

ВЫСШАЯ ШКОЛА · 1992



Методы лабораторных испытаний

строительных материалов
и строительных деталей

Л. А. МАНУЙЛОВ, Г. И. КЛЮКОВСКИЙ, Г. Г. УЛЬЯНОВА

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Издание второе

Допущено Управлением кадров и учебных заведений
Мосгорисполкома в качестве учебного пособия
для техникумов

Финансмент. 6-бланкет №
Бухго-недипломнута
Инв. № 222834
Шифр _____

БИБЛИОТЕКА
Бух ТН
№ 2/881



Издательство «Высшая школа» Москва 1968

Л. А. Мануйлов, Г. И. Ключковский, Г. Г. Ульянова. Методы лабораторных испытаний строительных материалов и строительных деталей. Изд-во «Высшая школа», 1968 г. Издание второе, переработанное и дополненное.

Настоящая книга предназначена в качестве учебного пособия для учащихся техникумов, специализирующихся по изготовлению и применению в строительстве главнейших строительных деталей. Изд-во «Высшая школа», 1968 г. Издание второе соответствует учебной программе для средних специальных учебных заведений строительного профиля.

Материал изложен в книге по главам, состоящим из параграфов. Содержание последних соответствует отдельным лабораторно-практическим занятиям. При изложении каждой лабораторной работы вначале приводится ее краткое теоретическое обоснование, затем — перечень необходимого оборудования и материалов, методика проведения, форма записи, методика расчета полученных результатов.

По объему изложенного материала учебное пособие является наиболее полным и включает, кроме методов лабораторных испытаний физико-механических свойств строительных материалов, а также описание методов химических анализов сырьевых материалов и вяжущих веществ, испытаний железобетонных конструкций.

Книга может быть использована в качестве руководства по контролю производства рабочими, мастерами, работниками ОТК и лаборантами заводских лабораторий.

В книге имеются 121 таблица, 116 иллюстраций, 12 библиографий.

3—2—9

268—68

*Лев Александрович Мануйлов,
Георгий Ипполитович Ключковский,
Галина Георгиевна Ульянова*

Методы лабораторных испытаний строительных материалов и строительных деталей

Редактор *Н. Н. Попова*

Техн. редактор *А. К. Нестерова*

Корректор *С. Р. Лановенко*

Т-03565	Сдано в набор 28/XI—67 г.	Подп. к печати 5/V—68 г.
Формат 84×106 ¹ / ₃₂	Объем 12,5 печ. л.	21 усл. п. л.
Изд. № Стр — 82	Тираж 15 000 экз.	Уч.-изд. л. 18,56
		Цена 71 коп.

Тематический план издательства «Высшая школа»
(вузы и техникумы) на 1968 г. Позиция № 268
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7. Зак. 2873

ГЛАВА I

СРЕДНЯЯ ПРОБА

§ 1. Методы отбора средней пробы

Строительные материалы, поступающие в лабораторию, подвергают испытанию. При этом проверяют соответствие их характеристик требованиям ГОСТа или технических условий (ТУ). Для правильного определения характеристики материала необходимо отобрать от него среднюю пробу. *Средней пробой* называется небольшое количество материала (например, гравия, песка, цемента, строительных изделий и т. д.), соответствующее по своему химическому составу, размерам, физическим и механическим свойствам всей партии. *Партией* материала обычно считается определенное количество однородного материала или изделий, поступившее на склад или производство либо отпущенное со склада единовременно. Величины партии и средней пробы определяются соответствующими ГОСТами или ТУ. Например, размер партий кирпича устанавливается в 1000 тыс. шт.; цемента 400 т; извести 50 т и т. д. Материал, полученный производством в меньшем количестве, также считается партией.

Отбор средней пробы должен производиться тщательно, так как неправильная характеристика данной партии материала может привести к браку на производстве. При отборе средней пробы следует иметь в виду, что крупные куски материала по своему составу могут отличаться от мелких кусков и пыли. Поэтому следует отбирать крупные, средние и мелкие куски примерно в том соотношении, в каком они находятся в данной партии. При транспортировке материалов мелкие куски и пыль скапливаются внизу вагона, баржи или контейнера, а крупные — наверху. Поэтому среднюю пробу следует отбирать в виде отдельных порций из разных мест и на разной глубине вагона, баржи, закрома, ящика и т. д. (рис. 1). Чем разнороднее материал по величине кусков,

тем больше порций приходится отбирать в среднюю пробу. Если материал поступает в таре, мешках, бочках, ящиках или укладывается в штабеля, клетки, то пробу отбирают либо от каждого мешка, бочки, ящика и т. д. (при малом количестве материала), либо от каждого второго, пятого, десятого и т. д. мешка, бочки, ящика или штабеля (при большем количестве материала). Среднюю

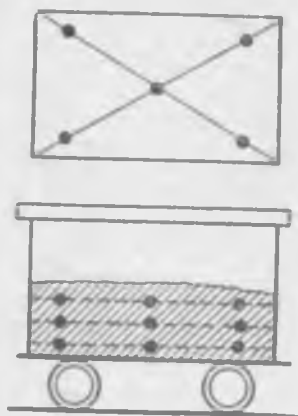


Рис. 1. Место отбора пробы из вагона

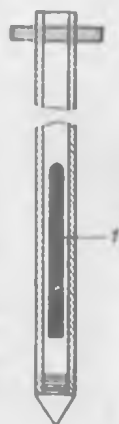


Рис. 2. Пробоотборник для сыпучих материалов (щуп):
1 — продольная щель для извлечения пробы

пробу молотых и сыпучих материалов (цемента, песка) отбирают специальными щупами (рис. 2).

Удобно производить отбор средней пробы при выгрузке или погрузке материала. Если материал движется по транспортеру, то через определенные промежутки времени совком, лопатой или специальным прибором отбирают порции материала, которые в дальнейшем составят среднюю пробу. При ручной погрузке или выгрузке в среднюю пробу может быть отброшен материал примерно с каждой пятой, десятой или двадцатой лопаты.

Для химического анализа, определения влажности и некоторых физико-механических испытаний требуется небольшое количество материала, поэтому исходную среднюю пробу в этом случае сокращают до требуемой величины. Одновременно с этим ее дробят и размалывают.

Наименьшее количество измельченной средней пробы, взятой для испытаний и анализа, называют *средней лабораторной пробой*. Лабораторную пробу хранят в соответствующей таре, которая предохраняет ее от изменения состава и влажности. Часть пробы (одну из банок) предназначают для испытания и анализа, другую часть — резервную — используют при повторных испытаниях.

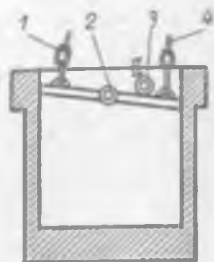


Рис. 3. Пробо-
отборник для
растворов биту-
ма и дегтя

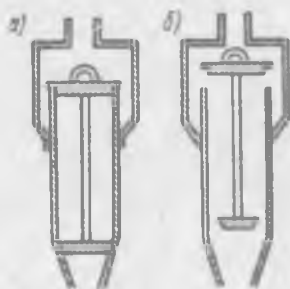


Рис. 4. Кружка для отбо-
ра шлама:

а — закрытая; б — открытая

При отборе средней пробы составляют акт или заполняют соответствующую учетную карточку, где указывают: регистрационный номер, наименование материала или изделия, месторождение или марку, номер партии, количество материала в пробе, дату поступления материала, дату и место отбора пробы и т. д. Сведения из учетной карточки или акта заносят в регистрационный журнал. На контрольный образец пробы наклеивают этикетку со сведениями из учетной карточки или акта. Время хранения контрольного образца в лаборатории устанавливают соответствующими инструкциями или ГОСТами. Как правило, проба хранится до тех пор, пока вся партия материала не будет использована в производстве.

Средняя проба жидких и полужидких материалов отбирается пипеткой, стеклянной трубкой или специальными пробоотборниками. Для отбора проб жидкости, например растворов битума или дегтя, применяют пробоотборник (рис. 3), представляющий собой металлический стакан емкостью 1 л с утяжеленным дном. Овальная крышка пробоотборника укреплена на оси 2 несколько наклонно. На крышке имеются три кольца (за два из

них крепятся цепи 1 и 4, а за третье — стальная рулетка 3). Пробоотборник опускают в резервуар при натянутой цепи 4. Как только он опустится на определенную глубину, ослабляют натяжение цепи 4 и держат его за цепь 1. При этом крышка поворачивается, и сосуд наполняется жидкостью. После заполнения сосуда жидкостью натяжение цепи 1 ослабляют и пробоотборник вытягивают за цепь 4. Крышка при этом закрывается.

Для отбора шлама на цементных заводах применяют специальные кружки (рис. 4). Кружку опускают на определенную глубину, а бечевку, прикрепленную к верхней ее крышке, тянут вверх. Крышка поднимается, открывается отверстие, и кружка заполняется шламом. При ослаблении бечевки крышка под действием собственного веса падает вниз, тем самым закрывая отверстие.

Сокращение средней пробы испытуемой жидкости или суспензии (шлама, шликера) производится после тщательного перемешивания.

§ 2. Подготовка средней пробы к испытаниям

Средняя проба кусковых и сыпучих материалов подвергается сокращению и измельчению. Сокращение средней пробы производится на специальных *приборах-делителях*, путем квартования или вычерпывания. Сокращение средней пробы на делителях производится значительно быстрее, чем путем квартования или вычерпывания.

Существует большое число различных конструкций делительных аппаратов, из которых наиболее употребительным является делитель (рис. 5), представляющий собой бункер с несколькими отделениями. В бункер делителя совком равномерно засыпают среднюю пробу, которая равномерно распределяется по отделениям прибора. Часть пробы из одного (или двух) отделений подвергают дальнейшему сокращению и, если требуется, измельчению.

При отсутствии специальных делительных аппаратов среднюю пробу сокращают путем *квартования*. При этом пробу тщательно перемешивают и насыпают в виде конусообразной кучи. Затем доской или совком выравнивают таким образом, чтобы получился усеченный конус, который сверху делят двумя взаимно перпендикулярными линиями на четыре равные части — сектора (рис. 6), две

противоположные части откидывают, а две оставшиеся снова подвергают квартованию. Эту операцию продолжают до тех пор, пока средняя проба не достигнет необходимой величины.

Метод *вычерпывания* состоит в том, что небольшую по величине среднюю пробу разравнивают невысоким слоем в виде квадрата или прямоугольника на железном или фанерном листе. Прямоугольник делят линейкой на 9, 15 или 20 квадратов. Из каждого квадрата (или из каждого второго квадрата) шпателем или совочком берут определенную порцию материала (рис. 7). Отобранные порциисыпают вместе и хорошо перемешивают.

Методом *вычерпывания* сокращают небольшую по величине пробу. Часто среднюю пробу сокращают сначала квартованием, а затем, когда она достигнет небольшой величины, методом *вычерпывания*.

Одновременно с сокращением производится измельчение сре-



Рис. 5. Делительный прибор



Рис. 6. Сокращение средней пробы методом квартования

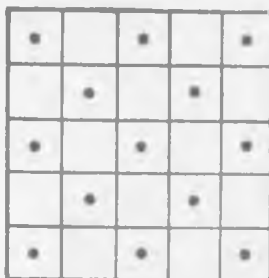


Рис. 7. Сокращение средней пробы методом вычерпывания

дней пробы в том случае, если величина частиц больше, чем это требуется для испытания.

Пробу кусковых материалов просеивают через грохот с ячейками около 25 мм. Крупные куски подвергают измельчению на дробилках или вальцах. Более мелкое дробление осуществляется на дисковых истирателях, шаровых или лабораторных мельницах.

Тонкое измельчение материала для химического анализа производят в агатовых ступках. В последнем случае измельчают очень небольшое (до 5 г) количество материала.

Для определения гранулометрического состава — ситового анализа — пробу не подвергают измельчению. Для ситового анализа крупного заполнителя (гравия, щебня) пробу берут в количестве 10 кг, песка — 1 кг, глины — 100 г, цемента (определение тонкости помола) — 50 г и т. д.

Для определения общей влажности берут пробу песка в количестве 1 кг, глины — 100 г и т. д.

Отбор средней пробы отдельных видов строительных материалов, строительных изделий, древесины, рулонных кровельных материалов и т. д. производится согласно ГОСТу и описывается в соответствующих разделах.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

Химико-аналитические определения широко используются при контроле производства для установления правильности технологического режима и при определении качественных характеристик (соответствие ГОСТов или ТУ) готовой продукции и сырья.

При химическом анализе силикатных материалов и вяжущих веществ определяют процентное содержание соответствующих окислов, что дает возможность правильно и быстро подобрать рецептуру сырьевой смеси или шихты для производства тех или иных изделий. Для контроля правильности химического анализа проводят

Средние данные параллельных химических анализов

[illegible]

два или три параллельных определения. Результаты анализа являются правильными в том случае, если отклонения в параллельных определениях не превышают величин, допустимых ГОСТами. Если данные параллельных определений превышают допустимые нормы, то анализ бракуется.

Запись данных химического анализа должна вестись в отдельном журнале. Средние данные параллельных анализов записываются по форме, приведенной в табл. 1.

При химическом анализе цементов, известняков и доломитов определяют содержание нерастворимого осадка; в некоторых случаях содержание MnO и др.

§ 1. Определение общей влажности

Различают общую влажность и гигроскопическую влагу. *Общая влажность* включает в себя естественную влажность материала, воду затворения и гигроскопическую влагу. *Общую влажность* определяют при разведке и эксплуатации карьера, контроле изготовления, сушке материала и т. д. *Гигроскопическая влага* — это количество водяных паров, адсорбированных из воздуха частицами испытуемого материала. Гигроскопическую влагу определяют из навески, доведенной до воздушно-сухого состояния, т. е. навески, высушенной при комнатной температуре и измельченной в агатовой ступке до величины частиц, проходящих через сито № 0085.

Оборудование и материалы: весы технические с разновесом; шкаф сушильный; эксикатор; чашка фарфоровая и щипцы тигельные.

Ход работы. 50—100 г средней пробы испытуемого материала помещают в фарфоровую чашку, охлажденную в эксикаторе и взвешенную на технических весах с точностью до 0,001 г. Пробу помещают в сушильный шкаф и высушивают в течение 2—4 ч при температуре 110° до постоянного веса.

Процентное содержание влаги определяют по формуле

$$W' = \frac{(G - G_1)}{G} \cdot 100\%,$$

где G — вес пробы до высушивания, г;

G_1 — вес пробы после высушивания, г.

§ 2. Определение влажности ускоренными методами

Спирговой метод. В заранее взвешенную фарфоровую чашку помещают около 10 г исследуемого материала и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем наливают 15 мл этилового 95%-ного спирта. Навеску перемешивают в спирте стеклянной палочкой и зажигают. После выгорания спирта чашку с навеской несколько охлаждают (до 40°), добавляют еще 10 мл спирта, перемешивают и зажигают вторично. Если материал имеет значительную влажность (15—25%), то прибавляют спирт три раза и каждый раз сжигают. Два раза прибавляют по 15 мл спирта, а в третий раз — 10 мл. После выгорания спирта чашку с навеской охлаждают и взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. Указанный метод не всегда дает точные результаты. Влажность находят по ранее приведенной формуле.

Определение влажности влагомером МХТИ.

Оборудование и материалы: влагомер МХТИ; трансформатор ЛАТР-2; чашка фарфоровая или стеклянная (чашка Петри).

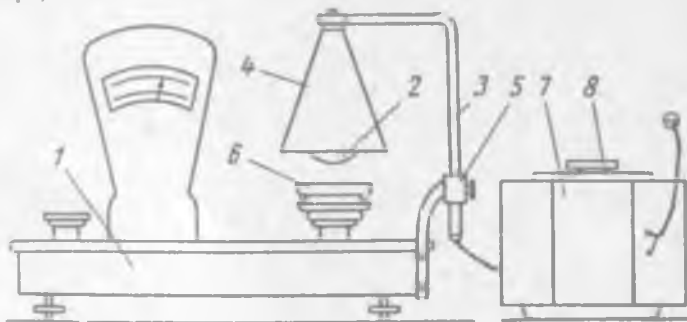


Рис. 8. Влагомер МХТИ

Влагомер МХТИ (рис. 8) состоит из 200-граммовых весов 1 типа ВИД-2 с градуированной шкалой и инфракрасной лампы 2 мощностью 500 вт, которая укреплена на штативе 3 и установлена в отражателе 4. Положение лампы фиксируется зажимом 5. На коромысло весов устанавливается чашка 6 с испытуемым материалом. Накал лампы регулируется трансформатором 7, который дает возможность рукояткой 8 плавно регулировать на-

пряжение вторичного переменного тока от 0 до 250 в, и включается в сеть. Шкала весов имеет две градуировки: верхняя указывает количество испарившейся влаги (%), а нижняя — абсолютную убыль в весе материала (г).

Ход работы. Навеску предварительно измельченного до небольших комочков материала в количестве 20 г помещают на чашку 6 прибора (см. рис. 8) под инфракрасную лампу. Затем рукояткой 8 включают трансформатор, постепенно увеличивая накал лампы так, чтобы поверхность материала нагревалась до температуры 110°. Последнюю измеряют термометром, ртутный шарик которого периодически помещают на материал, находящийся в чашке. По мере высыхания навески материала стрелка прибора перемещается по шкалам, указывая одновременно количество испарившейся влаги и убыль в весе материала. В процессе определения чашку следует периодически встряхивать. Сушка считается законченной, если стрелка весов в течение 6—7 мин будет находиться в одном и том же положении. Данный отсчет по шкале является окончательным и записывается в журнал.

§ 3. Определение гигроскопической влаги

Оборудование и материалы: шкаф сушильный; весы аналитические с разновесом; эксикатор; бюкс стеклянный и щипцы тигельные.

Ход работы. 1—2 г измельченной воздушно-сухой пробы помещают в высушенный и заранее взвешенный бюкс, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г и высушивают 1—3 ч в сушильном шкафу при температуре 105—110°. После этого бюкс охлаждают в эксикаторе и снова взвешивают. Затем помещают в сушильный шкаф на 30 мин, охлаждают и опять взвешивают. Пробу высушивают до постоянного веса.

На удаление гигроскопической влаги из навески цемента затрачивается обычно около 3 ч, из глины — 2 ч, из доломита — около 1 ч и т. д.

Содержание гигроскопической влаги определяют по формуле

$$W = \frac{(G - G_1)}{G} \cdot 100\%,$$

где G — навеска материала до высушивания, г;

G_1 — навеска после высушивания, г.

§ 4. Определение потерь при прокаливании

Потерями при прокаливании (п. п. п.) называется убыль в весе прокаливаемой при 1000° навески материала, выраженная в процентах.

В процессе нагревания сырьевых материалов происходит разложение ряда веществ с выделением газообразной фазы. Прежде всего удаляется гигроскопическая влага и кристаллизационная вода, затем происходит окисление и удаление органических веществ и химически связанной воды, разложение карбонатов и сульфатов и частичное удаление хлоридов. Сульфиды при этом окисляются в сульфаты.

Алюмогидросиликаты теряют химически связанную воду по реакции



При разложении карбонатов происходит удаление углекислого газа



Разложение сульфатов сопровождается выделением SO_3



Окисление сульфидов в сульфаты также сопровождается выделением SO_2 и SO_3 . При окислении соединений двухвалентного железа в трехвалентное происходит незначительное увеличение веса навески.

Оборудование и материалы: печь муфельная; весы аналитические с разновесом; тигель платиновый или фарфоровый; эксикатор и щипцы тигельные.

Ход работы. 0,5 г воздушно-сухой измельченной пробы помещают в прокаленный и предварительно взвешенный тигель и взвешивают на аналитических весах. Тигель с навеской помещают в муфельную печь и прокаливают в течение 40—60 мин при температуре 1000°. Затем его охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Тигель с навеской прокаливают до тех пор, пока проба не будет иметь постоянного веса.

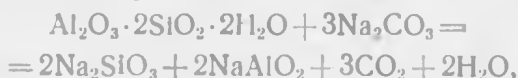
Расчет производится по следующей формуле:

$$\text{п. п. п.} = \frac{(G - G_1) \cdot 100}{G} - W \left(\frac{100}{100 - W} \right) \%,$$

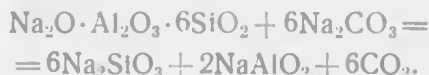
где G — навеска материала до прокаливания, г;
 G_1 — вес материала после прокаливания, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %*.

§ 5. Определение содержания двуокиси кремния

подавляющее большинство силикатных материалов не растворяется в воде и кислотах. Поэтому при определении химического анализа сплавляют навески со щелочами, чаще всего углекислыми (содой, поташом). К числу водо- и кислоторастворимых силикатов относится небольшая группа минералов: в воде растворяются только силикаты щелочных металлов («жидкое стекло»); в кислотах — нефелин, анортит, форстерит (в HCl), каолинит (в концентрированной H_2SO_4) и некоторые другие. Из несиликатных материалов в кислотах растворяются известняки и доломит. Так как растворимые в кислотах материалы всегда содержат примеси нерастворимых веществ, то при анализе их также сплавляют со щелочами. При этом силикатные материалы разлагаются с образованием растворимых силикатов и алюминатов щелочных металлов. Например, сплавление каолинита с содой происходит по реакции



а полевых шпатов (альбита) по реакции



Сплавление ведут в платиновом тигле, после чего сплав обрабатывают соляной кислотой. При этом разлагаются силикаты щелочных металлов, образуя осадок кремневой кислоты



а алюминаты образуют хлориды



* Процент гигроскопической влаги не включают в сумму результатов анализа, а указывают отдельно. Содержание всех остальных окислов пересчитывают на абсолютно сухое вещество.

Окислы железа, титана, кальция и магния (в виде соответствующих соединений, входящих в состав материала) также образуют хлориды FeCl_2 ; FeCl_3 ; AlCl_3 ; TiCl_4 ; CaCl_2 ; MgCl_2 .

Избыток соды или поташа при взаимодействии с соляной кислотой образует хлориды щелочных металлов и углекислый газ



В результате обработки сплава соляной кислотой все окислы металлов, входящие в состав материала, остаются в растворе в виде хлористых солей. Кремневая кислота выделяется в виде осадка. В процессе анализа сплав, обработанный соляной кислотой, высушивается досуха на водяной бане, снова обрабатывается H_2SO_4 и опять высушивается.

Кремневая кислота $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, кроме студенистого осадка, образует небольшое количество коллоидно-растворимой фазы — золя, который не задерживается фильтром. Последовательная обработка соляной кислотой и высушивание досуха на водяной бане переводит золь кремневой кислоты в осадок и предупреждает образование труднорастворимых основных солей. Отфильтрованный и высушенный осадок $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ прокаливают, при этом происходит обезвоживание кремневой кислоты по реакции

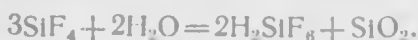


Остаток SiO_2 , полученный путем прокаливания, содержит в себе некоторое количество адсорбированных окислов алюминия, титана, железа и др. Для точного определения содержания кремнезема последний («сырой» SiO_2) обрабатывают в платиновом тигле смесью серной и плавиковой кислот. При взаимодействии кремнезема с плавиковой кислотой образуются газообразный фтористый кремний и вода



При последующем прокаливании из тигля удаляют SiF_4 , H_2O и избыток серной и плавиковой кислот. В тигле после прокаливания остаются только примеси. Серная кислота, прибавляемая совместно с плавиковой, ускоряет

реакцию образования SiF_4 и поглощает выделяющуюся воду, которая при реакции с SiF_4 образует кремнефтористоводородную кислоту



Кроме того, наличие серной кислоты препятствует образованию летучего четырехфтористого титана



Количество чистого SiO_2 определяют по разности между весом «сырого» SiO_2 и весом примесей.

