтобы объёмомер в этом положении не всплывал, его закрепляют на штативе 1 так, чтобы вся градуированная часть шейки находилась в воде.

От подготовленной пробы, находящейся в эксикаторе, отвешивают с точностью до 0,01 г на технических весах 80 г порошка материала и высыпаят его ложечкой через воронку 2 в прибор небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в нем не поднимется до черты с делением  $20 \text{ см}^3$  или до черты в пределах верхней градуированной части прибора. Разность между конечными и начальными уровнями жидкости в объёмомере показывает значение объема порошка, всыпанного в прибор. Остаток порошка взвешивают. Масса порошка, всыпанного в объёмомер, будет равна разности между результатами первого и второго взвешиваний.

Истинная плотность материала (г /  $\text{см}^3$ ):

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V_a} \quad (2)$$

где  $m_1$  – навеска материала до опыта, г;

$m_2$  – остаток от навески, г;

$V_a$  – объем жидкости, вытесненной навеской материала (объем порошка в объёмомере),  $\text{см}^3$ .

Истинную плотность материала вычисляют с точностью до  $0,01 \text{ г/см}^3$  как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать  $0,002 \text{ г/см}^3$ .

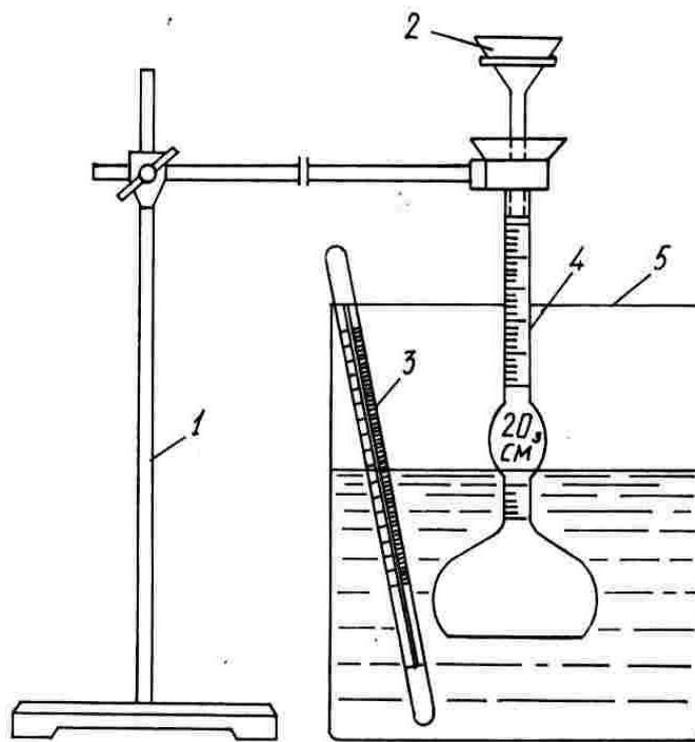


Рис. 1. Прибор для определения истинной плотности

Для определения истинной плотности материала с помощью *пикнометра* используют предварительно высушенную и измельченную пробу около 30 г. Ее разделяют на две части. Каждую часть засыпают отдельно в заранее высушенный и взвешенный пикнометр. Затем определяют массу пикнометра с материалом.

В пикнометр заливают дистиллированную воду, примерно на 1,5 – 2 см выше уровня материала, ставят на водяную или песчаную баню в наклонном положении и кипятят в течение 15 – 20 минут для удаления пузырьков воздуха.

После этого пикнометр охлаждают до комнатной температуры, доливают водой до метки (по нижнему мениску), вытирают и взвешивают с точностью до 0,01 г. Пикнометр освобождают от содержимого, промывают и заполняют дистиллированной водой до риски и снова взвешивают.

Истинную плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2) \times \rho_{\text{в}}}{m_1 - m_2 + m_3 - m_4} \quad (3)$$

где  $m_1$  – масса пикнометра с порошком, г;

$m_2$  – масса пустого пикнометра, г;

$m_3$  – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_4$  – масса пикнометра с порошком и дистиллированной водой, г;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды (принимается равной  $1 \text{ г/см}^3$ ).

Истинную плотность вычисляют как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

## **2. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы**

Средняя плотность – масса единицы объема материала в естественном состоянии, т.е. вместе с порами и пустотами. Средняя плотность  $\rho_0$  ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) вычисляется по формуле:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}, \quad (4)$$

где  $m$  – масса материала;

$V_0$  – объем материала в естественном состоянии.

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

Штангенциркулем измеряют образцы с точностью до  $0,1 \text{ мм}$ , и вычисляют их объем, после чего взвешивают на технических весах. Каждую грань образца кубической или близкой к ней формы измеряют в трех местах, как показано на рис. 2а. За окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерении каждой грани. На каждой из параллельных плоскостей образца цилиндрической формы проводят два взаимно перпендикулярных диаметра ( $d_1, d_2, d_3, d_4$ ) и измеряют их длину; кроме того, измеряют диаметры средней части цилиндра ( $d_5, d_6$ ) в середине его высоты (рис. 2б). За окончательный результат

принимают среднее арифметическое шести измерений диаметра. Высоту цилиндра определяют в четырех местах ( $h_1, h_2, h_3, h_4$ ) и за окончательный результат принимают среднее арифметическое четырех измерений. Образцы любой формы со стороной размером до 100 мм измеряют с точностью до 0,1 мм, размером 100 мм и более с точностью до 1 мм. Образцы массой менее 500 г взвешивают с точностью до 0,1 г, а массой 500 г и более – с точностью до 1 г.

Объем образца ( $\text{см}^3$ ), имеющего вид куба или параллелепипеда:

$$V_0 = a_{cp} \times b_{cp} \times h_{cp}, \quad (5)$$

где  $a_{cp}, b_{cp}, h_{cp}$  – средние значения размеров граней образца, см.

Объем образца цилиндрической формы ( $\text{см}^3$ ):

$$V_0 = \frac{\pi \times d_{cp}^2 \times h_{cp}}{4}, \quad (6)$$

где  $\pi = 3,14$ ;

$d_{cp}$  – средний диаметр цилиндра, см;

$h_{cp}$  – средняя высота цилиндра, см.

Зная объем и массу образца, по формуле (4) вычисляют его плотность как среднее арифметическое трех ее значений различных образцов.

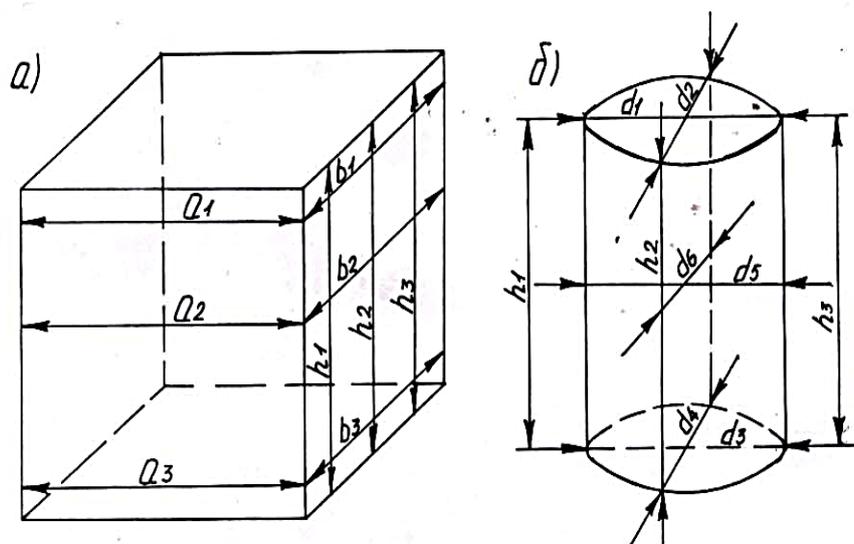


Рис. 2. Схемы измерения объема образцов правильной геометрической формы

### 3. Определение плотности образцов неправильной геометрической формы

При определении плотности образцов неправильной формы используют метод, основанный на измерении с помощью объёмомера объема вытесненной образцом из сосуда жидкости, в которую образец погружают, или метод гидростатического взвешивания.

*Определение плотности с помощью объёмомера.*

Этот прибор (рис. 3) представляет собой цилиндр 1 диаметром 150 и высотой 350 мм с впаянной на высоте 250 мм латунной трубкой 2 диаметром 8 – 10 мм, имеющей загнутый вниз конец. Объёмомер наполняют водой несколько выше трубки и ждут, пока избыток воды стечет, затем под трубку подставляют взвешенный стакан 4. Каждый образец 3 высушивают, взвешивают, а затем парафинируют, т. е. покрывают с помощью кисти тонким слоем расплавленного парафина. После того как парафин застынет, образец осматривают, удаляют обнаруженные на парафиновой пленке пузырьки или трещины, заглаживая нагретой металлической проволокой или пластинкой. После парафинирования образец перевязывают прочной нитью и вторично взвешивают. При погружении испытуемого образца в объёмомер вытесняемая вода будет вытекать из трубки в стакан.

После того как падение капель из трубки прекратится, стакан с водой взвешивают и определяют массу вытесненной воды.

Плотность образца вычисляют следующим образом. Сначала определяют объем парафина (см<sup>3</sup>), затраченного на покрытие образца:

$$V_n = \frac{m_1 - m}{\rho_n}, \quad (7)$$

где  $m$  – масса сухого образца, г;

$m_1$  – масса образца, покрытого парафином, г;

$\rho_n$  – плотность парафина, равная 0,930 г/см<sup>3</sup>.

После этого вычисляют плотность образца (г/см<sup>3</sup>):

$$V_n = \frac{m}{V_1 - V_g} \quad (8)$$

где  $m$  – масса сухого образца, г;

$V_1$  – объем образца с парафином, численно равный массе воды, вытесненной образцом, см<sup>3</sup>;

$V_n$ , – объем парафина, см<sup>3</sup>.

*Определение плотности методом гидростатического взвешивания.*

Сухой образец неправильной формы взвешивают на технических весах, затем парафинируют и снова взвешивают. После этого его подвешивают на тонкой нити к крючку приспособления, закрепленного на левом конце коромысла гидростатических весов (рис. 4). Массу образца уравнивают гирями, устанавливая их на правую чашку. Образец погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок и дна (при этом равновесие весов нарушается), весы снова уравнивают, сняв с правой чашки часть гирь, и определяют вес образца в воде. При этом плотность образца ( $\text{г/см}^3$ ):

$$V_i = \frac{m_1 - m_2 - \rho_n (m_1 - m)}{\rho_i}, \quad (9)$$

где  $m$  – масса сухого образца, г;

$m_1$  – масса образца, покрытого парафином на воздухе, г;

$m_2$  – вес образца в воде, г;

$\rho_n$  – плотность парафина, равная  $0,93 \text{ г/см}^3$ .

Плотность материала вычисляют как среднее арифметическое определений плотности трех-пяти образцов в  $\text{г/см}^3$ .

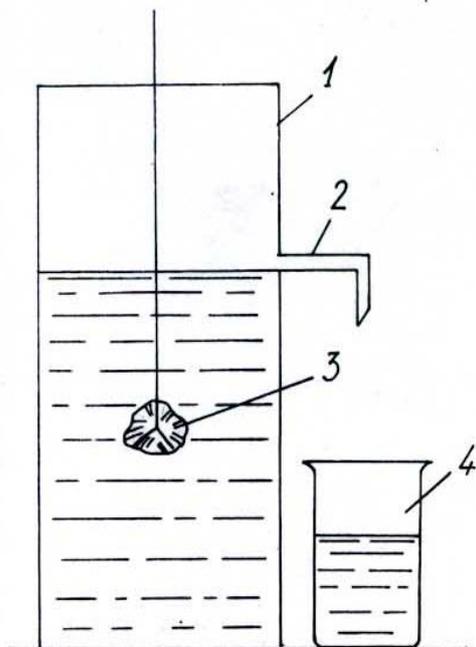


Рис. 3. Объёммер

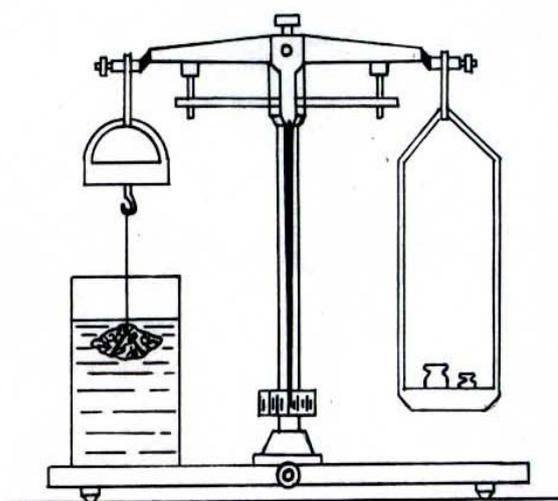


Рис. 4. Взвешивание образца на гидростатических весах

#### 4. Определение пористости

Пористость (общая)  $\Pi$  – степень заполнения материала порами:

$$\Pi = \frac{V_n}{V_0}, \quad (10)$$

где  $V_n$  – объем пор в материале;

$V_0$  – объем материала в естественном состоянии.

