

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»

Утверждено на заседании кафедры
«Строительство, строительные материалы и
конструкции»
« 18 » января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



А.А. Трещев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине (модулю)
«Технология конструкционных материалов»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
08.03.01 Строительство

с направленностью (профилем)
Промышленное и гражданское строительство

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-05-23

Тула 2023 год

Разработчик методических указаний

Сергеева С.Б., канд. техн. наук
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Содержание

1. Исследование основных свойств портландцемента (нормальной густоты, сроков схватывания, равномерности изменения объема цементного теста, определение марки) – 4.
2. Исследование зернового состава мелкого и крупного заполнителей. Определение модуля крупности песка. Определение прочности щебня (гравия) – 11.
3. Определение влажности, плотности и прочности древесины – 18.
4. Определение прочности бетона в конструкциях – 31.
5. Литература – 34.

1. Исследование основных свойств портландцемента (нормальной густоты, сроков схватывания, равномерности изменения объема цементного теста, определение марки).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

Цель работы – освоение методики определения нормальной густоты цементного теста.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, прибор Вика, чаша и лопатка, секундомер.

Теоретические сведения

Нормальную густоту определяют согласно ГОСТ 310.3-76 на приборе Вика (см. рис. 6.6). В этом случае иглу 7 прибора заменяют металлическим пестиком диаметром 10 и длиной 50 мм. Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть 300 ± 2 г. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г испытываемого цемента, высыпают его в сферическую металлическую чашку, предварительно протертую влажной тканью. Затем в цементе делают углубление, куда в один прием вливают предварительно отмеренную воду в количестве, необходимом для получения цементного теста нормальной густоты. Количество воды для первого пробного затворения цемента может быть ориентировочно принято $110 - 112 \text{ см}^3$, т. е. 25 - 28 % по массе цемента. Углубление, в которое была налита вода, с помощью стальной лопатки (рис. 6.13) заполняют цементом и через 30 с после этого осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, периодически поворачивая чашку на 90° . Продолжительность перемешивания и непрерывного растирания с момента затворения цемента водой – 5 мин.

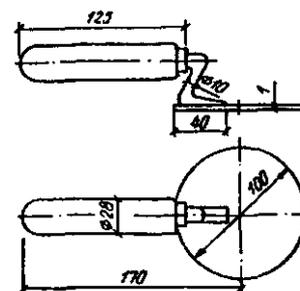


Рис. 6.13. Лопатка для перемешивания

После окончания перемешивания цементное тесто укладывают в один прием в кольцо, которое пять-шесть раз встряхивают, постукивают пластинкой с прижатым к ней кольцом о поверхность стола. Избыток цементного теста срезают ножом, предварительно протертым влажной тканью. Кольцо на стеклянной пластинке ставят под стержень прибора Вика, пестик приводят в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют его в таком положении зажимным винтом. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, и стержень вместе с пестиком свободно погружается в тесто. Через 30 с с момента освобождения стержня по шкале прибора фиксируют глубину погружения пестика.

Густота цементного теста считается нормальной, если пестик не доходит до стеклянной пластинки на 5–7 мм. Если он, погружаясь в цементное тесто, остановится выше, то опыт повторяют с большим количеством воды, а если ниже - с меньшим, добиваясь погружения пестика на глубину, соответствующую нормальной густоте теста. Количество добавляемой воды для получения теста нормальной густоты, % по массе цемента, определяют с точностью до 0,25 %.

Для выполнения данной лабораторной работы подгруппу студентов разбивают на бригады по три-четыре человека, и каждая бригада проводит один опыт по определению нормальной густоты цементного теста с заданным преподавателем количеством воды (для портландцемента 22-28 %). Затем данные, полученные каждой бригадой, заносят в сводную таблицу журнала для лабораторных и практических работ, на основании которой студенты делают выводы о нормальной густоте теста испытываемого цемента.

Обработка результатов

Результаты опытов заносят в таблицу 6.13.

Таблица 6.13

Результаты определения нормальной густоты гипсового теста

| № о пытов | Н авеска цемента, г | Кол ичество воды, мл | О тсчёт по шкале прибора, мм | Вдоптр ебность цемента, % |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

Цель работы – освоение методики определения сроков схватывания цементного теста.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, прибор Вика, кольцо к прибору Вика, чаша и лопатка, секундомер, линейка металлическая.

Теоретические сведения

Сроки схватывания по ГОСТ 310.3-76 определяют с помощью прибора Вика (см. рис. 6.6), но вместо пестика на нижней подвижной части стержня закрепляют стальную иглу диаметром 1 мм и длиной 50 мм. Так как общая масса стержня (т.е. общая масса подвижной части прибора, действующей при испытании на цементное тесто) при замене пестика уменьшается, то на плоскую головку стержня накладывают дополнительный груз, чтобы масса стержня с иглой составляла 300 г.

Перед началом испытания проверяют свободное перемещение металлического стержня прибора Вика, положение стрелки, которая должна быть на нуле при опирании иглы на стеклянную пластинку, чистоту и прямизну иглы. После этого смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто нормальной густоты готовят по методике, изложенной ранее; сразу после приготовления помещают в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной пластинке, и слегка встряхивают пять-шесть раз для удаления воздуха. Избыток теста снимают ножом и поверхность выравнивают. Кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора, опускают стержень до соприкосновения иглы с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в тесто. Иглу погружают в тесто через каждые 5 мин до начала схватывания и через каждые 15 мин в последующее время до конца схватывания. Место погружения иглы в тесто меняют, передвигая кольцо, иглу вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой.

За начало схватывания принимают время с момента затворения цемента водой до момента, когда игла не дойдет до стеклянной пластинки на 1-2 мм. За конец схватывания принимают время от начала затворения цементного теста до момента, когда игла будет опускаться в тесто не более чем на 1–2 мм. Начало схватывания портландцемента, портландцемента с минеральными добавками, шлакопортландцемента и пуццоланового портландцемента должно наступать не ранее чем через 45 мин, а конец схватывания - не позднее 10 ч с момента затворения цементного теста.

Выполнение данной лабораторной работы требует много времени и, как правило, за одно учебное занятие не удастся установить конец схватывания цемента. Приняв во внимание то, что студенты ранее познакомились с методикой определения сроков схватывания гипса, преподаватель должен продемонстрировать всей подгруппе студентов методику приготовления теста нормальной густоты и заполнения им кольца, а также показать, как погружают иглу прибора Вика в цементное тесто.

Обработка результатов

Преподаватель сообщает студентам сроки схватывания испытываемого цемента. Эти данные они заносят в таблицу 6.14.

Таблица 6.14

Результаты определения сроков схватывания цементного теста

| № опытов | Навеска цемента, г | Количество воды, мл | Время от начала затворения водой, мин | Отсчет по шкале прибора, мм | Начало схватывания цемента, мин | Конец схватывания цемента, мин |
|----------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЦЕМЕНТА

Цель работы – освоение методики определения равномерности изменения объема цемента.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, чаша и лопатка, ванна с гидравлическим затвором, бачок для испытания лепешек кипячением, лупа, линейка металлическая.

Теоретические сведения

Процесс твердения цемента сопровождается изменением объема образовавшегося цементного камня. Однако наличие в цементе свободных CaO и MgO, которые гасятся с увеличением объема в уже затвердевшем цементном камне, может привести к неравномерным деформациям и образованию трещин в твердеющих бетонах и растворах.

Равномерность изменения объема цемента устанавливают кипячением в воде образцов-лепешек. Для изготовления лепешек берут 400 г цемента и из него готовят тесто нормальной густоты. Затем отвешивают четыре навески цементного теста по 75 г каждая и помещают каждую в виде шарика на отдельную стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Осторожно постукивая пластинкой о край стола, получают из шарика лепешку диаметром 7-8 см и толщиной в средней ее части около 1 см. Поверхность полученных лепешек заглаживают от наружных краев к центру смоченным в воде ножом. Приготовленные таким образом лепешки выдерживают на стеклянных пластинках 24 ч в ванне с гидравлическим затвором (рис. 6.14) при температуре 20 ± 5 °С.

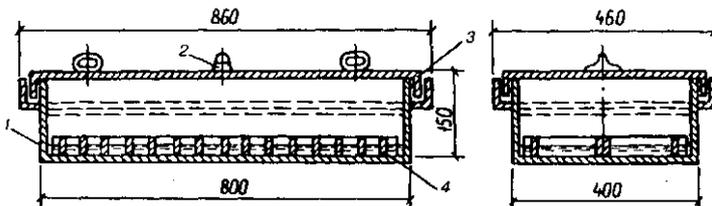


Рис. 6.14. Ванна с гидравлическим затвором

1 – наина; 2 – пробка; 3 – гидравлический затвор; 4 – решетка для образцов

Затем лепешки снимают со стеклянных пластинок и кладут на решетчатую полку 5 бачка 4 (рис. 6.15). Для поддержания постоянного уровня воды бачок резиновым шлангом 7 соединен с регулятором уровня воды 1. При помощи подвижной трубки 2 уровень воды в бачке устанавливают на 4–6 см выше поверхности лепешек. Бачок закрывают крышкой 3 и ставят на нагревательный прибор. Воду в бачке за 30–45 мин доводят до кипения, которое поддерживают 4 ч. После кипячения лепешки охлаждают в бачке до температуры 20 ± 5 °С, вынимают из бачка и тщательно осматривают. Цемент признают доброкачественным (рис. 6.16), если на лицевой стороне лепешек, подвергнутых испытанию кипячением, нет доходящих до краев радиальных трещин или сетки мелких трещин, видимых в лупу или невооруженным глазом, а также каких-либо искривлений (рис. 6.17).

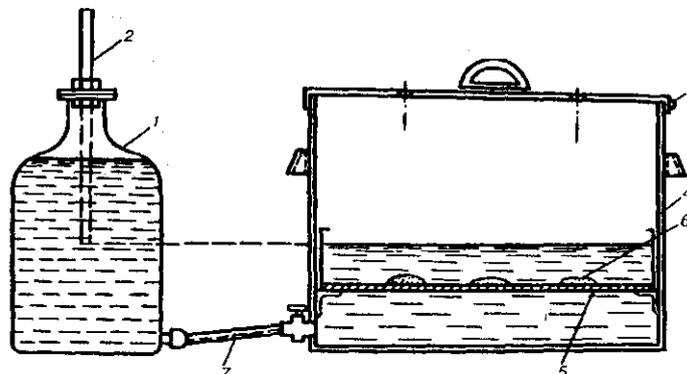


Рис. 6.15. Бачок для испытания лепешек кипячением и регулятор уровня воды

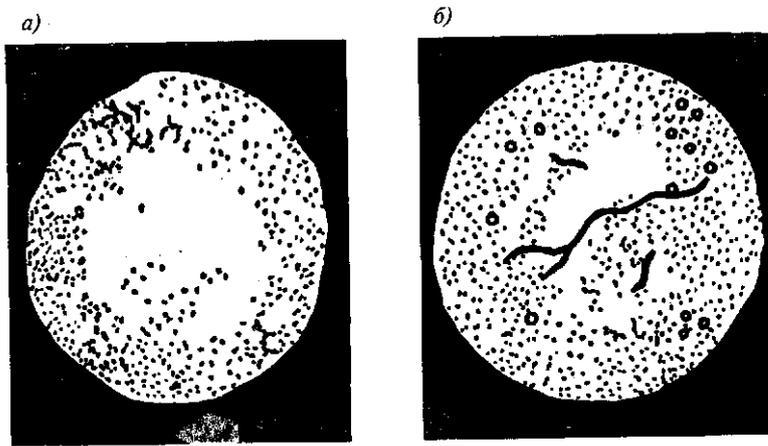


Рис. 6.16. Лепешки, выдержавшие испытание на равномерность изменения объема
 а - нормальное изменение объема; б- трещины усыхания