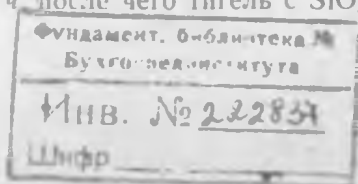
Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; весы технические; тигель платиновый с крышкой; тигель фарфоровый; платиновая проволока или шпатель; печь муфельная; щипцы тигельные; ступка агатовая; ступка фарфоровая; баня водяная; штатив Бунзена; пипетки градуированные; промывалка; эксикатор; палочки стеклянные; воронки стеклянные; цилиндр мерный; сетка асбестовая; фильтры беззольные; кислоты: соляная (уд. в. 1,19), серная (уд. в. 1,835), плавиковая (40%), азотная (уд. в. 1,4); сода безводная; поташ; 1%-ный раствор AgNO_3 в 1%-ной HNO_3 .

Ход работы. Испытуемый материал, доведенный до воздушно-сухого состояния, растирают в агатовой ступке до полного прохождения через сито № 0085. В платиновый тигель, предварительно прокаленный и взвешенный, помещают навеску материала в количестве от 0,5—1 г и взвешивают на аналитических весах. К навеске в тигель добавляют 4—6 г безводной соды с поташом (для понижения температуры сплавления) и хорошо перемешивают платиновой проволочкой, после чего засыпают сверху 1—2 г соды. Тигель с навеской помещают в муфельную печь, разогретую до 300—400°, и равномерно нагревают в течение 40—60 мин, поднимая температуру в печи до 800—900°. При нагревании необходимо следить, чтобы сплав не разбрызгивался выделяющимся углекислым газом. Если выделение CO_2 идет бурно, температуру печи снижают. Сплавление считается законченным через 10—15 мин после окончания выделения углекислого газа.

Тигель с расплавом вынимают щипцами из печи и, наклоняя, равномерно распределяют сплав по его стенкам, а затем быстро опускают в холодную воду так, чтобы последняя не попала в расплав. Тигель быстро охлаждается, расплавленная масса трескается и отскакивает от

стенок. Иногда этим приемом не удается отделить сплав от стенок тигля, в особенности, если навеска содержала значительное количество Al_2O_3 . В этом случае тигель с расплавом и крышкой следует поместить в большую фарфоровую чашку с 10%-ным раствором HCl и закрыть часовым стеклом, при этом необходимо следить, чтобы тигель хотя бы наполовину был погружен в раствор. Лучше платиновый тигель поместить в чистую фарфоровую чашку. В тигель вливают 20 мл горячей воды и при помешивании стеклянной палочкой выщелачивают полученный сплав. Затем содержимое тигля выливают в другую чистую фарфоровую чашку диаметром 12—13 мм и приливают туда 30 мл HCl (1:1) небольшими порциями, закрывая чашку широким часовым стеклом. Раствор в чашке (не поднимая часового стекла) перемешивают стеклянной палочкой. Платиновый тигель ополаскивают HCl (1:1) в фарфоровую чашку с раствором. После прекращения выделения углекислого газа к раствору добавляют 2—3 мл HCl (1:1). Если при этом пузырьки CO_2 не выделяются, соляную кислоту больше не приливают. Часовое стекло ополаскивают дистиллированной водой из промывалки в фарфоровую чашку.

Раствор после выщелачивания сплава разбавляют дистиллированной водой до объема 150 мл и выпаривают на водяной бане досуха и до полного удаления запаха HCl . Затем к сухому остатку добавляют 10 мл концентрированной HCl и снова выпаривают на водяной бане до полного удаления запаха HCl . Полученный сухой остаток продолжают нагревать на водяной бане еще 2 ч. После второго высушивания добавляют 20 мл концентрированной HCl , а через 10 мин — 80 мл горячей дистиллированной воды и фильтруют через плотный фильтр. Осадок кремнекислоты на фильтре промывают горячей дистиллированной водой до полного удаления ионов хлора (проба с раствором $AgNO_3$ в 1%-ной HNO_3). Фильтрат и промывные воды сохраняют для последующих определений. Промытый осадок кремневой кислоты с фильтром подсушивают в воронке и помещают во взвешенный платиновый тигель. Фильтр с осадком осторожно озоляют сначала на малом пламени газовой горелки (во избежание воспламенения фильтра), а затем в муфельной печи, нагретой до 1000—1200°. Прокаливание в муфеле ведут в течение 1 ч, после чего тигель с SiO_2 ох-



лаждают и взвешивают. Затем тигель вновь помещают в муфельную печь на 15—20 мин и снова взвешивают. Прокаливание ведут до постоянного веса. Количество SiO_2 находят по формуле

$$\text{SiO}_2 = \frac{a \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где a — вес прокаленного SiO_2 , г;

G — навеска материала, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

Для точного определения SiO_2 остаток в платиновом тигле смачивают тремя каплями дистиллированной воды и прибавляют 0,5 мл концентрированной H_2SO_4 . Тигель при этом разогревается. В остывший тигель добавляют 7—8 мл 40%-ной плавиковой кислоты и нагревают на водяной бане (или в фарфоровой чаше с водой). Определение проводят под тягой. Тигель после обработки HF переносят из водяной бани на электроплитку или прокаливают на пламени газовой горелки, а затем — в муфельной печи.

После удаления SiO_2 тигель охлаждают и взвешивают на аналитических весах. Прокаливание ведут до постоянного веса. Содержание чистого SiO_2 находят по формуле

$$\text{SiO}_2 (\text{чистый}) = \frac{(a - b) \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где a — вес тигля с прокаленным SiO_2 , г;

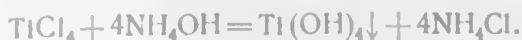
b — вес тигля после обработки HF и прокаливания, г;

G — вес навески материала, г;

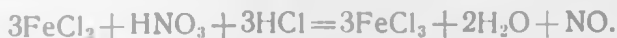
W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 6. Определение содержания суммы полуторных окислов и двуокиси титана

К полуторным окислам относятся окись железа Fe_2O_3 и окись алюминия Al_2O_3 . При анализе окись железа, окись алюминия и двуокись титана определяются в виде суммы. После этого определяют отдельно содержание окиси железа и двуокиси титана, а окись алюминия находят из их разности. Из фильтрата после выделения SiO_2 железо, алюминий и титан осаждаются аммиаком в виде гидроокиси



Перед осаждением соединения двухвалентного железа переводят в соединение трехвалентного железа азотной кислотой, так как гидроокись закисного железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$ полностью не осаждается аммиаком



NH_4Cl , образующийся при осаждении, препятствует осаждению кальция и магния. Раствор после осаждения кипятят для разложения частично образующегося алюмината аммония $(\text{NH}_4)_3\text{AlO}_3$. Осадки гидроокисей промывают раствором NH_4NO_3 , нейтрализованным NH_4OH (раствор NH_4NO_3 вследствие гидролиза имеет кислую реакцию и может вызвать частичное растворение гидроокисей). NH_4NO_3 , адсорбированный осадком, при прокаливании полностью удаляется в виде NO_2 и H_2O .

Гидроокиси при прокаливании переходят в соответствующие окиси:



Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; печь муфельная; эксикатор; тигель платиновый; щипцы тигельные; штатив Бунзена; стаканы химические; палочки стеклянные; пипетки мерные; цилиндры мерные; промывалки; фильтры беззольные; кислота азотная (уд. в. 1,4); аммиак 25%-ный (уд. в. 0,91); аммоний азотнокислый (2%-ный раствор) и метилоранж.

Ход работы. Фильтрат и промывные воды после удаления SiO_2 выпаривают до 200—250 мл, после чего добавляют 2—3 капли азотной кислоты и столько же капель метилоранжа. Раствор нагревают до кипения и добавляют к нему по каплям 25%-ный аммиак до образования желтой окраски раствора. Железо, алюминий и титан выпадают в осадок в виде гидроокисей. При малом содержании полуторных окислов и окиси титана осадок выпадает не сразу. В этом случае раствор следует выпарить до 100 мл, добавить несколько капель 25%-ного NH_4OH и дать ему длительное время постоять. После

этого раствор с осадком нагревают до кипения и фильтруют через беззольный фильтр. Далее осадок промывают горячим 2%-ным раствором NH_4NO_3 , усредненным несколькими каплями 25%-ного NH_4OH , до полного удаления ионов хлора. Осадок вместе с фильтром переносят в предварительно прокаленный и взвешенный тигель*, высушивают и вновь прокаливают в муфельной печи в течение часа до полного обезвоживания гидроокисей при температуре $1000\text{--}1100^\circ$ и достаточном доступе воздуха. Затем снижают температуру печи до $800\text{--}900^\circ$ и прокаливают еще 30 мин, чтобы Fe_3O_4 , частично образовавшийся при температуре 1100° , полностью перешел в Fe_2O_3 . Прокаливание ведут до постоянного веса.

Содержание суммы полуторных окислов и двуокиси титана находят по формуле

$$(\text{R}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) = \frac{a \cdot 100}{G(100 - W)} \%,$$

где a — вес прокаленного осадка, г;

G — навеска материала, г;

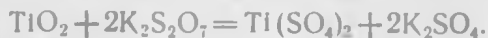
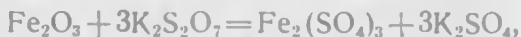
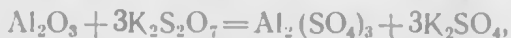
W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 7. Определение содержания окиси железа и двуокиси титана

Окись железа и двуокись титана определяют из раствора, полученного при сплавлении осадка полуторных окислов с бисульфатом калия или смесью буры с содой и последующего растворения сплава в H_2SO_4 . Полуторные окислы и двуокись титана при сплавлении с бисульфатом калия переходят в сернокислые соли. При этом бисульфат теряет воду и переходит в пиросульфат



последний реагирует с окисями железа, алюминия и титана

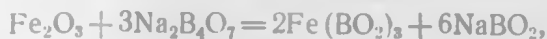
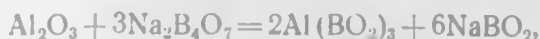


* Если количество чистого SiO_2 определять при помощи плавиковой кислоты, то фильтр с осадком следует помещать в платиновый тигель, где производилось взвешивание примесей к SiO_2 .

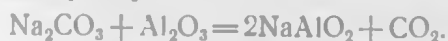
Сплавление проводится под тягой, так как при температуре выше 600° происходит разложение избытка пиро-сульфата с выделением SO₃



Выделяющийся SO₃ вызывает вспучивание расплава. Значительно быстрее идет сплавление с бурой и содой, при этом образуются бораты соответствующих металлов



Сода реагирует с окислами, образуя соответствующие соединения. Например,



Полученный сплав выщелачивается 5%-ной H₂SO₄ при охлаждении во избежание образования метатитановой кислоты H₂TiO₃. Из полученного раствора окись железа определяется йодометрическим или колориметрическим методом.

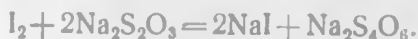
Йодометрический метод. При добавлении йодида калия в сернокислый раствор, содержащий соли железа, титана и алюминия, образуется йодисто-водородная кислота:



которая восстанавливает трехвалентное железо в двухвалентное



Выделяющийся при реакции свободный йод титруется раствором тиосульфата



Оборудование и материалы: колба коническая; пипетки мерные; бюретка; кислота соляная (уд. в. 1,19); натрий углекислый, безводный; калий йодистый; тиосульфат натрия; крахмал.

Ход работы. Из мерной колбы емкостью 250 мл после растворения полуторных окислов и двуокиси тита-

на пипеткой или бюреткой отбирают 50 мл раствора, переносят в коническую колбу объемом 250 мл, нейтрализуют 10%-ным раствором карбоната натрия по индикаторной бумажке конго и подкисляют до ее посинения. Затем добавляют 0,5 мл концентрированной соляной кислоты и 1—1,5 г йодида калия. Колбу закрывают пробкой, взбалтывают и оставляют на 5 мин. Свободный йод, выделившийся по реакции, титруют 0,01 Н раствором тиосульфата натрия до слабо-желтого окрашивания. Затем прибавляют 1—2 мл раствора крахмала и титруют до исчезновения синей окраски.

Раствор крахмала готовят следующим образом: 1 г крахмала смешивают с 2—4 мл дистиллированной воды и медленно вливают в стакан с кипящей смесью, состоящей из 50 мл воды и 50 мл глицерина (или в 100 мл кипящей воды, в которой растворе 1 г салициловой кислоты).

Содержание окиси железа вычисляют по формуле

$$\bar{r}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{VK \cdot 0,0008 \cdot 100^2}{G (100 - W)} \%,$$

где V — количество 0,01 Н раствора тиосульфата, мл;

K — коэффициент пересчета на объем 250 мл;

0,0008 — титр 0,01 Н тиосульфата по Fe_2O_3 ;

G — навеска силиката, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

Колориметрический метод определения окиси железа применяется при незначительном содержании (1—2%) железа в материале. Метод основан на зависимости интенсивности окраски соединений железа от его концентрации в растворе. В качестве окрашенных соединений железа для колориметрирования применяют $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, окрашенный в красно-бурый цвет, и сульфосалицикатный комплексный ион $[(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_3\text{Fe}]^{--}$, окрашенный в желтый цвет. Наиболее удобным является последнее соединение, так как оно в отличие от $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ более устойчиво. Сульфосалициловая кислота с железом образует три комплексных иона: моносульфосалицилат $[(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_1\text{Fe}]^+$ при pH среды от 1,8—2,5, дисульфосалицилат $[(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_2\text{Fe}]^0$ при pH от 4—8 и трисульфосалицилат $[(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_3\text{Fe}]^{--}$. Последний комплекс используют для колориметрического определения железа, основанного на

том, что два одинаковых пучка лучей от одного источника света проходят через слой окрашенных растворов, находящихся в двух стаканчиках колориметра. В один стаканчик колориметра наливается раствор окрашенного соединения железа известной концентрации c_1 , в другой — испытуемый раствор, концентрацию c_2 которого надо определить. Поднятием и опусканием стаканчиков добиваются таких толщин h_1 и h_2 слоя растворов, при которых оба раствора имеют одинаковую интенсивность окраски, т. е. добиваются такого положения, при котором оба полукруга в окуляре колориметра одинаково окрашены. В этом случае произведение концентрации на толщину h слоя в обоих стаканчиках есть величина постоянная, т. е. $h_1 c_1 = h_2 c_2$, или $\frac{c_1}{c_2} = \frac{h_2}{h_1}$.

Толщину слоев h_1 и h_2 определяют по левой и правой шкалам колориметра. Если концентрация одного из растворов c_1 известна (эталонный раствор), то концентрацию испытуемого раствора c_2 находят по формуле

$$c_2 = \frac{c_1 h_1}{h_2}.$$

Оборудование и материалы: печь муфельная; колориметр; весы аналитические с разновесом; цилиндры мерные; пипетки; воронки стеклянные; бюретка; раствор сульфосалициловой кислоты; аммиак; железозаммонийные квасцы и фильтры беззольные.

Ход работы. Для определения колориметрическим методом окиси железа прежде всего следует приготовить стандартный раствор. Для этого 0,604 г свежеперекристаллизованных железозаммонийных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ растворяют в воде, подкисленной 5 мл H_2SO_4 (уд. в. 1,84), и разбавляют до объема 1 л. Затем 10 мл раствора разбавляют до объема 100 мл. В одном миллилитре такого раствора содержится 0,011 мг Fe_2O_3 . Для большей точности титр стандартного раствора определяют весовым методом. Для этого к 100 мл неразведенного стандартного раствора добавляют две капли HNO_3 и 5% раствора NH_4OH до щелочной реакции. После этого выпаривают раствор до тех пор, пока не останется 20 мл, затем его охлаждают, добавляют 2—3 мл аммиака и фильтруют. Осадок промывают 2%-ным раствором NH_4NO_3 , нейтрализованным NH_4OH , до удаления ионов SO_4^{2-} (проба

на ион SO_4^{2-}). Затем высушивают фильтр с осадком и прокаливают. При этом гидроокись железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ переходит в Fe_2O_3 . Прокаливание ведут до постоянного веса. Вес окиси железа указывает на содержание ее в 100 мл стандартного раствора до разбавлений. В 10 мл, которые затем разводят до 100 мл, будет содержаться окиси железа в десять раз меньше. Титр такого раствора равен $T_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{a}{1000}$, где a — вес прокаленного осадка.

Аликвотную часть * раствора, например 100 мл, полученного растворением полутонных окислов, переносят в один из мерных цилиндров, в оба цилиндра приливают по 15 мл 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты и по 10 мл 5%-ного раствора хлористого аммония.

В цилиндр с испытуемым раствором приливают по 2—3 капли 10%-ного раствора аммиака до получения устойчивой желтой окраски. К раствору добавляют 3 мл 10%-ного раствора NH_4OH . Во второй цилиндр вливают такое же количество NH_4OH и добавляют дистиллированной воды до тех пор, пока уровень растворов в двух цилиндрах не будет одинаковым. После этого из бюретки по каплям добавляют стандартный раствор железоаммонийных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ до образования почти одинаковой с испытуемым раствором окиси. Затем растворы в обоих цилиндрах разбавляют дистиллированной водой до 100 мл.

Из каждого цилиндра берут 20 мл раствора и переносят в стаканчики колориметра. Стаканчик со стандартным раствором устанавливают на одном из делений 10, 15, 20, 30 ($h_{\text{ст}}$) в зависимости от интенсивности окраски. Стаканчик с испытуемым раствором вращением винта поднимают или опускают, добиваясь положения, при котором обе половинки поля зрения в окуляре будут одинаково окрашены. $h_{\text{исп}}$ определяют по шкале.

Процентное содержание Fe_2O_3 находят по формуле

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{T h_{\text{ст}} V K \cdot 100}{h_{\text{исп}} G (100 - W)} \%,$$

где T — титр разведенного стандартного раствора;
 V — объем раствора (разведенного), взятый для определения, мл;

* Аликвотная — это определенная, заранее отмеренная часть.

$h_{\text{ст}}$ и $h_{\text{исп}}$ — высота столба стандартного и испытуемого растворов, см;

K — поправка к аликвотной части раствора;

G — навеска вещества, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

Титр разведенного раствора определяют по следующим формулам:

$$T_1 = \frac{V_2 T_2}{V_1}, \text{ или } T_1 = \frac{V_2 T_2}{100},$$

где T_1 — титр разведенного стандартного раствора;

T_2 — титр стандартного (первоначального) раствора;

V_2 — объем стандартного раствора (отмеренный по бюретке), мл;

V_1 — объем разведенного стандартного раствора, мл.

При определении железа сульфосалицилатным методом содержание его в цилиндре с испытуемым раствором не должно превышать 0,5 мг в пересчете на Fe_2O_3 .

Фотоколориметрический метод определения окиси железа применяется при большом количестве однотипных анализов, требующих значительной точности. Определение ведут на приборах — фотоколориметрах.

Ниже дается описание определения Fe_2O_3 на отечественном фотоколориметре ФЭК-М.

Принцип действия фотоколориметра заключается в том, что два одинаковых световых луча от осветителя 1 (рис. 9), проходя через растворитель 2 в первом случае и через окрашенный раствор 3 во втором случае, попадают на два фотозлемента 4 и 5. Пучок света, проходя через окрашенный раствор, частично поглощается, поэтому второй фотозлемент дает меньшее количество электрического тока, чем первый. Вследствие этого соединенный с фотозлементами гальванометр отклоняется от нулевого

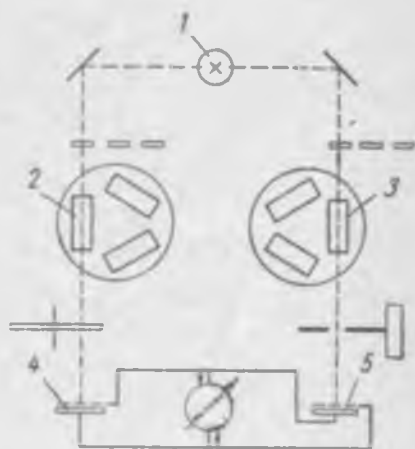


Рис. 9. Оптическая схема фотоколориметра ФЭК-М

положения. Для уравнивания интенсивности двух световых пучков между кюветой с растворителем с фотоэлементом 4 помещают фотометрический клин, а между кюветой с окрашенным раствором и фотоэлементом 5 — щелевую диафрагму. При положении стрелки гальванометра на нулевом делении освещенность обоих фотоэлементов одинакова.

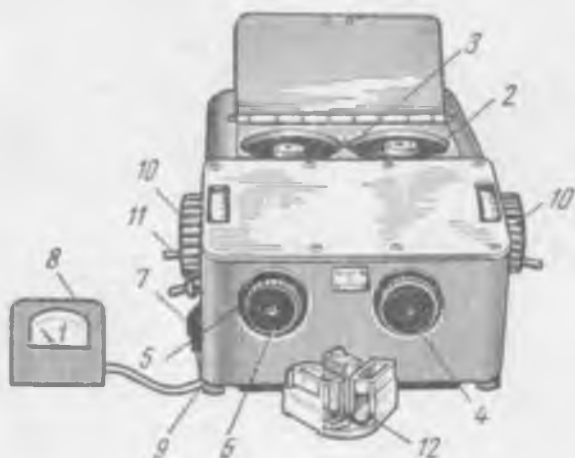


Рис. 10. Фотоколориметр ФЭК-М

ФЭК-М (рис. 10) состоит из: осветителя 1, держателей кювет с тремя гнездами каждый, цветных фильтров 3 (нейтрального, зеленого, синего, красного), которые включают рукояткой 4 на пути двух световых пучков; двух нейтральных круговых клиньев — одного для грубой и другого для точной настройки (клин грубой настройки приводится во вращение рукояткой 5, клин точной настройки — рукояткой 6); рукоятки переключения для грубой и точной настройки 7; фотоэлементов Φ_1 и Φ_2 (см. рис. 9); стрелочного гальванометра 8, присоединяемого к клеммам 9; измерительной диафрагмы с двумя отсчетными барабанами 10 и рукояткой 11, находящимися на одной оси. На каждом барабане нанесены две шкалы: коэффициентов светопропускания и оптической плотности (красная). Шкала светопропускания нанесена так, что на левом барабане 100%-ному светопропусканию соответствует максимальное открытие щелевой диафрагмы, а на правом барабане — минимальное открытие щелевой

диафрагмы. К прибору прилагается стабилизатор для сохранения постоянного накала лампы осветителя, набор кювет разной толщины (с расстояниями между рабочими гранями от 50 до 1 мм); кюветы с малой толщиной — для интенсивно окрашенных растворов и с большой толщиной — для слабо окрашенных.