Открытая пористость  $\Pi_o$  определяется как отношение суммарного объема пор, насыщающихся водой,  $V_n^{вод}$  к объему материала  $V_0$ , то есть:

$$\Pi_o = \frac{V_n^{вод}}{V_0}, \quad (11)$$

Закрытая пористость  $\Pi_з$ :

$$\Pi_з = \Pi - \Pi_o, \quad (12)$$

Существует два способа определения общей пористости: экспериментальный и экспериментально-расчетный.

Экспериментальный (прямой) способ основан на замещении порового пространства в материале сжиженным гелием и требует сложной аппаратуры для испытаний.

Экспериментально-расчетный метод определения пористости использует найденные опытным путем значения истинной плотности материала  $\rho$  и его средней плотности  $\rho_0$  в сухом состоянии. Пористость  $\Pi$  (%) вычисляют по формуле:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) 100, \quad (13)$$

Для определения открытой некапиллярной пористости образцы насыщают в воде в течение 24 ч, затем выдерживают 10 мин на решетке, после чего определяют их объем по вытеканию воды с помощью

объёмомера или как разность между весом образцов на воздухе и в воде при взвешивании на гидростатических весах без предварительного высушивания и парафинирования. Открытую некапиллярную пористость  $\Pi_{он}$  (%) вычисляют по формуле:

$$\Pi_{он} = \frac{V_0 - V_1}{V} 100, \quad (14)$$

где  $V_0$  – общий объем образца, см<sup>3</sup>;

$V_1$  – объем насыщенного водой образца, см<sup>3</sup>.

Открытую капиллярную пористость  $\Pi_{ок}$  (%) определяют по формуле:

$$\Pi_{ок} = B_о, \quad (15)$$

где  $B_о$  – объемное водопоглощение материала.

Открытая пористость материала в целом  $\Pi_о$  (%) равна:

$$\Pi_о = \Pi_{он} + \Pi_{ок}. \quad (16)$$

Закрытую пористость  $\Pi_з$  (%) вычисляют по формуле (12).

### **5. Определение влажности**

Влажность материала характеризуется тем количеством воды, которое содержится в порах и адсорбировано на поверхности образца.

Влажность образца  $W$  (%) вычисляется по формуле:

$$W = \frac{m_в - m_с}{m_с} 100, \quad (17)$$

где  $m_в$  – масса влажного образца, г;

$m_с$  – масса сухого образца, г.

Влажность бетона определяют по образцам или пробам, полученным дроблением образцов после их испытания на прочность. Наибольший размер кусков после дробления должен быть не больше 5 мм. Пу-

тем квартования отбирают пробу 100 г, которую сушат при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  до постоянной массы. Чтобы установить в процессе высушивания достижение пробой постоянной массы, производят взвешивания не менее чем через 4 часа. Массу считают постоянной, если разница между повторными взвешиваниями оказалась не более 0,1 %. Влажность образца вычисляют по формуле (17) .

### **6. Определение водопоглощения**

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

Водопоглощение по массе  $B_M$  (%) вычисляют по формуле:

$$B_M = \frac{m_H - m_C}{m_C} 100, \quad (18)$$

где  $m_H$  – масса насыщенного водой образца, г;

$m_C$  – масса сухого образца, г.

Водопоглощение по объему  $B_O$  (%) – степень заполнения объема материала водой, характеризующую в основном его открытую пористость вычисляют по формуле:

$$B_O = \frac{m_H - m_C}{\rho_{\text{в}} \times V_0} 100, \quad (19)$$

где  $V_0$  – объем образца,  $\text{см}^3$ ;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды ( $1\text{г}/\text{см}^3$ ).

Зная водопоглощение по массе  $B_M$  и плотность  $\rho_0$ , можно рассчитать водопоглощение по объему:

$$B_O = \frac{B_M \times \rho_0}{\rho_{\text{в}}} 100. \quad (20)$$

Испытание производят на образцах в виде кубов с ребром 100 или 150 мм или в виде цилиндров, имеющих такие же диаметр и высоту.

Допускается определение водопоглощения материала на образцах, имеющих неправильную геометрическую форму и массу не менее 200 г. Образцы высушивают до постоянной массы, а затем помещают в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. При этом образцы укладывают на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной. Температура воды в емкости должна быть  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Образцы взвешивают через каждые 24 ч насыщения водой с погрешностью не более 0,1 г. При каждом взвешивании образцы, вынутые из воды, предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, следует включать в массу насыщенного образца.

Насыщение водой производят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 г.

Водопоглощение по массе и объему вычисляют по формулам 18 – 20. Водопоглощение материала определяют также методом кипячения образцов. При этом образцы кипятят в сосуде с водой. Объем воды должен не менее чем в два раза превышать объем установленных в нем образцов. После каждых 4 ч кипячения образцы охлаждают в воде до комнатной температуры, обтирают влажной отжатой тканью и взвешивают. Испытание производят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 %. Расчет водопоглощения ведут по указанным выше формулам.

## **Практическая работа № 3**

### **Определение механических свойств материалов**

#### **Методические рекомендации**

Механические свойства строительных материалов характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил или внутренних напряжений.

Механические свойства разделяют на деформативные (упругость, пластичность и другие) и прочностные (пределы прочности при сжатии,

растяжении, изгибе, скалывании; ударная прочность или сопротивление удару; сопротивление истиранию).

Практическая работа содержит методику определения основных механических свойств материалов в основном применительно к испытаниям каменных материалов и прежде всего бетона.

### **1. Определение прочности на сжатие**

Прочность – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (стесненной усадкой, не равномерным 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 сжатие  $R_{сж}$  [Мпа, (кгс/см<sup>2</sup>)] равен частному от деления разрушающей силы  $P_{разр}$  [Н, (кгс)] на первоначальную площадь поперечного сечения  $F$  [мм<sup>2</sup>, (см<sup>2</sup>)] образца (куба, цилиндра, призмы):

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{F}. \quad (21)$$

Для определения прочности на сжатие образцы материала подвергают действию сжимающих усилий и доводят до разрушения. Испытуемые образцы должны иметь правильную геометрическую форму (куб, параллелепипед, цилиндр). Образцы из бетона в форме кубов могут быть таких размеров: 70 x 70 x 70, 100 x 100 x 100, 150 x 150 x 150, 200 x 200 x 200, 300 x 300 x 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/см<sup>2</sup>)). В момент разрушения образца, то есть в момент наибольшей нагрузки, стрелка, связанная с силоизмерительным устройством прессы, 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 остается на месте и показывает значение максимальной нагрузки на образец.

Предел прочности на сжатие образца вычисляют по формуле (21), причем в эту формулу, как указано в соответствующих ГОСТах на испытание различных строительных материалов, обычно вводят различные коэффициенты, в том числе масштабный коэффициент перехода к прочности образцов базового размера, коэффициент, учитывающий влажность образца, и другие. Например, при испытании тяжелого бетона базовым образцом является куб размерами 150 x 150 x 150 мм, 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 [2].

Иногда для определения усилий, действующих на испытываемый образец, на прессе устанавливают манометр, показывающий давление в цилиндре (кгс/см<sup>2</sup>). Тогда, зная площадь поршня и давление на 1 см<sup>2</sup> 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 (21) можно вычислить предел прочности на сжатие (кгс/см<sup>2</sup> или МПа).

## **2. Определение прочности при изгибе**

Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$  [МПа (кгс/см<sup>2</sup>)] определяют по таким формулам:

- при одном сосредоточенном грузе, расположенном посередине не образца балочки прямоугольного сечения, (рис. 5а):

$$R_{изг} = \frac{3 \times P_{разр} \times l}{2 \times b \times h^2}, \quad (22)$$

- при двух одинаковых грузах, расположенных на одинаковом расстоянии от середины балочки, (рис. 5б):

$$R_{изг} = \frac{3 \times P_{разр} \times (l - a)}{2 \times b \times h^2}, \quad (23)$$

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).

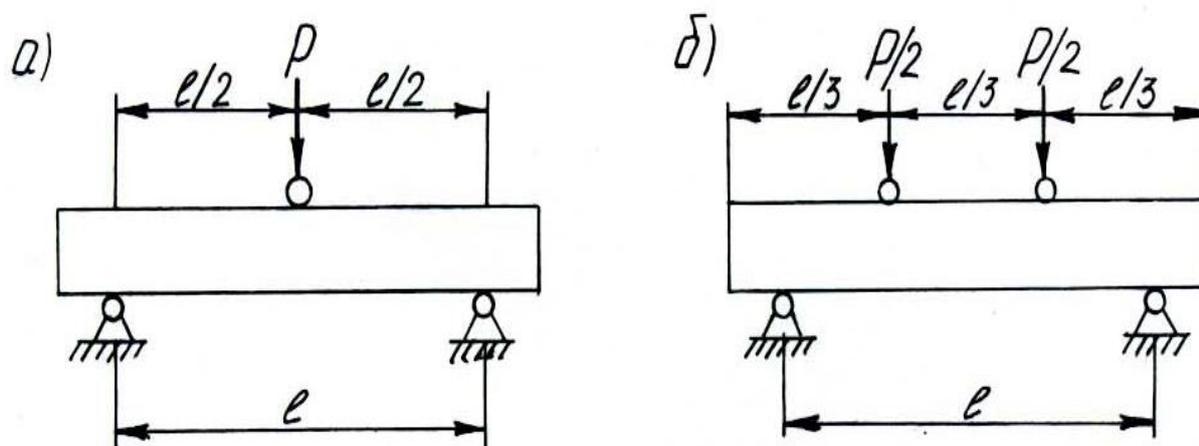


Рис. 5. Схемы испытаний на изгиб:  
 а) при одном сосредоточенном грузе;  
 б) при двух одинаковых грузах

При  $a = \frac{1}{3} \times l$  формула (23) упрощается:

$$R_{изг} = \frac{P \times l}{b \times h^2}. \quad (24)$$

Предел прочности 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. Расчет предела прочности

при изгибе производят по формулам (22 – 24). Предел прочности при изгибе стандартных образцов-балочек на приборе МИИ–100 указывается счетчиком.

### 3. Определение ударной прочности

Динамической или ударной прочностью называют свойство материала сопротивляться разрушению при ударных нагрузках. Она характеризуется количеством работы, затраченной на разрушение стандартного образца, отнесенной к единице объема ( $\text{Дж}/\text{см}^3$ ). Испытание образцов материала на удар обычно проводят на копрах. Копер (рис. 6) для проведения испытания образцов в виде цилиндров диаметром и высотой 25 мм представляет собой массивную металлическую опору с двумя закрепленными в ней направляющими стержнями 2.

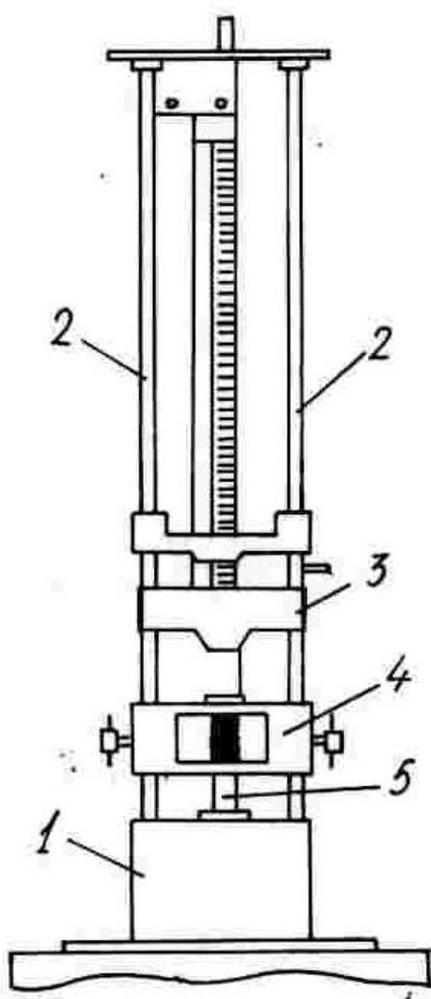


Рис. 6. Копер для испытания цилиндрических образцов на удар

Внизу копра имеется наковальня 1 массой 50 кг, заделанная в фундамент. На наковальне устанавливают испытываемый образец 5. По металлическим направляющим передвигается стальная гиря 3 массой 2 кг. Гиря ударяет по образцу через подбабок 4 со сферической поверхностью радиусом 1 см, соприкасающийся с образцом. Удары должны приходиться точно в центр верхней плоскости образца. Первый удар наносят с высоты 1 см, второй – с 2 см, третий – с 3 см и т. д. до разрушения образца, то есть до появления первой трещины. Показателем сопротивления образца удару служит порядковый номер удара, предшествующий разрушению. Так, если первая трещина появилась после 24-го удара с высоты 24 см, то считают, что прочность материала на удар составляет 23. Каменный материал признаётся хорошо сопротивляющимся удару при показателе, равном 16 и выше, и плохо сопротивляющимся удару при показателе, равном 8 и ниже.