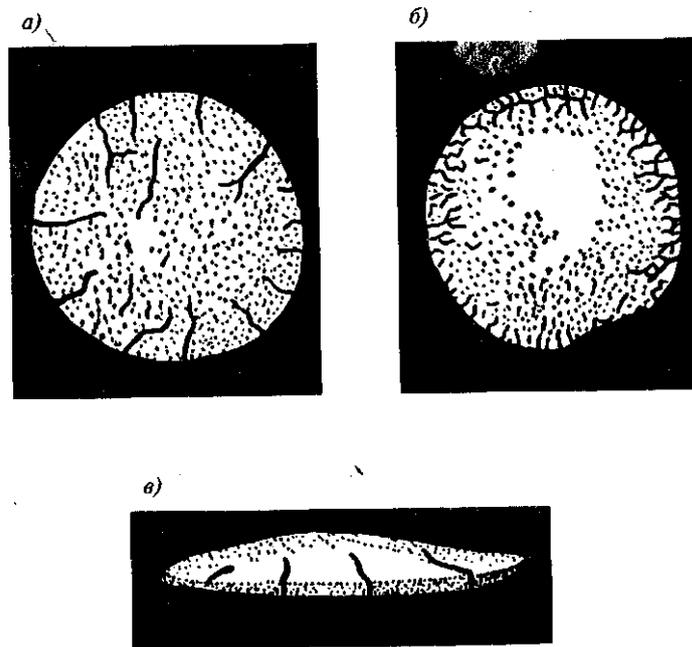


Рис. 6.17. Лепешки, не выдержавшие испытания на равномерность изменения объема
 а- разрушение; б – радиальные трещины; в – искривление

При выполнении данной лабораторной работы студенты каждой бригады изготавливают из цементного теста нормальной густоты по одной лепешке и маркируют ее, при этом общее число лепешек должно быть четыре. Затем преподаватель объясняет методику проведения испытания, устройство аппаратуры и показывает студентам эталоны лепешек, а также лепешки, выдержавшие и не выдержавшие испытание на равномерность изменения объема цемента при твердении.

На следующем занятии после испытания лепешек лаборантами каждый студент получает образец и устанавливает качество цемента по этому показателю.

В таблице 6.15 зарисовывают вид лепешек, выдержавших и не выдержавших испытания на равномерность изменения объема.

Обработка результатов

Таблица 6.15

Результаты определения равномерности изменения объема цемента при твердении

| Результаты визуального осмотра лепешек после кипячения | Вывод о соответствии цемента требованиям равномерности изменения объема цемента при твердении |
|--|---|
| | |

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ЦЕМЕНТА

Цель работы – освоение методики определения марки цемента по величине предела прочности при изгибе и сжатии образцов.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, чаша и лопатка, встряхивающий столик и форма-конус, штыковка, вибрационная площадка, ванна с гидравлическим затвором, формы для изготовления образцов-балочек, машина МИИ-100, линейка металлическая.

Теоретические сведения

Марку цемента устанавливают по величине предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером 40x40x160 мм, изготовленных из пластичного цементного раствора состава 1:3 по массе (1 ч. цемента и 3 ч. нормального вольского песка).

Методика определения марки цемента (ГОСТ 310.4–81) состоит в следующем. Сначала определяют консистенцию цементного раствора, которая требуется для изготовления образцов-балочек. Для этого отвешивают 1500 г песка и 500 г цемента, высыпают их в сферическую чашку (см. рис. 6.4) и перемешивают цемент с песком лопаткой в течение 1 мин. Затем в центре сухой смеси делают лунку и вливают в нее 200 г воды ($V/C = 0,4$). После того как вода впитается, еще раз перемешивают смесь в течение 1 мин. Раствор переносят в механический смеситель (рис. 6.18), где его перемешивают в течение 2,5 мин (20 оборотов чаши мешалки).

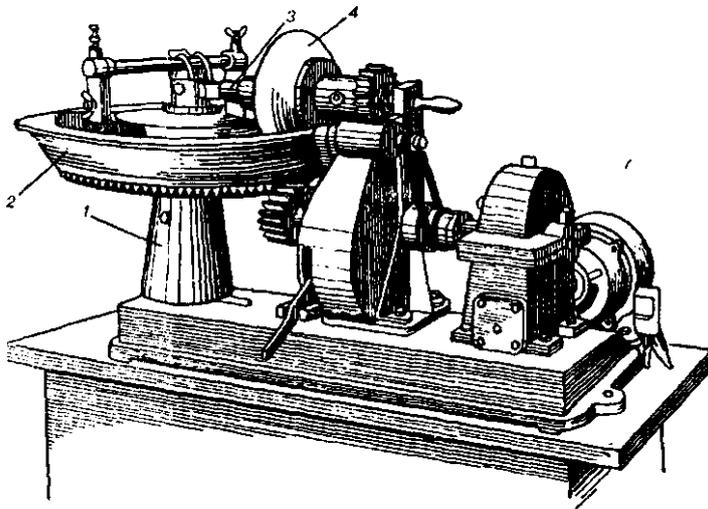


Рис. 6.18. Смеситель для перемешивания цементного раствора

1 - станина; 2 – смесительная чаша; 3 – откидная траверса; 4 – валик для перемешивания раствора

По окончании перемешивания определяют консистенцию цементного раствора. Для этого используют встряхивающий столик и металлическую форму-конус (рис. 6.19). Встряхивающий столик состоит из чугунной станины 1; на валу 2 находится кулачок 3, который поднимает ось 4 с горизонтальным диском 5 и закрепленным на нем листом зеркального стекла 6 диаметром 300 мм. При вращении маховика 8 ось с укрепленным диском при помощи кулачка совершает возвратно-поступательное вертикальное движение. При этом столик поднимается на 10 мм, встряхивая форму 7.

Перед укладкой смеси в конус внутреннюю поверхность его и стеклянный диск слегка увлажняют. Растворную смесь укладывают в форму-конус двумя слоями равной толщины. Каждый слой уплотняют металлической штыковкой (рис. 6.20). Нижний слой штыкуют 15 раз, верхний – 10. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к стеклянному диску. Излишек раствора срезают ножом и форму-конус медленно поднимают. Затем, вращая рукоятку маховика, встряхивают столик 30 раз в течение 30 с, при этом конус цементного раствора расплывается. При помощи штангенциркуля или стальной линейки измеряют расплыв конуса по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Консистенцию раствора считают нормальной, если расплыв конуса оказался равным 106 – 115 мм. При меньшем расплыве конуса раствор готовят заново, несколько увеличивая количество

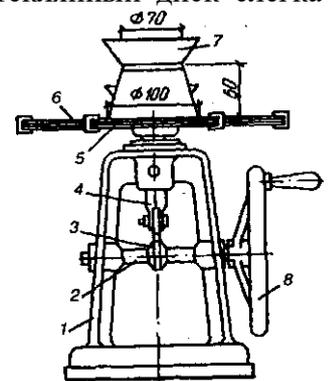


Рис. 6.19.

Встряхивающий столик и форма-конус

воды затворения. Водопотребность раствора выражают в виде водоцементного отношения; его значение записывают в журнал и в дальнейшем пользуются при приготовлении раствора для изготовления образцов-балочек.

Образцы-балочки формируют в трехгнездовых металлических формах (см. рис. 6.7). Внутреннюю поверхность стенок и поддона слегка смазывают машинным маслом. На собранную форму надевают металлическую насадку (см. рис. 6.7) и густой смазкой промазывают снаружи стык между формой и насадкой.

Цементный раствор нормальной консистенции для изготовления трех образцов-балочек готовят так же, как и для определения нормальной густоты раствора, т. е. из 500 г цемента и 1500 г песка. На каждый намеченный срок испытания изготавливают три образца.

Для уплотнения раствора подготовленную форму с насадкой прочно закрепляют на стандартной виброплощадке, создающей вертикальные колебания с амплитудой 0,35 мм и частотой 2800 – 3000 колебаний в 1 мин.

Готовый раствор укладывают в гнезда формы слоем приблизительно 1 см и включают виброплощадку. Затем в течение 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин (от начала вибрации) виброплощадку выключают и снимают форму. Затем смоченным ножом срезают излишек раствора, зачищают поверхность образцов вровень с краями формы и маркируют образцы.

Готовые образцы в формах хранят в ванне с гидравлическим затвором (см. рис. 6.14) в течение 24 ± 2 ч. Затем образцы осторожно расформовывают и укладывают в горизонтальное положение в ванну с водой, где хранят до момента испытания. Образцы в воде не должны соприкасаться один с другим. Необходимо, чтобы объем воды в сосуде для хранения образцов был в 4 раза больше объема образцов. Температуру воды в ванне поддерживают 20 ± 2 °С, ее значение ежедневно контролируют и заносят в журнал. Воду, в которой хранят образцы, рекомендуется менять через каждые 14 дней. Вынутые образцы испытывают не позднее чем через 10

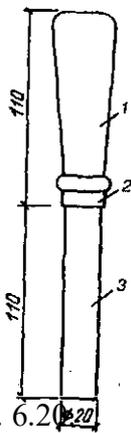


Рис. 6.20 Штыковка для укладки раствора в форму-конус
1 – ручка;
2 – кольцо;
3 – стержень

мин.

Для определения марки цемента образцы-балочки в возрасте 28 сут с момента их изготовления испытывают на изгиб, а затем каждую из полученных половинок – на сжатие.

Образцы-балочки испытывают на изгиб с помощью машины МИИ-100 (рис. 6.21) или рычажного прибора Михаэлиса (см. рис. 6.8). Испытание на изгиб на машине МИИ-100 производят следующим образом. Стрелку 2 устанавливают на 0 шкалы 1, перемещая винт с грузом 6 вдоль прорези 5. Образец-балочку устанавливают на опоры 13 изгибающего устройства (расстояние между центрами опор 100 мм) и маховичком 12 создают первичное натяжение валика 10. При отклонении стрелки 2 до деления 4,5 шкалы натяжение прекращают. После этого, поднимая рукоятку управления 7, включают электродвигатель машины, который перемещает с постоянной скоростью по одному коромыслу рычага груз постоянной массы. Коромысло 9 этого рычага связано с серьгой изгибающего устройства. При перемещении груза плавно увеличивается усилие на испытываемую балочку.

Машина снабжена счетчиком 8, который автоматически, в зависимости от положения груза, показывает напряжение в балочке в данный момент испытания. В момент разрушения образца коромысло, падая, ударяется о шайбу 4 амортизатора 3 и выключает машину. На счетчике остается показание предела прочности при изгибе. Сняв половинки балочек, рукоятку управления опускают в крайнее нижнее положение. При этом машина возвращает груз в начальное положение, а счетчик сбрасывает показания до нуля.

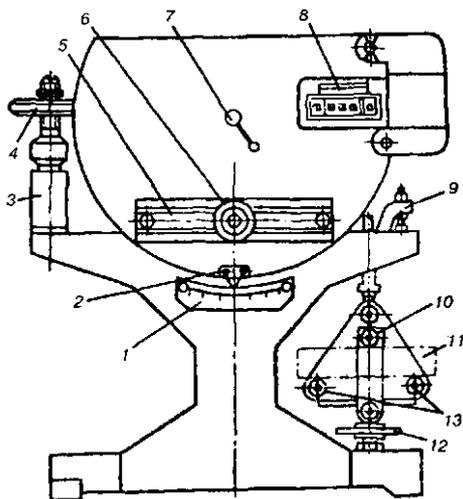


Рис. 6.21. Испытательная машина МИИ-100

При испытании на изгиб образцов-балочек на рычажном приборе Михаэлиса следует руководствоваться методикой, изложенной выше.