Обычно при незначительной окраске раствора (малых концентрациях) оптическую плотность определяют на левом барабане, а при интенсивной окраске растворов — на правом (с выбором соответствующих кювет).

Определение оптической плотности на левом барабане производится следующим способом. По ходу правого пучка света (см. рис. 10) устанавливается кювета с окрашенным испытуемым раствором 12, а по ходу левого пучка — такая же кювета с растворителем. Индекс левого барабана устанавливается на нулевом делении (красная шкала). Затем включается переключатель фотометрических клиньев на грубую настройку (положение 1). При этом стрелка гальванометра отклоняется и вращением рукоятки 5 устанавливается на нулевое деление. Затем переключатель переводят в положение 2 (точная настройка) и рукояткой 6 устанавливают гальванометр снова на нулевое деление, после чего переключатель переводят на деление 0. Далее по ходу правого пучка лучей также устанавливают кювету с растворителем (шкала барабана должна при этом находиться на нулевом делении, а переключатель на отметке 0). После установки кюветы с растворителем переключатель переводят в положение 1 (грубая настройка). Стрелка гальванометра при этом отклоняется. Затем вращением измерительных барабанов 10 стрелка гальванометра устанавливается на нулевое деление, переключатель переводят на отметку 2 (точная настройка) и снова вращением барабанов стрелку гальванометра устанавливают на нулевое деление.

При отсчете по правому барабану сначала по ходу правого и левого пучка света помещают две одинаковые кюветы с растворителем, затем индекс правого барабана устанавливают на нуль шкалы оптической плотности. Вращением рукоятки сначала грубой, а затем точной настройки при соответствующих положениях переключателя устанавливают стрелку гальванометра на нулевое деление. После этого в правый пучок света помещают кювету с испытуемым раствором и вращением измери-

тельных барабанов снова устанавливают стрелку гальванометра на нулевое деление. Величина оптической плотности отсчитывается по правому барабану. Концентрация раствора определяется по калибровочной кривой, построение которой описано ниже.

При работе с ФЭК-М измерение следует начинать через 20 мин после включения осветителя. При перерывах в работе выключают прибор или перекрывают световые потоки шторками. До включения прибора необходимо убедиться, что переключатель настройки находится на делении 0. Нельзя производить точную настройку гальванометра, не переведя его стрелку на нулевое деление посредством грубой настройки. Для большей точности определения подбирают соответствующие светофильтры.

Оборудование и материалы: фотоколориметр ФЭК-М; колбы мерные емкостью 100 мл; пипетки мерные; стаканы химические; квасцы железоаммонийные; кислота соляная (уд. в. 1,19), серная (уд. в. 1,84) и сульфосалициловая; хлорид аммония; аммиак 10%-ный.

Ход работы. Перед испытанием готовят стандартные растворы железоаммонийных квасцов. Для этого в мерную колбу 0,6039 г на 100 мл помещают отвешенную на аналитических весах навеску чистых железоаммонийных квасцов $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, добавляют 3 мл 10%-ной HCl и доливают водой до метки. Этот раствор (раствор А) содержит в 1 мл — 1 мг Fe_2O_3 .

10 мл этого раствора переносят в мерную колбу на 100 мл и разбавляют водой до метки (раствор Б). 1 мл этого раствора содержит 0,1 мг Fe_2O_3 .

Для определения содержания Fe_2O_3 строят калибровочную кривую. Для этого в 10 мерных колб на 100 мл последовательно переносят пипеткой 1, 2, 3, 4, ..., 9 и 10 мл раствора Б. В каждую колбу приливают 10 мл 1Н раствора NH_4Cl , 15 мл 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты и по каплям 10%-ный аммиак, до появления стойкой желтой окраски. Затем все колбы доливают водой до метки, хорошо взбалтывают и колориметрируют. Оптическую плотность каждого раствора записывают. В качестве растворителя применяют раствор хлорида аммония, 15 мл 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты и аммиак в том же количестве, как и в испытуемых растворах, содержащих железоаммонийные квасцы.

Оптическую плотность измеряют с применением синего светофильтра.

Калибровочную таблицу строят на миллиметровой бумаге. На оси ординат откладывают оптическую плотность через интервалы в 0,1, а не на оси абсцисс — концентрацию через интервалы в 0,1 мг на 100 мл раствора. После этого для раствора каждой концентрации наносят точки, соответствующие найденной для них оптической плотности, и соединяют их линией. Концентрации испытуемых растворов определяют на прямом отрезке полученной кривой. При малом содержании Fe_2O_3 строят вторую калибровочную таблицу с концентрациями от 0,01 до 0,1 мл. Для этого 10 мл раствора А разводят до 1 л.

В зависимости от предполагаемого содержания общего количества окиси железа колориметрирование производят в пробе, взятой из общего объема полученного раствора — 250 мл. Аликвотную часть раствора переносят в мерную колбу объемом 100 мл. Объем аликвотной части берут такой, чтобы при разведении его до 100 мл и прибавлении сульфосалициловой кислоты окраска раствора была бы в пределах окраски растворов, взятых для построения первой или второй калибровочной кривой. Затем прибавляют 10 мл 1Н раствора хлорида аммония, 15 мл 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты и аммиака сначала до устойчиво желтого окрашивания и затем еще 3 мл аммиака, после чего разбавляют водой до метки. В другой мерной колбе емкостью 100 мл готовят растворитель: приливают 10 мл 1Н раствора хлорида аммония, 15 мл 20%-ного раствора сульфосалициловой кислоты, 10%-ный раствор аммиака и подкисляют H_2SO_4 в количестве, примерно равном содержанию кислоты в аликвотной части раствора.

При определении оптической плотности левую кювету наполняют растворителем, а правую — испытуемым раствором. По величине оптической плотности находят содержание Fe_2O_3 (мг) мл испытуемого раствора. Для чего проводят линию, параллельную оси концентрации, от соответствующего значения оптической плотности до пересечения ее с калибровочной кривой. От точки пересечения восстанавливают перпендикуляр на ось абсцисс и находят концентрацию Fe_2O_3 в 100 мл раствора.

Содержание окиси железа вычисляют по формуле

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{L \cdot 250 \cdot 100^2}{V G (100 - W)} \%,$$

где L — найденная концентрация Fe_2O_3 по калибровочной таблице, мг/мл ;

V — объем аликвотной части раствора, взятого в колбу емкостью 100 мл , мл ;

G — навеска материала, г ;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 8. Определение содержания двуокиси титана

Определение производят колориметрическим методом путем сравнения интенсивности желтой окраски испытуемого раствора, содержащего надтитановую кислоту, со стандартным. Для образования окрашенной надтитановой кислоты к испытуемому раствору добавляют перекись водорода



При большем содержании железа в испытуемом материале раствор может быть окрашен в светло-желтый цвет солями железа, что затрудняет колориметрическое определение двуокиси титана. В этом случае к раствору добавляют H_3PO_4 , которая образует с железом бесцветный комплекс. Стандартный раствор готовят выпариванием смеси титанофтористоводороднокислого калия K_2TiF_6 с серной кислотой. При выпаривании образуется сернокислый титан



Оборудование и материалы: печь муфельная; весы аналитические с разновесом; тигель платиновый; колориметр; цилиндры мерные; пипетки градуированные; бюретки; воронка стеклянная; колбы мерные до 1000 мл ; фильтры беззольные; кислота серная (уд. в. 1,935); титанофтористоводородный калий; 5%-ный раствор перекиси водорода; аммиак 25%-ный и ортофосфорная кислота.

Ход работы. Чтобы приготовить стандартный раствор сернокислого титана, необходимо отвесить на аналитических весах в платиновой чашке (предварительно взвешенной) 1 г свежеперекристаллизованного $\text{K}_2\text{TiF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$. К навеске добавляют 100 мл серной кислоты (1:1) и выпаривают почти досуха. Снова наливают такое же количество H_2SO_4 и опять выпаривают. Затем платиновую чашку быстро охлаждают, содержимое чашки растворяют в небольшом количестве воды и вылива-

ют в мерную колбу объемом 1000 мл, наполненную 800 мл дистиллированной воды. Чашку ополаскивают водой, последнюю выливают в мерную колбу и раствор в мерной колбе доводят до метки 1 л.

Для определения титра полученного стандартного раствора сернокислого титана из колбы отбирают 100 мл раствора, разбавляют водой в другой мерной колбе до 1 л, переливают в стакан и нагревают до кипения. К раствору добавляют аммиак до щелочной реакции. Образовавшийся осадок гидроокиси титана отфильтровывают, промывают, подсушивают и переносят вместе с фильтром в предварительно взвешенный платиновый тигель, прокаливают и снова взвешивают. Титр стандартного раствора по TiO_2 определяют по формуле

$$T_{\text{TiO}_2} = \frac{a}{100},$$

где a — вес прокаленного осадка TiO_2 , г.

Для определения содержания двуокиси титана из мерной колбы, где находится раствор сернокислых солей железа, алюминия и титана, берут 25 мл испытуемого раствора, вливают в мерный цилиндр объемом 100 мл, добавляют 3 мл 3%-ного раствора перекиси водорода и 2—4 капли концентрированной H_3PO_4 . Интенсивность окраски зависит от содержания титана.

В другой цилиндр наливают 25 мл 5%-ного раствора H_2SO_4 ; из бюретки добавляют стандартный раствор соли титана до тех пор, пока цвет раствора в обоих цилиндрах не станет примерно одинаковым, и отмечают в миллилитрах количество прилитого стандартного раствора $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$. Растворы разводят дистиллированной водой до объема 100 мл и вычисляют титр уже разведенного стандартного раствора по формуле

$$T_2 = \frac{V T_{\text{TiO}_2}}{100},$$

где T_{TiO_2} — первоначальный титр стандартного раствора;

V — объем стандартного раствора (отмеренный по бюретке).

Из обоих цилиндров берут пипеткой по 10 мл раствора и наливают в стаканчик колориметра. Дальнейшее испытание и анализ ведут так же, как и при определе-

нии содержания железа колориметрическим методом (см. стр. 24).

Процентное содержание TiO_2 определяют по формуле

$$TiO_2 = \frac{T_{TiO_2} h_{ст} VK 100^2}{h_{исп} G (100 - W)} \%,$$

T_{TiO_2} — титр стандартного раствора (разведенного) по TiO_2 ;

$h_{ст}$ и $h_{исп}$ — высота столба жидкости испытуемого и стандартного растворов;

V — объем раствора, взятый для колориметрирования (разведенного до 100 мл), мл;

K — поправка к аликвотной части раствора;

G — навеска материала, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

Оксид алюминия Al_2O_3 находят по разности между процентным содержанием полуторных окислов и двуокиси титана и процентным содержанием суммы окиси железа и двуокиси титана

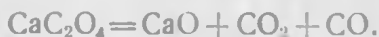
$$Al_2O_3 = (R_2O_3 + TiO_2) - (Fe_2O_3 + TiO_2).$$

§ 9. Определение содержания окиси кальция

Оксид кальция определяется из фильтрата после отделения полуторных окислов путем осаждения щавелевокислым аммонием в аммиачной или уксуснокислой среде, если материал содержит значительное количество магния, то осаждение лучше вести в уксуснокислой среде



В уксуснокислой среде CaC_2O_4 не растворяется, в то время как щавелевокислый магний растворим и при осаждении остается в растворе. Осадок щавелевокислого кальция прокаливается, при этом образуется оксид кальция

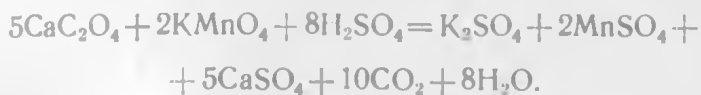


Так как оксид кальция поглощает из воздуха CO_2 и пары воды, то взвешивание производят в тигле, который

помещают в закрытый бюкс. Для большей точности остаток CaO в тигле обрабатывают H_2SO_4 , прокаливают при температуре $800-890^\circ$ и полученный CaSO_4 взвешивают



Более быстрый метод определения окиси кальция — объемный. В этом случае осадок щавелевокислого кальция растворяют в серной кислоте и титруют раствором перманганата калия



Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; печь муфельная; тигель фарфоровый; бюкс стеклянный; бюретка; пипетка мерная; стаканы химические; воронки стеклянные; фильтры; серная кислота (уд. в. 1,835); щавелевокислый аммоний; уксуснокислый аммоний; 0,1 N (или 0,05 N) раствор перманганата калия.

Ход работы. Весовой метод. После отделения осадка гидроокиси железа, титана и алюминия фильтрат выпаривают до объема 200 мл. Далее в горячий раствор добавляют уксусную кислоту до получения слабokислой реакции и избыток 4%-ного раствора щавелевокислого аммония.

Раствор с осадком кипятят, затем ставят на 50 мин на водяную баню до образования крупнокристаллического осадка. После этого в течение 8—10 ч стакан с осадком отстаивается. Осадок фильтруют, промывают на фильтре 1%-ным раствором щавелевокислого аммония, подкисленного уксусной кислотой, до полного удаления ионов Cl' (проба с AgNO_3). Фильтр с осадком помещают в предварительно взвешенный фарфоровый тигель, осторожно подсушивают около 1 ч и озоляют в муфельной печи при $t=800^\circ$. Далее осадок прокаливают в течение 30 мин, после чего окись кальция взвешивают и снова прокаливают в течение 8 мин до постоянного веса. Взвешивание CaO производят в закрытом бюксе.

Процентное содержание CaO определяют по формуле

$$\text{CaO} = \frac{A \cdot 100\%}{G(100 - W)} \%;$$

где A — вес CaO в тигле, г;
 G — навеска силиката, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

Более точные результаты получаются при определении окиси кальция в виде CaSO_4 . Для этого осадок после охлаждения смачивают водой и добавляют 0,5—1 мл H_2SO_4 (уд. в. 1,84). Затем выпаривают сначала на водяной, а потом на песчаной бане до удаления паров серной кислоты. Остаток прокаливают при температуре 700—780° до постоянного веса. Содержание CaO в этом случае определяется по формуле

$$\text{CaO} = \frac{A_1 \cdot 0,4117 \cdot 100}{G(100 - W)} \%,$$

где 0,4117 — коэффициент перехода от CaSO_4 к CaO ;
 A_1 — вес CaSO_4 .

Объемный метод. Осадок щавелевокислого кальция, образующийся после прибавления щавелевокислого аммония, переносят на фильтр и промывают 5—6 раз 1%-ным раствором уксуснокислого аммония, а затем небольшим количеством теплой дистиллированной воды. Промытый осадок обрабатывают на фильтре 25—40 мл раствора H_2SO_4 (1:4). Серная кислота растворяет щавелевокислый кальций. Полученный раствор разбавляют дистиллированной водой до 150 мл, нагревают до температуры 70° и титруют 0,1Н раствором перманганата калия до появления слабого розового окрашивания.

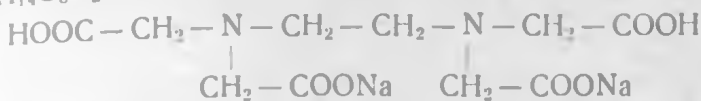
Процентное содержание CaO определяют по формуле

$$\text{CaO} = \frac{VT_{\text{CaO}} \cdot 100}{G(100 - W)} \%,$$

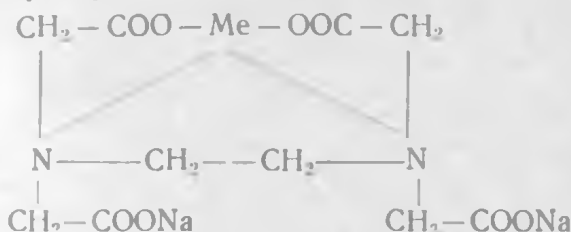
где V — объем 0,1 Н раствора KMnO_4 ;
 T_{CaO} — титр 0,1Н KMnO_4 по CaO ;
 G — навеска силиката, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

Трилонометрический метод. В последнее время для химического анализа применяется новая группа органических реактивов, объединенных под общим названием «комплексоны», образующие с ионами металлов внутрикомплексные соединения. Широкое применение нашел комплексон под названием *трилон Б*, который используется в качестве рабочего раствора в методе комплексонометрии. Трилон Б — кислая двунатриевая

со-ль этилендиаминотетра ук-сусной ки-сло-ты
 $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot H_2O$.



Трилон Б образует прочное, растворимое в воде комплексное соединение с магнием, щелочноземельными металлами, марганцем, редкоземельными элементами и другими металлами. В этих соединениях металл замещает атомы водорода карбоксильной группы COOH и координационными (побочными) валентностями связан с азотом. Например,



Сокращенно трилон Б пишут $\text{Na}_2[\text{H}_2\text{T}_2]$.

Образование комплекса с ионами Ca^{++} или Mg^{++} может быть представлено уравнением реакции $\text{Ca}^{++} + \text{Na}_2[\text{H}_2\text{T}_2] \rightleftharpoons \text{Na}_2[\text{CaT}_2] + 2\text{H}^+$. Чтобы направить реакцию в сторону образования комплекса, следует связать ионы водорода. Это достигается прибавлением аммиачного буферного раствора ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) или щелочей. Константа нестойкости таких комплексов чрезвычайно мала.

Индикаторами в комплексонометрии служат органические реактивы — металлоиндикаторы, которые дают характерные окрашенные соединения с определенным ионом. Их цвета резко отличаются от цвета самого индикатора.

В процессе титрования до точки эквивалентности титруемый раствор содержит определяемый ион. Вблизи точки эквивалентности, когда все определяемые ионы связываются с трилоном в комплекс, т. е. концентрация определяемых ионов резко уменьшается, происходит изменение окраски раствора. В комплексонометрии применяется индикатор, дающий окрашенное соединение только с определяемым ионом.

Трилометрическое определение окиси кальция проводят в щелочной среде. При этом магний выделяется в виде осадка $\downarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$, а алюминий в растворе находится в виде алюминатов, что не мешает определению кальция. В качестве индикаторов лучше использовать мурексид и нафтоловый зеленый Б.

Оборудование и материалы: бюретки; пипетки; колбы конические; стаканы химические; натр едкий; индикаторы — мурексид и нафтоловый зеленый Б; трилон Б; карбонат кальция.

Ход работы. Предварительно готовят 0,1 N раствор трилона Б (см. стр. 38) и определяют его титр по CaO , пользуясь химически чистым CaCO_3 . Для этого взвешивают на аналитических весах 0,1 г химически чистого карбоната кальция, помещают в колбу объемом 250 мл, добавляют 50 мл воды и осторожно небольшими порциями приливают HCl (1:5). Раствор кипятят для удаления CO_2 . Затем доводят до слабокислой среды раствором NaOH (по лакмусу). К охлажденному раствору приливают из бюретки 10 мл раствора трилона Б, титр которого хотят определить, затем 10 мл 20%-ного раствора щелочи и 0,04 г смеси индикаторов (0,1 г мурексида, 0,25 г нафтолового зеленого и 25 г NaCl) и дотитровывают раствор трилоном Б до сине-фиолетового окрашивания.

Титр трилона Б по CaO вычисляют по формуле

$$T_{\text{CaO}} = \frac{g \cdot 0,04}{V},$$

где g — навеска карбоната кальция, г;

V — общий объем прилитого трилона Б, мл;

0,04 — коэффициент пересчета на CaO .

Фильтр после отделения полуторных окислов выпаривают до объема 150 мл и помещают в мерную колбу объемом 250 мл. Посуду ополаскивают в ту колбу, в которой проводилось выпаривание, и охлажденный раствор доливают дистиллированной водой до метки. 100 мл раствора помещают в коническую колбу, приливают 10 мл 20%-ного раствора NaOH , затем 0,05 г смеси индикаторов и титруют. Последнее ведут 0,1 N трилоном Б до перехода окраски из сиренево-розовой в сине-фиолетовую. Перед окончанием титрования добавляют еще 5 мл 20%-ного раствора NaOH (для сохранения щелочной среды).

Содержание окиси кальция определяют по формуле

$$\text{CaO} = \frac{VT_{\text{CaO}}n \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где V — объем трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

T_{CaO} — титр 0,1 Н трилона Б по CaO;

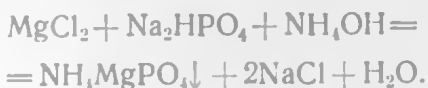
n — коэффициент пересчета на 250 мл раствора ($n=2,5$);

G — навеска силиката, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 10. Определение содержания окиси магния

Весовой метод. Окись магния осаждается в виде двойной соли двухзамещенным кислым фосфорнокислым натрием или аммонием в присутствии аммиака



Осадок двойной соли прокаливают в муфельной печи, в результате чего образуется пирофосфат магния. Последний взвешивают и по его весу определяют содержание



Прокаливание ведут в фарфоровом тигле. Платиновым тиглем пользоваться не рекомендуется, так как может образоваться фосфористая платина за счет восстановления фосфата до свободного фосфора по реакции



Оборудование и материалы те же, что и при определении CaO весовым методом, а также применяется раствор двухзамещенного кислого фосфорнокислого натрия и 25%-ный раствор аммиака.

Ход работы. Фильтрат после определения CaO подкисляют соляной кислотой и выпаривают до 200—300 мл; к горячему раствору при помешивании прибавляют 3—5 мл насыщенного раствора кислого фосфорнокислого натрия Na_2HPO_4 и 60—100 мл 10%-ного рас-

твора аммиака NH_4OH . Через некоторое время добавляют 10 мл 25%-ного раствора NH_4OH и дают ему отстояться в течение 12 ч, после чего раствор с осадком фильтруют.

Выпадению осадка препятствует избыток щавелево-кислого аммония, поэтому осаждение идет медленно. Осадок на фильтре промывают 10—12 раз 3%-ным раствором аммиака до полного удаления ионов хлора (проба с AgNO_3 в HNO_3). Затем смачивают 2—3 каплями HNO_3 для лучшего озоления фильтра и высушивают в воронке в сушильном шкафу, после этого помещают осадок с фильтром в предварительно взвешенный фарфоровый тигель и медленно озоляют в открытой муфельной печи при небольшой температуре или на газовой горелке. После сгорания фильтра тигель помещают в муфель и прокаливают при температуре 1000° в течение 30 мин, взвешивают и снова прокаливают до постоянного веса. Содержание магния определяют по формуле

$$\text{MgO} = \frac{A \cdot 0,3621 - 100\%}{G(100 - W)} \%,$$

где A — вес прокаленного осадка, г;

0,3621 — отношение молекулярного веса MgO к молекулярному весу $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$;

G — навеска силиката, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

Трилонометрический метод основан на титровании трилоном Б (комплексон III) раствора, содержащего ионы Mg^{++} . При взаимодействии трилона Б с магнием образуется недиссоциированный комплекс. Момент поглощения всех ионов магния из раствора определяют по изменению окраски индикатора хромогена-черного, который меняет цвет с винно-красного на синий. Определение ведут в слабощелочной среде при $\text{pH}=7-11$.