Для сопоставления полученной величины с результатами испытания на копрах других систем вычисляют работу  $A$  [кгс x см/см<sup>3</sup>(Дж/см<sup>3</sup>)], затраченную на разрушение образца, отнесенную к его объему  $V$ (см<sup>3</sup>). Подсчет ведут по формуле:

$$A = \frac{P(1+2+3+\dots+n)}{V}, \quad (25)$$

где  $P$  – масса гири, кг;

$n$  – порядковый номер удара, разрушившего образец;

$V$  – объем образца, см<sup>3</sup>.

#### **4. Определение показателя истираемости**

Истираемость показывает стойкость материала к абразивному износу. Она оценивается потерей массы материала, отнесенной к единице его площади, или уменьшением толщины материала. Чем выше истираемость, тем менее износостоек материал. Наибольшее значение истираемость имеет для строительных материалов, подвергающихся соответствующим воздействиям, например, для дорожных и напольных покрытий и т. п.

Истираемость строительных материалов определяют специальными приборами, конструкция которых зависит от вида материала. Так, полимерные материалы для полов испытывают с помощью шлифовальной шкурки, входящей в состав прибора, а каменные материалы (бетоны, растворы, природный камень, керамическую плитку) – на кругах истирания с использованием шлифовальных порошков (кварцевый песок).

Сопротивление истиранию – это способность материала сопротивляться изменению объема или массы под действием истирающих усилий. Показатель истираемости материала  $I$  (г/см<sup>2</sup>) устанавливают по формуле:

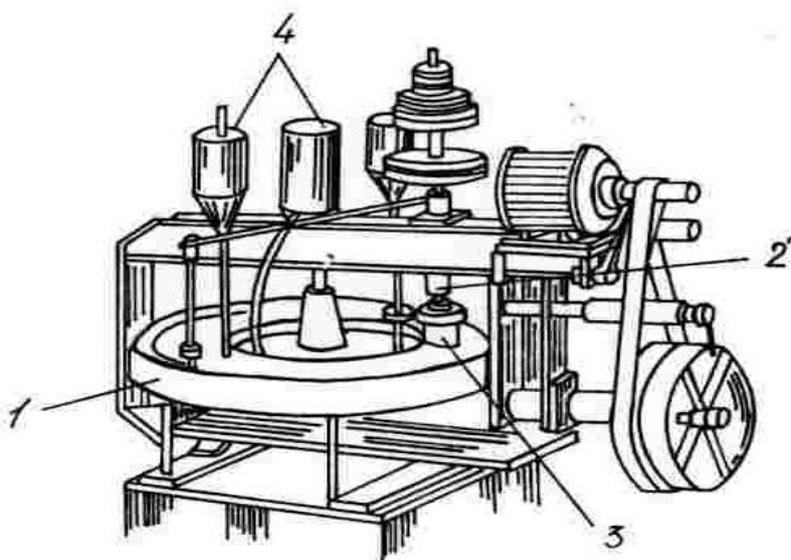
$$I = \frac{m - m_1}{F}, \quad (26)$$

где  $m$  – масса образца до истирания, г;

$m_1$  – масса образца после истирания, г;

$F$  – площадь истирания, см<sup>2</sup>.

Для определения истираемости применяют специальные приборы-круги истирания (рис. 7). Прибор состоит из чугунного диска 1, который вращается на вертикальной оси со скоростью 30 об/мин. Частота вращения фиксируется имеющимся счетчиком. Над диском имеются два зажимных приспособления 2 для закрепления в них испытуемых образцов 3. Оси зажимов находятся на расстоянии 22 см от центра диска. С помощью специального приспособления образец прижимают к поверхности круга с силой 6 Н на 1 см<sup>2</sup> площади образца. Над диском на станине укреплены два бачка 4 для автоматической подачи истирающего порошка и два бачка для воды, которая необходима в случаях испытания влажных образцов.



**Рис. 7. Машина для определения истираемости образцов**

У зажимов установлены щетки для сметания в железный кожух истираемого материала. В качестве истирающего порошка применяют наждак или корунд крупностью около 0,5 мм. Расход истирающего порошка должен быть 20 г/мин.

Образцы должны быть правильной геометрической формы, высотой не менее 5 – 7 см, площадью не менее 40 – 50 см<sup>2</sup>. В случае меньшей высоты образец наклеивают на деревянную пластинку для получения требуемой общей высоты в 5 – 7 см.

Перед испытанием образец взвешивают с точностью до 0,1 г. Затем образец устанавливают на круг истирания так, чтобы истиралась его нижняя грань. При отсутствии у круга истирания бачков для автоматической подачи истирающего порошка на диск прибора равномерным слоем насыпают первую порцию (20 ± 1) г шлифзерна (на первые 30 м пути).

Через каждые 30 м пути (28 оборотов диска на приборе ЛКИ-2 или ЛКИ-3) истирающий диск останавливают. С него удаляют остатки абразивного материала, насыпают новую порцию абразива и снова включают прибор. Указанную операцию повторяют 5 раз, что составляет 1 цикл испытаний (150 м пути).

После каждого цикла испытаний образец вынимают из гнезда, поворачивают на  $90^{\circ}$  в горизонтальной плоскости и проводят следующие циклы испытаний. Всего проводят четыре цикла испытаний для каждого образца (общий путь истирания равен 600 м).

После испытания образец взвешивают, а его показатель истираемости вычисляют по формуле 26.

## **Практическая работа № 4**

### **Определение объёмов котлованов и траншей**

#### **Методические рекомендации**

*Цель устройства котлованов и траншей.*

Котлован – выемка в грунтовом массиве, служащая для устройства фундаментов, монтажа подземных конструкций, прокладки тоннелей.

Траншея – открытая выемка в грунте трапециевидного сечения, длина которой во много раз превышает ширину, а небольших размеров в плане и имеющих большую глубину называются шахтами.

Котлованы необходимы для строительства сооружений, а траншеи – для прокладки трубопроводов.

Котлованы вырывают, как правило, при возведении заглубленной части объемных сооружений (фундаментов, подвальных этажей: технических помещений, предназначенных для размещения оборудования санитарно-технических и технологических систем). Траншеи копают при прокладке линейно протяженных коммуникаций, наружных сетей водоснабжения, канализации, газоснабжения, отопления, электроснабжения и др.

*Устройство откосов выемок.*

Наклонные боковые поверхности выемок и насыпей называют откосами. Они устраиваются для того, чтобы обеспечить устойчивость земляных сооружений, это является важнейшим требованием, предъяв-

ляемым к ним. Земляные сооружения возводят с откосами необходимой крутизны.

Случаи, когда допускаются устройство котлованов и траншей с вертикальными стенками без креплений:

Не всегда имеется возможность отрывки котлована или траншей с наклонными откосами необходимой крутизны, чтобы обеспечить их устойчивость. Такое, в частности, может быть при отрывке выемок в стеснённых условиях городской застройки и тогда приходится их отрывать с вертикальными откосами.

Способы и конструкции креплений вертикальных стенок котлованов и траншей зависят от их глубины и размеров, физических и гидрогеологических свойств грунтов, наличия динамических нагрузок у краёв выемки (от машин и механизмов) и принятых способов последующих работ (монтажа строительных конструкций, труб и т. п.).

В зависимости от конструктивного решения различают крепления следующих типов: распорные, консольные, консольно-распорные, консольно-анкерные, подкосные (рис. 8а). Тип крепления выбирают в зависимости от назначения и размеров выемки, свойств грунтов, величины притока грунтовых вод и условий производства работ.

По характеру конструктивного исполнения и степени оборачиваемости крепление может быть инвентарным и стационарным (из отдельных элементов), сплошным или с прозорами [5].

Распорные крепления наиболее распространены. Они применяются для траншей глубиной до 3 м и состоят из щитов (сплошных или с прозорами), стоек (или прогонов), раздвижных винтовых распорок или рам. На рис. 8б приведён инвентарный вариант исполнения крепления. Такое крепление состоит из деревянных щитов 2 x 0,5 м, вертикально соединённых брусьев 80 x 150 мм, металлических стоек из труб диаметром 70 мм с отверстиями для крепления разжимных телескопических распорок. Крепление стен производят сразу же после отрывки траншеи. Консольные (рис. 8в) и консольно-распорные (рис. 8г) крепления используются при глубинах отрывки 3 м в слабых водонасыщенных грунтах. Конструктивными элементами креплений этого типа являются: металлические стойки-сваи, сплошная забирка из досок и распорки между стойками.

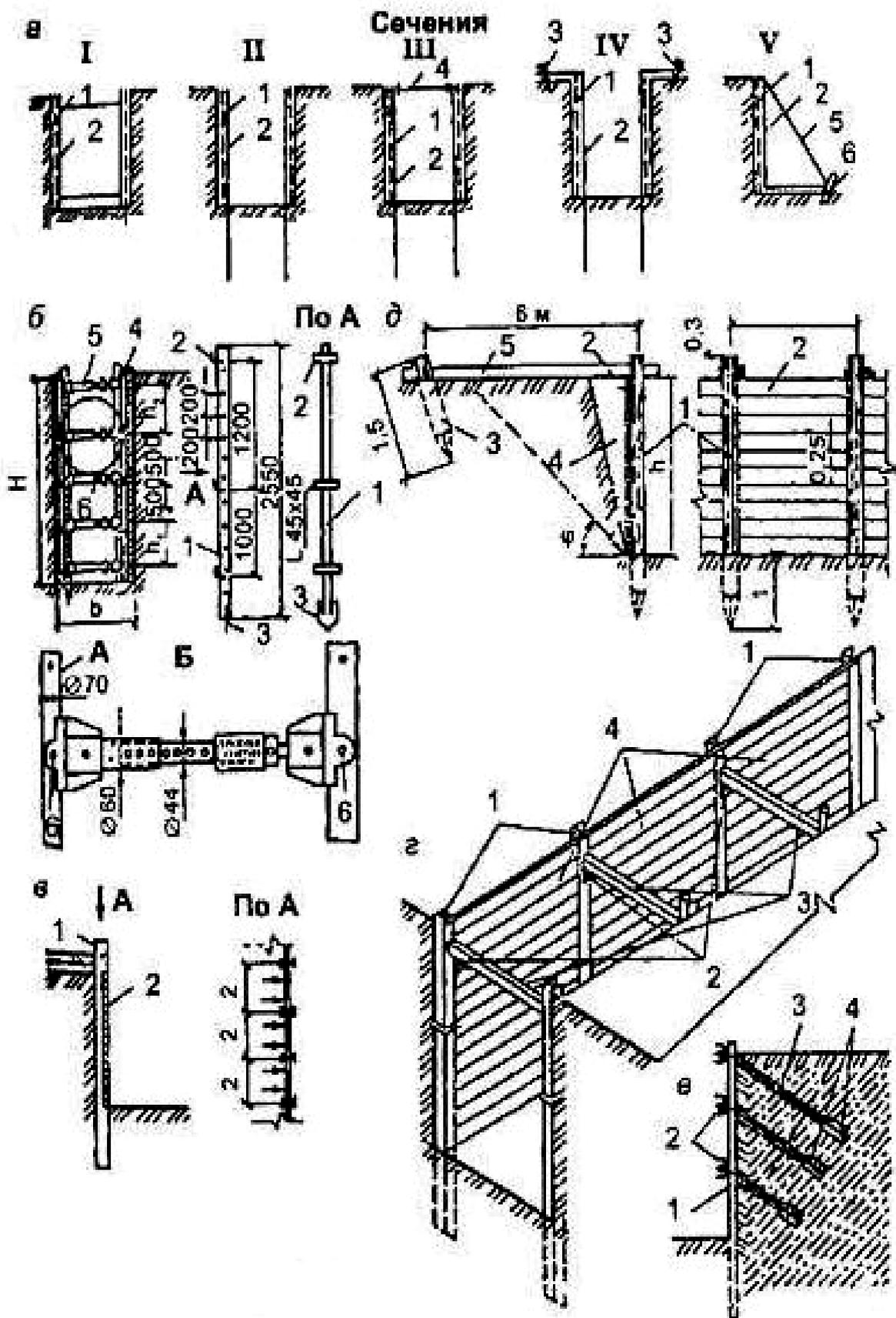


Рис. 8. Крепление вертикальных стен выемок

Примечания: а – схемы типов конструктивных решений креплений стенок траншей и котлованов: I – распорное; II – консольное; III – консольно-распорное; IV – консоль-

но-анкерное; V – подкосное: 1 – щиты; 2 – стойки (сваи); 3 – анкеры; 4 – распорки; 5 – подкосы; 6 – упоры;

б – инвентарное распорное крепление: 1 – металлические стойки; 2 – уголок; 3 – заострение; 4 – щиты; 5 – распорки телескопической конструкции; 6 – болт;

в – консольный тип: 1 – стойки; 2 – щиты и пластины;

г – консольно-распорный тип крепления: 1 – двутавровые балки; 2 – поддерживающие стальные уголки; 3 – деревянные распорки; 4 – доски ограждающего элемента крепления (забирка);

д – консольно – анкерный тип: 1 – стойки; 2 – забирка; 3 – свая-анкер; 4 – засыпка; 5 – тяжи;

е – шпунтовое ограждение с внутренним анкерным креплением: 1 – шпунтовая стенка; 2 – балки; 3 – тяги; 4 – анкеры.