Предел прочности при изгибе образцов цементного раствора вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов испытания трех образцов-балочек. Половинки балочек испытывают на сжатие на гидравлическом прессе. Для передачи нагрузки на половинки балочек применяют плоские стальные шлифованные пластинки размером 40x62,5 мм (площадь 25 см²). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпадали с рабочими поверхностями пластинок (см. рис. 6.10), а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца. При испытании образца на сжатие скорость увеличения нагрузки должна быть около 5 кН/с.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа:

$$R_{сж} = p / S,$$

где p – разрушающая нагрузка, Н;

S – рабочая площадь пластинки, мм².

Предел прочности при сжатии образцов, изготовленных из испытываемого цементного раствора, вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов шести испытанных образцов.

Испытание образцов-балочек на изгиб и их половинок на сжатие может быть выполнено студентами на следующем занятии через 7 или 14 сут, а если позволяет время, то и через 28 сут. Для перевода 7- или 14-суточной прочности образцов в 28-суточную прочность могут быть приняты ориентировочно коэффициенты: 1,5 для 7-суточной прочности, 1,25 – для 14-суточной.

Результаты определения предела прочности при изгибе образцов-балочек и предела прочности при сжатии половинок балочек студенты заносят в таблицу 6.16. Затем полученные результаты сравнивают с требованиями ГОСТ 10178-85 (с изм.) для портландцемента, приведенными в табл. 6.17, и делают заключение о марке испытанного цемента.

Обработка результатов

Таблица 6.16

Результаты определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии

| Наименование определяемых показателей | Значения для отдельных образцов | | | Среднее значение из двух наибольших результатов |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Предел прочности при изгибе, | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---|---|---|---|---|--|
| МПа (кгс/см ²) | | | | | | | |
| Разрушающая нагрузка при испытании на сжатие, кН (кгс) | Значения для отдельных образцов | | | | | | Среднее значение из четырех наибольших результатов |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см ²) | | | | | | | |

Таблица 6.17
Требования к маркам портландцемента и его разновидностей

| Цемент | Марка | Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа | |
|--|-------|---|------------|
| | | при изгибе | при сжатии |
| Портландцемент обыкновенный и с минеральными добавками | 400 | 5,5 | 40 |
| | 500 | 6 | 50 |
| | 550 | 6,2 | 55 |
| | 600 | 6,5 | 60 |
| Шлакопортландцемент | 300 | 4,5 | 30 |
| | 400 | 5,5 | 40 |
| | 500 | 6 | 50 |

2. Исследование зернового состава мелкого и крупного заполнителей. Определение модуля крупности песка. Определение прочности щебня (гравия).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ПЕСКА

Цель работы – освоение методики определения зернового состава песка.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, набор сит и сита с круглыми отверстиями диаметрами 10, 5 и 2,5 мм, секундомер.

Теоретические сведения

Зерновой (гранулометрический) состав песка имеет большое значение для получения тяжелого бетона заданной марки. В тяжелом бетоне песок служит для заполнения пустот между зернами крупного заполнителя. В то же время все пустоты между зернами песка должны быть заполнены цементным тестом. Кроме того, этим же тестом должны быть покрыты и поверхности всех частиц. Для уменьшения расхода цементного теста следует применять пески с малой пустотностью и наименьшей суммарной поверхностью частиц. Крупный песок имеет небольшую

поверхность зерен, но значительную пустотность. Мелкий же, наоборот, обладает меньшей пустотностью, но очень большой суммарной поверхностью зерен. Поэтому для получения бетона плотной структуры при наименьшем расходе цемента целесообразно применять крупные пески, содержащие оптимальное количество средних и мелких частиц.

Зерновой состав песка характеризуется процентным содержанием в нем зерен различного размера. Для определения зернового состава песка применяют ситовой анализ. Среднюю пробу песка массой 2 кг высушивают, а затем просеивают сквозь сита с круглыми отверстиями диаметром 5 и 10 мм. Полученные на ситах остатки взвешивают и определяют с точностью до 0,1 % содержание в песке зерен крупностью 5–10 (Гр₅) и выше 10 мм (Гр₁₀) по формулам:

$$Гр_5 = m_5 / m \cdot 100 \quad Гр_{10} = m_{10} / m \cdot 100,$$

где Гр₅ и Гр₁₀ – содержание в песке зерен крупностью соответственно 5–10 мм и выше 10 мм, %;

m – масса пробы, г;

m_5 и m_{10} – остатки на ситах с круглыми отверстиями, равными соответственно 5 и 10 мм, г.

Из пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску 1000 г и просеивают ее ручным или механическим способом через комплект сит, последовательно расположенных по мере уменьшения размера отверстий в ситах (сита с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм, ниже – сита с сетками, имеющими квадратные отверстия размером 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм). Просеивание считается законченным, если через сито на чистый лист бумаги за 1 мин проходит не более 0,1 % зерен песка от общей массы просеиваемой навески.

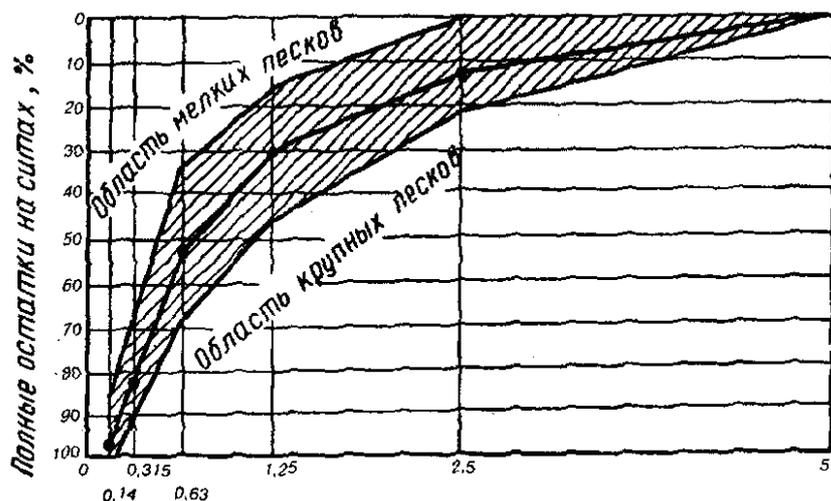


Рис. 7.5. График зернового состава песка

Остатки песка на каждом сите взвешивают и вычисляют частные остатки на каждом сите с точностью до 0,1 % по формуле:

$$a_i = m_i / m \cdot 100,$$

где a_i – частный остаток, %;

m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г.

Затем с точностью до 0,1 % определяют полные остатки на каждом сите. Полный остаток A_i , %, определяют как сумму частных остатков на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i$$

где $a_{2,5} + \dots + a_i$ – частные остатки на ситах с большим размером отверстий, начиная с сита с размером отверстий 2,5 мм, %;

a_i – частный остаток на данном сите, %.

Для оценки зернового состава песка и его пригодности для приготовления бетона результаты просеивания (по полным остаткам) наносят на график (рис. 7.5). На графике по оси абсцисс в определенном масштабе откладывают размеры отверстий на ситах с сеткой № 014; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5 и 5, а по оси ординат – значения полных остатков на соответствующих ситах,

%. Полученные точки соединяют ломаной линией. Если кривая, характеризующая зерновой состав испытуемого песка, располагается в заштрихованной части графика, то такой песок признают годным для приготовления бетона. Если кривая располагается выше заштрихованной части, то песок считается мелким, а если ниже – крупным. В песке для бетонов и растворов не допускается наличие зерен размером более 10 мм. Зерен размером от 5 до 10 мм не должно быть более 5 % по массе. Количество мелких частиц, прошедших через сито № 014, не должно превышать 10 %.

Зерновой состав песка характеризуется также модулем крупности M_K , который вычисляют с точностью до 0,1 по формуле:

$$M_K = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100,$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,14}$ – полные остатки на ситах, %.

Пески для строительных работ (ГОСТ 8736–93) в зависимости от зернового состава подразделяют на следующие группы: крупные, средние, мелкие и очень мелкие. Для каждой группы песков значения M_K и полный остаток на сите с сеткой № 063 должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Классификация песков по зерновому составу

| Группа песков | M_K | Полный остаток на сите № 063, % по массе |
|---------------|-----------|--|
| Крупный | свыше 2,5 | свыше 45 |
| Средний | 2-2,5 | 30-45 |
| Мелкий | 1,5-2 | 10-30 |
| Очень мелкий | 1-1,5 | до 10 |

Для выполнения данной лабораторной работы подгруппу студентов разбивают по три-четыре человека, и каждая бригада определяет зерновой состав песка. Студенты каждой бригады просеивают пробу на наборе стандартных сит, после чего рассчитывают частные и полные остатки на ситах в процентах, а также вычисляют модуль крупности песка. Результаты заносят в таблицу 7.7 журнала для лабораторных и практических работ. В этом же журнале по полученным результатам каждый студент строит график зернового состава испытанного песка. Для сравнения рекомендуется наносить на график кривые состава песков, испытанных студентами смежных бригад.

Пример. После просеивания навески песка 1000 г масса частных остатков песка на каждом сите составила: $m_{2,5} = 120$ г; $m_{1,25} = 180$ г; $m_{0,63} = 220$ г; $m_{0,315} = 320$ г; $m_{0,14} = 140$ г, прошло через сито с сеткой № 014 – 20 г.

Вычислим частные остатки на ситах по приведенной выше формуле:

$$a_{2,5} = m_{2,5} / m \cdot 100 = 120 / 1000 \cdot 100 = 12 \%;$$

$$a_{1,25} = m_{1,25} / m \cdot 100 = 180 / 1000 \cdot 100 = 18 \%;$$

$$a_{0,63} = m_{0,63} / m \cdot 100 = 220 / 1000 \cdot 100 = 22 \%;$$

$$a_{0,315} = m_{0,315} / m \cdot 100 = 320 / 1000 \cdot 100 = 32 \%;$$

$$a_{0,14} = m_{0,14} / m \cdot 100 = 140 / 1000 \cdot 100 = 14 \%.$$

Вычислим полные остатки на ситах по формуле:

$$A_{2,5} = a_{2,5} = 12 \%;$$

$$A_{1,25} = a_{2,5} + a_{1,25} = 12 + 18 = 30 \%;$$

$$A_{0,63} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} = 12 + 18 + 22 = 52 \%;$$

$$A_{0,315} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} = 12 + 18 + 22 + 32 = 84 \%;$$

$$A_{0,14} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,14} = 12 + 18 + 22 + 32 + 14 = 98 \%.$$

Результаты определения частных и полных остатков на ситах испытываемого песка запишем в табл. 7.7.

Таблица 7.7
Зерновой состав песка

| к | Остаток | Размеры отверстий | | | | | Пршло через сито сеткой № 014 |
|------|---------|-------------------|-----|-----|------|-----|---|
| | | сит, мм | | | | | |
| | | ,5 | ,25 | ,63 | ,315 | ,14 | |
| й, | Частны | | | | | | |
| | г | 20 | 80 | 20 | 20 | 40 | 20 |
| | % | 2 | 8 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| й, % | Полны | 2 | 0 | 2 | 4 | 8 | — |

Нанесенная на график (см. рис. 7.5) ломаная линия, характеризующая зерновой состав испытываемого песка, расположена в заштрихованной области графика, что свидетельствует о пригодности песка для приготовления бетона.

Модуль крупности песка вычислим по формуле:

$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100 = (12 + 30 + 52 + 84 + 98) / 100 = 2,76$. По значениям модуля крупности (2,76) и полному остатку на сите с сеткой № 063 (52 %) испытываемый песок относится к крупному песку (см. табл. 7.6).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ)

Цель работы – освоение методики определения зернового состава щебня (гравия).

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, сита и проволочные круглые калибры с отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции 1,25D, D, 0,5(D+d), d, шкаф сушильный.