Оборудование и материалы: стаканы химические; пипетки мерные; бюретки; шпатель; трилон Б (комплексон III); хлорид аммония; аммиак 25%-ный; хромоген-черный ET-00; хлорид натрия.

Ход работы. Предварительно готовят 0,1 N раствор трилона Б, для чего 19 г трилона Б растворяют в мерной однолитровой колбе дистиллированной воды, доливая ее до метки, и фильтруют полученный раствор. Нормальность раствора определяют, титруя 20 мл 0,1 N раствора сульфата магния в присутствии аммиачного

буферного раствора (см. ниже) приготовленным раствором трилона Б. Для этого к 20 мл 0,1 Н MgSO_4 добавляют 80 мл дистиллированной воды и 50 мл буферного раствора нагревают до 60—70°. Затем на кончике ножа добавляют смесь хромогена-черного и приливают из бюретки приготовленный раствор трилона Б до перехода окраски индикатора из винно-красной в синюю. Отмечают объем раствора трилона Б, пошедший на титрование. Поправку K к 0,1 Н раствору определяют, разделив 20 на объем трилона Б, израсходованного на титрование.

Для приготовления буферного раствора 50 г хлорида аммония растворяют в 120 мл дистиллированной воды, добавляют 120 мл 25%-ного аммиака и доводят объем раствора до 1 л. Буферный раствор имеет pH 10.

Хромоген-черный перед употреблением растирают с сухим хлоридом натрия (1 : 100) и хранят в стеклянном бьюксе с крышкой.

Фильтрат после осаждения оксалата кальция нагревают до температуры 60—70°, добавляют 60 мл буферного аммиачного раствора и хромоген-черный (на кончике ножа). Раствор при этом окрашивается в винно-красный цвет. Раствор титруют 0,1 Н раствором трилона Б при интенсивном перемешивании до перехода окраски в синюю.

Содержание окиси магния определяют по формуле

$$\text{MgO} = \frac{K V - 0,002015 - 100^2}{G (100 - W)} \%,$$

где

- K — поправка к 0,1 Н раствору трилона Б;
- V — объем раствора трилона Б, мл;
- 0,002015 — титр 0,1 Н трилона Б по MgO ;
- G — навеска силиката, г;
- W — содержание гигроскопической влаги, %.

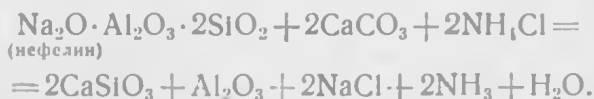
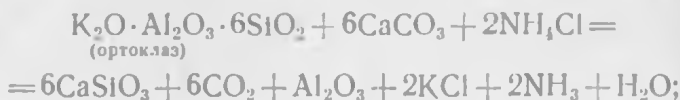
§ 11. Определение содержания щелочных окислов

Содержание суммы щелочных окислов можно определять тремя методами:

- спеканием навески силиката с CaCO_3 и NH_4Cl ;
- сплавлением навески силиката с CaO и $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

разложением силиката в платиновом тигле смесью серной и плавиковой кислот.

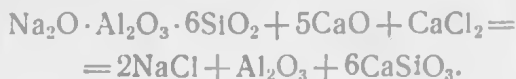
При спекании навески с карбонатом кальция и хлоридом аммония, содержащихся в навеске соединения калия и натрия, переходят в хлориды, например,



Одновременно протекает реакция между углекислым кальцием и хлористым аммонием

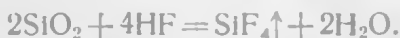


При сплавлении навески силиката со смесью окиси кальция и хлористого кальция также образуются хлориды калия или натрия

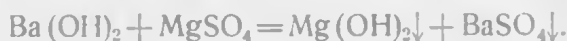
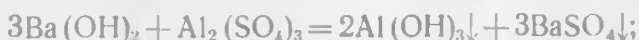
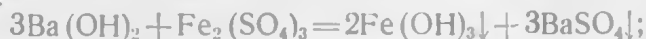


Сплавление идет более равномерно, так как при этом не выделяются газообразные продукты.

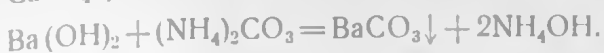
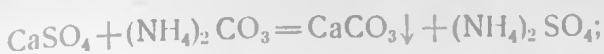
Разложение силиката HF сопровождается удалением кремния в виде SiF_4



После удаления SiO_2 остаток растворяют водой и из него осаждают гидроокисью бария Fe , Al , Ti , Mg и SO_4^{--} .



Полученный раствор отфильтровывают. В осадке остаются вышеуказанные гидроокиси, в растворе — ионы Ca^{++} , Na^+ и K^+ . Кальций осаждается из раствора углекислым аммонием. При этом осаждается и избыток ионов Ba^{++} .



Осадок отфильтровывают, фильтрат выпаривают и прокачивают для удаления аммонийных солей. Калий и натрий определяют весовым методом в виде K_2SO_4 и Na_2SO_4 .

Метод спекания навески с CaCO_3 и NH_4Cl является наиболее простым и дает сравнительно точные результаты.

Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; печь муфельная; баня водяная; ступка агатовая; тигель или чашка платиновая; стаканы химические; мензурки; воронки стеклянные; пипетки мерные; чашки фарфоровые и фильтры; углекислый кальций; углекислый аммоний; щавелевокислый аммоний; аммиак.

Ход работы. Примерно 0,5 г силиката взвешивают на аналитических весах в предварительно взвешенном платиновом тигле и высыплют в агатовую ступку, где смешивают с 0,5 г хлористого аммония и 3 г углекислого кальция. Смесь помещают в платиновый тигель или чашку, на дно которой насыпают подушку из 0,5 г углекислого кальция. Ступку и пестик очищают 0,5 г карбоната кальция, который присоединяют к смеси в платиновом тигле. Смесь нагревают вначале на слабом пламени газовой горелки до исчезновения запаха аммиака, а затем прокачивают в муфельной печи в течение часа до полного спекания.

Полученную при спекании массу выщелачивают водой при нагревании на водяной бане. Раствор фильтруют и осадок промывают горячей водой до полного удаления ионов хлора (проба с AgNO_3). Промывные воды собирают в ту же колбу. В раствор переходит хлористый кальций и хлориды калия и натрия. В осадке остаются глинозем, окислы и силикаты железа и титана. К фильтрату добавляют аммиак* для получения слабощелочной реакции и углекислый аммоний (проба на полноту осаждения) для осаждения кальция в виде CaCO_3 .

Осадок CaCO_3 отфильтровывают и промывают горячей водой основной фильтрат. Для более точного опре-

* Аммиак добавляют для того, чтобы получить из кислого углекислого аммония углекислый аммоний $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; при наличии NH_4HCO_3 не происходит полного осаждения кальция, так как образуется растворимый $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

деления осадок CaCO_3 снова растворяют на фильтре соляной кислотой (1:1), опять нейтрализуют NH_4OH , вторично осаждают углекислым аммонием. Фильтруют, промывают осадок горячей водой — фильтрат дополнительный. Дополнительный фильтрат присоединяют основному и выпаривают в платиновой чашке, предварительно взвешенной (можно использовать и фарфоровую), после чего осторожно прокаливают осадок до полного удаления аммонийных солей.

Чашку с осадком охлаждают, добавляют некоторое количество дистиллированной воды (10 мл) и нагревают, добавляя 2 мл 5%-ного раствора щавелевокислого аммония для осаждения остатков кальция. Осадок отфильтровывают и промывают водой. Фильтрат помещают в платиновую чашку, предварительно взвешенную, выпаривают и сухой остаток прокаливают до полного удаления аммонийных солей. Затем остаток смачивают соляной кислотой, выпаривают и слабо прокаливают; далее растворяют в воде и снова выпаривают, взвешивают и прокаливают. Если при растворении в воде образуется нерастворимый осадок, то его отфильтровывают и снова выпаривают и прокаливают, а затем взвешивают. Разность между весом чашки с остатком и пустой чашки дает вес хлоридов калия и натрия.

Процентное содержание суммы щелочных окислов вычисляют по формуле

$$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = \frac{A - 0,58 - 100W}{G(100 - W)} \%,$$

где A — вес хлоридов калия и натрия, г;
0,58 — коэффициент пересчета хлоридов калия и натрия на их окислы;

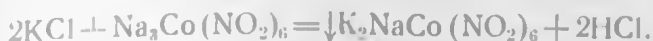
G — навеска силиката, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 12. Определение содержания окиси калия

Окись калия и окись натрия определяют отдельно в том случае, если содержание суммы щелочных окислов превышает 2%. При этом определяют содержание того соединения из окиси металлов, которого больше в испытуемом веществе.

Содержание окиси калия можно определить осаждением кобальтнитритом натрия $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$



Осадок $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6$ окисляют перманганатом калия до образования MnO_2 . Последний восстанавливают 0,1 Н раствором $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в присутствии H_2SO_4 . Избыток щавелевой кислоты оттитровывают раствором KMnO_4 .

Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; шкаф сушильный; тигель платиновый; стаканы химические; воронки стеклянные; фильтры; стеклянный тигель-фильтр; бюретки; пипетки мерные; эксикатор; кислоты: соляная (уд. в. 1,19); серная (уд. в. 1,833) и уксусная; кобальтнитрит натрия; 0,1 Н раствор щавелевой кислоты; 0,1 Н раствор перманганата калия.

Ход работы. Хлориды калия и натрия (после определения щелочных окислов) растворяют в 15 мл горячей дистиллированной воды. После охлаждения к раствору прибавляют по каплям 10 мм 25%-ного раствора $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 12 мл 50%-ного раствора NaNO_2 и 2 мл 80%-ного раствора уксусной кислоты (или готовой 20%-ный раствор соли — $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$). Раствор с осадком кобальтнитрита калия нагревают на водяной бане в течение 1 ч и выпаривают до получения 10—15 мл. Затем охлаждают, разбавляют 60 мл воды и фильтруют через стеклянный тигель-фильтр. Осадок на фильтре промывают шесть раз холодной водой и переносят в стакан, в который предварительно наливают 70 мл 0,1 Н раствора KMnO_4 . Тигель-фильтр смывают 10 мл 0,1 Н раствора KMnO_4 и присоединяют к раствору в стакане. Раствор разбавляют 450 мл воды и кипятят до растворения осадка $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6$. При этом выпадает осадок MnO_2 . Далее к раствору добавляют 25 мл H_2SO_4 (1:6), нагревают до кипения и вливают 60 мл 0,1 Н раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. В дальнейшем нагревание ведут до полного растворения MnO_2 . Избыток щавелевой кислоты оттитровывается 0,1 Н раствором KMnO_4 . Количество граммов KCl находят по формуле

$$\text{KCl} = nK \cdot 0,001135 \text{ г.}$$

Количество K_2O определяют по формуле

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{nK \cdot 0,000856 \cdot 100}{G(100 - W)} \%$$

где n — количество 0,1 Н раствора KMnO_4 , израс-
 ходованного на окисление, мл;
 K — поправка на нормальность KMnO_4 ;
 0,000856 — коэффициент пересчета от 0,1Н KMnO_4
 на K_2O ;
 G — навеска воздушно-сухого вещества, г;
 W — содержание гигроскопической влаги.
 Количество n находят по формуле

$$n = K_1(V_1 + V_2) - K_2V_k,$$

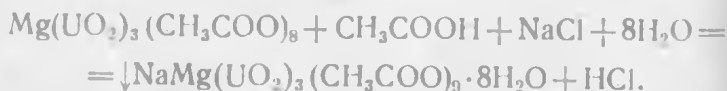
где K_1 — поправка к 0,1Н раствору KMnO_4 ;
 V_1 — количество миллилитров 0,1 Н раствора KMnO_4 ,
 влитых в колбу;
 V_2 — количество миллилитров 0,1 Н раствора
 KMnO_4 , израсходованных на титрование из-
 бытка $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 K_2 — поправка к 0,1 Н раствору $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 V_k — количество миллилитров 0,1 Н раствора
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

По разности между суммой хлоридов щелочных ме-
 таллов и хлоридов калия определяют количество хлори-
 да натрия, а затем рассчитывают содержание окиси
 натрия.

§ 13. Определение содержания окиси натрия

Окись натрия определяется в том случае, если содер-
 жание ее значительно превышает содержание окиси
 калия. Последнее характерно для натриевых стекол.
 В этом случае содержание окиси натрия определяется
 магний- или цинкуранилацетатом.

При действии магнийуранилацетата в присутствии
 уксусной кислоты образуется осадок, который взвешива-
 вают



Более точные результаты можно получить, если поль-
 зоваться цинкуранилацетатом. Он дает возможность оп-
 ределить содержание Na_2O при концентрации его до
 0,004%. При добавлении к раствору спирта чувстви-
 тельность реакции увеличивается до 0,001%. Наличие солей
 K_2O не мешает определению окиси натрия. Лишь при

большом содержании K_2O осаждение магнийуранилацетатом не дает точных результатов. Магнийуранилацетат¹ дает возможность определять Na_2O при содержании его не менее 0,08%. Наличие NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+} не мешает определению окиси натрия в обоих случаях.

Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; шкаф сушильный; насос водоструйный; колба Бунзена; стаканы химические; полочка стеклянная; тигель-фильтр; спирт 96%-ный и раствор магний- или цинкуранилацетата.

Ход работы. Остаток сульфатов калия и натрия переносят из тигля в стакан, в котором находится небольшое количество воды, и смешивают при охлаждении с 10—15 мл раствора магнийуранилацетата. Осадку дают отстояться в течение 1,5 ч и фильтруют через высушенный и предварительно взвешенный стеклянный фильтр № 4 под вакуумом (в колбе, присоединенной к водоструйному насосу). Далее осадок промывают три-четыре раза раствором магнийуранилацетата, а затем пять-шесть раз — 96%-ным спиртом. Промытый осадок сушат отсасыванием влаги в течение 10 мин, а затем в течение 15 мин при температуре 100° — в сушильном шкафу до постоянного веса. Процентное содержание окиси натрия определяют по формуле

$$Na_2O = \frac{a \cdot 0,0201 \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где a — вес осадка, г;
 0,0201 — коэффициент пересчета $NaMg(UO_2)_3 \times (CH_3COO)_9 \cdot 8H_2O$ на Na_2O ;
 G — навеска силиката, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 14. Определение содержания сульфатной серы

Весовой метод. В ходе систематического анализа сера сульфатная определяется сравнительно редко (в основном в породах, содержащих гипс и другие сульфа-

* В раствор магнийуранилацетата входит: уранил уксуснокислый 34 г, магний уксуснокислый 100 г, кислота уксусная ледяная 20 г, спирт 96%-ный 300 г, вода дистиллированная 350 г. Смесь эту нагревают в конической колбе на водяной бане при 70° до получения прозрачного раствора.

ты). SO_3 определяется из отдельной навески, которую сплавляют с содой. Сплав выщелачивают не HCl , а водой. Ион SO_4^{--} из раствора осаждают BaCl_2



Оборудование и материалы те же, что и при определении SiO_2 .

Ход работы. Навеску силикатного материала (примерно 0,5 г) сплавляют со смесью соды и поташа, затем выщелачивают водой при нагревании. Раствор и нерастворившиеся куски сплава переносят в стакан. Тигель ополаскивают водой и сливают ее в тот же стакан.

Раствор разбавляют до объема 75—80 мл и кипятят до полного растворения сплава. При этом частично выпадают гидроокиси железа, титана, алюминия, карбонаты кальция и магния. В растворенном состоянии находится сульфат натрия, раствор которого декантируют, фильтруют и промывают 1%-ным раствором Na_2CO_3 .

Фильтрат разбавляют до объема 200 мл и осторожно, чтобы не разбрызгивался раствор, нейтрализуют HCl в присутствии метилоранжа, после чего добавляют 0,5 мл концентрированной HCl до кислой реакции. Затем раствор нагревают до кипения и прибавляют 10 мл раствора BaCl_2 .

Раствору с осадком дают отстоять сначала на водяной бане, а затем в течение 18 ч в обычных условиях. После этого осадок декантируют, фильтруют и промывают на фильтре до удаления ионов хлора (проба с AgNO_3). Фильтр с осадком высушивают в платиновом тигле, озоляют при температуре 400° и охлаждают. К полученному осадку BaSO_4 прибавляют 0,2 мл раствора H_2SO_4 и 0,5 мл раствора HF . При этом выпавший частично с сульфатом бария SiO_2 удаляется в виде газа SiF_4 .

Осадок в тигле нагревают на водяной бане до удаления паров HF , а затем при температуре $400\text{—}450^\circ$ прокаливают до удаления H_2SO_4 . Прокаливание продолжают до постоянного веса.

Содержание SO_3 определяют по формуле

$$\text{SO}_3 = \frac{a \cdot 0,343 \cdot 100^\circ}{G (100 - W)} \%,$$

где a — вес BaSO_4 , г;
 $0,343$ — коэффициент пересчета BaSO_4 на SO_3 ;
 G — навеска силиката, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

Осаждать сульфатную серу хлористым барием можно после того, как SiO_2 будет осаждена 10%-ным раствором HCl . Это немного сокращает время анализа.

Ионообменный метод заключается в том, что ионообменную смолу (катионит) обрабатывают HCl , в результате чего катионит поглощает ионы водорода, образуя H -катионит. Ионы хлора с ранее поглощенным катионитом вымывают дистиллированной водой. Если через раствор пропустить растворимые сульфаты, то ионообменной смолой будут поглощаться катионы сульфатов Ca^{2+} , Mg^{2+} и т. д., вытесняя поглощенный ранее ион H^+ . Ион H^+ с анионом SO_4^{2-} образует серную кислоту, которую вымывают из ионообменной колонки раствором, а затем водой и титруют едким натром.

Оборудование и материалы: ионообменная колонка (может быть заменена бюреткой, рис. 11); вата стеклянная; бусинки стеклянные; стаканы химические; катионитовая смола одной из следующих марок: КУ-1, КУ-2, СБС, СБСР или СДВ; кислота соляная (уд. в. 1,19); борная; едкий натр; метилоранж.

Ход работы. Перед работой заполняют ионообменную колонку смолой. Для этого катионитовая смола предварительно замачивается в дистиллированной воде в течение 8 ч до полного набухания. На дно колонки помещают стеклянную вату. Затем небольшими порциями через воронку колонку заполняют ионообменной смолой вместе с водой, стараясь, чтобы кусочки смолы плотнее прилегали друг к другу. Смолой наполняют колонку до уровня сливного отверстия, а сверху помещают стеклянную вату или стеклянные бусинки, чтобы смола не взмучивалась при приливании жидкости. Наполненную катионитом колонку промывают 4 раза раствором HCl (1:3). Ионообменная смола при этом поглощает ионы H^+ , образуя H -катионит. Затем колонку промывают дистиллированной водой для удаления непоглотившихся ионов водорода. Промывание ведут до исчезновения в промывных водах кислой реакции (проба на метилоранж).

Навеску силиката в количестве 0,5 г помещают в стакан емкостью 150—200 мл. Затем прибавляют 25 мл

дистиллированной воды и 1 мл 5%-ного раствора борной кислоты, и содержимое стакана непрерывно перемешивают стеклянной палочкой в течение 10 мин. После этого осадку дают отстояться, и раствор сливают через фильтр (белая лента) в стакан объемом 200 мл. Осадок

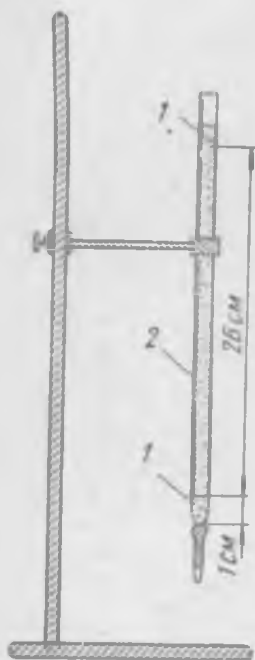


Рис. 11. Бюретка с ионообменной смолой:
1 — стекловата; 2 — смола

в стакане промывают декантацией 5%-ным раствором борной кислоты 3—4 раза (по 10 мл раствора), затем переносят на фильтр и промывают на фильтре 4—5 раз 5%-ным раствором борной кислоты (H_3BO_3 является слабой кислотой и не влияет на результаты анализа при титровании с метилоранжем). Промывные воды собирают в стакан, в котором находится основной фильтрат, и пропускают через ионообменную колонку. По мере фильтрования стакан с фильтратом вынимают из-под воронки, под которую быстро подставляют другой стакан. Из первого стакана, а затем и из второго небольшими порциями выливают содержимое в ионообменную колонку, под выходное отверстие которой подставляют коническую колбу емкостью 250 мл.

Фильтрат через колонку надо пропускать примерно со скоростью 4 мл в 1 мин для полного поглощения катионов. После того как раствор из первого стакана будет пропущен через колонку, стакан подставляют под воронку и через колонку начинают пропускать раствор из второго стакана (подставляя под воронку в это время первый стакан). По окончании промывания осадка стаканы споласкиваются 10 мл 5%-ного раствора борной кислоты, и промывные воды выливаются в ионообменную колонку. После пропускания раствора колонку промывают 2—3 раза дистиллированной водой (по 10 мл), сливая промывные воды в ту же коническую колбу.

Полученный раствор H_2SO_4 в конической колбе тит-

руют 0,1N раствором едкого натра или едкого калия по метилоранжу. Количество серного ангидрида находят по формуле

$$\text{SO}_2 = \frac{VK \cdot 0,004 \cdot 100}{G(100 - W)} \%,$$

где V — объем 0,1N раствора NaOH, израсходованного на титрование, мл;

K — поправка к 0,1N раствору NaOH;

0,004 — титр 0,1N раствора NaOH или KOH по SO_2 ;

G — навеска цемента, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

После 3—5 определений катионит необходимо сразу же регенерировать, т. е. насытить ионами водорода (регенерация после длительного стояния катионита нежелательна, так как адсорбированные катионы перейдут с поверхности в более глубокие слои катионита и с трудом могут быть регенерированы). Регенерация производится пропусканием HCl (1:3) через катионит, как указано выше. При этом поглощенные катионы снова замещаются ионами водорода.

Перед каждым определением после регенерации колонку промывают дистиллированной водой и делают пробу с метилоранжем на присутствие свободных ионов водорода.

Б. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И НЕСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕМЕНТА

При химическом анализе цемента определяют содержание: гигроскопической влаги (см. стр. 12), потерь при прокаливании SiO_2 , полуторных окислов $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (см. стр. 18), Fe_2O_3 , общего количества CaO (см. стр. 32), свободной CaO; MgO (см. стр. 37); SiO_2 (см. стр. 13).

В отличие от общего анализа силикатных материалов в цементе дополнительно определяют содержание нерастворимого осадка и свободной окиси кальция.

Значительно реже определяют процентное содержание TiO_2 , MnO , так как они не всегда содержатся в сырье для производства цемента.

Рассмотрим химический анализ портландцемента как наиболее характерный. Перед испытанием закрытую банку с пробой цемента встряхивают. Затем берут для анализа 5 г, растирают в агатовой ступке до полного прохождения через сито № 0063 (10 000 отв./см²). Растертый таким образом порошок сохраняют в закрытом стеклянном бюксе и используют для дальнейших определений.