Консольно-анкерные крепления (рис. 8д) в отличие от консольных имеют анкеры, состоящие из якорей и тяжей к стойкам. Якоря обычно устанавливают от бровки на расстоянии не менее  $1,5 h$  (где  $h$  – глубина выемки), а их количество определяют по расчёту.

Шпунтовые ограждения стен являются разновидностью консольных ограждений и устраиваются при глубоких котлованах, большом боковом давлении грунта, сложных гидрогеологических условиях. Шпунтовые ограждения представляют собой сплошные стенки из предварительно погруженных в грунт стальных или деревянных шпунтин с замковыми соединениями. Существует три варианта исполнения шпунтовых ограждений: консольное, распорное и анкерное (рис. 8е).

Подкосные крепления используются для крепления стен котлована и состоят из забирки, стойки, подкоса, лежня и упорного якоря. Крепления такого типа затрудняют работы в котловане и поэтому применяются редко.

#### *Крутизна откоса.*

Для обеспечения устойчивости котлована последние сооружают с откосами, крутизна которых определяется углом естественного откоса, в свою очередь зависящим от угла внутреннего трения и сцепления, объёмной массы, влажности грунта и др. условий (рис. 9). Угол естественного откоса для различных грунтов составляет от  $15$  до  $50^\circ$ . При большой глубине котлована откосам придают переменную крутизну. При наличии неустойчивых грунтов откосы котлована удерживаются от обвалов и оплывания шпунтовыми ограждениями, распорками и др. способами.

Крутизна (или коэффициент) откоса  $m = h/a$ , где  $h$  – глубина выемки или высота насыпи.

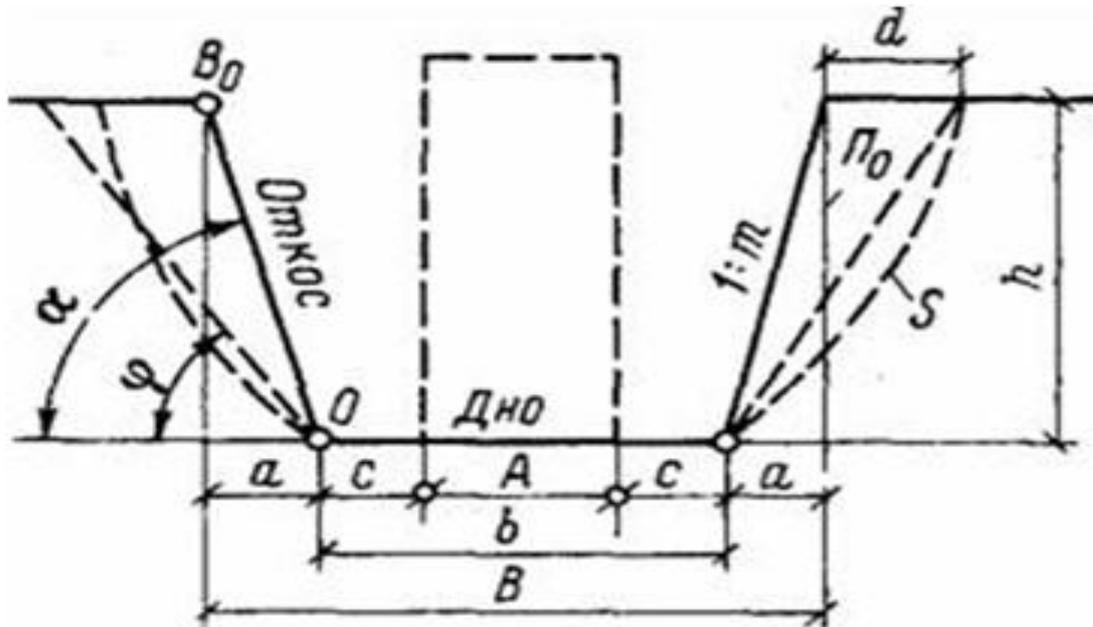


Рис. 9. Элементы трапецидальной выработки:

$B$  – ширина поверху,  $b$  – ширина по дну,  $a$  – заложение откоса,  $B_0$  – бровка откоса,  $O$  – основание откоса,  $h$  – глубина выработки,  $c$  – зазор между внешним габаритом конструкции и основанием откоса,  $\alpha$  – угол откоса,  $\varphi$  – угол внутреннего трения,  $S$  – поверхность обрушения (сползания) грунта,  $d$  – ширина зоны обрушения,  $m$  – коэффициент откоса.

В практике проектирования земляных сооружений и в нормативной документации уклон боковых поверхностей часто выражается отношением глубины ( $h$ ) к заложению откоса ( $a$ ), называемым крутизной откоса ( $h/a$ ). Величина, обратная крутизне откоса, носит название коэффициент откоса ( $m$ ). Чем монолитнее грунт и больше его обводненность, тем больше крутизна откоса выемки.

Устройство откосов с крутизной больше нормативной не обеспечивает их устойчивости в процессе функционирования, так как возможно обрушение грунта в объеме призмы. Излишнее уменьшение крутизны откосов связано с большими дополнительными объемами разработки грунта. Основание откоса ограничивается линией пересечения плоскости откоса с дневной поверхностью грунта и дна.

Угол откоса ( $\alpha$ ) – острый угол между плоскостью откоса и горизонтальной плоскостью на уровне дна выработки.

*Определение ширины, длины по дну котлована под фундаментом.*

К основным размерам котлована относятся его размеры по дну, по верху и глубина. Размеры по дну определяются размерами подземного контура сооружения, к которым добавляются размеры, требующиеся по условиям производства работ для устройства опалубки, установки оборудования, в том числе для крепления бортов, если оно предусматривается. В размеры котлована поверху включается также ширина откосов котлована.

Размеры котлована в плане и его глубина устанавливаются проектом сооружения в зависимости от условий эксплуатации последнего, уровня залегания грунтов, способных выдержать нагрузку от сооружения, глубины промерзания грунта и других факторов.

*Пример определение объёма котлована.*

Определить объём котлована имеющего размеры по дну  $A \times B = 12 \times 30$  и глубину посередине (пересечение диагоналей)  $h = 4$  м. Крутизна откосов  $1/m = 1/0,67$ . Местность имеет поперечный уклон  $i = 0,04$ .

Решение:

Котлован необходим для сооружения фундамента и подземной части инженерного сооружения. Устанавливают размеры и расположение сооружения, ширину  $a$  и длину  $b$  дна котлована ( $a$  и  $b$  несколько больше соответствующих размеров сооружения). Крутизну откоса котлована, определяют уклоном  $i$ , равным отношению превышения к горизонтальному проложению, то есть  $i = h/d = \operatorname{tg}v$ . Кроме того, для этой цели используют коэффициент откоса  $\tau = d/h = 1/i = \operatorname{ctgv}$ ,  $v$  – угол наклона.

$$a_1 = a + 2hm;$$

$$b_1 = b + 2hm,$$

где  $a, b$  – длины сторон у нижнего основания;

$a_1, b_1$  – длины сторон у верхнего основания,

$m$  – коэффициент откоса.

$$a_1 = 12 + 2 \times 4 \times 0,67 = 17,36;$$

$$b_1 = 30 + 2 \times 4 \times 0,67 = 35,36.$$

Объём котлована равен:

$$V_k = h/6 \times [(2a + a_1) \times b + (2a_1 + a) \times b_1];$$

$$V_k = 4/6 \times [(2 \times 12 + 17,36) \times 30 + (2 \times 17,36 + 12) \times 35,36] = 2\,892,8 \text{ (м}^3\text{)}$$

Определяем добавочный объем с учетом уклона.

Закладка не определена.  $h_1$

$i_{\text{поп}} = h_1 / b$  отсюда  $h_1 = i_{\text{поп}} \times b$ , м;

$V_1 = b_1 \times a_1 \times h_1$ , м<sup>3</sup>

$V_2 = a_1 \times h_1 \times a$ , м<sup>3</sup>

$i_{\text{поп}} = h_1 / b$ , отсюда  $h_1 = i_{\text{поп}} \times b$ , м

$h_1 = 0,04 \times 30 = 1,2$  (м)

$V_1 = 35,36 \times 17,36 \times 1,2 = 736,6$  (м<sup>3</sup>)

$V_2 = 17,36 \times 1,2 \times 12 = 249,98$  (м<sup>3</sup>)

Определяем общий объем котлована:

$V_{\text{общ.}} = V_{\text{к}} + V_1 + V_2$  (м<sup>3</sup>);

$V_{\text{общ.}} = 2\,892,8 + 736,6 + 249,98 = 3\,879,38$  (м<sup>3</sup>).

## **Практическая работа № 5**

### **Определение свойств строительной воздушной извести**

#### **Методические рекомендации**

Строительной воздушной известью называют продукт обжига до полного удаления углекислоты кальциево-магниевого карбонатных горных пород, содержащий не более 6 % глинистых и песчаных примесей и состоящий в основном из оксида кальция.

Строительную известь делят на негашеную – комовую и молотую, и гашеную – гидратную (пушонку) и известковое тесто. Негашеная известь, иногда называемая кипелкой, состоит из CaO, а гашеная – из Ca(OH)<sub>2</sub>, причем известковое тесто содержит значительное количество (до 60 – 70 %) воды, придающей ему пластичность.

В зависимости от температуры, развивающейся при гашении, различают низкоэкзотермичную (температура гашения ниже 70<sup>0</sup>С) и высокоэкзотермичную (температура гашения выше 70<sup>0</sup>С) извести.

По скорости гашения различают известь быстрогасящуюся (скорость гашения не более 8 мин), среднегасящуюся (скорость гашения не менее 8 мин и не более 25 мин) и медленногасящуюся (скорость гашения не менее 25 мин).

В зависимости от содержания свободных СаО и MgO, определяющих активность извести, содержания СО<sub>2</sub>, а также непогасившихся зерен, негашеная известь делится на три, а гашеная на два сорта. Технические требования к негашеной кальциевой извести приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические требования к негашеной кальциевой извести**

Сорт	Содержание, % по массе			
	активных СаО, не менее	активных MgO, не более	СО <sub>2</sub> , не более	непогасившихся зерен, не более
1	90	5	3	7
2	80	5	5	11
3	70	5	7	14

*Определение суммарного содержания активных оксидов кальция и магния в кальциевой извести.*

Навеску негашеной комовой или молотой извести массой 4 – 5 г предварительно растирают в течение 5 минут в фарфоровой ступке. Навеску растертой извести массой 1 г помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, добавляют 100 – 150 мл дистиллированной воды, кладут 3 – 5 стеклянных бус или оплавленных стеклянных палочек длиной 5 – 7 мм, закрывают стеклянной воронкой или часовым стеклом и нагревают 5 – 7 минут до температуры кипения. Раствор охлаждают до температуры 20 – 30<sup>0</sup>С, промывают стенки колбы и стеклянную воронку (или часовое стекло) кипяченой дистиллированной водой, добавляют 2 – 3 капли 1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании одним раствором соляной кислоты HCl до полного обесцвечивания раствора. Титрование считают законченным, если в течение 8 минут при периодическом взбалтывании раствор остается бесцветным.

Содержание СаО и MgO в процентах по весу (активность А) определяют по формуле:

$$A = \frac{V \times 2,804 \times K}{G}, \quad (27)$$

где V – количество одного раствора соляной кислоты, пошедшее на титрование, мл;

K – поправка к титру одного раствора соляной кислоты;

2,804 – количество оксида кальция, соответствующее 1 мл 1н раствора соляной кислоты, умноженное на 100; G – навеска извести, взятая для титрования, г.