Теоретические сведения

Зерновой состав крупного заполнителя (щебня или гравия) в значительной мере влияет на качество приготовленного на нем бетона. При выборе зернового состава крупного заполнителя для бетона необходимо исходить из основного требования: получить наименьший объем пустот в крупном заполнителе, а, следовательно, наименьший расход цемента в бетоне заданной марки.

В зависимости от размера зерен щебень (гравий) подразделяют на следующие фракции: 5-10, 10-20; 20-40 и 40-70 мм. В каждой фракции гравия или щебня должны быть зерна всех размеров от наибольшего до наименьшего для данной фракции. Зерновой состав загрязненного нефракционированного щебня (гравия) определяют просеиванием с одновременной промывкой водой пробы заполнителя. В условиях учебной лаборатории при испытании щебня (гравия), зерна которого не имеют примесей глины, зерновой состав рекомендуется определять без одновременного промывания водой по приведенной ниже методике.

В данном случае крупный заполнитель высушивают до постоянной массы и берут для испытания пробу в количестве 5; 10; 20; 30 и 50 кг при наибольшей крупности его соответственно 10; 20; 40 и 70 мм. Щебень (гравий) просеивают через набор сит с отверстиями размером $1,25D_{НАИБ}$; $D_{НАИБ}$; $0,5(D_{НАИБ} + D_{НАИМ})$; $D_{НАИМ}$, собранных в колонку, и определяют частные и полные остатки на каждом сите, % по массе рассеиваемой пробы. При отсутствии сит с

отверстиями, диаметр которых точно равен $1,25D_{\text{НАИБ}}$ и $0,5(D_{\text{НАИБ}} + D_{\text{НАИМ}})$, разрешается пользоваться ситами стандартного набора, размеры отверстий которых наиболее близки требуемым. Обычно отсеивают пробу через набор сит следующих размеров: 70; 40; 20; 10 и 5 мм.

В случае, когда остаток образовался на сите с отверстиями диаметром 70 мм, определяют также необходимый для построения кривой просеивания предельный размер зерен щебня (гравия), используя проволочные кольца-калибры различного диаметра – 100, 120 мм или более в зависимости от крупности.

Далее вычисляют остатки на каждом сите, % к суммарной массе просеянной пробы:

$$a_i = (m_i - 100) / \Sigma m,$$

где m_i – масса остатка на данном сите, кг;

Σm – сумма частных остатков на всех ситах, кг.

По известным значениям частных остатков рассчитывают полные остатки, %, на каждом сите:

$$A_i = a_{70} + \dots + a_i,$$

где $a_{70} + \dots + a_i$ – частные остатки на всех ситах с большими размерами отверстий плюс остаток на данном сите, %.

Затем устанавливают наибольшую $D_{\text{НАИБ}}$ и наименьшую $D_{\text{НАИМ}}$ крупность зерен щебня (гравия). За наибольшую крупность зерен принимают размер отверстия того верхнего сита, на котором полный остаток не превышает 5 %, а за наименьшую крупность – размер отверстия нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 95 %. Кроме того, вычисляют значения $0,5(D_{\text{НАИБ}} + D_{\text{НАИМ}})$ и $1,25D_{\text{НАИБ}}$. Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций должен находиться в пределах, указанных в табл. 7.15.

Таблица 7.15

Зерновой состав щебня (гравия)

| Размер контроль ных сит | $D_{\text{НАИМ}}$ | $0,5(D_{\text{НАИБ}} + D_{\text{НАИМ}})$ | $D_{\text{НАИБ}}$ | $1,25D_{\text{НАИБ}}$ |
|---|-------------------|--|-------------------|-----------------------|
| Полный остаток на ситах, % по массе | от 90 до 100 | от 30 до 80 | До 10 | До 0,5 |

Качество зернового состава щебня (гравия) оценивают значением полных остатков (в %) на ситах с контрольными отверстиями $D_{\text{НАИМ}}$; $0,5(D_{\text{НАИБ}} + D_{\text{НАИМ}})$, $D_{\text{НАИБ}}$ и $1,25D_{\text{НАИБ}}$. Откладывая на графике (рис. 7.7) по оси ординат эти значения, получают четыре точки, которые соединяют ломаной линией. Щебень (гравий) признают годным по зерновому составу для приготовления бетона, если кривая его зернового состава располагается в заштрихованной части графика.

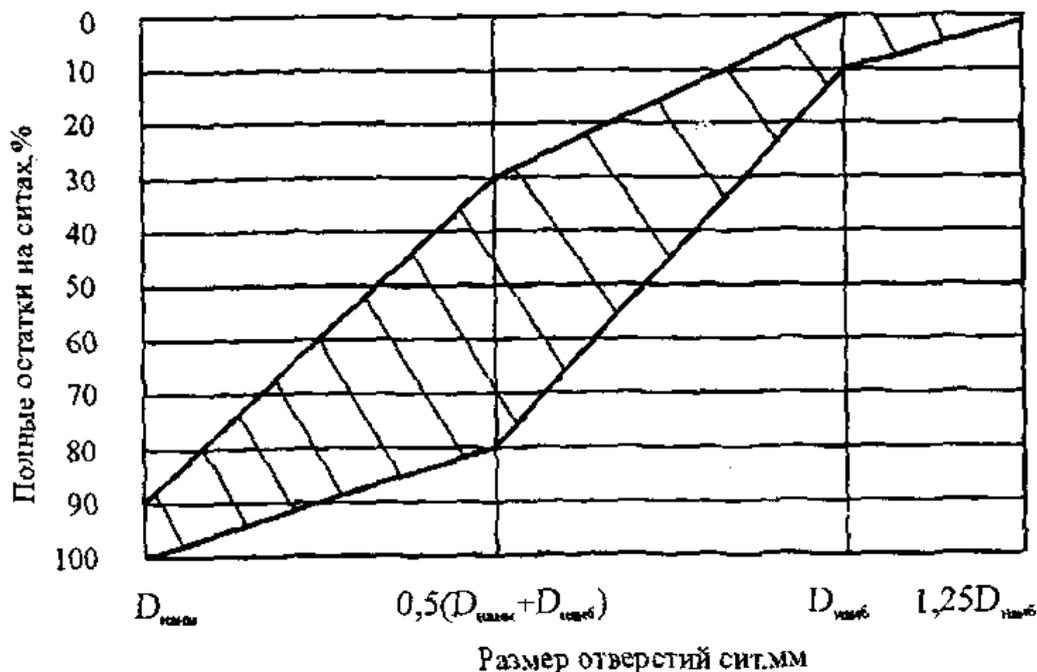


Рис. 7.7. График зернового состава щебня (гравия)

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют зерновой состав щебня или гравия, на зернах которого нет примесей глины, и он не сильно загрязнен пылью. При этом условии можно отказаться от промывания заполнителя водой. Пробу щебня (гравия) с наибольшей крупностью зерен 40 и 70 мм, высушенную до постоянной массы, просеивают на наборе стандартных сит, после чего рассчитывают частные и полные остатки на ситах в процентах и результаты заносят в таблицу 7.16 журнала для лабораторных и практических работ. Затем наносят на график полные остатки на ситах с размерами отверстий $D_{НАИМ}$, $0,5(D_{НАИМ} + D_{НАИБ})$, $D_{НАИБ}$ и $1,25D_{НАИБ}$, соединяют полученные точки и оценивают пригодность щебня (гравия) для приготовления бетона.

Для сравнения рекомендуется наносить на график кривые зернового состава щебня или гравия, испытанного студентами смежных бригад.

Пример. При просеивании навески 20 кг щебня наибольшей крупностью 40 мм частные остатки на каждом сите составили: $m_{40} - 0,8$ кг, $m_{20} - 10,2$ кг, $m_{10} - 7,8$ кг, $m_5 - 1$ кг; $m_{0,5} - 0,2$ кг. Эти значения заносят в табл. 7.16. Сюда же заносят частные остатки $a_i, \%$, вычисленные по приведенной ранее формуле. Σm можно принять равной массе взятой пробы, т.е. 20 кг. Затем вычисляют полные остатки $A_i, \%$, по формуле, приведенной выше, и заносят их в табл. 7.16.

Таблица 7.16

Зерновой состав щебня (масса 20 кг)

| Остаток на сите | Размеры отверстий сит, мм | | | | | Прошло через сито № 05 |
|-----------------|---------------------------|----|-----|----|---|------------------------|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Частный, | | | | | | |
| кг | | ,8 | 0,2 | ,8 | | 0,2 |
| % | | | 1 | 9 | | 1 |
| Полный, | | | | | | |
| % | | | 5 | 4 | 9 | 100 |

По значению полных остатков устанавливают: $D_{НАИМ} = 5$ мм; $D_{НАИБ} = 40$ мм; $0,5(D_{НАИБ} + D_{НАИМ}) = 0,5(5 + 40) \approx 20$ мм и $1,25D_{НАИБ} = 50$ мм. После этого на график (см. рис. 7.7)

наносят значения соответствующих полных остатков, %: $A_5 = 99$, $A_{20} = 55$, $A_{40} = 4$ и A_{50} (в данном примере $A_{70} = 0$). Соединяя полученные точки ломаной линией, находят, что кривая зернового состава щебня располагается в заштрихованной части графика, а это свидетельствует о пригодности щебня для приготовления бетона.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ)

Цель работы – освоение методики определения прочности щебня (гравия).

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, сита и проволочные круглые калибры с отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции $1,25D$, D , $0,5(D+d)$, d , шкаф сушильный, цилиндры стальные с внутренними диаметрами 75 и 150 мм и высотой соответственно 75 и 150 мм со съёмным дном и плунжером, сосуд для насыщения щебня (гравия) водой.

Теоретические сведения

Прочность щебня (гравия) оценивают косвенным показателем дробимости при сжатии в цилиндре. Это испытание крупного заполнителя выполняют следующим образом.

Щебень (гравий) фракций 5-10; 10-20 или 20-40 мм просеивают через сита с отверстиями, соответствующими наибольшей $D_{НАИБ}$ и наименьшей $D_{НАИМ}$ крупности испытываемой фракции. Щебень (гравий) крупнее 40 мм предварительно дробят до фракции 10-20 и 20–40 мм, которые затем подвергаются испытанию. Из остатка на сите с отверстиями размером, равным $D_{НАИМ}$, отбирают пробу массой не менее 0,5 кг для испытания в цилиндре диаметром 75 мм, или не менее 4 кг для испытания в цилиндре диаметром 150 мм. Щебень (гравий) испытывают в сухом или насыщенном водой состоянии, для чего заполнитель высушивают до постоянной массы и погружают в воду на 2 ч. После насыщения в воде его обтирают мягкой влажной тканью.

Для определения марки щебня (гравия) по дробимости в цилиндре пробу помещают в цилиндр со съёмным дном (рис. 7.8) диаметром 150 мм; для текущего контроля качества щебня (гравия) фракции 5–10 и 10–20 мм используют цилиндр диаметром 75 мм. Для испытания щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм из подготовленной пробы берут навеску 0,4 кг, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – 3 кг. Навеску щебня (гравия) высыпают с высоты 5 см в соответствующий цилиндр, разравнивают верхний уровень материала так, чтобы он примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем вставляют в цилиндр плунжер, при этом его плита должна быть на уровне верхнего края цилиндра. В случае если верх плиты не совпадает с краем цилиндра, удаляют или добавляют несколько зерен испытываемого заполнителя (масса этих зерен должна быть учтена в расчете). После этого цилиндр устанавливают на нижнюю плиту гидравлического пресса. Повышая усилие пресса со скоростью 1–2 кН/с, доводят его при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – до 200 кН. После сжатия испытываемую пробу заполнителя высыпают из цилиндра и взвешивают. Затем раздробленный в цилиндре щебень (гравий) просеивают через сито, диаметр отверстий которого зависит от размера испытываемой фракции. Для фракции 5–10 мм размер отверстия сита – 11,25 мм, для фракции 10–20 мм – 2,5 мм и для фракции 20–40 мм – 5 мм.