§ 15. Определение содержания нерастворимого осадка

Оборудование и материалы: печь муфельная; весы аналитические; стаканы химические; стекло часовое; воронка стеклянная; тигель фарфоровый; HCl (уд. в. 1,19) и сода.

Ход работы. 1 г цемента помещают в стакан емкостью 150—200 мл и смачивают 25 мл воды. Далее добавляют 5 мл раствора HCl . Смесь перемешивают стеклянной палочкой и добавляют к ней 20 мл воды. Затем стакан со смесью закрывают часовым стеклом и помещают на кипящую водяную баню. После 15-минутного нагревания смесь фильтруют, и осадок промывают водой до полного удаления ионов хлора (солянокислый фильтрат; проба $AgNO_3$ в HNO_3). Осадок вместе с фильтром переносят в стакан, куда приливают при помешивании 30 мл горячего 5%-ного раствора соды, чтобы перевести нерастворимый в кислоте кремнезем в растворимую форму. После этого стакан закрывают часовым стеклом и нагревают на водяной бане в течение 15 мин, одновременно разрывая фильтр на кусочки стеклянной палочкой (содовый фильтрат). После нагревания осадок с кусочками фильтрата фильтруют и промывают горячей водой, а затем смачивают 1 мл раствора HCl (1 : 9) и снова промывают водой до полного удаления ионов хлора. Фильтр с осадком подсушивают в фарфоровом тигле и прокалывают в муфельной печи до постоянного веса.

Содержание нерастворимого осадка $H.O$ вычисляют по формуле

$$H.O = \frac{G_1 \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где G_1 — вес осадка после прокаливания, г;
 G — вес пробы цемента, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 16. Определение содержания оксида кремния

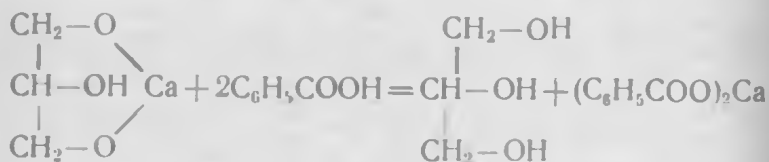
Солянокислый фильтрат и промывные воды, оставшиеся после определения нерастворимого осадка, смешивают с содовым фильтратом, выпаривают в фарфоровой чашке досуха, после чего добавляют 10 мл HCl (уд. в. 1,19), снова выпаривают навеску досуха и добавляют 10 мл HCl (уд. в. 1,19). После охлаждения остаток смачивают 3—4 мл HCl (уд. в. 1,19), накрывают фарфоровую чашку стеклом и оставляют стоять в течение 5 мин. Далее добавляют 30 мл горячей воды и нагревают на водяной бане 15 мин. Раствор над осадком SiO_2 фильтруют. Осадок промывают декантацией, после чего переносят на фильтр и промывают горячей водой до удаления ионов хлора. Фильтрат выпаривают досуха и до полного удаления запаха HCl , обрабатывают HCl и снова осаждают. Оба осадка с фильтрами помещают в прокаленный и взвешенный платиновый тигель, высушивают и осторожно обугливают фильтр, после чего при температуре 1050—1100° прокаливают в течение 30 мин. Прокаливание ведут до получения постоянного веса. Описание дальнейшего анализа приведено на стр. 14.

Определение содержания суммы полуторных окислов приведено на стр. 18.

§ 17. Определение содержания оксида железа

Остаток прокаленных полуторных окислов сплавляют с $KHSO_4$ и затем растворяют в HCl . К раствору добавляют йодистый калий, который реагирует с соляной кислотой, образуя йодистый водород. Последний восстанавливает Fe^{3+} в Fe^{2+} . Свободный йод, выделившийся при реакции, титруют тиосульфатом натрия.

Образующийся глицерат кальция титруется титрованным раствором бензойной кислоты в абсолютном (безводном) спирте



Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; бокс стеклянный; бюретка; пипетки; колбы конические; спиртоглицериновый растворитель; 0,1 Н раствор бензойной кислоты; спирт чистый и глицерин безводный.

Спирто-глицериновый растворитель готовят из абсолютного спирта и безводного глицерина. В коническую колбу емкостью 1 л наливают 100 мл безводного глицерина, нагревают до температуры 125° и прибавляют 7 г безводного хлористого бария (или 5 г азотнокислого стронция) в качестве катализатора. К охлажденному глицерину приливают 500 мл абсолютного спирта и 3 мл растворенного фенолфталеина в абсолютном спирте. Если спирто-глицериновый раствор дает щелочную реакцию, то его нейтрализуют 0,1 Н раствором бензойной кислоты в абсолютном спирте, а затем добавляя две три капли 0,01 Н спиртового раствора NaOH до появления заметного розового окрашивания. Если же раствор имеет кислую реакцию, то добавляют по каплям 0,01 Н спиртового раствора NaOH до тех пор, пока появится слабозеленое окрашивание. Раствор хранят в стеклянной банке с резиновой пробкой.

Для приготовления титрованного спиртового раствора бензойной кислоты чистую бензойную кислоту в течение 24 ч сушат в эксикаторе с серной кислотой. Навеску бензойной кислоты (0,15 г) растворяют в 500 мл абсолютного спирта, а затем устанавливают ее титр по окиси кальция. Для этого в коническую колбу наливают 30 мл спирто-глицериновой смеси, прибавляют 0,04—0,05 г окиси кальция и нагревают на песочной бане с обратным холодильником. Раствор титруют 0,1 Н спиртовым раствором бензойной кислоты до исчезновения розового окрашивания. Если навеска CaO при этом растворилась не полностью, то продолжают нагревание (с

обратным холодильником) до появления розовой окраски и снова титруют раствор. Титрование и нагревание прекращают, как только навеска полностью растворится.

Титр раствора бензойной кислоты вычисляют по формуле

$$T_{C_6H_5COOH, CaO} = \frac{G}{V},$$

где G — навеска окиси кальция, г;

V — количество раствора бензойной кислоты, пошедшее на титрование, мл.

Ход работы. 1 г измельченной пробы цемента взвешивают на технических весах и переносят в стеклянный бюкс, после чего точно взвешивают на аналитических весах и высыпают ее в коническую колбу емкостью 200 мл. Пустой бюкс взвешивают и по разности определяют вес пробы цемента. В колбу прибавляют 30 мл спирто-глицеринового растворителя, взбалтывают с навеской цемента и кипятят с обратным холодильником в течение 10 мин до появления розового окрашивания. Затем титруют 0,1 Н спиртовым раствором бензойной кислоты, снова нагревают до появления розового окрашивания и титруют. Так до полного исчезновения розовой окраски. Окраска не должна появляться при нагревании в течение 20 мин.

Процентное содержание свободной окиси кальция находят по формуле

$$CaO_{св} = \frac{V_1 T_{CaO} \cdot 100^2}{G (100 - W)} \%,$$

где V_1 — объем 0,1 Н раствора бензойной кислоты, израсходованной на титрование, мл;

T_{CaO} — титр бензойной кислоты по CaO;

G — навеска цемента, г;

W — содержание гигроскопической влаги, %.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЯКА И ДОЛОМИТА

При анализе известняка и доломита определяют гигроскопическую влажность, потери при прокаливании, содержание SiO_2 полутвердых окислов, Fe_2O_3 , CaO , MgO

и SO_3 . Реже определяют содержание MnO . Методика определения аналогична определению указанных компонентов в цементе.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗВЕСТИ

§ 20. Определение суммы активных оксида кальция и оксида магния

Как в извести негашеной комовой, так и в извести негашеной молотой (пушонке) определяют сумму активных CaO и MgO , а в молотой извести (пушонке) — также содержание гигроскопической влаги.

Сумму активных CaO и MgO определяют при расчете на CaO (при содержании MgO до 5%). При растворении свободные CaO и MgO образуют соответствующие гидраты:



Гидроокиси кальция и магния титруют титрованным раствором соляной кислоты.

Оборудование и материалы: ступка агатовая; весы аналитические с разновесом; бюретка; пипетка; колба коническая; бусы стеклянные; 1 Н раствор HCl и раствор фенолфталеина.

Ход работы. Пробу извести растирают в агатовой ступке. Отвешивают на аналитических весах навеску материала (1—1,2 г), помещают ее в коническую колбу объемом 250 мл и доливают 150 мл дистиллированной воды. Затем в колбу помещают 15—20 шт. стеклянных бус (для увеличения поверхности соприкосновения), добавляют 2—3 капли спиртового раствора фенолфталеина и титруют при взбалтывании 1 Н раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания раствора. Титрование считается законченным, если по прошествии 5 мин окраска не появится.

Содержание $\text{CaO} + \text{MgO}$ вычисляют по формулам: для комовой извести

$$\text{CaO} + \text{MgO} = \frac{KV \cdot 0,02804 \cdot 100}{G} \%,$$

для извести пушонки

$$\text{CaO} + \text{MgO} = \frac{KV \cdot 0,02804 \cdot 100^2}{G(100 - W)} \%,$$

где K — поправка к 1 Н раствору HCl;
 V — объем 1 Н раствора HCl;
 0,02804 — титр 1 Н раствора HCl по CaO;
 G — навеска извести, г;
 W — содержание гигроскопической влаги, %.

§ 21. Определение содержания активной окиси кальция

Определение активной окиси кальция производится при содержании MgO более 5%. Активная окись кальция определяется сахаратным методом. При взаимодействии CaO с раствором сахарозы образуется растворимый сахарат кальция. Все остальные окислы, включая MgO, образуют при этом осадки. Титрование сахарата кальция производят без отфильтровывания осадков соответствующих нерастворимых окислов.

Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; бюретки; пипетки; колбы конические; 10%-ный раствор сахарозы; 1 Н раствор HCl; 1%-ный раствор фенолфталеина.

Ход работы. В стеклянном бюксе отвешивают на аналитических весах навеску извести 0,2—0,3 г, последнюю помещают в коническую колбу объемом 500 мл. В колбу с навеской извести приливают 50 мл 10%-ного раствора сахарозы и энергично взбалтывают в течение 15 мин, а затем в раствор вливают 2—3 капли фенолфталеина и титруют 1 Н раствором HCl.

Процентное содержание активной окиси кальция находят по формуле

$$\text{CaO}_{\text{акт}} = \frac{KV \cdot 0,02804 \cdot 100}{G} \%,$$

где K — поправка к 1 Н раствору HCl;
 V — объем 1 Н раствора HCl;
 0,02804 — титр 1 Н раствора HCl по CaO;
 G — навеска извести, г.

§ 22. Определение содержания активной окиси магния

Содержание активной окиси магния может быть определено двумя методами: трилонометрическим (см. стр. 38) и ускоренным методом с применением тимолфталеината натрия.

Сущность ускоренного метода заключается в том, что к раствору навески извести добавляют раствор соляной кислоты



Избыток кислоты нейтрализуют NaOH по метил-красному и затем титруют 0,3 Н раствором тимолфталейната натрия, при этом выпадает осадок $\text{Mg}(\text{OH})_2$, после чего раствор приобретает голубую окраску.

Оборудование и материалы: весы аналитические с разновесом; стекло часовое; колба коническая; бюретка; раствор 0,3 Н тимолфталейната натрия; 0,3 Н раствор NaOH; 1 Н раствор HCl и раствор метил красного.

Чтобы приготовить раствор тимолфталейната натрия, берут 12 г едкого натра, 2 г гидрата окиси бария и 0,5 г тимолфталейна. Все это растворяют в мерной колбе объемом 1 л и доливают водой до метки. Колбу с раствором закрывают пробкой, через которую продета хлор-кальциевая трубка, наполненная натронной известью во избежание поглощения CO_2 из воздуха, и взбалтывают в течение 8 ч. Приготовленный раствор оставляют на двое суток, затем фильтруют и определяют его титр.

Навеску около 2 г свежeproкаленной окиси магния отвешивают на аналитических весах и растворяют в 15 мл 1 Н раствора HCl в конической колбе. Объем раствора доливают дистиллированной водой до получения 70 мл. К охлажденному раствору прибавляют 2 капли раствора метил-красного и нейтрализуют 0,3 Н раствором NaOH. Нейтрализованный раствор нагревают до кипения и в горячем состоянии титруют приготовленным раствором тимолфталейната натрия до появления голубой окраски. Титр тимолфталейната натрия по MgO находят по формуле

$$T_{\text{MgO}} = \frac{G}{V},$$

где G — навеска MgO, г;

V — объем раствора тимолфталейната, пошедшего на титрование навески.

Ход работы. На аналитических весах отвешивают 0,5—0,6 г извести, помещают ее в коническую колбу объемом 250 мл и добавляют 30 мл 1 Н раствора HCl.

Содержимое колбы нагревают до кипения. После растворения извести доливают 30—40 мл дистиллированной воды. В охлажденный раствор прибавляют 2—3 капли раствора метил-красного и нейтрализуют содержимое колбы 0,3 Н раствором едкого натра. Нейтральный раствор в колбе нагревают до кипения и в горячем состоянии титруют 0,3 Н раствором тимолфталейната натрия до появления устойчивой голубой окраски.

Содержание MgO определяют по формуле

$$\text{MgO}_{\text{акт}} = \frac{T_{\text{MgO}} V \cdot 100}{G} \%,$$

где T_{MgO} — титр тимолфталейна по MgO;

V — объем раствора тимолфталейна, израсходованного на титрование;

G — навеска извести, г.

Активность извести определяют, складывая процентное содержание CaO, определенное сахаратным методом, и процентное содержание MgO, определенное тимолфталейнатом.

ГЛАВА III

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

§ 1. Плотность, удельный и объемный веса

Для характеристики строительных материалов важнейшим показателем является их плотность, удельный и объемный веса.

Плотностью называют отношение массы вещества к занимаемому им объему

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ г/см}^3,$$

где m — масса, г;
 V — объем, см³.

Удельным весом называют отношение веса вещества или материала к его истинному объему, т. е. объему максимально уплотненного материала без пор

$$\gamma = \frac{g}{V} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес материала, г;
 V — истинный объем, см³.

В существующей литературе и ГОСТах при характеристике жидких материалов-нефтепродуктов, смазочных масел и т. д. обычно указывается их плотность, определяющаяся как отношение массы жидкости к массе такого же объема воды при 4°. При характеристике твердых и сыпучих материалов дается их удельный вес в г/см³. Поскольку в ГОСТах характеристика материалов указывается в старой системе единиц, в данном руководстве при рассмотрении отдельных строительных материалов сохранена общепринятая система. В отдельных местах дается ссылка на перевод из обычной системы единиц в систему (СИ).

Объемным весом называют отношение веса материала к его естественному объему, включая объем пор и трещин

$$\gamma_{об} = \frac{g}{V} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес материала, г;
 V — естественный объем, см³.

Различие между удельным и объемным весами заключается в том, что удельный вес представляет собой отношение веса максимально уплотненного материала к его объему, а объемный вес — отношение материала к его объему со всеми порами, газо-воздушными включениями, трещинами и т. д. У абсолютно плотных тел величины удельного и объемного весов совпадают.

На величину объемного веса влияет пористость материала, т. е. степень заполнения его объема порами. Для сыпучих материалов определяется объемный вес как в рыхлом состоянии (насыпной вес), так и в уплотненном. В табл. 2 приведены удельные веса некоторых строительных материалов.

Таблица 2

Удельный и объемный веса некоторых строительных материалов

Материал	Удельный вес, г/см ³	Объемный вес, г/см ³
Бетон, приготовленный на гравии или щебне	2,6	2—2,5
Гудрон	0,95	0,94—0,95
Гипс	2,7	0,7—1,3
Древесина — дуб	1,65	0,7—0,9
» сосна	1,6	0,5—0,6
Керамзитовый гравий	2,6	0,3—0,9
Кирпич обыкновенный	2,7	1,6—1,9
» силикатный	2,6	1,1—1,4
Милора (органические, пластические массы)	1,5—1,7	0,015—0,020
Пенопласт	1,4	0,35—0,5
Пеностекло	2,6	0,3—0,5

Чем больше пористость материала, тем меньше объемный вес. При практическом определении объемного веса приходится сталкиваться с двумя видами пористо-

сти — открытой и закрытой. *Открытыми* являются такие поры, которые посредством сети каналов и капилляров сообщаются с поверхностью материала, а *закрытыми* — поры и воздушные включения, которые замкнуты со всех сторон.

Для многих строительных материалов одновременно с определением объемного веса находят еще величину плотности (точнее уплотненности*) материала, т. е. степени заполнения материалом его объема. Плотность (уплотненность) находится путем деления объемного веса на удельный. Обычно она выражается в процентах:

$$\text{«плотность»} = \frac{\gamma_{об}}{\gamma} \cdot 100.$$

Очень часто при этом определяют общую, или истинную, пористость A , т. е. отношение объема всех пор к объему образца

$$A = \frac{\gamma - \gamma_{об}}{\gamma} \cdot 100\%,$$

где γ — удельный вес;

$\gamma_{об}$ — объемный вес.

Для некоторых материалов определяют также кажущуюся пористость — отношение объема, занятого открытыми порами, к общему объему образца, выраженное в процентах.

Величину объемного веса $\gamma_{об}$ можно представить как отношение веса материала к сумме абсолютно уплотненного объема и объема всех пор

$$\gamma_{об} = \frac{g}{V_m + \Pi_0} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес материала, г;

V_m — объем материала без пор, см^3 ;

Π_0 — объем всех пор, см^3 .

В этом случае истинная пористость составляет

$$A = \frac{\Pi_0}{V_m + \Pi_0} \cdot 100\%.$$

* Не путать с плотностью — отношением массы к объему — практически численно равной удельному весу.

Обозначив объем закрытых пор через P_1 , а объем открытых пор через P_2 , будем иметь

$$\gamma_{об} = \frac{g}{V_m + (P_1 + P_2)},$$

тогда кажущаяся пористость

$$B = \frac{P_2}{V_m + (P_1 + P_2)} \cdot 100\%.$$

А закрытая $C = A - B$.

§ 2. Определение плотности жидких материалов

Оборудование и материалы: набор денсиметров; цилиндры мерные; термометр; весы Вестфалья; пикнометры; бумага фильтровальная и пипетки.

Определение плотности денсиметрами. Денсиметр (ареометр) представляет собой стеклянный, запаянный с двух концов полый цилиндр, один конец которого вытянут в виде трубки (рис. 12). В конце запаянного цилиндра находится груз, а в удлиненном конце помещена шкала с делениями, указывающими абсолютное значение плотности ρ .

Ход работы. При опускании денсиметра в испытуемую жидкость он будет погружаться в нее до тех пор, пока вес вытесненной жидкости не будет равен весу самого денсиметра. Деление шкалы, против которой будет находиться поверхность жидкости, укажет величину плотности ее. Плотность в этом случае определяется как отношение плотности испытуемой жидкости, взятой при температуре 20° , к плотности воды при температуре 4° . Если плотность измеряется при другой температуре, то ее находят по формуле

$$\rho_4^{20} = \rho_t' + \gamma(t' - 20),$$

где ρ_t' — плотность при t° ;

γ — температурная поправка, определяемая по таблицам.

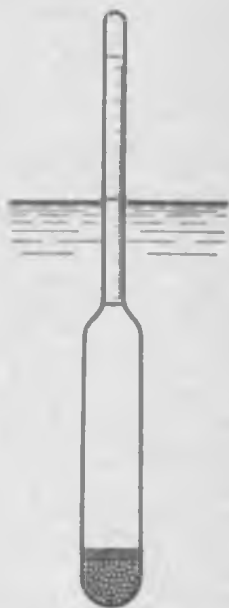


Рис. 12. Денсиметр

Кроме денсиметров общего назначения, имеются денсиметры, приспособленные к определению плотности определенных жидкостей.

Определение плотности жидкости на весах Вестфалья. Весы Вестфалья (рис. 13) состоят из: подставки, выдвижного штатива 1 с вертикальной планкой, призмы 2, закрепленной на планке выдвижного штатива, и коромысла 3. На конце одного плеча коромысла находится груз с острием. Другое плечо разделено на десять равных частей. Против последнего деления к этому плечу на платиновой проволочке подвешен поплавок 4. Вес поплавка с проволочкой уравновешен грузом в воздухе.

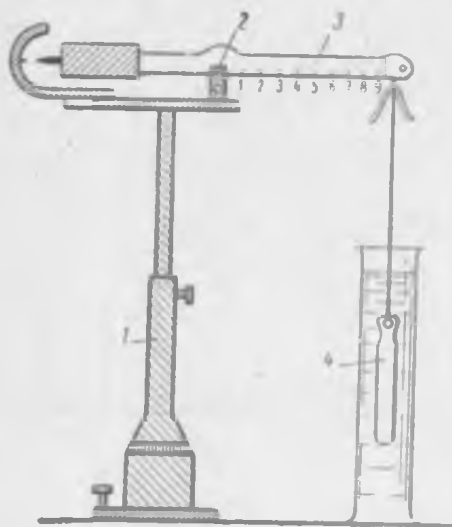


Рис. 13. Весы Вестфалья

К каждому поплавку прилагается набор, состоящий из двух одинаковых больших разновесов, любая из которых по весу равна весу вытесняемой попла-

ком воды при температуре $+20^{\circ}$, и из нескольких грузиков в 10, 100 и 1000 раз легче большой разновески.

Прежде чем определить плотность, металлические части весов тщательно протирают, а проволочку с поплавком промывают спиртом и высушивают. Затем проволочку с поплавком надевают на крючок коромысла и регулировочным винтом приводят весы в состояние равновесия. Весь поплавок опускают в цилиндр с дистиллированной водой (при температуре 20°) так, чтобы он не касался стенок цилиндра. На деление 10 устанавливают один из двух больших разновесов. Точные весы при этом будут находиться в равновесии. Если равновесие слегка смещается, то определяют соответствующую поправку установлением самой маленькой гирьки на деление 1, 2

или 3. Если большая гиря тяжелее, то ее ставят на деление 9, а маленькую гирю — на деление 9, 8 или 7. Допустимая поправка $\pm 0,00042$.

Ход работы. После проверки весов сухой поплавок погружают в цилиндр с испытуемой жидкостью. Навешивая разновесы на коромысло весов, их приводят в состояние равновесия: первая гиря — 1 — показывает десятые доли, г/мл; вторая гиря — 0,1 — сотые доли, г/мл; третья гиря — 0,01 — тысячные доли, г/мл; четвертая гиря — 0,001 — десятитысячные доли, г/мл.

Числа на шкале указывают: 1 — число десятых при гире; 0,1 — число сотых; 0,01 — число тысячных; 0,001 — число десятитысячных.

Например, если по достижении равновесия гиря 1 находится на делении 7, гиря 0,1 — на делении 6, гиря 0,01 — на делении 5, а гиря 0,001 — на делении 3, то плотность жидкости равна 0,7653. Значение плотности ρ_4^{20} определяют по формуле

$$\rho_4^{20} = \rho + \Delta\rho,$$

где

$$\Delta\rho = (\rho_{H_2O} - \rho_{возд})\rho + \rho_{возд} + \gamma(t^\circ - 20);$$

здесь ρ_{H_2O} — плотность воды при температуре 20°;

$\rho_{возд}$ — плотность воздуха при температуре 20°;

ρ — плотность жидкости, определенная на весах;

$\Delta\rho$ — поправка для перевода ρ_4^{20} ;

γ — температурная поправка (находят по таблице).