### *Определение содержания в извести непогасившихся зерен.*

Для определения количества непогасившихся зерен извести предварительно готовят известковое тесто, всыпая 1 кг негашеной извести в 3,5 – 4 л нагретой до температуры 85 – 90<sup>0</sup>С воды, и выдерживают его 2 часа. Затем это тесто разбавляют водой до консистенции известкового молока и переносят на сито с сеткой № 063, одновременно промывая его слабой струей воды, слегка растирая мягкие кусочки стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Остаток на сите собирают в фарфоровую чашку, высушивают в сушильном шкафу при температуре 140 – 150<sup>0</sup>С до постоянной массы и взвешивают. Полученное значение остатка, деленное на 10, дает содержание непогасившихся зерен в процентах. При проведении лабораторных занятий для каждой бригады навеска может быть взята в количестве 100 г. В данном случае содержание в процентах будет равно массе сухого остатка.

Определение температуры и времени гашения извести:

Для определения температуры и времени гашения извести используют бытовой термос вместимостью 500 мл. Навеску извести в граммах рассчитывают по формуле:

$$G = \frac{1000}{A}, \quad (28)$$

где  $A$  – содержание активных оксидов кальция и магния в извести, %.

Навеску помещают в термосную колбу, вливают 25 мл воды, имеющей температуру 20<sup>0</sup>С, и быстро перемешивают деревянной отполированной палочкой. Колбу закрывают пробкой с плотно вставленным термометром на 100 – 150<sup>0</sup>С и оставляют в покое. Ртутный шарик термометра должен быть полностью погружен в реагирующую смесь. Отсчет температуры ведут через каждую минуту, начиная от момента добавления воды.

Определение считается законченным, если в течение четырех минут температура повышается не более чем на 1<sup>0</sup>С.

За время гашения принимают время с момента добавления воды до начала периода, когда рост температуры не превышает 0,25<sup>0</sup>С в минуту.

## Практическая работа № 6

### Определение свойств тяжелого бетона

#### Методические рекомендации

Качество тяжелого бетона характеризуют классами и марками по прочности при сжатии и изгибе, марками по морозостойкости и водонепроницаемости. Класс бетона по прочности на сжатие определяют величиной гарантированной прочности на сжатие в МПа с обеспеченностью 0,95 образцов бетона базового размера (кубов с ребром 15 x 15 x 15 см) в возрасте 28 суток. Бетоны подразделяют на классы: В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5; В 15; В 20; В 25; В 30; В 35; В 40; В 50; В 55; В 60; В 65; В 70; В 75; В 80. На производстве 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 табл. 2.

Таблица 2

#### Классы, марки и средняя прочность бетона 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 25	37,7	М 350
В 30	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

Для тяжелых бетонов, применяемых в строительстве дорог и аэродромов, устанавливаются классы и марки бетона по прочности при изгибе. Для бетонов конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации по переменному замораживанию и оттаиванию, назначают такие марки по морозостойкости: F 50; F 75; F 100; F 150; F 200; F 300; F 400; F 500; F 600; F 800; F 1 000. Для бетонов конструкций, к которым предъявляются требования ограничения проницаемости или повышенной плотности и коррозионной стойкости, назначают марки по водонепроницаемости. Марки тяжелого бетона по водонепроницаемости: W 2; W4; W 6; W 8; W 10; W 12; W 16; W 18; W 20.

*Определение прочности тяжелого бетона на сжатие.*

Предел прочности бетона на сжатие обычно определяют на образцах кубической формы с размерами грани 70, 100, 150, 200, 300 мм; а также на образцах цилиндрической формы диаметром 70, 100, 150, 200 мм и высотой  $h=\alpha$  или  $2\alpha$ . Размеры образцов выбирают в зависимости от максимального размера зерен заполнителя. Максимальный размер зерен заполнителя должен быть не более  $1/4$  размера грани куба или диаметра цилиндра. Образцы испытывают сериями по три образца.

Перед формованием внутреннюю поверхность металлических форм смазывают тонким слоем машинного масла. Уплотнение бетонной смеси при изготовлении образцов осуществляют способом, принятым в технологии производства изделий. При невозможности выполнения этого условия, образцы формируют следующим образом. Укладку бетонной смеси и ее уплотнение производят штыкованием с помощью металлического стержня диаметром 16 мм. Количество штыкований определяется из расчета 10 штыкований на каждые  $100 \text{ см}^2$  площади образца. При уплотнении бетонной смеси с подвижностью менее 10 см или жесткостью до 11 с форму закрепляют на лабораторном вибростоле с помощью металлических зажимов. Форму заполняют бетонной смесью с избытком и включают вибростол. Вибрирование продолжают до тех пор, пока смесь полностью не заполнит форму с образованием на поверхности цементного молока. При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью 11 с и более, на форме закрепляют насадку. Форму с насадкой жестко закрепляют на виброплощадке и устанавливают на поверхность смеси пригруз, обеспечивающий давление  $(4 \pm 0,5) \text{ кПа}$ , и вибрируют до прекращения оседания пригруза, плюс дополнительно 5 – 10 с.

Затем излишек бетонной смеси срезают металлической линейкой, и поверхность образца сглаживают кельмой. При определении пределов прочности на сжатие товарного бетона поверхность образцов закрывают влажной тканью, выдерживают в комнате при температуре воздуха  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  не менее 24 часов, а затем распалубливают и помещают в камеру нормального твердения. Если предусмотрено тепловлажностное ускоренное твердение бетона, то образцы в формах помещают в пропарочную камеру и подвергают тепловлажностной обработке по заданному режиму. Чаще всего образцы подвергают твердению вместе с изделиями в идентичных условиях.

Перед испытанием образцы подвергают визуальному осмотру (дефектные образцы испытаниям не подлежат), взвешивают, определяют среднюю плотность. Среднее значение средней плотности бетона округляют до десяти  $\text{кг/м}^3$ .

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

Предел прочности бетона, МПа ( $\text{кгс/см}^2$ ), выражают по формуле:

$$R = \alpha \frac{P}{F}, \quad (28)$$

где  $P$  – разрушающая сила, Н ( $\text{кгс}$ );

$F$  – площадь поперечного сечения образца,  $\text{мм}^2$  ( $\text{см}^2$ );

$\alpha$  – масштабный коэффициент.

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

*Определение прочности тяжелого бетона неразрушающими методами.*

Для более полного контроля прочности бетона в изделиях недостаточно обычных стандартных испытаний контрольных образцов. Образцы имеют другие размеры, что сказывается на условиях их формирования и твердения, и поэтому они оценивают прочность бетона в изделии лишь с некоторой степенью приближения.

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

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

В настоящее время широко используют неразрушающие методы контроля прочности бетона, которые позволяют ориентировочно определить прочность в любой конструкции или на любом отдельном участке конструкции или изделия без их разрушения. Неразрушающие методы можно разделить на две группы: механические или поверхностные (методы упругого отскока, ударного импульса, пластических деформаций, отрыва участка конструкции, скалывания ребра конструкции и т. д.) и физические (ультразвуковые, резонансные методы, метод свободных колебаний). При использовании неразрушающих методов прочность бетона определяют по градуировочной зависимости, связывающей косвенный показатель прочности бетона (величина отскока бойка, диаметр отпечатка на бетоне, скорость прохождения через него ультразвукового импульса и т. п.) с прочностью бетона. Градуировочная зависимость устанавливается на основании параллельных испытаний под прессом и неразрушающим методом не менее чем пятнадцати серий контрольных образцов-кубов. Контрольные образцы отбираются из произвольно выбранных замесов. Если отобранные таким образом образцы не обеспечат разброса значений прочности бетона в диапазоне, дающем возможность построить градуировочную зависимость, допускается изготавливать до 40 % образцов с отклонениями по цементно-водному отношению до  $\pm 0,4$ . Среди механических неразрушающих методов на практике наиболее распространены: метод пластических деформаций, основанный на принципе заглубления в бетон бойка (шарика) при ударе и получения отпечатка (лунки) на бетоне определенного диаметра, и метод

упругого отскока, в котором косвенной характеристикой прочности является величина отскока бойка от поверхности бетона (или прижатого к ней ударника).

Первый метод испытания бетона реализуется с помощью пружинных приборов с определенной энергией удара, а также молотка Кашкарова с произвольной энергией удара. С целью уменьшения влияния этого параметра на результаты измерений, при использовании последнего прибора косвенной характеристикой прочности бетона является соотношение диаметров отпечатков на бетоне и эталонном стержне.

Эталонный молоток конструкции Кашкарова К. П. представлен на рис. 10. Метод определения прочности бетона заключается в том, что при ударе молотком по поверхности бетонной конструкции одновременно образуется два отпечатка: первый диаметром  $d_B$  – на бетоне, второй диаметром  $d_Э$  – на введенном в молоток эталонном стержне. За косвенную характеристику прочности бетона принимают отношение  $d_B:d_Э$ , по которому определяют прочность бетона в данном месте конструкции. Эталонный стержень изготовлен из стали Ст3 длиной 150 мм и диаметром 10 мм; конец стержня заострен [3].

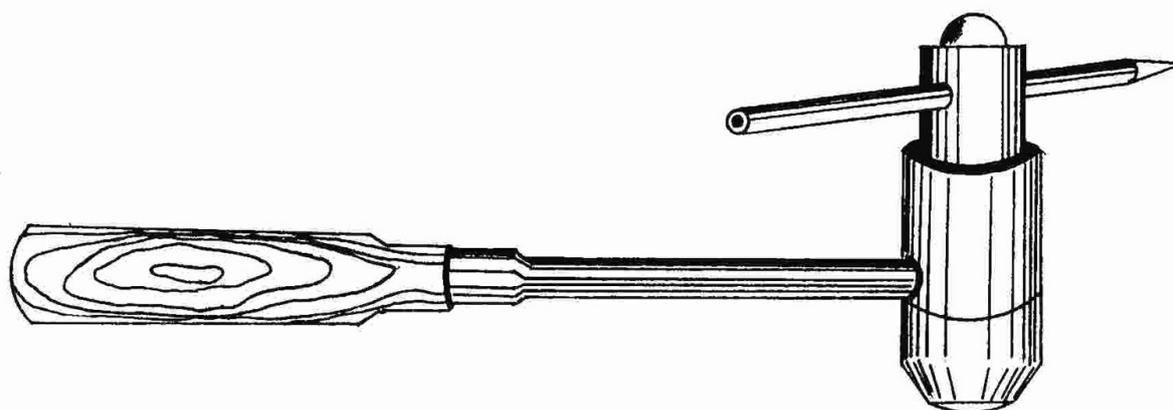


Рис. 10. Эталонный молоток конструкции Кашкарова К. П.

Эталонным молотком наносят не менее 5 ударов в различных точках по длине или площади конструкции. Во время испытания необходимо следить за тем, чтобы ось головки молотка была перпендикулярна поверхности испытываемой конструкции. После каждого удара эталонный стержень передвигают таким образом, чтобы расстояние между центрами соседних отпечатков было не менее 10 мм. Удары по поверхности

испытуемой конструкции наносят так, чтобы расстояние между местами испытаний было не менее 30 мм. Диаметр лунок на бетонной поверхности и эталонном стержне измеряют с точностью до 0,1 мм угловым масштабом, состоящим из двух стальных измерительных линеек, склепанных под углом. Для облегчения измерения диаметров отпечатков на бетоне удары можно производить через листы копировальной и белой бумаги.

Прочность бетона в конструкции устанавливают с помощью градуировочной зависимости по среднеарифметическому значению косвенной характеристики. Полученные таким образом значения прочности справедливы для бетона с влажностью 2 – 6 %. В случае повышенной влажности значения предела прочности бетона необходимо умножить на поправочный коэффициент влажности, принимаемый равным при влажности 8 % – 1,1; при влажности 12 % – 1,2.

Метод упругого отскока позволяет получать более достоверные данные о прочности бетона, так как на величину упругого отскока в большей степени влияют внутренние слои конструкции. Этот метод осуществляется с помощью молотков Шмидта, часто называемых склерометрами. ОМШ–1 (рис. 11) предназначен для определения прочности бетона на сжатие в диапазоне 5 – 40 МПа в бетонных и железобетонных конструкциях.

Перед выполнением удара нажатием ладони на сферический конец индентора 1 приводят склерометр в рабочее положение. При этом стрелка на шкале прибора должна занять нулевое положение. Затем устанавливают склерометр в выбранную точку испытуемой поверхности перпендикулярно к ней. Удерживая склерометр за корпус двумя руками так, чтобы один палец находился у стопора, прижимают индентор к поверхности бетона и плавно сдвигают к ней корпус прибора до щелчка (удара). Не отводя склерометр от поверхности бетона, нажимают пальцем на кнопку – стопор 2, фиксируя положение бегунка со стрелкой 3 после удара. Высоту отскока определяют по шкале с точностью до единицы (0,5 деления шкалы).