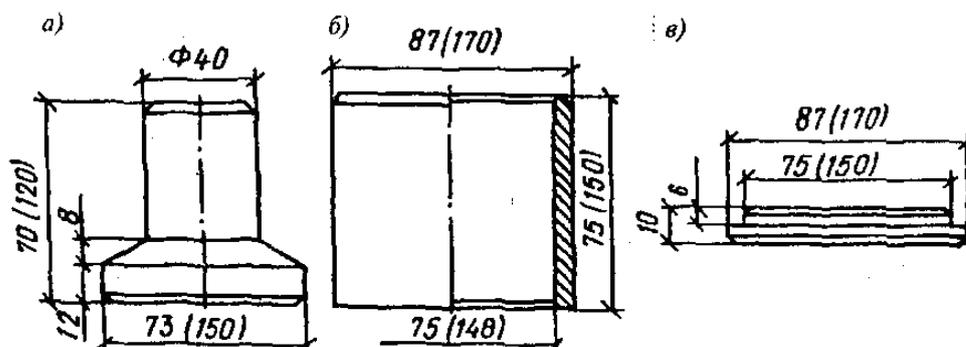


Рис. 7.8. Стальной цилиндр со съёмным дном и плунжером

В случае, когда заполнитель подвергают испытанию в насыщенном водой состоянии, пробу на сите промывают водой и удаляют поверхностную влагу с зерен с помощью мягкой влажной ткани.

Остаток щебня (гравия) после просеивания на сите взвешивают и определяют показатель дробимости Др с точностью до 1 %:

$$Др = [(m_1 - m_2) / m_1] \cdot 100,$$

где m_1 – масса навески щебня (гравия) до испытания, кг;

m_2 – остаток на сите после просеивания раздробленного в цилиндре щебня (гравия), кг.

Результаты опытов заносят в таблицу 7.17.

Таблица 7.17

Результаты определения прочности состава щебня (гравия)

| робы | Масса навески щебня (гравия) до испытания m_1 , кг | Остаток на сите после просеивания раздробленного щебня (гравия) m_2 , кг | Показатель дробимости проб щебня (гравия) Др, % | Показатель дробимости щебня (гравия), % |
|------|--|--|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

Испытания проводят два раза, и показатель дробимости щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений. При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, показатель дробимости вычисляют как средневзвешенное результатов испытания отдельных составляющих фракций. В зависимости от показателя дробимости щебень (гравий) подразделяют на следующие марки: Др8 (при потере массы до 8 %), Др12 (при потере массы от 8 до 12 %), Др16 (при потере массы от 13 до 16 %) и Др24 (при потере массы от 16 до 24 %).

Приведенным выше данным для марок гравия по дробимости в цилиндре соответствуют следующие ориентировочные значения интервалов прочности при сжатии горных пород, слагающих зерна гравия: Др8 – св. 100 МПа; Др 12 – 80–100 МПа; Др16 – 60–80МПа; Др24 – 40–60 МПа.

Для предварительной оценки пригодности гравия (щебня) по их прочности (дробимости) в цилиндре для бетона различной прочности пользуются следующими данными:

| Прочность бетона, МПа | 40 и выше | 30 | 20 и ниже |
|---|-----------|----|-----------|
| Марка гравия и щебня из гравия по дробимости в цилиндре, не более | 8 | 12 | 16 |

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ, ПЛОТНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы – знакомство с методиками определения физических свойств древесины; изучение механических свойств древесины, знакомство с методиками их определения.

Оборудование: весы по ГОСТ 24104-88, шкаф сушильный, эксикатор, штангенциркуль, металлическая линейка, угольник, стеклянный сосуд.

Физические свойства древесины определяют без нарушения целостности испытываемого образца и изменения химического состава, т. е. выявляют путем осмотра, взвешивания, измерения, высушивания.

К физическим свойствам древесины относят: внешний вид и запах, плотность, влажность и связанные с ней изменения – усушку, разбухание, растрескивание и коробление. К физическим свойствам древесины относятся также ее электро-, звуко- и теплопроводность.

При проведении лабораторных занятий можно ограничиться определением влажности и плотности древесины. Кроме того, следует определить линейную и объемную усушки.

Для определения физических свойств древесины по стандартной методике изготавливают образцы, которые затем подвергают испытаниям. Сначала из кряжей выпиливают сердцевинные доски, затем распиливают их на рейки (рис. 2.5), а из реек изготавливают образцы.

Форма и размеры образцов приведены в описании отдельных видов испытаний древесины.

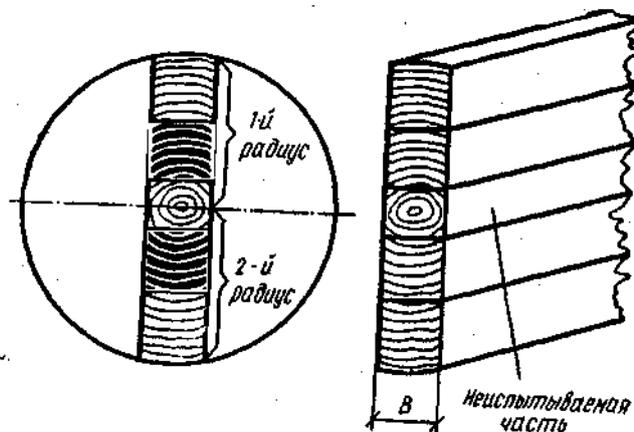


Рис. 2.5 Схема распиливания доски на рейки

При изготовлении образцов необходимо соблюдать следующие требования: образцы не должны содержать никаких пороков древесины; торцевые поверхности должны быть параллельными между собой и перпендикулярными боковым поверхностям; годовые слои на торцевых противоположных ребрах должны иметь тангентальные направления; грани образцов следует гладко обстругать и выполнить точно под угольник; высота образцов должна иметь направление по образующей годовых слоев (кроме образцов для испытания на растяжение поперек волокон); отклонения в размерах допускаются в пределах $\pm 0,5$ мм.

Определение влажности древесины. Влажность древесины определяют в процентах по отношению к массе абсолютно сухого образца. Образец размером 20x20x30 мм очищают от опилок, пыли и помещают в предварительно взвешенный бюкс. Бюкс с образцом взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и, сняв крышку, ставят в сушильный шкаф, где при температуре 103 ± 2 °С высушивают образец до абсолютно сухого состояния, которое определяют несколькими контрольными взвешиваниями. Образцы мягких пород (сосна, ель, осина и т. п.) взвешивают через 6 ч после начала сушки, твердых (дуб, бук, ясень и т.п.) - через 10 ч. Последующие контрольные взвешивания производят через каждые 2 ч. Сушку заканчивают, когда разность между результатами последних двух взвешиваний будет не больше 0,02 г, после чего бюкс закрывают в сушильном шкафу крышкой и переносят из шкафа в эксикатор, в конусообразную нижнюю часть которого помещают безводный хлористый кальций. Бюкс с образцом ставят на сетку эксикатора и охлаждают до комнатной температуры.

Влажность W вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$W = \left[(m_1 - m_2) / (m_2 - m) \right] \cdot 100,$$

где m – масса пустого бюкса, г;

m_1 – масса бюкса с влажным образцом, г;

m_2 – то же, с высушенным образцом, г.

В случае, когда древесина длительное время находилась при постоянных температуре и относительной влажности воздуха и не увлажнялась атмосферными осадками, ее влажность (равновесную влажность) можно определить по диаграмме Н. Н. Чулицкого (рис. 2.6). Например, чтобы определить влажность древесины, хранящейся в помещении при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 60 %, по диаграмме устанавливают, около какой наклонной линии вертикальная линия, соответствующая температуре 20 °С, пересекается с горизонтальной линией, соответствующей влажности 70 %. Это пересечение происходит на линии, соответствующей влажности древесины 13 %.

Рис. 2.6. Диаграмма Н. Н. Чулицкого для определения равновесной влажности древесины

Результаты опытов заносят в таблицу 2.1

Таблица 2.1

| Результаты определения влажности древесины | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|----------------------|
| Маркировка образца | Масса образца, г | | Влажность образца, % |
| | до высушивания m_1 | после высушивания m_2 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Определение плотности древесины. Плотность древесины определяют на образцах прямоугольной формы при влажности древесины в момент испытания, в абсолютно сухом состоянии и с условной плотностью.

Определение плотности древесины при влажности в момент испытания выполняют следующим образом. Из ранее изготовленных образцов в виде прямоугольных призм сечением 20x20 мм и высотой (вдоль волокон) 30 мм выбирают образцы. Подлежащие испытанию образцы должны иметь прямые углы и гладко выструганные поверхности. Размеры поперечного сечения и длину (a , b и l) измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм по осям симметрии образцов. Объем образца вычисляют с точностью до 0,01 см³. Сразу после измерения образец взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и вычисляют плотность $\rho_m(W)$:

$$\rho_m(W) = m_w / V_w,$$

где m_w – масса образца при влажности W , г;

V_w – объем образца при влажности W , см³.

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

$$\rho_m(12) = \rho_m(W) [1 + 0.01(1 - K_0)(12 - W)],$$

где K_0 – коэффициент объемной усушки, %;

W – влажность.

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.

Плотность древесины в абсолютно сухом состоянии определяют на тех же образцах, которые затем подсушивают в течение 3 ч при температуре 50 – 60 °С. После этого образцы высушивают в сушильном шкафу, при температуре 103±2 °С до постоянной массы так же, как описано выше (см. определение влажности). Высушенные образцы взвешивают с точностью до 0,01 г и штангенциркулем измеряют размеры поперечного сечения (a_0 и b_0) и длину l_0 по осям симметрии образцов.

Плотность древесины в абсолютно "сухом состоянии" ρ_0 вычисляют по формуле:

$$\rho_0 = m_0 / (a_0 \cdot b_0 \cdot l_0),$$

где m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии, г;

a_0, b_0, l_0 – размеры образца, см.

Условная плотность древесины определяется на образцах с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности. При этом допускается вымачивать образцы в дистиллированной воде при температуре 10–20 °С до изменения размеров на 0,1 мм. Образцы измеряют, высушивают и взвешивают, как указано выше.

Вычисляют условную плотность древесины с плотностью до 1 кг/м³ по формуле:

$$\rho_{\text{усл}} = m_0 / (a_{\text{max}} \cdot b_{\text{max}} \cdot l_{\text{max}})$$

где m_0 – масса образца в абсолютно сухом состоянии,

$a_{\text{max}} \cdot b_{\text{max}} \cdot l_{\text{max}}$ – размеры образца при влажности, равной или большей предела гигроскопичности, см.

Выполнив определение плотности образцов древесины, результаты необходимо занести в таблицу 2.2 и сравнить со справочными данными, а также сделать вывод о плотности древесины (см. табл. 2.3).