Определение плотности пикнометром (см. стр. 66).

Ход работы. Для определения плотности обычно пользуются пикнометрами емкостью 5, 10, 25 и 50 мл. Пустой пикнометр предварительно взвешивают, а потом определяют его водное число, т. е. вес воды m , численно равный объему пикнометра при температуре 20°. После этого пикнометр сушат и наливают в него испытуемую жидкость немного выше метки. Затем пикнометр с жидкостью ставят в термостат, нагретый до температуры 20°, закрывают пробкой, выдерживают до тех пор, пока уровень жидкости не перестанет изменяться. После этого кусочком фильтровальной бумаги отбирают избыток жидкости, причем верхний конец мениска должен находиться над чертой пикнометра. Пикнометр, наполненный

жидкостью, взвешивают на аналитических весах. Плотность вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{m} \text{ г/см}^3,$$

где m_2 — вес пикнометра с исследуемой жидкостью, г;
 m_1 — вес пустого пикнометра, г;
 m — водное число, см^3 .

По плотности можно определить также влажность и концентрацию суспензий, например суспензии каолина или глины. Этот метод может быть использован как один из ускоренных методов определения вышеуказанных величин. Для этого необходимо знать удельный вес вещества γ , плотность растворителя (воды) $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ и плотность самой суспензии ρ_c . Влажность в этом случае составит

$$W = \frac{(\gamma - \rho_c) \cdot 100}{\rho_c (\gamma - \rho_{\text{H}_2\text{O}})} \%,$$

а процент суспензированного вещества

$$A = \frac{\gamma (\rho_c - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot 100}{(\gamma - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) \rho_c} \%,$$

§ 3. Определение удельного веса твердых и сыпучих материалов

Определение удельного веса пикнометром. Пикнометр для определения удельного веса твердых материалов, так же как и пикнометр для определения плотности жидкостей, представляет собой узкогорлую мерную колбу объемом 25, 50 и 100 мл. Он служит для определения веса и объема материала и жидкости, вытесненной навеской.

При определении удельного веса из навески материала необходимо удалить весь воздух, находящийся в порах и трещинах вещества, путем кипячения навески с водой или с помощью вакуум-насоса.

Удаление воздуха с помощью вакуум-насоса производят в том случае, когда испытуемый материал взаимодействует с водой (магнезит, доломит и др.). Само определение в этом случае производят в жидкости, инертной по отношению к данному материалу. Таким

жидкостями являются бензол, толуол, ксилол, бензин и керосин.

Для определения удельного веса отбирают пробу испытуемого материала в количестве 50—100 г, высушивают в сушильном шкафу, разбивают на кусочки и растирают в агатовой ступке. Измельченный материал снова просушивают в сушильном шкафу при температуре 110° в течение 2 ч (просушивание ведут в том случае, если материал не изменяется при данной температуре), а затем хранят в эксикаторе. Из этого материала отбирают навески для определения удельного веса.

Оборудование и материалы: пикнометр или прибор для определения удельного веса; термостат; шкаф сушильный; весы аналитические; весы технические; ступка агатовая; жидкость для определения удельного веса (бензол, толуол и т. д.) и совочек металлический.

Ход работы. Пикнометр тщательно моют и высушивают, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Затем через воронку или специальным совочком помещают в пикнометр примерно 5—15 г материала (в зависимости от объема пикнометра), следя за тем, чтобы частицы материала не задерживались в горлышке пикнометра. Пикнометр с навеской взвешивают на аналитических весах, после чего заполняют водой до половины его объема и кипятят в течение 30 мин. После кипячения пикнометр с водой и материалом охлаждают до комнатной температуры и доливают водой до метки. Капли жидкости, приставшие к стенкам горлышка пикнометра выше метки, удаляют полоской фильтровальной бумаги.

Охлажденный пикнометр с водой и навеской снова взвешивают на аналитических весах. Если испытуемый материал реагирует с водой, то пикнометр с навеской заполняют инертной органической жидкостью на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ объема (так, чтобы навеска материала полностью была погружена в жидкость). Пикнометр с навеской 2 помещают под колокол вакуум-установки или на дно эксикатора 1, имеющего в крышке кран для откачки воздуха (рис. 14). Эксикатор соединяют с вакуум-насосом и создают вакуум, не превышающий 3—4 мм рт. ст. Пикнометр с материалом выдерживают под вакуумом в течение 30 мин, после чего доливают жидкость до метки и взвешивают. Затем содержимое из пикнометра выли-

Удельный вес вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{(g_1 - g_0) \rho_{\text{ж}}}{g_2 + (g_1 - g_0) - g_3} \text{ г/см}^3,$$

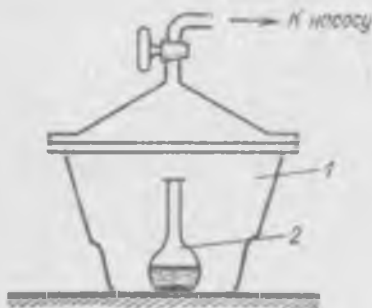


Рис. 14. Удаление воздуха из образца

g_0 — вес пустого пик-
номера, г;

g_2 — вес пикнометра с жидкостью, г;

g_3 — вес пикнометра с жидкостью и навеской, г.

Результаты опыта записывают по форме, приведенной в табл. 3.

Таблица 2

Результаты определения

Материал	
λ , град	
Вес пустого, высушенного G_0	
Вес пикнометра с навеской G_1	
Вес пикнометра с жидкостью G_2	
Вес пикнометра с навеской и жидкостью G_3	
Удельный вес жидкости $\rho_{ж}$	
Вес навески $G - G_0$	
Вес жидкости, вытесненной навеской образца материала $G_2 - G_0 - G_3$	
Удельный вес материала $\gamma = \frac{(G_2 - G_0) \rho_{ж}}{G_2 - (G_1 - G_0) - G_3}$	
Объем вытесненной жидкости $V = \frac{G - G_0}{\gamma}$	

Удельный вес многих строительных материалов, вяжущих веществ и цемента определяют при помощи специального пикнометра (см. стр. 121).

Для определения удельного веса методом гидростатического взвешивания пользуются весами Архимеда (рис. 15), состоящими из коромысла 3, чашки весов для разноравновесия 4 и приспособления 2 для гидростатического взвешивания с крючком для подвешивания испытуемого образца. Под приспособление 2 ставится стакан 1 с водой или какой-либо другой жидкостью. Данным спосо-

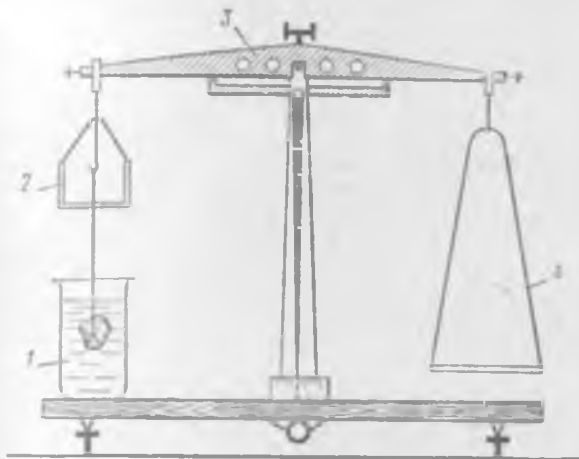


Рис. 15. Весы Архимеда для гидростатического взвешивания

бом определяется удельный вес только тех материалов, которые обладают совершенной плотностью (не имеют пор и трещин), как, например, стекло, фарфор, естественные горные породы и т. д.

Метод основан на свойстве тел, погруженных в жидкость, терять в своем весе столько, сколько весит вытесненная ими жидкость. Испытуемый материал взвешивают дважды: один раз в воздухе, другой в соответствующей жидкости. Разность веса дает вес вытесненной жидкости. По плотности жидкости (или удельному весу) находят ее объем. Разделив вес материала в воздухе на объем вытесненной жидкости, находят ее удельный вес.

Оборудование и материалы: весы для гидростатического взвешивания; весы аналитические с разноравновесием (взвешивание можно производить и на весах Архимеда); стакан; вода или соответствующая жидкость и нить для подвешивания образца.

Ход работы. При определении удельного веса от испытуемого материала откалывают кусочек объемом примерно 5—20 см³ и взвешивают на аналитических весах. Затем взвешенный образец на тонкой нити подвешивают к крючку, находящемуся на левой части весов. Под образец подставляют стакан с водой или другой жидкостью таким образом, чтобы образец был полностью погружен в жидкость, и взвешивают.

Удельный вес материала вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{g - g_{ж}}{g_{ж}} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес образца в воздухе, г;

$g_{ж}$ — вес образца в жидкости, г;

$\rho_{ж}$ — плотность жидкости, г/см³.

Нить, на которой подвешен образец, должна быть достаточно тонкой, чтобы весом ее можно было пренебречь. Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний

Материал	Вес образца в воздухе g , г	Вес образца в жидкости $g_{ж}$, г	Плотность жидкости $\rho_{ж}$, г/см ³	Удельный вес г/см

§ 4. Определение объемного веса

Определение объемного веса образцов правильной геометрической формы производят путем непосредственного замера и определения объема образца с последующим его взвешиванием.

Оборудование и материалы: весы чашечные или технические с разновесом; пила для металла; штангенциркуль.

Ход работы. Определение объема кирпича, блоков и т. д. производят путем замера. Если материал не имеет правильной геометрической формы, то из него вырезают пилой для металла кубики размером 50×50×50 мм, а для пористых материалов — кубики размером

70×70×70 мм. Размеры образца измеряют штангенциркулем. Если образец имеет форму параллелепипеда или куба, то производят три измерения: длины, ширины и высоты, причем каждую грань измеряют в трех местах (рис. 16) и находят среднее значение. Измерение производят с точностью до 0,1 мм. Перемножив значение высоты, длины и ширины, вычисляют объем образца. После этого образец взвешивают. Если образец весит менее 500 г, то точность взвешивания составляет 0,1 г; более 500 г — точность взвешивания 1 г.

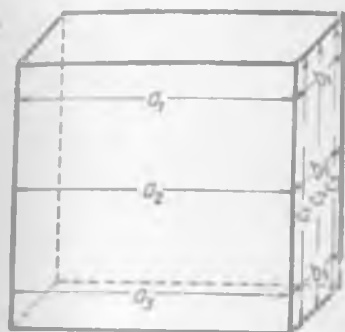


Рис. 16. Измерение образца формы параллелепипеда или куба

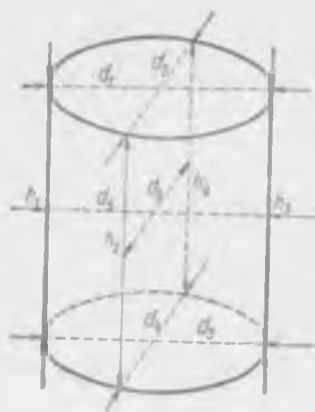


Рис. 17. Измерение образца цилиндрической формы

У образцов, имеющих цилиндрическую форму на двух параллельных плоскостях, проводят по два взаимно перпендикулярных диаметра и измеряют их величину. Одновременно измеряют диаметр по середине цилиндра.

Высоту образца измеряют в точках пересечения диаметров с окружностью (рис. 17). Величину диаметра берут как среднее из пяти замеров, а значение высоты — как среднее из четырех измерений.

Объем цилиндра находят по формуле

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4} \text{ см}^3,$$

где d — диаметр цилиндра, см;
 h — высота цилиндра, см.

Определение объемного и удельного весов производят на нескольких образцах, из которых затем определяют среднее значение. Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 5.

Таблица

Результаты определений

Материал	Размеры образца, см		Объем образца V , см ³	Вес образца g , г	Объемный вес $\gamma_{об}$, г/см ³
	диаметр d	высота h			

Определение объемного веса образцов неправильной формы. Так же, как и при определении удельного веса объемный вес определяют путем измерения (или вычисления) объема жидкости, вытесненной образцом или путем гидростатического взвешивания.

Оборудование и материалы: весы технические с разновесом; объеммер; вакуум-насос или эксикатор для вакуума; парафин; стаканы химические и кисточка.

Ход работы. Чтобы полностью учесть объем пор, необходимо поры образца (если они открыты) наполнить жидкостью. Образец после этого следует взвесить на гидростатических весах или (при наличии также и закрытых пор) покрыть с поверхности водонепроницаемым слоем парафина или воска. В последнем случае на поверхность предварительно взвешенного образца кисточкой наносят тонкий слой расплавленного парафина или воска. Дают парафину застыть, снова взвешивают и вычисляют объем парафина по формуле

$$V_p = \frac{g_1 - g}{0,93} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес образца, г;

g_1 — вес образца с парафином, г;

0,93 — удельный вес парафина, г/см³.

Образец, покрытый парафином, помещают в объеммер и измеряют объем вытесненной жидкости. Объемный вес рассчитывают по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{g}{V - V_p} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес образца без парафина, г;
 V — объем образца с парафином, см^3 ;
 $V_{\text{п}}$ — объем парафина, см^3 .

Для определения объема можно пользоваться любым объемомером. Наиболее простой объеммер представлен на рис. 18. В сосуд 1 наливают жидкость чуть выше уровня носика и дают избытку жидкости стечь. Затем в него осторожно на нитке или на острие иглы (если образец легче жидкости) погружают 2 заранее взвешенный образец 2. Вытесненная жидкость стекает в мерную пробирку 3 (вместо мерной пробирки можно использовать обычную бюретку, наполнив ее водой до нижнего деления).

На рис. 19 изображен объеммер другого вида. Он представляет

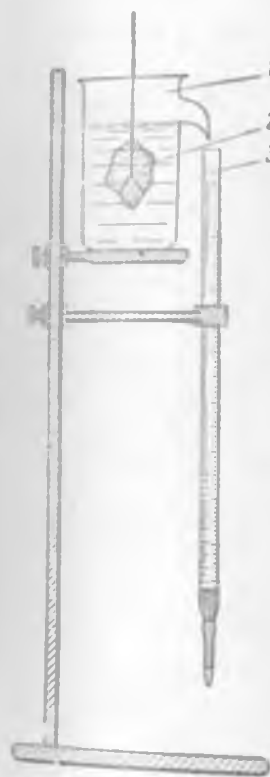


Рис. 18. Простейший объеммер

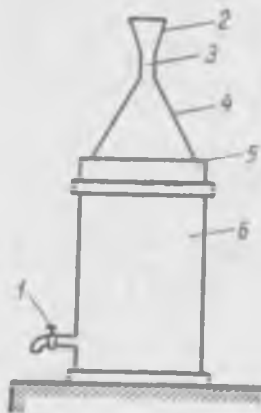


Рис. 19. Объеммер

собой цилиндрический стеклянный сосуд 6 с краном 1. Сосуд закрывается шлифованной крышкой 4 с воронкой 2, в нижнем конце которой нанесена черта 3. Прибор заполняют жидкостью до черты. Затем выливают воду или соответствующую жидкость в стакан в таком объеме, чтобы можно было снять крышку и поместить образец. Стакан с жидкостью взвешивают. Сняв крыш-

объемное водопоглощение

$$W_{об} = \frac{g_1}{V} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес поглощенной воды, г;

g — вес образца, г;

V — объем образца, $см^3$.

Водопоглощение зависит от наличия в материале открытых пор. Объемное водопоглощение дает величину «кажущейся пористости» (см. стр. 63).

Таблица 6

Величина весового водопоглощения
некоторых строительных материалов

Наименование материала	Величина водопоглощения, %
Кирпич строительный	от 8 до 16
Черепица	от 8 до 15
Шамотный огнеупор	от 20 до 30
Фаянс	от 9 до 12
Пластмассы (полиамидные)	от 0,5 до 10
Полихлорвинил	от 0,4 до 0,5

Для большинства строительных материалов определяют весовое водопоглощение. В табл. 6 приведены величины весового водопоглощения некоторых строительных материалов.

Водопоглощение можно определить тремя методами:

- 1) постоянным погружением испытуемого образца в воду;
- 2) кипячением образца с водой;
- 3) вакуумированием.

Оборудование и материалы: вакуум-насос; эксикатор с краном для вакуумирования; сушильный шкаф; весы технические; ванна для воды; стаканы химические и бумага фильтровальная.

Ход работы. Для определения берут либо целые изделия, либо изделия, распиленные пополам (кирпич, керамические и бетонные блоки).

1. Из природных камней, сплошных бетонных изделий, фасадных бетонных и керамических плит вырезают кубики размером $5 \times 5 \times 5$ см или $10 \times 10 \times 10$ см, а для фасадных плит — $12 \times 12 \times 12$ см. Образцы, взятые

для испытания, должны иметь неповрежденную поверхность. Образцы, очищенные с поверхности, или целые изделия высушивают при температуре 110° , охлаждают и помещают торцом в ванну, внутри которой находится металлическая сетка. Образцы устанавливают на расстоянии не менее 2—4 мм друг от друга. Ванну наполняют водой таким образом, чтобы образцы на одну треть находились в воде. Через 12 ч в ванну доливают воду до уровня, соответствующего $\frac{2}{3}$ высоты образца, и снова выдерживают 12 ч, после этого ванну наполняют водой до полного погружения образцов и в таком положении выдерживают их в течение 24 ч. Затем образцы вынимают из воды, вытирают тканью и взвешивают на технических весах.

2. Определение водопоглощения облицовочных плиток производится путем кипячения образцов в воде. Для этого берут целую плитку или выпиливают из нее четырехугольник размером 3×5 ; промывают дистиллированной водой, высушивают при температуре 110° до получения постоянного веса и кипятят в воде в течение 1 ч; санитарные изделия, очищенные от глазури, кипятят в течение 3 ч, после чего образцы оставляют в воде на 4 ч, затем их вынимают, вытирают тканью и взвешивают на технических весах.

3. Вакуумирование образцов производят так же, как и при определении удельного веса (см. стр. 67).

Водопоглощение определяют по формуле

$$W_{\text{в}} = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%,$$

где g — вес сухого образца, г;

g_1 — вес образца после водопоглощения, г;

$W_{\text{в}}$ — водопоглощение, %.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 7.

Таблица 7

Результаты определений

Материал	Вес сухого образца g , г	Вес образца после водопоглощения g_1 , г	Водопоглощение $W_{\text{в}}$, %

§ 6. Определение предела прочности при сжатии

Определение предела прочности при сжатии является универсальным испытанием для многих строительных материалов, например, цемента, бетона, кирпича, блоков керамических, черепицы, древесины, пластических масс и т. д. Предел прочности при сжатии определяют на прессах различных систем и мощности. Выбор пресса

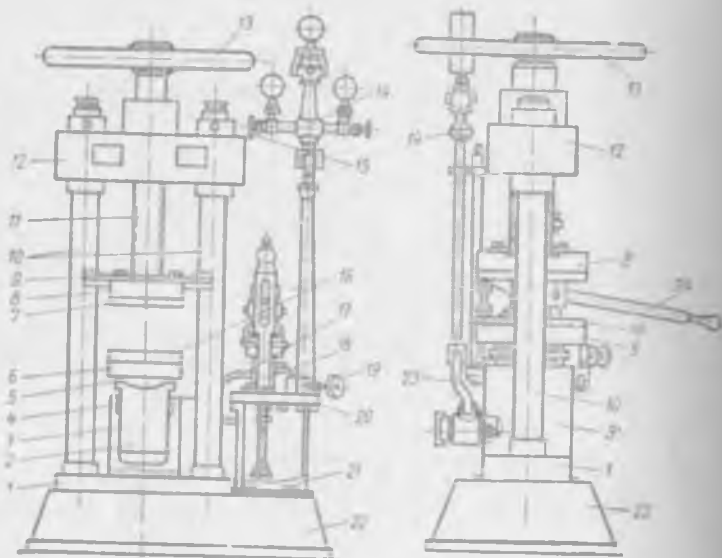


Рис. 21. Пресс завода «Керамика»

зависит от свойств того или иного материала и указаний ГОСТа, причем одна из плит пресса должна иметь для испытания шаровую опору. Методика определения не зависит от типа пресса. Форма и размеры образцов указываются в ГОСТе на испытание соответствующих материалов. Так, кубики для испытания цемента должны иметь размеры $70 \times 70 \times 70$ мм; кубики для испытания бетона в зависимости от наполнителя — $100 \times 100 \times 100$; $150 \times 150 \times 150$; $200 \times 200 \times 200$ и $300 \times 300 \times 300$ мм. При испытании кирпича последний распиливается пополам и склеивается слоем цемента в 5 мм (поверхность образца также выравнивается цементным раствором).

В качестве примера ниже приводится испытание на прессе мощностью 50 т. Пресс (рис. 21) состоит из двух колонн 10, на которых размещены верхняя 12 и нижняя 1 траверсы. Через верхнюю траверсу 12 проходит упорный винт 11 с резьбой. К упорному винту прикреплено штурвальное колесо 13. В нижней части упорного винта закреплена направляющая скоба 9 со специальными вкладышами, которые во время перемещения упорного винта скользят по колоннам пресса и держат винт в центральном положении. К нижней части направляющей скобы присоединена верхняя опорная плита 8. В нижней траверсе 1 имеется резьбовое отверстие, куда ввинчен цилиндр пресса 3. Внутри цилиндра ходит поршень 2 с кожаным манжетом 4. На поршне помещается нижняя опорная плита 6, состоящая из нижней чугунной плиты со сферическим выступом 5 и прикрепленной к ней стальной плиты 16. Последняя является во время испытания нижней опорной плитой. К плите 22, на которой смонтирована вся установка, прикреплен бак 21 для масла. Бак закрыт плитой 20, на которой смонтирован двухплунжерный насос 18.

Работает пресс следующим образом. Поднимают рычаг 24, а вместе с ним большой или малый плунжер и этим создают вакуум в насосе 18, куда из бака 21 устремляется масло. При опускании рычага вниз масло сжимается плунжером и устремляется через соединительную трубку 17 в питательную коробку и в канал вентиля. Из вентиля масло по маслопроводу 23 поступает в цилиндр 2 и тройник манометров 14.

Устанавливается пресс на массивном фундаменте строго по уровню и прикрепляется к фундаменту анкерными болтами.

Оборудование и материалы: пресс для испытаний; образцы для испытаний; масло; волосная щетка и ветошь.

Ход работы. Образцы поочередно помещают строго по центру на нижнюю опорную плиту 16. Поворачивая штурвальное колесо 13, опускают верхнюю опорную плиту 8 до соприкосновения с поверхностью образца. К опорным плитам пресса должны быть обращены те грани образца, которые при изготовлении соприкасались со стенками формы.