Таким образом, выполняют испытание в не менее чем пяти точках изделия. Затем вычисляют среднее значение величины упругого отскока и определяют прочность бетона по градуировочной зависимости, заранее установленной путем параллельных испытаний контрольных кубов бетона склерометром и на прессе.

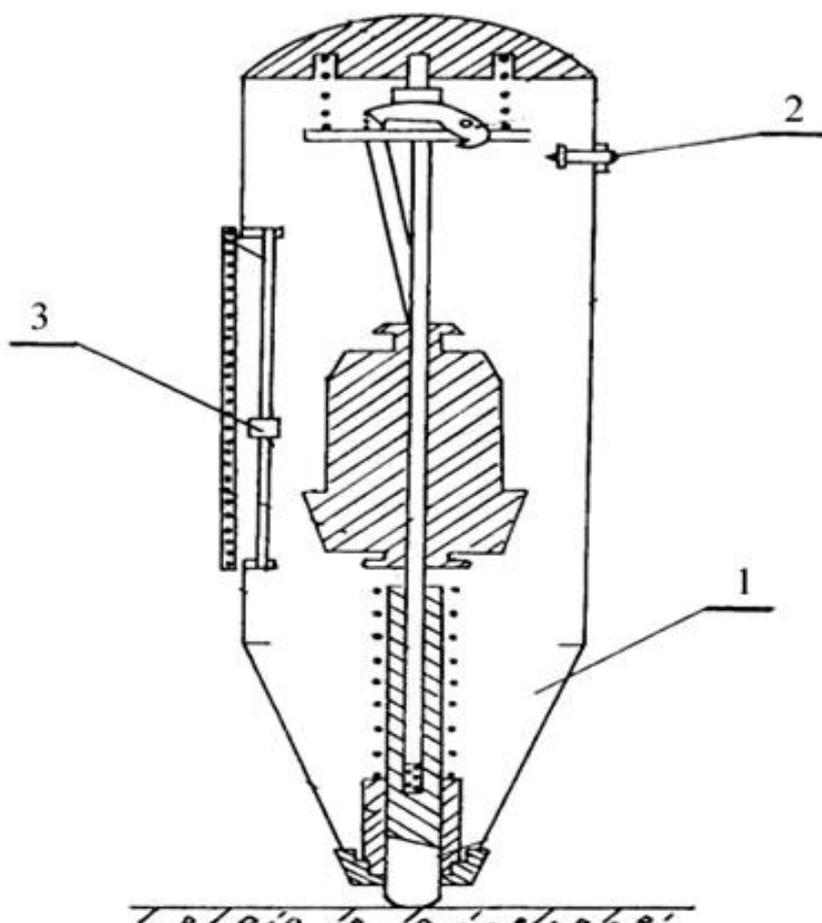


Рис. 11. Склерометр ОМШ–1

При испытании контрольных кубов склерометром они должны быть зажаты в прессе усилием  $(30 \pm 5)$  кН. Положение склерометра относительно испытываемой поверхности должно быть таким же, как и при установлении градуировочной зависимости, то есть горизонтально. При необходимости испытания горизонтальных или наклонных поверхностей следует учесть угол наклона между продольной осью прибора и горизонтальной плоскостью для введения поправки при обработке результатов.

*Определение морозостойкости бетона.*

Морозостойкость – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения, без определенного снижения прочности, а в ряде случаев – без определенной потери массы. Морозостойкость материала количественно оценивается маркой по морозостойкости. За марку по морозостойкости принимают наибольшее

число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживают образцы материала без видимых признаков разрушения и определенного снижения прочности и потери массы. Существуют следующие методы определения морозостойкости бетона:

1. Базовый для всех видов бетона, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий.
2. Базовый для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и ускоренный для других видов тяжелого бетона.
3. Ускоренный для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и других видов тяжелого бетона.
4. Ускоренный при однократном замораживании – дилатометрический.
5. Ускоренный при однократном замораживании – структурно-механический.

Четвертый и пятый методы применяются для всех бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, при этом последний метод предназначен для оценки морозостойкости бетона при подборе и корректировке его состава и не применяется для контроля этого показателя качества бетона. В данной работе рассматриваются первые три метода определения морозостойкости бетона как наиболее часто применяемые на практике. Размеры и количество образцов, а также среда для их испытаний в каждом из этих методов приведены в табл. 4.

Контрольными называют образцы, которые испытывают на сжатие через 2 – 4 ч после первоначального насыщения водой или водным раствором соли. Основными называют образцы, которые испытывают на сжатие через 2 – 4 ч после проведения заданного количества циклов попеременного замораживания в морозильной камере и оттаивания в ванне с водой или водным раствором соли. Первоначальное насыщение образцов бетона водой или водным раствором соли производится при температуре  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$  путем погружения в ванну с водой или водным раствором соли на  $1/3$  их высоты с последующим выдерживанием в течение 24 ч, затем погружением на  $2/3$  высоты с выдерживанием 24 ч и, наконец, полным погружением (образцы должны быть окружены водой со всех сторон слоем не менее 20 мм) с выдерживанием в течение 48 ч. Режимы замораживания и оттаивания образцов в первом и втором методах приведены в табл. 5.

Таблица 4

### Размеры и количество образцов, среда для их испытаний

Метод определения морозостойкости	Размеры образцов-кубов, мм	Среда			Число образцов	
		насыщения	замораживания	оттаивания	контрольных	основных
1	100 x 100 x 100, 150 x 150 x 150	Вода	Воздух	Вода	6	12
2	100 x 100 x 100, 150 x 150 x 150	5 %-ный раствор NaCl	Воздух	5 %-ный раствор NaCl	6	12
3	100 x 100 x 100, 70 x 70 x 70	5 %-ный раствор NaCl	5 %-ный раствор NaCl	5 %-ный раствор NaCl	6	6

Таблица 5

### Режимы замораживания и оттаивания образцов в первом и втором методах

Размеры образцов	Режимы			
	замораживания		оттаивания	
	время, не менее, ч	температура, °C	время, ч	температура °C
100 x 100 x 100	2,5	-(18 ± 2)	2 ± 0,5	+(18 ± 2)
150 x 150 x 150	3,5	-(18 ± 2)	3 ± 0,5	+(18 ± 2)

В третьем методе замораживание ведут так: понижают температуру до минус 50 – 55°C в течение (2,5 ± 0,5) ч, затем выдерживают при этой температуре еще (2,5 ± 0,5) ч, затем повышают температуру до минус 10°C в течение (1,5 ± 0,5) ч и после этого выгружают из морозильной камеры. Оттаивание ведут в течение в (2,5 ± 0,5) ч при

температуре  $+(18 + 2)^{\circ}\text{C}$ . При замораживании кубов с ребром 70 мм время понижения и выдерживания температуры, а также оттаивание образцов уменьшают на 1 час.

В первом и втором методах воду или водный раствор соли в ванне для оттаивания меняют на свежий через каждые 50 циклов, а в третьем методе – через каждые 5 циклов.

Количество циклов замораживания и оттаивания, после которых должно производиться испытание образцов на сжатие, а также определение потери массы для бетонов дорожных и аэродромных покрытий, для заданной марки бетона по морозостойкости [3]. Марку бетона по морозостойкости считают соответствующей требуемой, если снижение средней прочности основных образцов после установленного числа циклов замораживания и оттаивания по сравнению со средней прочностью контрольных образцов будет не более чем на 5 %, а для бетона дорожных и аэродромных покрытий кроме того не должно быть потери массы более чем на 3 %. В первом и втором методах устанавливается промежуточное число циклов, после которых должно производиться испытание основных образцов на сжатие.

Если среднее значение прочности образцов после промежуточных циклов будет меньше средней прочности контрольных образцов более чем на 5 % или для бетонов дорожных и аэродромных покрытий потеря массы будет больше чем на 3 %, то дальнейшее испытание следует прекратить и марку бетона по морозостойкости считать не соответствующей требуемой.

Испытание бетона на морозостойкость классическими (базовыми) методами имеет особенность, связанную с поведением цементной составляющей в процессе испытаний. В бетоне, даже после набора им марочной прочности, остается заметное количество зерен цемента, не полностью прореагировавших с водой, то есть способных к твердению. Гидратация этой части при испытании на морозостойкость может происходить в период оттаивания образцов в воде. Таким образом, в процессе испытаний одновременно протекают два конкурирующих процесса: деструктивный – разрушение цементного камня при замораживании, и конструктивный – рост прочности цементного камня во время нахождения образцов в воде. В начале испытаний суммарный эффект может быть положительным, то есть прочность бетона даже увеличивается. Затем начинает превалировать процесс деструкции, и прочность снижа-

ется. Поэтому при испытании бетона на морозостойкость по базовым методам нормативная потеря прочности, указывающая на окончание испытаний, составляет всего 5 % от начальной прочности бетона, в то время как при испытании кирпича нормативная потеря прочности составляет 15 %.

## **Практическая работа № 7**

### **Определение свойств силикатного кирпича**

#### **Методические рекомендации**

*Определение размеров кирпича и характеристик его внешнего вида.*

Как известно, одинарный кирпич имеет размеры 250 x 120 x 65 мм, а утолщенный – 250 x 120 x 88 мм. Предельные отклонения от номинальных размеров и геометрической формы изделия не должны превышать, мм:

по длине, толщине и ширине –  $\pm 2$ ;

по непараллельности граней –  $\pm 2$ .

На рядовом изделии не допускают дефекты внешнего вида, размеры и количество которых превышают указанные в табл. 6.

Таблица 6

#### **Предельное количество дефектов внешнего вида кирпича**

Вид дефекта	Значение
Отбитость углов глубиной от 10 до 15 мм, шт.	3
Отбитость и притупленность ребер глубиной от 5 до 10 мм, шт.	3
Шероховатости или срыв грани глубиной, мм	5
Трещины на всю толщину изделия протяженностью по постели до 40 мм, шт.	1

Отбитости и притупленности углов и ребер, шероховатости, трещины и другие повреждения на лицевых изделиях не допускаются. Проколы постели пустотелых изделий размером более 10 мм, а также такие дефекты изделий, как вздутие и шелушение поверхности, увеличение объема, наличие сетки мелких трещин от непогасившейся силикатной

смеси, не допускаются. В рядовом изделии не допускается присутствие в изломе или на его поверхности глины, песка, извести и посторонних включений размером свыше 5 мм в количестве более 3. Для лицевых изделий присутствие указанных включений на поверхности не допускается, в изломе их может быть не более 3. Пятна на лицевой поверхности изделий не допускаются.

Размеры кирпича, непараллельность граней, толщину наружных стенок, примыкающих к пустотам, размеры проколов, включений, глубину шероховатостей, длину трещин, глубину отбитостей углов и ребер измеряют с помощью металлической линейки, штангенциркуля и металлического угольника. Длину, ширину и высоту камней и кирпича измеряют по трем ребрам, сходящимся в одной вершине.

Для определения непараллельности измеряют четыре ребра изделия по высоте (толщине или длине, в зависимости от способа формования) и вычисляют как разность наибольшего и наименьшего измерений. Глубину отбитостей угла (ребра) измеряют с помощью угольника и линейки по высоте отбитого угла (ребра). Шероховатости или срывы граней определяют измерением зазора между гранью изделия и ребром приложенной к ней металлической линейки.

Размеры проколов и включений определяют по наибольшему измерению. Количество включений и их размер определяют на изломе одной из парных половинок. Недогас кирпича или камней определяют визуально путем сравнения образцов с утвержденным в установленном порядке образцом-эталоном.

Определение средней плотности силикатного кирпича:

Среднюю плотность определяют не менее чем на трех образцах. Объем образцов  $V$  определяют по их геометрическим размерам, измеряемым с погрешностью 1 мм. Для определения каждого линейного размера образец измеряют в трех местах – по ребрам и середине грани.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений. Образцы очищают от пыли, высушивают до постоянной массы в электрошкафу при 100 – 110°С и взвешивают, определяя массу  $m$ , кг. Среднюю плотность  $\rho_{ср}$  (кг/м<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{m}{V} \times 1000, \quad (30)$$

где  $V$  – объем образца, см<sup>3</sup>;

$m$  – масса образца, кг.

За значение средней плотности изделий принимают среднее арифметическое результатов определений средней плотности всех образцов, рассчитанное с точностью до  $10 \text{ кг/м}^3$ .

*Определение прочности кирпича при сжатии и изгибе.*

Марку кирпича по прочности устанавливают по пределам прочности при сжатии и изгибе, определенных соответственно на десяти целых кирпичах или десяти парных половинках и пяти кирпичах из партии готовой продукции.

Использование десяти кирпичей для определения предела прочности при сжатии производится обычно для пустотелого кирпича. Полнотелый кирпич делят на две половинки распиливанием или раскалыванием. Допускается определять предел прочности при сжатии на половинках кирпича, полученных при испытании на изгиб.