Таблица 2.2

Результаты определения плотности древесины

| Маркировка образца | Масса образца, г | | Размеры образца, см | | | Объём, см ³ | Влажность W, % | Средняя плотность, г/см ³ | | Плотность в абсолютно сухом состоянии, г/см ³ |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|---|---|------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | при влажности W m_w | в абс. сухом состоянии m_0 | a | b | h | | | при влажности W | при станд. влажности | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Таблица 2.3

Средние значения физико-механических свойств основных хвойных и лиственных пород (при влажности 12%)

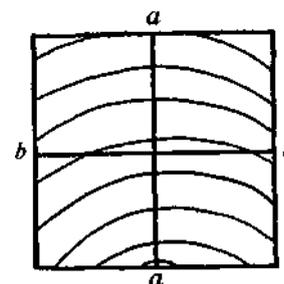
| Порода дерева | Средняя плотность, кг/м ³ | Предел прочности, МПа | | | | |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| | | вдоль волокон при | | поперек волокон при | | |
| | | растяжения | сжатия | скалывания радиальном | сжатия радиальном | статическом изгибе |
| Сосна | 500 | 100 | 48 | 7,5 | 3,6 | 85 |
| Лиственница | 660 | 125 | 62 | 11 | 4,6 | 105 |
| Ель | 450 | 120 | 44 | 6,8 | 3,3 | 80 |
| Кедр | 420 | 78 | 42 | 6,7 | 2,9 | 78 |
| Пихта | 370 | 70 | 40 | 6,5 | 3,1 | 70 |
| Дуб | 700 | 130 | 58 | 10 | 7,8 | 106 |
| Бук | 670 | 130 | 56 | 12 | 8,0 | 105 |
| Береза | 630 | 125 | 35 | 9,2 | 6,7 | 110 |
| Осина | 480 | 120 | 42 | 6,2 | 3,7 | 78 |

Определение усушки и разбухания древесины. При высыхании древесины от 30 % (точка насыщения волокон) уменьшаются ее линейные размеры и объем, т. е. происходит усушка. Обратное явление – разбухание, т. е. увеличение размеров древесины и ее объема при увлажнении до 30 %.

Различное строение древесины вдоль и поперек волокон, в тангентальном и радиальном направлениях, определяет и различное влияние влажности на величину усушки и разбухания. Так, в среднем изменение размеров древесины составляет по длине волокон 0,1 %, в радиальном направлении 3–6 % и тангентальном 6–12 %. Поскольку усушка вдоль волокон незначительна и не имеет практического значения, ее обычно не определяют.

Линейную усушку древесины поперек волокон (радиальную и тангентальную) определяют на образце в виде прямоугольной призмы сечением 20x20 мм и высотой 30 мм. Все поверхности образцов следует гладко обработать точно под угольник и щеткой очистить от пыли. На каждый образец наносят номер.

Размеры поперечного сечения образцов измеряют штангенциркулем с точностью не более 0,01 мм по осям симметрии, раз a в радиальном направлении и размер b в тангентальном направлении (рис. 2.7).



На технических весах взвешивают пронумерованные бюксы с притертыми крышками с образцами до высушивания, затем помещают бюксы без крышек с образцами в сушильный шкаф для предварительного подсушивания при температуре 50-60 °С в течение 3 ч. Затем образцы высушивают при температуре 103±2 °С. Высушивание проверяют повторными взвешиваниями с точностью 0,01 двух-трех образцов. Первое взвешивание при высушивании мягких пород выполняют не ранее чем через 6 ч высушивания при температуре 103±2 °С, а при высушивании твердых пород - не ранее 10 ч. Повторные взвешивания проводят через 2 ч. Высушивание считается законченным, когда разница между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,02 г. Перед взвешиванием образцы охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с гигроскопическим веществом.

После окончания высушивания вторично измеряют поперечное сечение образцов с точностью до 0,1 мм по тем же направлениям и в тех местах, что и в первый раз. Эти измерения следует проводить как можно быстрее, чтобы древесина образцов не успела поглотить влагу из воздуха. По результатам взвешивания определяют влажность древесины по приведенной ранее формуле, а затем вычисляют с точностью до 0,1 % усушку по следующим формулам:

в радиальном направлении:

$$Y_p = \left[(a - a_1) / a_1 \right] \cdot 100,$$

в тангентальном направлении:

$$Y_T = \left[(b - b_1) / b_1 \right] \cdot 100,$$

где a, b - размеры влажного образца вдоль волокон, соответственно в радиальном и тангентальном направлениях, мм;

a_1, b_1 - то же, после высушивания.

Коэффициент линейной усушки древесины, % (т. е. средней усушки на 1 % уменьшения ее влажности), по тем же направлениям вычисляют с точностью до 0,01 % по формулам:

$$K_p = Y_p / W; \quad K_T = Y_T / W$$

где W - влажность образца, %, определяемая на отдельной пробе, вырезанной рядом с образцом при его изготовлении.

Результаты заносят в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

Результаты определения линейной усушки древесины

| Маркировка образца | Размеры образца, см | | | | Усушка, % | | Коэффициент линейной усушки, % |
|--------------------|---------------------|-----|-------------------|-------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | до высушивания | | после высушивания | | в радиальн. напр. Y_p | в тангентальном напр. Y_T | |
| | a | b | a_1 | b_1 | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Объемная усушка характеризуется уменьшением объема образца древесины при изменении ее влажности от точки насыщения волокон до 0.

Объемную усушку определяют тем же способом и на том же образце, что и линейную, но кроме размеров a и b измеряют еще высоту образца l . По этим трем размерам определяют объем образца до высушивания V_w и после высушивания V_0 с точностью до $0,01 \text{ см}^3$ по формулам:

$$V_w = a \cdot b \cdot l; V = a_1 \cdot b_1 \cdot l_1$$

Объемную усушку $U_{об}$ вычисляют с точностью до $0,1 \%$ по формуле:

$$U_{об} = (V_w - V_0) / V_0$$

Коэффициент объемной усушки $K_{об}$ вычисляют с точностью до $0,1 \%$ по формуле:

$$K_{об} = U_{об} / W$$

Результаты опыта заносят в таблицу 2.5.

Таблица 2.5

Результаты определения объёмной усушки древесины

| Маркировка образца | Размеры образца, см | | | | | | Объём образца, см ³ | | Объёмная усушка $U_{об}, \%$ | Коэффициент объёмной усушки $K_{об}$ |
|--------------------|---------------------|-----|-----|-------------------|-------|-------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| | до высушивания | | | После высушивания | | | до высушивания V_w | после высушивания V_0 | | |
| | a | b | l | a_1 | b_1 | l_1 | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Разбухание древесины определяют на образцах того же размера. Образцы вымачивают в дистиллированной воде при температуре $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Изменение размеров проверяют повторными измерениями двух-трех образцов в тангентальном направлении через каждые 3 сут. Когда расхождение между двумя последними измерениями будет не более $0,02 \text{ мм}$, определяют размеры поперечного сечения образцов. Перед измерениями поверхность образцов следует обсушить фильтровальной бумагой. Измеряют и взвешивают образцы так, как описано выше.

Линейное разбухание древесины $P, \%$, с точностью до $0,1 \%$, вычисляют по формулам:

в радиальном направлении

$$P_r = [(b_{\max} - b) / b] \cdot 100;$$

в тангентальном направлении

$$P_T = [(a_{\max} - a) / a] \cdot 100,$$

где a_{\max} и b_{\max} – размеры образца при влажности, равной и большей предела гигроскопичности (30%), т.е. после вымачивания в воде, мм.

Затем вычисляют объемное разбухание древесины $P_v, \%$, не учитывая продольного разбухания, с округлением до $0,1 \%$ по приближенной формуле:

$$P_v = \left[(a \cdot b - a_0 \cdot b_0) / a_0 \cdot b_0 \right] \cdot 100.$$

Коэффициент разбухания K_p вычисляют с точностью до 0,01 % на 1 % влажности по формуле:

$$K_p = \frac{P}{W}$$

где P – линейное тангентальное или радиальное разбухание, %;

W – начальная влажность образца, %, вычисленная с погрешностью до 0,1 %.

Результаты заносят в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

| Результаты определения разбухания древесины | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----|------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Маркировка образца | Размеры образца, см | | | | Усушка, % | | Начальная влажность W , % | Коэффициент разбухания K_p , % |
| | до разбухания | | после разбухания | | в радиал. напр. P_p | в тангентальном напр. P_T | | |
| | a | b | a_{max} | b_{max} | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Прочность древесины.

Оборудование: пресс, разрывная машина, приспособление для испытания образцов древесины на скалывание вдоль волокон, штангенциркуль, металлическая линейка, микроскоп или лупа.

Механические свойства характеризуют способность древесины сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок). К механическим свойствам древесины относятся прочность, твердость, деформативность и ударная вязкость. Основным механическим свойством древесины является прочность, которая зависит от направления действующей нагрузки, породы дерева, плотности, наличия пороков.

В условиях учебной лаборатории техникума рекомендуется определять предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности на растяжение – вдоль волокон, условный предел прочности при местном сжатии – поперек волокон, предел прочности при статическом изгибе и предел прочности при скалывании – вдоль волокон. С целью сокращения времени на проведение данной лабораторной работы можно каждой из бригад студентов поручить провести одно из перечисленных выше; испытаний, а затем полученные результаты испытаний свести в общую таблицу физико-механических свойств древесины испытываемой породы.

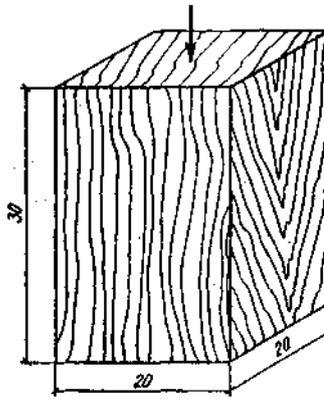


Рис. 2.8. Образец для испытания на сжатие вдоль волокон

Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Определение выполняют на образцах в виде прямоугольной призмы сечением 20х20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм (рис. 2.8). Перед испытанием измеряют размеры сечения образца (в середине его длины) штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Образец устанавливают торцевой поверхностью в центре шарнирной опоры приспособления. Приспособление с образцом помещают между головками испытательной машины и слегка зажимают его. При испытании образца скорость подачи нагрузки на образец должна быть равномерной и составлять $25\,000 \pm 5000$ Н/мин в течение всего времени испытания. Испытание ведут до разрушения образца, т. е. до момента, когда стрелка силоизмерителя пойдет в обратную сторону. После разрушения немедленно определяют влажность, используя для этого целый образец. 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 R_w вдоль волокон при данной влажности древесины вычисляют с точностью не более 0,5 МПа:

$$R_w = P_{\max} / a \cdot b ,$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;

a, b – размеры поперечного сечения образца, мм.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон пересчитывают на стандартную влажность 12 % с точностью до 0,5 МПа по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности

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

где α – коэффициент, равный 0,04 на 1 % влажности;

R_w – предел прочности при сжатии образца с влажностью W , %, в момент испытания, МПа;

для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности (30 %)

$$R_{12} = R_w / K_{12}^{30} ,$$

где R_w – предел прочности при сжатии образца с влажностью W , %, в момент испытания, МПа;

K_{12}^{30} – коэффициент пересчета при влажности 30 %:

0,4 – для березы и лиственницы;

0,45 – для ели, пихты, граба, груши, ореха, осины и тополя;

0,45 – для сосны и бука;

0,485 – для клена; 0,535 – для вяза и ясеня;

0,55 – для дуба, липы и ольхи.

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

Результаты определения предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон

| Маркировка образца | Размеры поперечного сечения, мм | | Разрушающая нагрузка P_{\max} , Н | Влажность W , % | Предел прочности, МПа | |
|--------------------|---------------------------------|-----|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| | a | b | | | R_w | R_{12} |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Пористость древесины в значительной мере влияет на величину сопротивления древесины сжатию, сама же пористость непосредственно зависит от процентного содержания в дереве поздней древесины.

Отсюда возникает практическая оценка механических свойств лесных материалов по процентному содержанию в них поздней древесины:

$$m = \left[(a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) / l \right] \cdot 100,$$

где $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – ширина поздних зон каждого годового слоя с точностью до 0,1 мм; l – расстояние между границами годовых слоев, мм.

Схема определения содержания поздней древесины показана на рис. 2.9.

Определение предела прочности на растяжение вдоль волокон.

Предел прочности на растяжение древесины вдоль волокон определяют на образцах точно установленных размеров (рис. 2.10). Заготовки для образцов получают путем выкалывания во избежание перерезания волокон.

Предел прочности R_w с влажностью W в момент испытания вычисляют с точностью до 1 МПа по формуле:

$$R_w = P_{\max} / a \cdot b,$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;

a, b – размеры поперечного сечения рабочей части образца, мм.