Поднимая и опуская периодически рычаг 24, перекачивают масло из бака 21 в цилиндр 3. Предварительно

при помощи маховичка 19 перекрывают трубку, отдающую масло обратно в бак. Пресс снабжен тремя различными манометрами: низкого, среднего и высокого давлений. Манометр высокого давления устанавливается в середине и непосредственно соединяется с масломпроводом. Манометры среднего и низкого давлений устанавливаются с левой и правой сторон и могут быть отключены от маслопровода вентилями 15. Перед испытанием образцов, прочность которых неизвестна, оба вентиля следует перекрывать. Открывают эти вентили лишь тогда, когда испытывают образец при низком или среднем давлении. При этом следят за показаниями стрелок манометров, и в тот момент, когда стрелка манометра доходит до предела (красная черта), перекрывают вентили и прекращают подачу масла в цилиндр.

В начале испытания масло обычно подается большим плунжером, а затем — малым. Это осуществляется поворотом ручки к себе до отказа при опущенном книзу рычаге 24. По окончании испытания, поворачивая маховичок 19, открывают канал маслопровода, по которому избыток масла в цилиндре и в манометре поступает обратно в бак. Показание манометра в момент разрушения образца, умноженное на площадь поршня, составляет усилие, разрушившее образец. Это усилие определяют умножением величины давления масла в момент разрушения образца на величину, характеризующую соотношение площадей поршней насоса и цилиндра. В данном случае это соотношение равно 200.

Во время испытания увеличивать нагрузку следует плавно и равномерно, без рывков, со скоростью согласно ГОСТу.

Определение предела прочности при сжатии образцов имеет свои особенности. Для этого используют половинки балочек, предварительно испытанных на изгиб (см. стр. 146). При испытании имеет значение не площадь поперечного сечения образца, как при испытании кубиков, а площадь образца, непосредственно воспринимающая сжимающую нагрузку. Последняя должна составлять 25 см^2 . В связи с этим к верхней и нижней плитам прессы прикрепляют пластинки, снабженные плоскими, строго центрированными, приточенными выступами размерами $40 \times 62,5 \text{ мм}$.

Далее на нижний выступ (пластинку нижней опорной плиты) помещают половинки балочки так, чтобы те грани ее, которые при изготовлении образца прилегали к продольным стенкам формы, совместились с рабочими поверхностями пластин пресса, а упоры пластинок плотно прилегали к торцовой гладкой стенке образца. Затем, поворачивая штурвальное колесо, опускают верхнюю опорную плиту до соприкосновения ее пластины с поверхностью испытуемого образца и сжимают образец так, как было описано выше. Так как площадь его, подвергающаяся сжатию, сравнительно небольшая, то отсчет ведут по манометру низкого и среднего давлений. Общую нагрузку на испытуемый образец определяют аналогично. Если при разрушении образца манометр показывает 20 кгс/см^2 , а площадь поршня равна 200 см^2 , то общая максимальная нагрузка будет $20 \times 200 = 4000 \text{ кгс}$.

Предел прочности при сжатии определяют по формуле

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{S} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — максимальная нагрузка, кгс ;

S — площадь поперечного сечения образца, см^2 .

Например, при площади поперечного сечения образца, равной 25 см^2 ,

$$R_{\text{сж}}^* = \frac{P}{S} = \frac{4000}{25} = 160 \text{ кгс/см}^2.$$

§ 7. Определение предела прочности при изгибе

Предел прочности при изгибе определяется на тех же прессах, что и прочность при сжатии. Для этого к нижней опорной плите 16 (см. рис. 21) при помощи двух планок прикрепляют два катка, которые служат опорой для испытуемого образца. К верхней опорной плите 8 при помощи планок прикрепляют нож изгиба 7.

Оборудование и материалы: пресс; ножи изгиба; плита с опорами (подвижными); образцы для испытаний; масло и ветошь.

* В системе международных единиц (СИ) предел прочности выражается в Н/мм^2 , т. е. $1 \text{ кгс/см}^2 = 98066 \text{ Н/м}^2$.

Ход работы. Образцы изготавливают согласно ГОСТу. Кирпич, например, при испытании укладывают плашмя на две опоры, расположенные на расстоянии 200 мм. На кирпиче перед испытанием за 3—4 суток по уровню наносят три полоски из цементного теста. Одну в месте приложения нагрузки и две — в месте, где образец опирается.

Перед испытанием точно измеряют ширину и высоту испытуемого образца и устанавливают необходимое расстояние между опорами. Это расстояние при испытании кирпича равно 200 мм; при испытании балочек из бетона размером 150×150×550 мм расстояние между ними должно составлять 450 мм, а для балочек размером 155×150×1200 мм — 1000 мм (балочки из бетона в последнем случае испытывают двумя сосредоточенными грузами с расстоянием между точками приложения грузов в 200 мм).

При испытании балочек, изготовленных из древесины размером 20×20×300 мм, расстояние между опорами должно быть 240 мм. Испытание производят двумя грузами, симметрично расположенными на расстоянии 80 мм. Разрушающую нагрузку практически определяют так же, как и при испытании на сжатие.

Предел прочности при изгибе (при одном грузе) находят по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \text{ кгс/см}^2.$$

Предел прочности при изгибе образца, изготовленного из древесины, определяют по формуле

$$R_{изг}^{др} = \frac{Pl}{bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — разрушающаяся нагрузка, кгс;
 l — расстояние между опорами, см;
 b — ширина образца, см;
 h — толщина образца, см.

§ 8. Определение предела прочности при растяжении

Испытанию на прочность при растяжении подвергают такие строительные материалы, как древесина, строительные стали, пластические массы, рулонные кровельные ма-

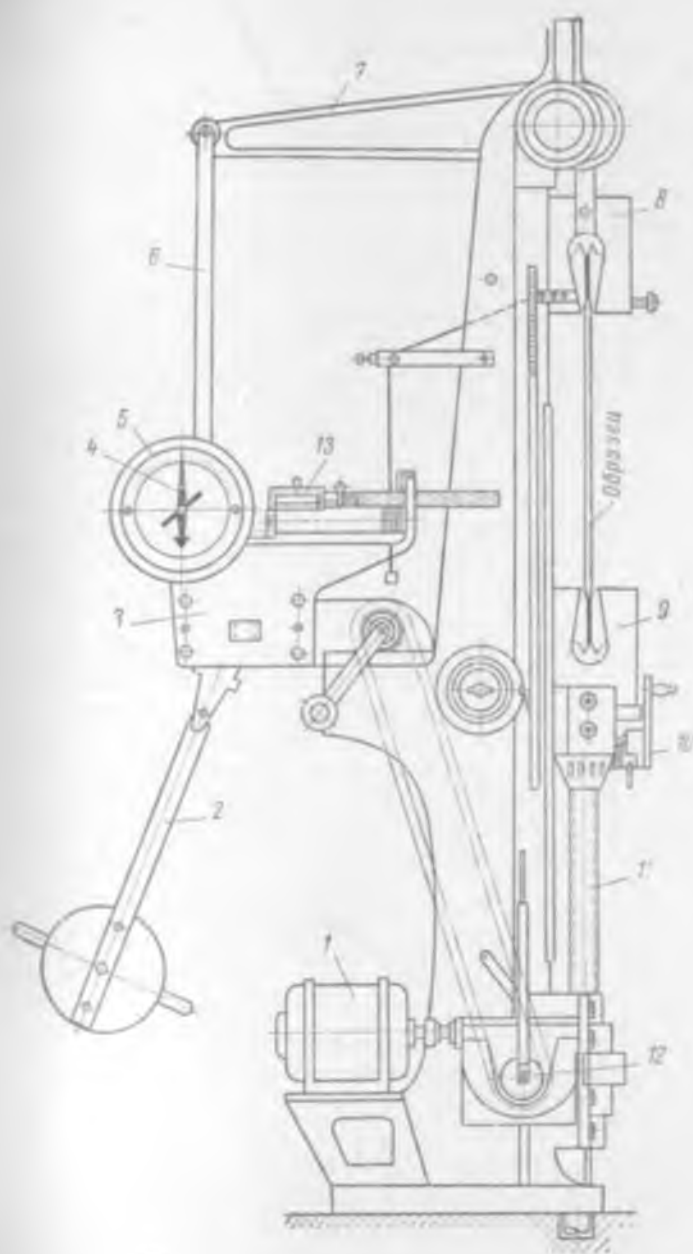


Рис. 22. Разрывная машина марки Р-5

териалы и цемент. Испытание производят на разрывных машинах различных конструкций (за исключением испытания гипса).

Ниже дается описание разрывной машины марки Р-5 (рис. 22). Нагрузка на образец у разрывной машины Р-5 производится электродвигателем 1 через систему зубчатых передач 12 и винта 11. Последний соединен с нижним зажимом 9, который перемещается вертикально. Верхний зажим 8 укреплен на горизонтальном рычаге 7, который посредством тяги 6 передает на силоизмеритель 3 нагрузку, действующую на испытуемый образец.

Кроме электродвигателя, машина имеет ручной привод 10, посредством которого можно также осуществлять нагрузку на образец с необходимой скоростью. Силовизмеритель состоит из маятника 2, циферблата 5 и указательной стрелки 4. На машине можно испытывать образцы под нагрузкой от 250 до 500 кгс, от 500 до 1000 кгс, от 1000 до 2500 кгс и от 2500 до 5000 кгс.

Степень нагрузки устанавливают путем перемещения маятникового груза по вертикальной оси маятника. Для больших нагрузок (2500—5000 кгс) на маятник подвешивают дополнительные грузы. С изменением нагрузки переставляют шкалу измерения усилия. Образец для испытания помещают в зажимы 8 и 9. Желательно иметь дополнительные приспособления, позволяющие менять расстояние между зажимами в зависимости от метода испытания материала и формы образцов (круглые, плоские и т. д.). Машина Р-5 снабжена механизмом 13, автоматически записывающим кривую деформации образца.

Оборудование и материалы: разрывная машина; набор приспособлений к зажимам; дополнительные грузы; образцы для испытаний и измеритель.

Ход работы. Перед испытанием измеряют ширину и толщину образца с точностью до 0,1 мм. Затем испытуемый образец зажимают в зажимы 8 и 9 разрывной машины (форму и размер образцов определяют соответствующими ГОСТами на испытуемые материалы). Образцы изготавливают обычно в виде двусторонних лопаток. Передвигая груз маятника, устанавливают необходимую степень нагрузки и соответственно переставляют шкалу измерения усилия. После этого включают мотор или увеличивают нагрузку ручным приводом до разруше-

ния образца или до момента, когда стрелка силоизмерителя начнет двигаться в обратную сторону; скорость нарастания нагрузки или движения зажима определяется соответствующим ГОСТом на испытуемый материал.

Фиксируется максимальная нагрузка на циферблате силоизмерителя и вычисляется предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) по формуле

$$\sigma_1 = \frac{P_{\max}}{S_0},$$

где $P_{\max}$ — максимальная нагрузка, кгс;
 S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, см².

ГЛАВА IV

ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Вяжущими веществами принято называть такие тонкомолотые вещества, которые служат для скрепления строительных камней или отдельных строительных деталей, а также для цементации в одно целое всевозможных минеральных частиц крупного и мелкого заполнителя в бетонах и строительных растворах.

Характерной особенностью вяжущих веществ является то, что они, будучи затворены водой или другой жидкостью (затворителем), образуют с ней жидкую или тестообразную массу, способную с течением времени схватываться, твердеть и превращаться в камень. В зависимости от химического состава вяжущие вещества могут быть *неорганическими*, или минеральными, и *органическими*. Представителями первых являются гипсовые, известковые, магнезиальные вяжущие вещества и всевозможные цементы. Ко вторым относятся смолы, битумы, клеи и полимеры. Минеральные вяжущие вещества обычно представляют собой тонкомолотые порошки, получаемые в результате дробления и помола продуктов обжига таких природных веществ, как гипс, известняк, мергель, глина или их смеси, взятые в соответствующих количественных соотношениях. В качестве затворителя этих вяжущих веществ обычно используют воду.

Минеральные вяжущие вещества делятся на две группы: *воздушные* и *гидравлические*. К воздушным относятся вещества, которые при затворении водой способны схватываться, затвердевать и превращаться в каменную массу только на воздухе. К гидравлическим — вещества, которые при затворении водой схватываются, твердеют и превращаются в искусственный камень не только на воздухе, но и под водой.

А. ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

К воздушным вяжущим веществам относятся гипсовые, магнезиальные и известковые. Из них в строительстве чаще всего используются гипсовые и известковые.

ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Гипсовыми вяжущими веществами называют вещества, которые получают в результате частичной или полной дегидратации природного двухводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В результате неполной дегидратации двухводного гипса, осуществляемой путем нагревания $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в температурном интервале от $120\text{—}170^\circ$ (но не свыше 200°), получается так называемый *полуводный гипс* $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или упрощенно $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, представляющий собой быстрохватывающееся и быстротвердеющее вещество, называемое в строительстве *алебастром*, или *строительным гипсом*, а в технике и медицине — соответственно *формовочным* и *медицинским гипсом*.

При обжиге природного двухводного гипса до более высоких температур (свыше 200°) он сначала полностью дегидратируется, а затем частично разлагается на окись кальция и серный ангидрид. Продукт, полученный во время обжига природного гипса в температурном интервале $600\text{—}700^\circ$, представляет собой *гипсоангидритовый цемент* CaSO_4 . Продукт, полученный при обжиге сульфата кальция при температуре свыше 900° , называется *эстрих-гипсом* (CaSO_4 и CaO). Гипсоангидритовый цемент и эстрих-гипс относятся к медленнохватывающимся и медленноотвердеющим воздушным вяжущим веществам.

Из гипсовых вяжущих веществ наиболее широкое распространение в строительстве и в технике получил строительный гипс (табл. 8).

Начало схватывания строительного гипса должно наступать не раньше 4 мин, а конец — не раньше 6 и не позже 30 мин от начала затворения водой. Кристаллизация гипсового теста должна заканчиваться не раньше 12 мин от начала затворения водой.

Качество строительного гипса устанавливается на основании данных, полученных в результате определения:

- тонкости помола гипса;
- нормальной густоты гипсового теста;
- времени от начала затворения до начала и конца схватывания его;
- времени от начала затворения до конца кристаллизации гипсового теста;
- предела прочности при сжатии, а иногда и предела прочности при растяжении образцов, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты.

Показатели строительного гипса

Таблица 8

Показатели	Сорт 1	Сорт 2
Тонкость помола по остатку на сите с сеткой № 02 (98 отверстий на 1 см^2 не более), %	15	25
Предел прочности при сжатии образцов, кгс/см^2 :		
в возрасте 1,5 ч	45	35
высушенных до постоянного веса	100	75
Предел прочности при растяжении* образцов не менее, кгс/см^2 :		
в возрасте 1,5 ч	9	7
высушенных до постоянного веса	17	13

* В соответствии с изменениями в ГОСТ 125—57, принятыми в декабре 1960 г., нормы предела прочности при растяжении отменены и испытание гипса по этому показателю необязательно.

Все это определяют в помещении при температуре $20 \pm 5^\circ$. Точность взвешивания должна быть не менее 0,1 г. Затворителем является дистиллированная вода, а если ее нет, то можно использовать гресную питьевую воду.

§ 1. Определение тонкости помола гипса

Тонкость помола определяют путем просеивания навески гипса на ситах и характеризуется она величиной остатка на сите № 02, выраженной в процентах по отношению к исходной навеске.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого гипса; плоскодонная фарфоровая чашка или кювета; стеклянная банка с пришлифованной пробкой (емкость не менее 1 л); сушильный

Правильность просеивания контролируют повторным просеиванием остатка на сите в течение 1 мин. При этом через сетку не должно пройти более 0,1 г гипса. Результаты испытания записывают по форме, приведенной в табл. 9.

На основании полученных данных под таблицей записывают качественную характеристику или сортность испытуемого материала.

§ 2. Определение нормальной густоты гипсового теста

Гипсовым тестом называется пластичная тестообразная масса, состоящая из тонкомолотого гипса и воды. *Нормальной густотой* гипсового теста принято называть такую консистенцию его, при которой тесто, освобожденное из полого сосуда цилиндрической формы высотой 10 см и диаметром 5 см, свободно растекается на горизонтальной плоской поверхности и образует лепешку диаметром 12 см.

Количественное соотношение между гипсом и водой в гипсовом тесте характеризуется водогипсовым отношением. *Водогипсовым отношением* называется количество воды, содержащееся в гипсовом тесте нормальной густоты и выраженное в процентах по отношению к навеске гипса. В зависимости от качества гипса водогипсовое отношение может колебаться в пределах от 60 до 80 %.

Практически нормальную густоту гипсового теста определяют при помощи прибора, называемого вискозиметром Суттарда, либо при помощи автоматического капиллярного вискозиметра АКВ-3. Работа с вискозиметром Суттарда проще, чем с вискозиметром АКВ-3, поэтому его можно использовать на любой строительной площадке.

Оборудование и материалы: зеркальное полированное стекло размером 20×20 см; лист бумаги размером 20×20 см с нанесенными на нем концентрическими кругами; латунный полированный цилиндр высотой 100 мм и диаметром 50 мм; круглодонная чашка диаметром 400 мм и высотой 100 мм; лопатка для перемешивания теста; мерный цилиндр емкостью 250 мм; технические весы с разновесом; плоский шпатель или нож; мягкая ткань или тампон; уroveň; сито с сеткой № 085; мягкая волосяная кисточка.

Ход работы. Вискозиметр Суттарда состоит из плоскополированного зеркального стекла размером 20×20 см и полого латунного полированного цилиндра

высотой 10 см и диаметром 5 см. На стекло или на лист ватманской бумаги такого же размера, как и стекло, наносят ряд concentрических окружностей диаметром от 6 до 14 см через каждый сантиметр и от 14 до 20 см через каждые 2 см. Лист с нанесенными окружностями подкладывают под стекло и плотно прижимают к нему.

Поверхность стекла и латунный цилиндр перед каждым опытом осматривают, очищают от загрязнений и остатков прежних испытаний. Чистое стекло вместе с прикрепленной к нему шкалой из concentрических окружностей кладут по уровню строго горизонтально на стол. Зеркальная поверхность смачивается влажным тампоном из мягкой ткани. В центре стекла устанавливают латунный цилиндр, предварительно увлажненный с внутренней стороны.

Среднюю пробу гипса просеивают через сито № 085 и из нее берут навеску 300 г на технических весах. В круглодонную фарфоровую чашку диаметром 400 мм и высотой 100 мм наливают 200 мл воды, куда постепенно всыпают отвешенную навеску, перемешивая ее специальной лопаткой до получения однородной массы. Продолжительность этой операции не должна превышать 30 сек.

Полученную массу оставляют в спокойном состоянии на 1 мин, затем опять перемешивают двумя резкими взмахами лопатки и быстро наполняют ею полый латунный цилиндр, установленный на стекло. Излишек массы снимают вровень с краями цилиндра влажным ножом (на эту операцию должно затрачиваться не более 30 сек). Латунный цилиндр захватывают правой рукой и быстро, строго вертикально, поднимают вверх, освобождая таким образом массу, которая растекается по стеклянной пластинке, образуя коническую лепешку. Нижний диаметр этой лепешки характеризует консистенцию гипсового теста. Нормальной консистенцией или нормальной густотой гипсового теста считается такая консистенция его, при которой диаметр лепешки составляет 12 см. Если диаметр лепешки меньше 12 см — тесто слишком густое — мало воды, если же более 12 см — тесто излишне жидкое — много воды. В обоих случаях опыт повторяют в указанном порядке, изменяя, т. е. увеличивая или уменьшая соответствующим образом количество воды до тех пор, пока не будет получена нормальная густота теста. Затраченное на эту операцию количество воды выражают в процентах

по отношению к навеске гипса или в миллилитрах на 100 г гипса. Эта величина представляет собой водогипсовое отношение и характеризует нормальный расход воды для получения гипсового теста нормальной густоты. Этим водогипсовым отношением пользуются при изготовлении образцов как для дальнейших испытаний гипса, так и в производственных условиях.

§ 3. Определение сроков схватывания гипсового теста

Процессы, происходящие с гипсовым тестом при схватывании и твердении, достаточно полно исследованы академиком А. А. Байковым. По его теории полуводный гипс или, как его иногда называют, полугидрат $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, растворяется в воде до получения насыщенного раствора по отношению к этому соединению и превращается в двуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, растворимость которого меньше растворимости полугидрата. Благодаря этому двуводный гипс выделяется из раствора в виде геля. В связи с этим концентрация последнего в воде понижается, новые порции полугидрата переходят в раствор, превращаются в двугидрат и выпадают из раствора в виде геля. Тесто схватывается. В дальнейшем гель двугидрата кристаллизуется, вследствие чего гипсовая масса твердеет и образует искусственный камень. По ГОСТ 125—57 начало схватывания должно наступить через 4 мин, конец — через 6 мин, но не позже, чем через 30 мин с момента затворения гипса водой.

Оборудование и материалы: средняя проба испытываемого гипса; полный комплект аппаратуры и материалов, применяемых при определении нормальной густоты гипсового теста (см. стр. 90); прибор Вика и секундомер.

Сроки схватывания гипсового теста определяют с помощью прибора, называемого иглой Вика (рис. 23). Этот прибор состоит из металлического штатива 1, в нижней части которого находится площадка 7, а в верхней — два параллельно выступающих кронштейна 4, в отверстиях которых свободно передвигается в вертикальном направлении главная часть прибора — металлический стержень 3 цилиндрической формы. В нижней части стержня крепится либо пестик Тетмаера, либо игла Вика 10. Верхняя часть стержня заканчивается площадкой 2, на кото-

рой может быть помещен добавочный груз. В соответствии с требованиями ГОСТ 125—57 суммарный вес стержня вместе с закрепленной в нем иглой должен составлять 120 г. Стержень при помощи винта 9 может быть неподвижно закреплен в кронштейнах прибора на любой высоте. На площадке штатива помещается стеклянная полированная пластинка из зеркального или утол-

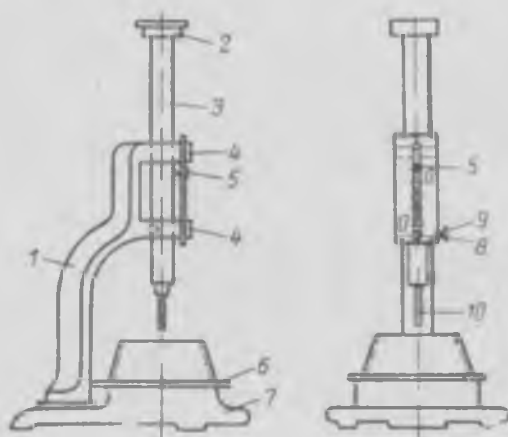


Рис. 23. Прибор Вика

щенного стекла, а на ней — металлическое или эбонитовое коническое кольцо 6 для гипсового теста. На выступающих концах кронштейнов прикреплена металлическая пластинка со щелью и миллиметровой шкалой. На подвижном стержне наглухо закреплена стрелка-указатель 5, которая через щель в шкале выступает наружу и при передвижении стержня скользит по шкале против ее делений, указывая глубину погружения иглы или пестика в тесто.

Ход работы. Определение сроков схватывания гипсового теста состоит из следующих операций:

наладки и установки иглы Вика;

приготовления гипсового теста нормальной густоты;

определения начала и конца схватывания.