Марки кирпича по прочности в зависимости от пределов прочности при сжатии и изгибе испытанных образцов приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Марки кирпича по прочности в зависимости от пределов прочности при сжатии и изгибе в МПа ( $\text{кг/см}^2$ )**

Марка кирпича	Предел прочности, не менее МПа ( $\text{кг/см}^2$ )					
	При сжатии		При изгибе			
	всех видов изделий		одинарного и утолщенного полнотелого кирпича		утолщенного пустотелого кирпича	
	Средний для пяти образцов	Наименьший из пяти значений	Средний для пяти образцов	Наименьший из пяти значений	Средний для пяти образцов	Наименьший из пяти значений
300	30,0 (300)	25,0 (250)	4,0(40)	2,7 (27)	2,4 (24)	1,8 (18)
250	25,0 (250)	20,0(200)	3,5(35)	2,3 (23)	2,0 (20)	1,6 (16)
200	20,0 (200)	15,0(150)	3,2(32)	2,1 (21)	1,8 (18)	1,3 (13)
175	17,5 (175)	13,5 (135)	3,0(30)	2,0 (20)	1,6 (16)	1,2 (12)
150	15,0(150)	12,5(125)	2,7(27)	1,8 (18)	1,5 (15)	1,1 (11)
125	12,5(125)	10,0(100)	2,4(24)	1,6 (16)	1,2 (12)	0,9 (9)
100	10,0(100)	7,5(75)	2,0(20)	1,3 (13)	1,0 (10)	0,7 (7)
75	7,5(75)	5,0(50)	1,6(16)	1,1 (11)	0,8 (8)	0,5 (5)

Размеры образцов кирпича измеряют с погрешностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднее арифметическое значение результатов измерений двух средних линий противоположных поверхностей образца.

При испытании на сжатие кирпич или его половинки укладывают постелями друг на друга. Половинки размещают поверхностями раздела в противоположные стороны. Образцы из силикатного кирпича испытывают насухо, не производя выравнивания их поверхностей раствором. На боковые поверхности образца наносят вертикальные осевые линии. Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой пресса. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20 – 60 с после начала испытания. Предел прочности при сжатии  $R_{сж}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>), образцов вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (30)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кгс);

$F$  – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

При вычислении предела прочности при сжатии образцов из двух целых кирпичей толщиной 88 мм или из двух их половинок результаты испытаний умножают на коэффициент 1,2. Предел прочности при сжатии образцов в партии вычисляют с точностью до 0,1 МПа (1кгс/см<sup>2</sup>) как среднее арифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов.

Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20 – 60 с после начала испытаний. Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>), образца вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3 \times P \times l}{2 \times b \times h^2}, \quad (31)$$

где  $P$  – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кгс);

$l$  – расстояние между осями опор, м (см);  $b$  – ширина образца, м, (см);

$h$  – высота образца посередине пролета, м (см).

Предел прочности при изгибе образцов в партии вычисляют с точностью до 0,05 МПа (0,5кгс/см<sup>2</sup>) как среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти образцов.

## **Практическая работа № 8**

### **Определение физико-механических свойств древесины**

#### **Методические рекомендации**

##### *Определение влажности древесины.*

Влажность влияет на все физические и механические свойства древесины (ее увеличение приводит к повышению электропроводности, увеличению размеров, снижению прочности).

Вследствие гидрофильной природы и пористой структуры древесина легко впитывает и отдает влагу при изменении температурно-влажностных условий эксплуатации.

В зависимости от влажности древесину подразделяют на мокрую – свежесрубленную (с влажностью более 35 %), воздушно-сухую (от 15 до 20 %) и комнатно-сухую. Влажность древесины, длительно находящуюся при постоянном температурно-влажностном режиме, называют равновесной.

Существует два метода определения абсолютной влажности древесины: с погрешностью не более 0,1 % для приведения показателей испытаний к показателям при стандартной влажности и с погрешностью не более 1 % для определения влажности древесины.

При определении влажности древесины для приведения показателей испытаний к показателям при стандартной влажности образец размером 20 x 20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм очищают от опилок, пыли и помещают в предварительно взвешенную бюксу. Бюксу с образцом взвешивают на аналитических весах с погрешностью 0,001 г и ставят в сушильный шкаф, где при температуре  $(103 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  высушивают образец до абсолютно сухого состояния, которое определяют несколькими контрольными взвешиваниями.

Первое взвешивание производят через 6 ч для мягких пород (сосна, ель, осина) и не ранее 10 ч для твердых (дуб, ясень, бук). Последующие взвешивания через каждые 2 часа. Сушку заканчивают, когда разность между результатами последних двух взвешиваний не превышает 0,001 г. Бюксу с образцом переносят в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры. Затем производят взвешивание бюксы с образцом.

Влажность ( $W$ ) в процентах с округлением не более 0,1 % определяют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} 100, \quad (32)$$

где  $m_0$  – масса пустой бюксы, г;

$m_1$  – масса бюксы с высушенным образцом, г.

При использовании второго метода определения влажности образцы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и помещают в сушильный шкаф. Высушивание выполняют в соответствии с требованиями, изложенными выше для первого метода, и считают законченными, когда разность между результатами двух последних взвешиваний не будет более 0,01 г. Образцы, высушенные и охлажденные до комнатной температуры в эксикаторе, взвешивают с погрешностью не более 0,01 г. Влажность древесины с округлением до 1% по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100, \quad (33)$$

где  $m_1$  – масса образца до высушивания, г;

$m_2$  – масса образца после высушивания, г.

В случае, когда древесина длительное время находилась при постоянной температуре и относительной влажности воздуха и не увлажнялась атмосферными осадками, ее влажность (равновесную влажность) можно определить по диаграмме Чулицкого Н. Н. (рис. 12).

Для этого необходимо определить температуру и относительную влажность окружающего воздуха. Влажность воздуха определяют по психрометру. Для определения влажности древесины на диаграмме Чулицкого Н. Н. проводят вертикальную линию, соответствующую температуре воздуха, и горизонтальную линию, соответствующую относительной влажности воздуха. Точка их пересечения соответствует влажности древесины. Например, для древесины, хранящейся в помещении при температуре 20<sup>0</sup>С и относительной влажности воздуха 70 %, по диаграмме устанавливают: влажность древесины – 13 %.

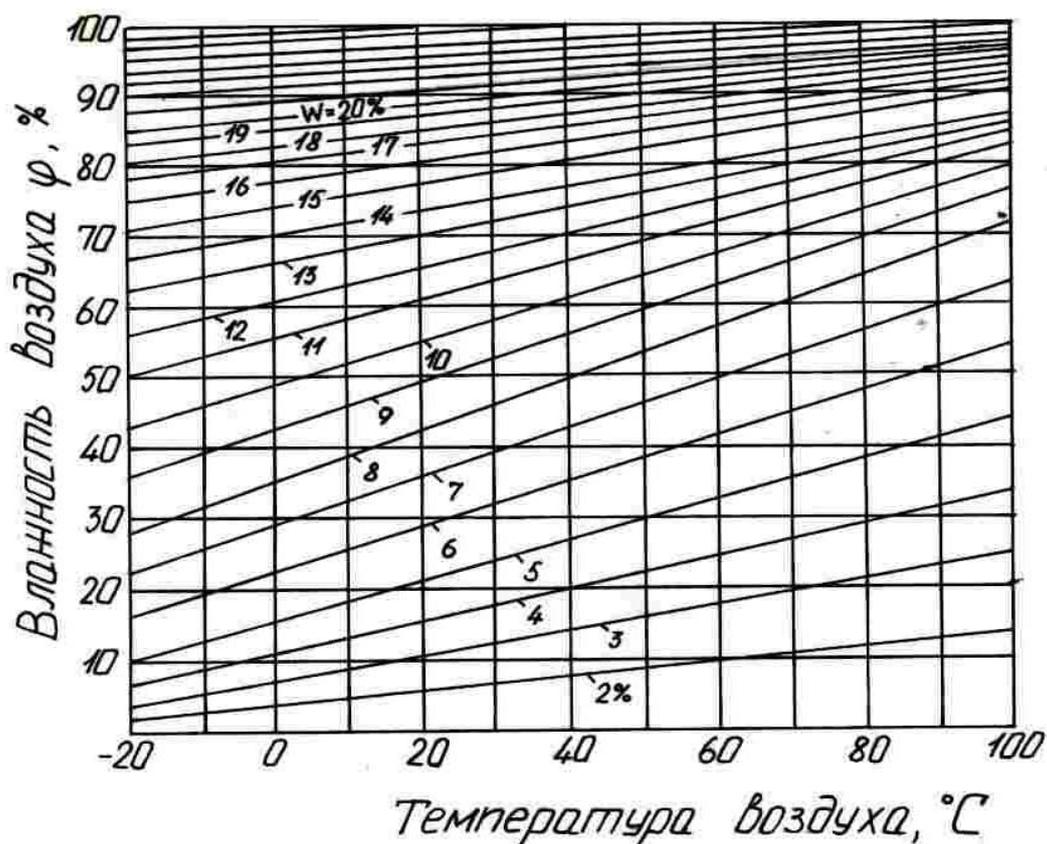


Рис. 12. Диаграмма Чулицкого Н. Н. для определения равновесной влажности древесины

Определение плотности древесины при влажности в момент испытания производится на образцах в виде прямоугольной призмы сечением 20 x 20 мм и высотой (вдоль волокон) 30 мм. Если годовые слои имеют ширину более 4 мм, размеры поперечного сечения должны быть увеличены так, чтобы образец включал не менее 5 слоев. Подлежащие испытанию образцы должны иметь прямые углы и гладко выструганные поверхности. Величину поперечного сечения и длину (а, b и l) измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм по осям симметрии образцов.

Объем образца вычисляют с точностью до 0,01 см<sup>3</sup>. Сразу после измерения образец взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и вычисляют плотность:

$$\rho_{m(w)} = \frac{m_w}{V_w}, \quad (34)$$

где  $m_w$  – масса образца при влажности  $W$ , г;

$V_w$  – объем образца при влажности  $W$ , см<sup>3</sup>.

Найденную плотность пересчитывают на стандартную 12 %-ую влажность древесины:

$$\rho_{m(12)} = \rho_{m(W)} [1 + 0,01(1 - k_0)(12 - W)], \quad (35)$$

где  $k_0$  – коэффициент объемной усушки, %;

$W$  – влажность образца, %.

Если коэффициент объемной усушки не определялся, то при пересчете для древесины березы, бука и лиственницы значение его берут равным 0,6, а для прочих пород – 0,5.

*Определение содержания поздней древесины в годичном слое.*

Соппротивление древесины сжатию в значительной степени зависит от плотности, которая непосредственно зависит от процентного содержания в дереве поздней древесины. Отсюда и возникает практически очень ценная возможность оценки качества древесины по процентному содержанию в ней поздней древесины. Для испытания берут образцы размером 20 x 20 и длиной вдоль волокон от 10 до 20 мм или используют образцы, предназначенные для других испытаний. Образцы помещают под микроскоп (можно использовать для испытаний лупу) и на плоскости поперечного разреза по радиальному направлению отмечают границы крайних целых годичных слоев на участке равном ~ 20 мм (рис. 13).

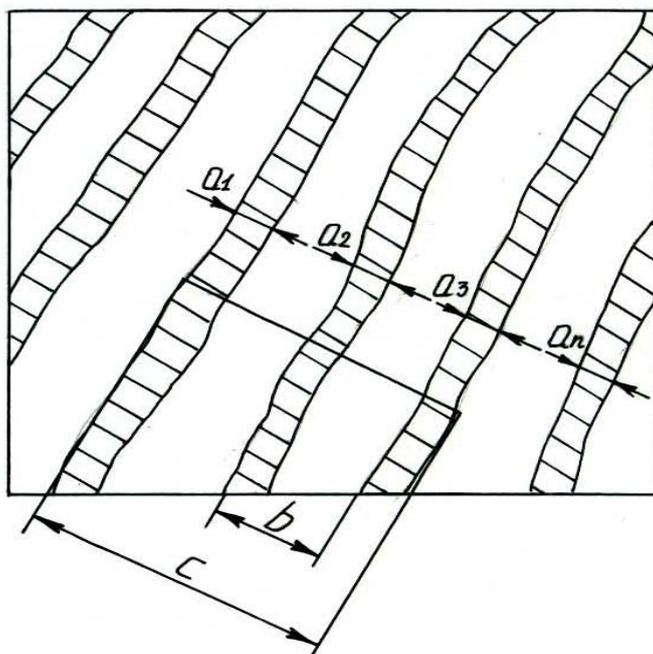


Рис. 13. Схема определения содержания поздней древесины

Расстояние между отметками измеряют с погрешностью не более 0,5 мм. В каждом годичном слое между отметками измеряют ширину поздней древесины ( $\delta$ ) с погрешностью не более 0,1 мм. Процент поздней древесины определяют по формуле:

$$m = \frac{\sum \delta}{l} 100, \quad (36)$$

где  $m$  – процент поздней древесины, %;

$\sum \delta$  – суммарная ширина зон поздней древесины, мм;

$l$  – расстояние между отметками, мм.

*Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.*

Определение выполняют на образцах в виде прямоугольной призмы сечением 20 x 20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм (рис. 14). Перед испытанием измеряют сечение образца (в середине его длины) штангенциркулем с погрешностью 0,1 мм. Образец устанавливают торцевой поверхностью в центре шарнирной опоры приспособления. Приспособление с образцом помещают между плитами испытательной машины и затем увеличением нагрузки доводят образец до разрушения. После разрушения немедленно определяют влажность, используя для этого данный образец.

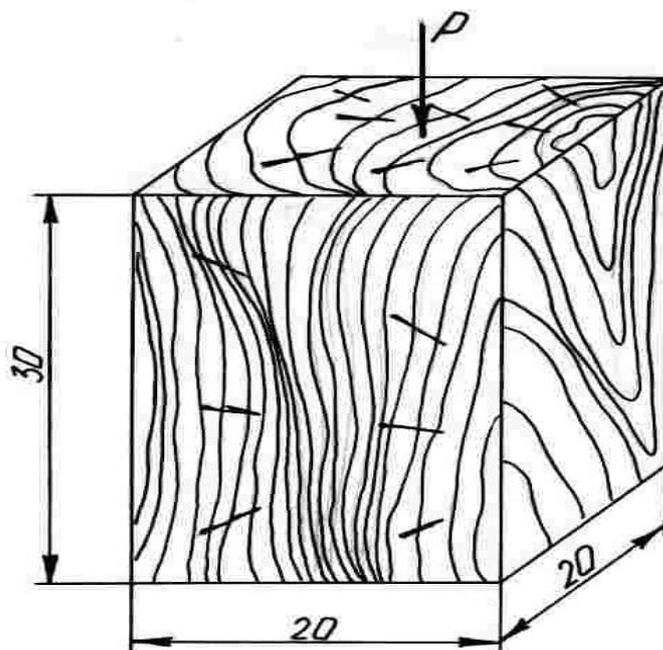


Рис. 14. Образец для испытания на сжатие вдоль волокон

В целях экономии времени можно воспользоваться результатом определения влажности древесины, который был получен при выполнении предыдущей работы, так как образцы древесины хранились в одинаковых условиях. Предел прочности при сжатии древесины вдоль волокон при данной влажности древесины вычисляют с погрешностью не более 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) по формуле:

$$R_w = \frac{P_{\text{макс}}}{a \times b}, \quad (37)$$

где  $P_{\text{макс}}$  – максимальная нагрузка, Н (кгс);

$a, b$  – размеры поперечного сечения образца, мм (см).

Предел прочности при сжатии вдоль волокон для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности пересчитывают на стандартную влажность 12 % с погрешностью до 0,5 МПа по формуле:

$$R_{12} = R_w [1 + a \times (W - 12)]. \quad (38)$$

где  $a$  – поправочный коэффициент, равный 0,04 на 1% влажности;

$R_w$  – предел прочности при сжатии образца с влажностью  $W$  в момент испытания, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);

$W$  – влажность образца в момент испытания, %.

Прочность древесины при сжатии  $R_{\text{сж}}$  при стандартной влажности в кгс/см<sup>2</sup> рассчитывают по формуле:

$$R_{12_{\text{сж}}} = A \times m + B, \quad (39)$$

где  $m$  – содержание поздней древесины, %;

$A, B$  – коэффициенты, принимаемые по табл. 8.

Прочность древесины при сжатии  $R_{\text{сж}}$  при стандартной влажности в МПа рассчитывают по формуле:

$$R_{12_{\text{сж}}} = C \times \rho_{\text{ср}12} + D, \quad (40)$$

где  $\rho_{\text{ср}12}$  – средняя плотность древесины при стандартной влажности, г/см<sup>3</sup>;

$C, D$  – эмпирические коэффициенты.

**Значение коэффициентов для определения прочности  
древесины по процентному содержанию поздней древесины**

Вид испытания	Коэффициенты			
	А		В	
	Лиственные породы	Хвойные породы	Лиственные породы	Хвойные породы
Сжатие вдоль воло- кон	3,2	6	300	300
	С		D	
	68	61	-	10

*Определение предела прочности при статическом изгибе.*

Для определения предела прочности при изгибе изготавливают образцы в форме прямоугольной призмы с поперечным сечением сечением 20 x 20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Отклонение от указанных размеров образца для поперечного сечения не должны превышать 0,5 мм, а по длине – 1 мм. Годовые слои на торцах должны быть параллельны одной паре противоположных граней. Допускается проводить испытания на образцах не подвергавшихся кондиционированию и имеющих влажность меньше предела насыщения клеточных стенок. При испытании образец укладывают на две неподвижные опоры с пролетом между их центрами 240 мм. Нагрузка передается в одной точке (рис. 15).

Образец испытывают на изгиб таким образом, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годовым слоям (тангентальный изгиб). Образец нагружают равномерно с такой постоянной скоростью, чтобы образец разрушился через  $(1,5 \pm 0,5)$  минуты после начала нагружения. При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить испытания со скоростью нагружения  $(1350 \pm 150)$  Н/мин.

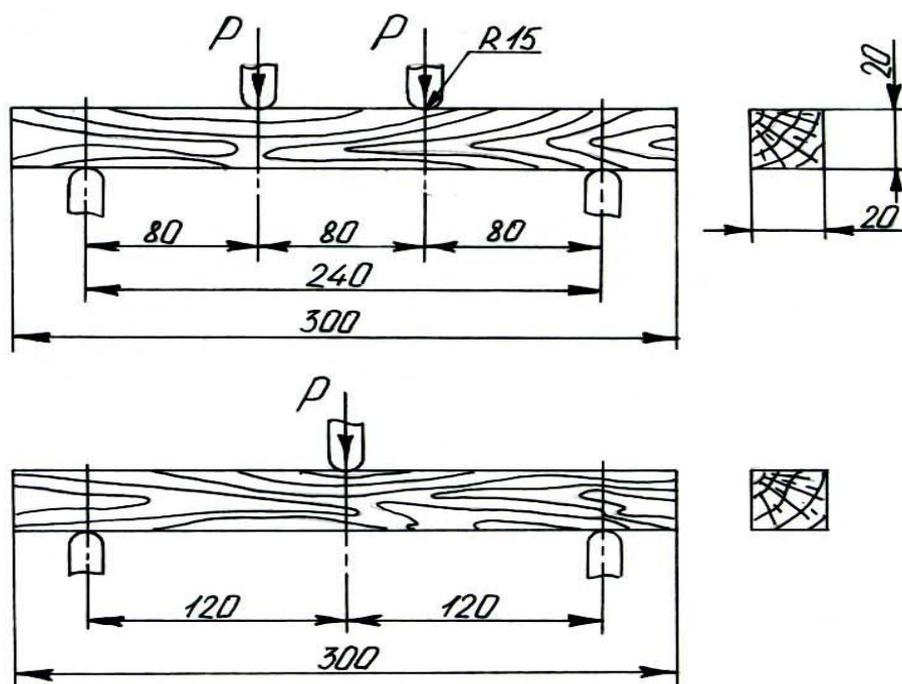


Рис. 15. Схема испытания древесины на статический изгиб

Испытание продолжают до разрушения образца, то есть до момента остановки и движения стрелки силоизмерителя в обратную сторону. Максимальную нагрузку определяют с погрешностью не более 1 %. После испытания определяют влажность образцов, для чего образец длиной  $(25 \pm 5)$  мм вырезают вблизи излома. Предел прочности при статическом изгибе с влажностью  $W$  в момент испытания вычисляют с погрешностью до 1 МПа ( $10 \text{ кгс/см}^2$ ) по формуле:

$$R_W = 3 \times P_{\text{макс}} \times l / (2 \times b \times h^2), \quad (41)$$

где  $P_{\text{макс}}$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н (кг/с);

$l$  – расстояние между опорами, мм (см);

$b$  и  $h$  – ширина и высота образца, мм (см).

Предел прочности (в МПа) образца с нормализованной влажностью при необходимости пересчитывают на влажность 12 % по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 12)], \quad (42)$$

где  $\alpha$  – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,04 для всех пород;

$W$  – влажность образца в момент испытания, %.

Предел прочности (в МПа) образца с влажностью, отличающейся от нормализованной, пересчитывают на влажность 12 % по формуле:

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_W}{K_{12}^W}, \quad (43)$$

где  $K_{12}^W$  – коэффициент пересчета, определяемый по табл. 9 при известной плотности древесины.

Таблица 9

**Значения коэффициента пересчета  $K_{12}^W$  в зависимости от влажности и плотности древесины**

Влажность W, %	Коэффициент пересчета $K_{12}^W$ при плотности $\rho_{12}$ , кг/м <sup>3</sup>				
	400	450	500	550	600
5	1,405	1,396	1,390	1,375	1,365
6	1,335	1,330	1,320	1,310	1,300
7	1,267	1,262	1,255	1,248	1,240
8	1,210	1,205	1,200	1,193	1,190
9	1,150	1,148	1,143	1,140	1,135
10	1,098	1,098	1,092	1,090	1,087
11	1,048	1,048	1,042	1,042	1,040
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,955	0,955	0,955	0,955	0,956
14	0,915	0,915	0,915	0,917	0,920
15	0,875	0,878	0,880	0,882	0,887

Если средняя плотность не определялась, допускается принимать коэффициент пересчета равным средней величине для исследуемой породы по табл. 10.

Таблица 10

**Значения коэффициента  $K_{12}^W$  от влажности и породы древесины**

Порода	W, %	$K_{12}^W$	Порода	W, %	$K_{12}^W$
Сосна,	5	1,36	Ель,	5	1,36
бук,	10	1,09	граб,	10	1,10
кедр,	12	1,00	лиственница	12	1,00
тополь	15	0,88		15	0,885
	20	0,72		20	0,720
	25	0,625		25	0,610
	30	0,580		30	0,550

Выполнив лабораторные испытания древесины каких-либо пород, студенты должны сравнить свои результаты со справочными данными.

## Рекомендованная литература

### Основная

1. Атаев С. С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона / С. С. Атаев. – М. : Стройиздат, 1989. – 336 с.
2. Ищенко И. И. Технология каменных и монтажных работ / И. И. Ищенко. – М. : Высшая школа, 1988. – 335 с.
3. Соколов Г. К. Технология и организация строительства / Г. К. Соколов. – 5-е изд., испр. – М. : Издательский цент "Академия", 2008. – 528 с.
4. Стаценко А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 416 с. (Серия "Высшее образование").

### Дополнительная

5. Панченко М. Г. Технологія: механізація будівельних процесів : навчально-методичний посібник для студентів за напрямом підготовки 0921 "Будівництво" / М. Г. Панченко, А. О. Костюк, Л. М. Качура. – Х. : ХНАМГ, 2005. – 242 с. : іл.
6. Хамзин С. К. Технология строительного производства: курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособ. для строительных спец. вузов / С. К. Хамзин, А. К. Караев. – М. : ООО "Бастет", 2006. – 216 с. : ил.

### Ресурсы сети Интернет

7. Государственная научно-техническая библиотека Украины (ГНТБ Украины) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gntb.gov.ua/>.
8. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/>.
9. ТехЛит.ру – крупнейшая бесплатная электронная Интернет-библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehlit.ru/>.
10. Сайт электронной технической литературы. – Режим доступа : <http://texnika.at.ua/>.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Методичні рекомендації  
до виконання практичних завдань  
з навчальної дисципліни  
"СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ  
У БУДІВНИЦТВІ"**

**для іноземних студентів  
напрямів підготовки  
6.030507 "Маркетинг", 6.030601 "Менеджмент"  
усіх форм навчання**

**(рос. мовою)**

Укладачі: **Крюк** Анатолій Григорович  
**Стрельчук** Роман Михайлович

Відповідальний за випуск **Новіков Ф. В.**

Редактор **Промський М. Н.**

Коректор **Маркова Т. А.**

Розглянуто основні питання навчальної дисципліни, подано практичні матеріали, а також практичні рекомендації щодо оволодіння технологічними процесами в будівництві та їх удосконалення.

Рекомендовано для студентів економічних напрямів підготовки.

План 2014 р. Поз. № 116.

Підп. до друку 29.12.2014 р. Формат 60 x 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.

Ум.-друк. арк. 3,75. Обл.-вид. арк. 4,69. Тираж 30 прим. Зам. № 346.

---

Видавець і виготівник – видавництво ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, пр. Леніна, 9-А

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи  
Дк № 481 від 13.06.2001 р.*