Прочность образца с влажностью, отличающейся от стандартной (12 %) больше, чем на +1 % (в пределах от 8 до 20 %), пересчитывают к влажности 12 % по формуле, указанной в предыдущем пункте, где α – коэффициент, равный 0,01 для всех пород древесины.

Предел прочности образца с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности, пересчитывают к влажности 12 % по формуле:

$$R_{12} = R_w K_{30}$$

где K_{30} – коэффициент, равный 1,3 для хвойных пород и 1,33 – для лиственных.

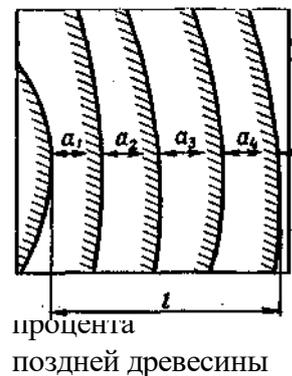
При необходимости предел прочности R_w пересчитывают к влажности 15 % с установленной точностью по формулам:

$$R_{15} = R_w \left[1 + \alpha (W - 15) \right];$$

для образцов с влажностью, меньшей предела гигроскопичности

$$R_{15} = R_w K_{30},$$

где K_{30} – коэффициент, равный 1,275 для хвойных пород и 1,27 – для лиственных.



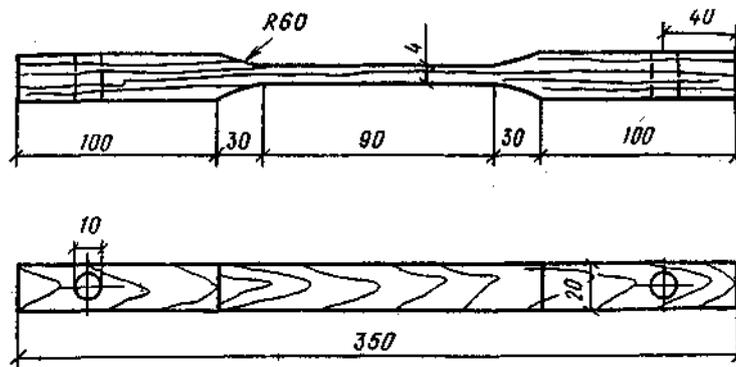


Рис. 2.10. Форма и размеры образца для испытания на растяжение вдоль волокон

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

Результаты определения предела прочности древесины при растяжении вдоль волокон

| Маркировка образца | Размеры поперечного сечения, мм | | Разрушающая нагрузка P_{max} , Н | Влажность W , % | Предел прочности, МПа | | |
|--------------------|---------------------------------|-----|------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|
| | a | b | | | R_w | R_{12} | R_{15} |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Определение условного предела прочности при местном сжатии поперек волокон. Используют образцы древесины сечением 20x20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм. Направление годичных слоев должно быть параллельно длине образца. Испытание в радиальном и тангентальном направлениях производят на разных образцах. Каждый образец измеряют с точностью до 0,1 мм.

Образец помещают в специальное приспособление (рис. 2.11) тангентальной или радиальной поверхностью кверху в зависимости от вида сжатия. Приспособление с образцом устанавливают в испытательную машину, где образец нагружается равномерно со скоростью 1000 ± 200 Н/мин. Через каждые 200 Н для легких пород и через 400 Н для твердых пород с помощью индикатора измеряют с точностью до 0,01 мм деформацию образца. Отсчеты по индикатору следует брать, не прекращая нагружения. Испытания производят до явного условного предела прочности, что характеризуется резким увеличением деформации. По окончании испытания определяют влажность образца.

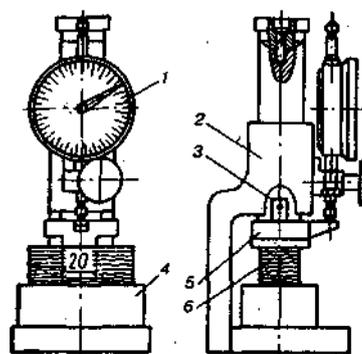


Рис. 2.11. Приспособление для испытания образцов древесины на сжатие поперек волокон
1 – индикатор; 2 – корпус; 3 – шток; 4 – подставка; 5 – съемный пуансон; 6 – образец

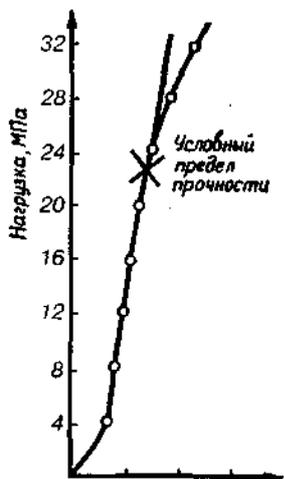


Рис. 2.12.

Диаграмма сжатия древесины поперек волокон

На основании парных отсчетов нагрузки и деформации вычерчивают диаграмму сжатия (рис. 2.12), откладывая по оси абсцисс значения деформации, а по оси ординат – значения нагрузки. Точка ординаты, где построенная линия переходит из прямолинейного очертания в криволинейное, соответствует условному пределу прочности. Значение условного предела прочности при данной влажности вычисляют с точностью до 0,1 МПа:

$$R_w = p / b \cdot l,$$

где p – нагрузка, соответствующая пределу прочности, Н;

b и l – ширина и длина образца, мм.

При этом необходимо предел прочности образца R_w пересчитать к влажности 12 % с точностью до 0,1 МПа по формуле:

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

Где α – коэффициент, равный 0,035 на 1 % влажности.

Предел прочности образца с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности, пересчитывают к влажности 12 % с точностью до 0,1 МПа:

$$R_{12} = R_w K_{12},$$

где K_{12} – коэффициент, равный 1,67 для лиственных пород в обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии и 2,46 – для хвойных пород при тангентальном сжатии.

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

Результаты определения предела прочности древесины при местном сжатии поперек волокон

| Маркировка образца | Размеры образца, мм | | Нагрузка, соотв. пределу прочност и P , Н | Влажност ь W , % | Предел прочности, МПа | |
|--------------------|---------------------|-----|---|--------------------|-----------------------|----------|
| | b | l | | | R_w | R_{12} |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Определение предела прочности при статическом изгибе. Изготавливают образцы в форме бруска сечением 20x20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Отклонения 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.

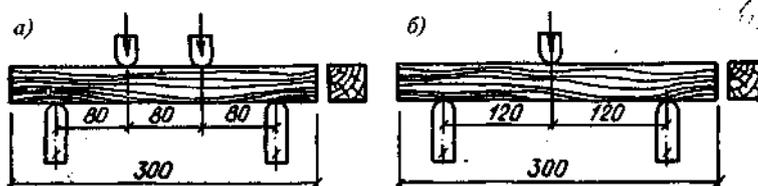


Рис. 2.13. Схемы испытания древесины на статический изгиб

a – при нагружении в двух точках на одной трети расстояния между опорами; b – при нагружении в одной точке посередине расстояния между опорами

При испытании образец укладывают на две неподвижные опоры с расстоянием между их центрами 240 мм. Нагрузка передается в двух или одной точке (рис. 2.13). Образец испытывают на изгиб таким образом, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годовым слоям тангентального разреза. Скорость нагружения образца должна быть равномерной в течение всего времени испытания: 7+1,5 кН/мин – при испытании по схеме, изображенной на рис. 2.13, a и 5+1 кН – при испытании по схеме на рис. 2.13, b .

Испытание продолжают до разрушения образца, т. е. до момента движения стрелки силоизмерителя в обратную сторону. Максимальную нагрузку определяют с точностью до цены деления шкалы силоизмерителя. После испытания определяют влажность образцов, для чего пробу длиной 30 мм вырезают вблизи излома.

Предел прочности при статическом изгибе при данной влажности образца вычисляют с точностью до 1 МПа по формулам:

при нагружении в двух точках

$$R_w = (p_{\max} \cdot l) / (b \cdot h^2);$$

при нагружении в одной точке

$$R_w = (3 \cdot p_{\max} \cdot l) / (2 \cdot b \cdot h^2),$$

где p_{\max} – максимальная разрушающаяся нагрузка, Н;

l – расстояние между опорами, мм;

b и h – ширина и высота образца, мм.

Предел прочности образцов пересчитывают на влажность 12 % по формуле:

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

где α – коэффициент, равный 0,04 для всех пород.

Предел прочности образцов с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности, пересчитывают на влажность 12 %:

$$R_{12} = R_w K,$$

где K – коэффициент, равный 1,54 для клена; 1,62 – для акации, вяза, дуба, липы, ясеня; 1,72 – для бука, груши, ивы, сосны кедровой и обыкновенной, пихты и тополя; 1,83 – для березы, граба, ели, лиственницы, ореха.

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.10.

Таблица 2.10

Результаты определения предела прочности древесины при статическом изгибе

| Маркировка образца | Размеры образца, мм | | | Разрушающая нагрузка P_{\max} , Н | Влажность W , % | Предел прочности, МПа | |
|--------------------|---------------------|-----|-----|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| | b | h | l | | | R_w | R_{12} |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Определение предела прочности при скалывании вдоль волокон. Образцы (рис. 2.14) вырезают таким образом, чтобы годовые слои на торцах были параллельны плоскости скалывания при тангентальном и перпендикулярны при радиальном скалывании. Образующие годовых слоев должны быть параллельны длинным ребрам образца. Отклонения от указанных на рис. 2.14 размеров скалываемой части образца не должны превышать 0,5 мм. Перед испытанием штангенциркулем измеряют с точностью до 0,1 мм по ожидаемой плоскости скалывания ширину образца b и длину скалывания l .

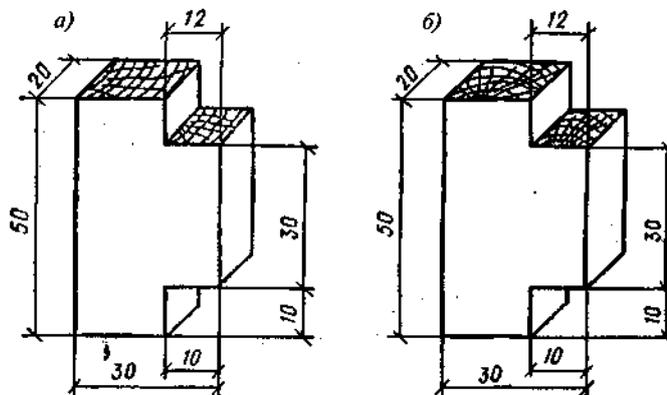


Рис. 2.14 бразцы для испытания древесины на скалывание вдоль волокон по плоскости
а – тангентальной; б – радиальной

Испытания проводят в специальном приспособлении, изображенном на рис. 2.15. Образец вставляют в приспособление и перемещением подвижной опоры обеспечивают прилегание опорных границ образца к соответствующим поверхностям приспособления. Подвижная опора должна прижиматься к образцу с силой 5–9 Н. Затем ставят приспособление с образцом в собранном виде на нижнюю головку испытатель-

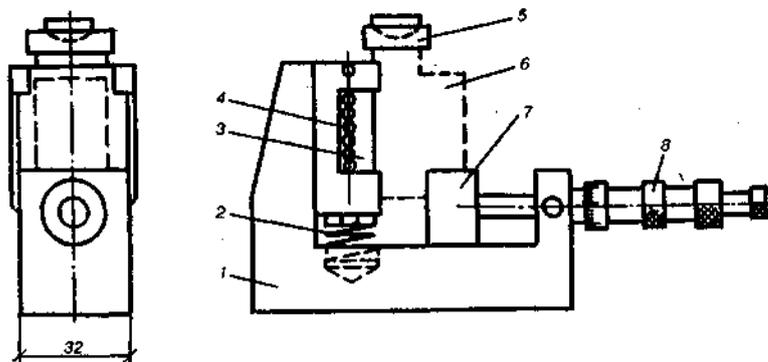


Рис. 2.15. Приспособление для испытания древесины на скалывание вдоль волокон

- 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – подвижная планка; 4 – ролики;
- 5 – нажимная призма с шаровой опорой; 6 – образец; 7 – подвижная опора;
- 8 – устройство для прижима подвижной опоры

ной машины так, чтобы верхняя торцевая поверхность длинной части образца находилась в центре приложения нагрузки. Испытывают образцы на скалывание сначала в тангентальной плоскости, затем – в радиальной. Для этого включают машину, и испытание проводят до разрушения образца. Скорость нарастания нагрузки должна быть равномерной в течение всего испытания ($4 \pm 1,0$ кН/мин). По шкале силоизмерителя определяют максимальную нагрузку с погрешностью не более цены деления шкалы силоизмерителя. Большую часть разрушенного образца подвергают испытанию на влажность.

Предел прочности при скалывании в тангентальной плоскости при влажности в момент испытания вычисляют с точностью до $1 \cdot 10^8$ Н/м² по формуле:

$$R_w^{ck} = p_{\max} / b \cdot l,$$

Где p_{\max} – максимальная нагрузка, Н;

b – длина образца, мм;

l – длина скалывания, мм.

Предел прочности при скалывании пересчитывают к влажности древесины 12 % с учетом коэффициента K , равного: 1,39 – для дуба и вяза; 1,88 – для березы и ореха; 1,65 – для бука, сосны, ели и лиственницы; 1,76 – для граба, осины и тополя и 1,53 – для клена, липы, ольхи, пихты и ясеня.

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.11.

Таблица 2.11

Результаты определения предела прочности древесины при скалывании вдоль волокон

| Маркировка образца | Размеры образца, мм | | Разруша ющая нагрузка P_{\max} , Н | Влажност ь W , % | Предел прочности, МПа | |
|-----------------------|------------------------|-----|---|--------------------------|-----------------------------|----------|
| | b | l | | | R_w | R_{12} |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Выполнив лабораторные испытания древесины каких-либо пород, необходимо сравнить свои результаты со справочными данными (см. табл. 2.2).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ

Цель работы – знакомство с методами определения прочности бетона в конструкциях.

Оборудование: молоток Физделя, молоток Кашкарова, склерометр ОМШ-1.

Рассмотренное выше определение прочности бетона по результатам испытаний на сжатие образцов-кубов не всегда отражает действительную прочность бетона в конструкциях. Кроме того, часто возникает необходимость дополнительно определить прочность бетона в более поздние сроки, чем предполагалось ранее. Однако отсутствие контрольных образцов не позволяет это сделать. Не представляется возможным оценить прочность бетона ранее возведенных железобетонных конструкций и сооружений. В последние годы разработан ряд механических и физических методов, позволяющих определить прочность бетона в различных местах железобетонных изделий и конструкций без их разрушения.

В механических методах используются различные приборы, основанные на принципе заглубления в бетон бойка (шарика) при ударе с определенной силой и получения значения пластической деформации, а также на принципе отскока от поверхности бетона и получения значения упругой деформации. К таким приборам относятся шариковый молоток конструкции И. А. Физделя, эталонный молоток НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкаррва, прибор системы КМ и др.

Шариковый молоток конструкции И.Л. Физделя (рис. 9.8) состоит из самого металлического молотка массой 250 г, который с одной стороны заострен, а с другой (ударной) оканчивается вращающимся шариком с завальцованной сферической частью гнезда, и деревянной ручки длиной 300 мм и массой 100 г. При ударе молотком шарик вминается в бетон и образует лунку, глубина которой

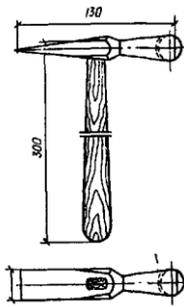


Рис. 9.8. Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя

зависит от прочности бетона (прочности главной составной части структуры бетона – цементного камня). Бетон следует испытывать со стороны боковых поверхностей конструкции, предварительно очистив их от пыли и посторонних предметов. При испытании со стороны верхней поверхности намечаемые места ударов должны быть очищены от слабой цементной пленки.

Для оценки прочности бетона в данном месте конструкции необходимо сделать не менее 6–10 ударов молотком и измерить (с точностью до 0,1 мм) диаметр получившихся лунок штангенциркулем или увеличительной градуированной лупой с 10-кратным увеличением. Диаметр лунок вычисляют как среднее арифметическое близких по значению диаметров 4–6 лунок. Лунки, полученные при неточном ударе, а также образованные при попадании шарика в раковины или щебень, не измеряют. Прочность бетона в данном месте конструкции определяют, пользуясь графиком зависимости диаметра лунки от прочности (рис. 9.9).

Точность данного метода в значительной мере зависит от умения и опыта работника, выполняющего испытание.

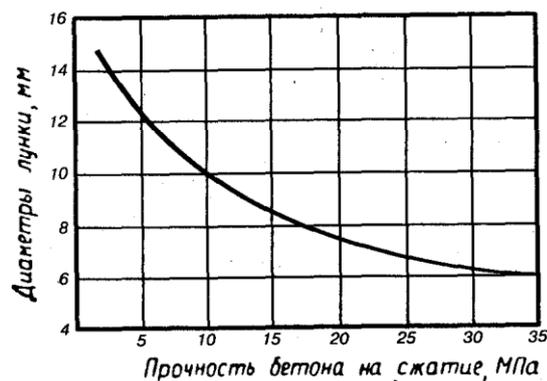


Рис. 9.9. График зависимости между диаметром лунок и прочностью бетона

Метод определения прочности бетона эталонным молотком НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова (рис. 9.10) заключается в том, что при ударе им по поверхности железобетонной конструкции одновременно образуются два отпечатка: первый диаметром d_6 на бетоне, второй диаметром d_3 на введенном в молоток эталонном стержне. За косвенную характеристику прочности бетона принимают отношение $d_6:d_3$, по которому определяют прочность бетона в данном месте конструкции. Эталонный стержень изготовлен из стали Ст3 длиной 150 и диаметром 10 мм, конец стержня заострен.

Эталонным молотком наносят не менее 10 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 испытываемой конструкции наносят так, чтобы расстояние между отпечатками не превышало 30 мм. Диаметр лунок на бетонной поверхности и эталонном стержне измеряют с точностью до 0,1 мм угловым масштабом (рис. 9.11), состоящим из двух стальных измерительных линеек, склепанных под углом.



Рис. 9.10.

Эталонный, молоток НИИМосстроя конструкции К.П. Кашкарова

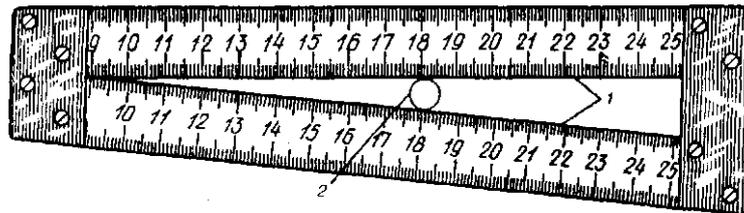


Рис. 9.11. Определение диаметра отпечатка на бетоне угловым масштабом
1 - угловой масштаб; 2 – измеряемая лунка

Прочность бетона в конструкциях устанавливают по графику (рис. 9.12) согласно вычисленному отношению $d_6:d_3$, как среднее арифметическое результатов 10 ударов молотка. Полученные таким образом значения $R_{сж}$ справедливы для бетона с влажностью 2–6 %. В случае повышенной влажности значение предела прочности бетона необходимо умножить на коэффициент влажности K_B , принимаемый при влажности 8 % – 1,1 и при влажности 12 % – 1,2. При мокрой поверхности бетона $K_B = 1,4$.

При контроле прочности бетона в конструкциях без их разрушения используются и другие приборы механического действия. Например, склерометр ОМШ-1, предназначен для определения прочности бетона на сжатие в диапазоне 5–40 МПа в бетонных и железобетонных конструкциях и изделиях методом упругого отскока по ГОСТ 22690.1.-77, ГОСТ 22690-88.

Принцип действия склерометра основан на ударе с нормированной энергией бойка о поверхность бетона и измерении высоты его отскока в условных единицах шкалы прибора, являющейся косвенной характеристикой прочности бетона на сжатие.

Прочность бетона определяют по градуировочным зависимостям между высотой отскока и прочностью бетона на сжатие путем параллельных испытаний контрольных кубов бетона склерометром и в прессе по ГОСТ 10180-78.

В настоящее время широко применяются физические методы контроля прочности бетона, для чего используют ультразвуковые и акустические приборы.

Ультразвуковой прибор Бетон-32 предназначен для экспресс-контроля неразрушающим методом прочности и однородности бетона в сборных и монолитных изделиях и конструкциях.

Ультразвуковой прибор УК-14ПМ предназначен для определения прочности бетона в сборных и монолитных бетонных и железобетонных изделиях и конструкциях с механическим напряжением 10–50 МПа (по методике ГОСТ 17624); для контроля твердеющего бетона; для контроля качества огнеупорных бетонных изделий и др.

Ультразвуковой тестер УК-1401 используется для измерений времени и скорости распространения продольных ультразвуковых волн в твердых материалах при поверхностном прозвучивании на фиксированной базе с целью определения прочности и целостности материалов и конструкций, а также обнаружения скрытых дефектов в бетонных конструкциях.

Ультразвуковой низкочастотный дефектоскоп А1220 предназначен для поиска инородных включений, пустот и трещин внутри изделий и конструкций из железобетона, камня, пластмасс и подобных им материалов при одностороннем доступе к объекту контроля. Дефектоскоп можно

использовать для измерений толщины изделий, исследования внутренней структуры вышеперечисленных материалов и оценки их прочности.

Ультразвуковой томограф А1230 используется для визуализации внутренней структуры монолитных железобетонных изделий и конструкций (плит, блоков, стенок труб, перекрытий и стен зданий, колонн, облицовок туннелей и т. д.) при одностороннем доступе.

Томограф позволяет обнаруживать инородные включения и пустоты в контролируемых объектах.

В последние годы разработаны и выпускаются и другие виды ультразвуковых приборов для определения прочности бетона в конструкциях, а также определения в конструкциях пустот и инородных включений.

Результаты опытов заносят в таблицу 9.8.

Таблица 9.8

Результаты определения прочности бетона неразрушающими методами

| Вид контролируемой прочности и её требуемое значение | Наименование неразрушающего метода, тип прибора | Среднее значение косвенно характеристики прочности | Значение прочности бетона по градуировочной зависимости, МПа | Поправочный коэффициент | Значение прочности бетона с учетом поправочного коэффициента, МПа | Среднее значение прочности бетона, МПа |
|--|---|--|--|-------------------------|---|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Вешневская В.Г. Неразрушающие методы испытаний строительных материалов : учебно-методическое пособие (лабораторный практикум) для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций») / Вешневская В.Г., Корниенко С.В., Малинин Д.Г.. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020. — 91 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93866.html> (дата обращения: 27.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Гилязидинова, Н. В. Строительные материалы : учебное пособие / Н. В. Гилязидинова, Т. М. Федотова, В. Б. Дуваров. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 172 с. — ISBN 978-5-00137-050-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122210> (дата обращения: 27.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей

3. Дворкин Л.И. Строительное материаловедение [Электронный ресурс]/ Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2013.— 832 с.

4. Кононова О.В. Современные отделочные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кононова О.В.— Электрон. текстовые данные.— Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2010.— 97 с.

5. Дворкин Л.И. Строительные минеральные вяжущие материалы [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие/ Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2013.— 544 с.

6. Дергунов С.А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дергунов С.А., Орехов С.А.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012.— 106 с.