Прибор Вика устанавливают на горизонтальной плоскости. На нижнюю площадку прибора помещают стеклянную пластинку, а на нее коническое кольцо расширенной

частью вниз. Придерживая левой рукой стержень с закрепленной в нем иглой, освобождают зажимающий его винт и плавно опускают до тех пор, пока конец иглы не коснется стеклянной пластинки. При таком положении иглы стрелка-указатель должна находиться против нижнего нулевого деления. Если положение стрелки не совпадает с нулевым делением, то шкалу передвигают до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение, после чего ее прочно закрепляют соответствующим винтом. Одновременно проверяют, насколько свободно и легко передвигается стержень в отверстиях кронштейнов, и, если нужно, смазывают его машинным маслом. Перед каждым определением стеклянную пластинку и внутреннюю поверхность кольца смазывают тонким слоем машинного масла.

Гипсовое тесто нормальной густоты готовят по водогипсовому отношению, какое было установлено предыдущим опытом. На технических весах отвешивают 200 г гипса. В фарфоровую чашку наливают соответствующее количество воды. В воду при энергичном перемешивании всыпают гипс и включают секундомер. Смесь гипса с водой тщательно перемешивают в течение 30 сек и вливают в кольцо. Избыток массы срезают по верхнему краю влажным ножом, сглаживая в то же время ее поверхность. Затем пластинку с кольцом, заполненным тестом, помещают на площадку штатива так, чтобы игла находилась в центре кольца. Далее, придерживая левой рукой стержень с иглой, правой ослабляют зажимающий винт; стержень осторожно опускают вниз так, чтобы кончик иглы коснулся поверхности теста, после чего в таком положении его закрепляют винтом. Испытание начинают с того, что быстро отпускают винт, зажимающий стержень. Благодаря этому стержень с иглой опускается вниз под действием силы тяжести; при этом игла погружается в тесто. Глубину погружения отмечают по шкале прибора, а время от момента затворения гипса водой — по секундомеру. Затем стержень с иглой поднимают вверх и закрепляют в исходном положении; иглу тщательно вытирают, а кольцо с тестом несколько сдвигают в сторону так, чтобы новое погружение иглы при повторном опыте попало в место, нетронутое предыдущим испытанием. Каждое последующее погружение иглы проводится через 30 сек в указанном выше порядке.

Из полученных таким образом отсчетов глубины погружения иглы отмечают два момента: начало и конец схватывания. *Началом схватывания* считается время, прошедшее от момента затворения гипса водой, до того момента, когда игла, погружаясь в гипсовое тесто, не доходит до стекла лишь на 0,5 мм. *Концом схватывания* считается время от затворения гипса водой до того момента, когда игла погружается в тесто всего лишь на 0,5 мм.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 10.

Таблица 10

Результаты определений

Название материала	Нормальная густота теста, %	Время от затворения гипса водой, сек	Глубина погружения иглы в тесто, мм

Время начала и конца схватывания подчеркивается.

§ 4. Определение времени от начала затворения гипсового теста до конца кристаллизации его

Превращение полуводного гипса в двуводный и кристаллизация последнего сопровождается выделением тепла, которое повышает температуру кристаллизующейся массы. С прекращением кристаллизации температура массы падает, следовательно, момент начала снижения температуры кристаллизующейся массы может служить признаком того, что процесс кристаллизации в основном уже закончен.

Оборудование и материалы: средняя проба гипса; сосуд Дюара или самодельный сосуд, состоящий из двух химических стаканов емкостью 100 и 500 мл; корковая пробка для внутреннего стакана; секундомер; теплоизоляционный материал (минеральная или стеклянная вата или распушенный асбест); технические весы с разновесом; фарфоровая чашка; лопатка для перемешивания теста; термометр; мерный цилиндр объемом 10 мл; резиновая чашечка; калька.

Ход работы. Для определения конца кристаллизации гипсового теста в обычных лабораторных условиях используют в качестве калориметра сосуд Дюара. При отсутствии такового последний может быть заменен калориметром простейшего типа, изготовленным самим экспериментатором (рис. 24). Для этого используют два обыкновенных химических лабораторных

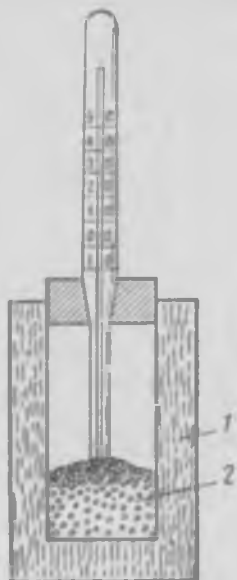


Рис. 24. Прибор для определения скорости гашения извести и скорости кристаллизации гипсового теста

стакана; первый емкостью 100 мл, второй — 500 мл. Меньший стакан вставляют в больший так, чтобы верхние края обоих стаканов лежали в одной плоскости и чтобы свободное пространство между наружным и внутренним стаканами было везде одинаково. Это пространство заполняют легким теплоизоляционным материалом 1 (минеральной или стеклянной ватой, распушенным асбестом и т. д.). На дно сосуда укладывается также слой стекловаты толщиной примерно 20—25 мм. Сосуд закрывают плотно подогнанной пробкой или плотной крышкой, в центре которой проделано отверстие для ртутного термометра со шкалой до 50° и ценой каждого деления не менее 1°. Термометр должен быть вставлен так, чтобы ртутный шарик находился от дна прибора на расстоянии примерно 15—20 мм. Перед каждым испытанием проверяют

плотность пригонки пробки или крышки к сосуду и к термометру. Хвостовая часть термометра смазывается тонким слоем жидкого вазелина.

Гипсовое тесто нормальной густоты готовят по предварительно установленному водогипсовому отношению (см. стр. 90). В фарфоровую круглодонную чашку наливают столько воды, сколько необходимо для затворения 100 г гипса, который отвешивают на технических весах и высыпают в чашку с водой при постоянном перемешивании до образования однородной массы. Вся операция по приготовлению теста должна продолжаться не более 30 сек. Секундомер включают тогда, когда всыпают гипс

в воду. Часть теста (в количестве около 30 г) помещают в резиновую чашечку, а при отсутствии таковой — в кулечек из кальки. В это тесто вставляют ртутный шарик термометра так, чтобы он со всех сторон был покрыт тестом. Термометр вместе с тестом опускают в сосуд, который затем плотно закрывают пробкой. Показания термометра записывают через каждые 30 сек. Наблюдение заканчивается, когда показания термометра, достигнув максимума, пойдут на снижение. Момент начала снижения температуры является показателем окончания процесса кристаллизации. Результат наблюдений записывают по форме, приведенной в табл. 11'.

Таблица 11

Результаты определений

Название материала	Нормальная густота гипсового теста	Номер замера по порядку	Время от начала затворения теста, сек	Показания термометра, град	Примечание

§ 5. Определение предела прочности при сжатии и растяжении гипсовых образцов

Величину предела прочности при сжатии определяют путем раздавливания стандартных кубиков размером 70×70 мм, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты и достигших в процессах схватывания и твердения технической прочности.

Величину предела прочности при растяжении (разрыве) определяют разрыванием восьмерок стандартных размеров, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты и достигших технической прочности.

Последовательность испытания состоит из:
подготовки форм для изготовления стандартных образцов (кубиков и восьмерок);

приготовления гипсового теста нормальной густоты; изготовления образцов и выдерживания их в соответствующих условиях до приобретения ими технической прочности;

подготовки пресса для раздавливания кубиков и машины для разрыва восьмерок;

процесса испытания кубиков на прессе, а восьмерок — на разрывной машине с последующим подсчетом полученных результатов.

Оборудование и материалы: средняя проба гипса; полный комплект материалов и аппаратуры для определения нормальной густоты гипсового теста (см. стр. 90); прибор Михаэлиса (полный комплект); гидравлический пресс; комплект форм для кубиков и восьмерок; пластины под формы; машинное масло; чашки для приготовления гипсового теста; мерные цилиндры; лопатка; дробь; сушильный шкаф; технические весы с разновесом.

Ход работы. Из общего запаса форм для изготовления кубов отбирают 12, а для изготовления восьмерок — 6. Формы тщательно очищают от остатков гипса предыдущих испытаний, смазывают машинным маслом, собирают и укладывают вплотную друг к другу на предварительно смазанный той же смазкой плоский ровный стеклянный или металлический лист.

Для изготовления кубиков отвешивается 3 кг, а для изготовления восьмерок — 0,6 кг гипса и отмеривается количество воды, соответствующее водогипсовому отношению. Смешивание гипса с водой должно длиться не более 30 сек; последующее перемешивание гипсовой массы производится при изготовлении кубиков 1 мин, а при изготовлении восьмерок — 30 сек. Приготовленную массу выливают тонкой непрерывной струей сразу во все формы, попеременно водя наклоненную чашку с гипсовым тестом над формами до полного наполнения их.

Поверхность массы в формах заглаживают вровень с краями форм влажным шпателем или ножом. В таком положении гипсовое тесто в формах выдерживают в течение 1 ч. Затем, когда закончится процесс кристаллизации гипса, формы разбирают, изготовленные в них образцы осматривают и подвергают соответствующим испытаниям в два приема. Из 12 отформованных кубов и 6 восьмерок отбирают через 1,5 ч с момента затворения гипса водой 6 кубов и 3 восьмерки и испытывают их — кубы на сжатие, а восьмерки на растяжение. Остальные 6 ку-

бов и 3 восьмерки помещают в сушильный шкаф, высушивают при температуре 45—55° до получения постоянного веса, после чего испытывают *.

Определение предела прочности при сжатии (раздавливание кубов) обычно производится на гидравлических прессах. Кубы по одному помещают строго по центру на нижнюю опорную плиту пресса. При этом каждый куб укладывается так, чтобы к опорным плитам пресса были обращены те грани, которые при изготовлении его соприкасались с боковыми стенками формы. Поворачивая маховик, опускают верхнюю опорную плиту до соприкосновения с поверхностью испытуемого куба. Затем медленно и плавно, без рывков, с помощью рычага перекачивают масло из бака в цилиндр, создавая в нем нарастающее со скоростью 2—3 кг/см² в секунду давление, которое при помощи поршня передается нижней опорной плите. Последняя, нажимая на нижнюю грань куба, давит его к верхней плите до тех пор, пока не наступит разрушение.

Пресс может быть снабжен двумя или тремя манометрами, показывающими низкое, среднее и высокое давления. Каждый из этих манометров можно подключить к маслопроводу, чтобы измерить давление масла в цилиндре. Так как прочность гипсовых образцов сравнительно невелика, то при испытании их на сжатие обычно пользуются показаниями манометра низкого давления, а остальные манометры отключают. Максимальное показание стрелки манометра, которое отмечается в момент разрушения образца, характеризует собой давление масла в маслопроводе. Чтобы вычислить разрушающее давление, необходимо показания манометра умножить на отношение площадей поршня цилиндра к поршню насоса и полученное произведение разделить на площадь поперечного сечения испытуемого образца. Допустим, что при разрушении образца манометр показывает 10 кгс, отношение площадей поперечных сечений поршня цилиндра к поршню насоса составляет 200 : 1, площадь

* В соответствии с измененной редакцией ГОСТ 125—57, утвержденной в декабре 1960 г., величина предела прочности при сжатии определяется на трех кубах через 1,5 ч с момента затворения гипса водой, а величина предела прочности при растяжении вовсе не определяется.

поперечного сечения куба 50 см^2 , тогда

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{10 \cdot 200}{50} = 40 \text{ кгс/см}^2.$$

В соответствии с требованиями ГОСТ 125—57 предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое из четырех наибольших значений шести образцов каждой серии. Результат испытания записывают по форме, приведенной в табл. 12.

Таблица 12

Результаты испытаний

Название материала	Нормальная густота гипсового теста	Соотношение площадей воишей в прессе	Номер образца	Результат испытания через 1,5 ч от начала затворения гипса			Результат испытания высушенных образцов			Предел прочности при сжатии, кгс/см ²
				показание манометра	разрушающая нагрузка, кгс	$\sigma_{\text{сж}}$, кгс/см ²	показание манометра	разрушающая нагрузка, кгс	$\sigma_{\text{сж}}$, кгс/см ²	

Предел прочности при растяжении определяют на образцах — восьмерках, для разрыва которых используют специальные разрывные приборы Михаэлиса: однорычажные с соотношением плеч 1 : 10 или двухрычажные — с соотношением плеч 1 : 50. При испытании образцов, временное сопротивление которых меньше 10 кгс/см^2 , пользуются однорычажными приборами; более прочные образцы должны испытываться на двухрычажных приборах. Величина предела прочности при растяжении гипса обычно колеблется в пределах от 7 до 17 кгс/см^2 , следовательно, для разрыва гипсовых восьмерок следует пользоваться двухрычажным разрывным прибором (рис. 25). На плите прибора закреплена массивная ста-

ниша 2, на которой расположены опорные точки системы двух рычагов 7 и 3. Вверху находится рычаг первого рода 7 с соотношением плеч 1 : 10, к которому по одну сторону точки опоры крепится ведро 10, служащее для приложения разрывного усилия, по другую — рычаг второго рода 3 с соотношением плеч 1 : 5, к которому прилагается через соответствующую серьгу 4 разрывное усилие. К рычагу 3 крепится один из захватов 8, при

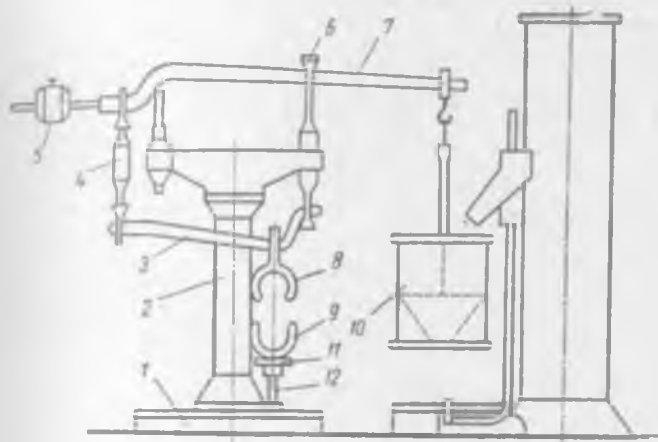


Рис. 25. Прибор для определения величины предела прочности при растяжении

помощи которого разрывное усилие передается испытуемой восьмерке. Вторым захватом 9 прикреплен к винтовому стержню 12, который при помощи маховика 11 может перемещаться в вертикальном направлении на некоторую высоту. В ведро, подвешенное к верхнему рычагу, во время испытания поступает дробь диаметром 2,5 мм, создающая разрывное усилие в приборе.

Перед испытанием прибор устанавливают строго вертикально на массивном ровном горизонтальном столе, затем проверяют правильность расположения рычагов и их призм в соответствующих гнездах. Сняв ведро, на втором конце верхнего рычага передвигают контргруз 5, устанавливают и закрепляют его так, чтобы верхняя поверхность рычага совпала с чертой на внутренней поверхности металлической скобы 6, через отверстие в ко-

торой пропущен рычаг. Уравновесив таким образом систему рычагов, на свободный конец верхнего рычага цепляют рейтер. После этого в захваты прибора помещают испытуемую восьмерку так, чтобы оба захвата и восьмерка находились в одной плоскости. Положение нижнего захвата регулируется вращением маховика. Закрепив в захватах восьмерку, вращают маховичок так, чтобы захваты вместе с восьмеркой опускались вниз. Соответственно с этим свободный конец верхнего рычага вместе с рейтером будет подниматься вверх до тех пор, пока положение его совпадет с чертой на внутренней поверхности скобы. Тогда снимают рейтер, а на призмму рычага навешивают ведро. В последнее плавно со скоростью 100 г/сек из бункера подают дробь, пока восьмерка не разрушится. В этот момент ведро с дробью падает на педаль бункера и при помощи рычага перекрывает отверстие, через которое дробь поступает в ведро. Ведро вместе с дробью взвешивают на технических весах. Чтобы определить величину разрушающего усилия, приложенного к головкам восьмерки, необходимо вес ведра с дробью умножить на суммарное соотношение плеч рычагов, т. е. на 50, а чтобы подсчитать величину предела прочности при растяжении, необходимо величину разрушающего усилия разделить на площадь поперечного сечения восьмерки в месте разрыва, т. е. по сечению восьмерки в талии (самому узкому месту), которое равно 5 см^2 , тогда:

$$\sigma_{\text{раз}} = \frac{50P}{5} = 10P \text{ кгс/см}^2.$$

В случае определения величины предела прочности при растяжении на однорычажном приборе с соотношением плеч 1 : 10 расчет ведут по формуле

$$\sigma_{\text{раз}} = \frac{10P}{5} = 2P \text{ кгс/см}^2.$$

Среднее значение величины предела прочности при растяжении подсчитывается по двум наиболее высоким показаниям из трех испытанных восьмерок от каждой партии. При этом восьмерки, которые разорвались не по талии, при подсчете во внимание не принимаются. Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 13.

Результаты испытаний

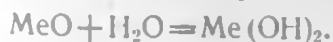
Название материала	Нормальная густота теста	Отношение плеч рычагов в приборе	Номера образцов	Время от изготовления образцов до начала испытания, ч		Вещ. разрушающей на грузки, кгс	в разе, кгс/см ²
				влажных	сухих		

СТРОИТЕЛЬНАЯ ИЗВЕСТЬ

В соответствии с определением ГОСТ 9172—59 строительная известь представляет собой не доведенный до спекания продукт обжига кальцево-магниевых карбонатных горных пород. Она выпускается в комовом или тонкоизмельченном виде. Сырьем для получения строительной извести служат мел, известняки, доломитизированные известняки, доломиты, реже — мергелистые известняки и мергелистый мел.

Во время обжига перечисленные выше карбонатные породы щелочноземельных металлов декарбонизируются, т. е. диссоциируют на MeO и CO_2 по уравнению $\text{MeCO}_3 = \text{MeO} + \text{CO}_2$, где MeO представляет собой CaO или MgO . CO_2 удаляется, а вместо карбонатов щелочноземельных металлов остается окись металла в виде комков, откуда этот продукт получил название комовой или негашеной строительной извести. При размоле комовой извести получают молотую негашеную строительную известь.

Если комовую или молотую негашеную известь затворить водой, то она образует гидрат окиси щелочноземельного металла или, как говорят, «гасится»



Полученный продукт представляет собой белый порошок, называемый гидратной известью или «пушонкой». Последняя с избытком воды может образовать либо известковое тесто, либо известковое молоко.

По условиям твердения строительную известь делят на две группы: на воздушную и гидравлическую. Воз-

душная известь при затворении водой схватывается, твердеет и превращается в искусственный камень; на воздухе гидравлическая известь способна твердеть и сохранять прочность не только на воздухе, но и под водой.

Строительная гидравлическая известь представляет собой тонкомолотый продукт обожженной мергелистой породы, содержащей 6—20% глинистого вещества.

Строительная воздушная известь может быть трех видов:

комовой и негашеной молотой;

гидратной, представляющей собой продукт гидратации комовой извести и смесь порошкообразной гидратной извести с тонкомолотыми минеральными добавками

молотой карбонатной известью, которая получается в результате совместного помола карбонатных пород с негашеной известью.

Все перечисленные выше виды строительной извести относятся к известковым вяжущим веществам и используются в строительстве для приготовления строительных растворов, камней, плит, штукатурок, побелок и ряда строительных деталей.

Превращение известковых вяжущих веществ в строительный камень осуществляется благодаря тому, что в результате гашения комовой или негашеной извести гидрат окиси кальция, постепенно теряя воду, превращается в коллоидную (студенистую) массу, которая затем по мере дальнейшего высыхания кристаллизуется в виде мелких продолговатых переплетающихся между собой кристалликов $\text{Ca}(\text{OH})_2$. С течением времени под действием CO_2 воздуха эти кристаллы постепенно превращаются в CaCO_3 — монолитную кристаллическую массу, придающую изделию высокую прочность.

В соответствии с ГОСТ 9179—59 в табл. 14 приведены технические требования, предъявляемые к строительной извести.

Характеристика свойств строительной извести и определение степени пригодности ее для строительных целей устанавливаются на основании данных, полученных при техническом анализе средней пробы, отобранной в количестве 40 кг от каждой партии весом 50 т.

При полном техническом анализе определяют: суммарное содержание активных CaO и MgO ; содержание непогасившихся зерен;

тонкость помола;
 влажность пушонки;
 скорость гашения;
 величину предела прочности при сжатии образцов,
 изготовленных из растворов гидравлической извести.

Таблица 14

Технические требования, предъявляемые
 к строительной извести

Наименование показателей	Для негашеной комовой и мо- лотой извести		Для гидратной извести		Для карбо- натной извести
	сорт 1	сорт 2	сорт 1	сорт 2	
Содержание активных не ме- лес, % на сухое вещество:					
в извести без добавок . . .	85	70	67	55	30
в извести с добавками . . .	64	52	50	40	—
Содержание неогасившихся зерен не более, %	10	20	—	—	—
Скорость гашения, мин:					
быстрогасящейся менее . . .	20	20	—	—	10
медленногасящейся более . .	20	20	—	—	20
Тонкость помола в процентах в виде остатка на ситах с сет- кой не более, %:					
№ 063	2	2	2	2	2
№ 009	10	10	10	10	10
Влажность извести не более, % на влажное вещество . . .	—	—	5	5	—

§ 6. Отбор средней пробы
 строительной извести
 и определение содержания
 неогасившихся зерен

От каждой партии отбирают равными порциями 40 кг извести из 20 различных мест или из 20 мешков (если она транспортируется в мешках). Отобранную среднюю пробу квартуюют, после чего делят пополам. Одну часть ее хранят в герметическом сосуде для арбитражных испытаний, вторую используют для определения свойств извести. Если это комовая известь, то куски ее разбивают на деревянной доске деревянным молотком на более мелкие — до 20 мм. От этой части квартованном отбирают 500 г. Эту порцию измельчают так,

дают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. В этом бюксе берут навеску испытуемой извести в количестве примерно 10 г гидратной извести или 20 г известкового теста. Бюкс с навеской помещают в сушильный шкаф, покрывают опрокинутой воронкой и высушивают при температуре 105—110° в течение 2 ч, после чего закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Каждое повторное взвешивание производят после 40-минутного высушивания до тех пор, пока не будет достигнут постоянный вес. Разность между весом бюкса с влажной навеской и весом бюкса с сухой навеской составляет влажность материала

$$W = \frac{G - G_1}{G - G_2} \cdot 100\%,$$

где G — вес бюкса с навеской испытуемого вещества, г;
 G_1 — наименьший вес бюкса с высушенной навеской, г;
 G_2 — вес бюкса, г.

Результаты определения влажности записывают по форме, приведенной в табл. 17.

Таблица 17

Результаты определений

Наименование материала	Вес, г			Вес бюкса с навеской после сушки, г			Постоянство веса навески, г	Вес сухой навески, г	Влажность пробы, %
	бюкса с навеской	бюкса	навески	1-ое взвешивание	2-ое взвешивание	3-ее взвешивание			
			</						

§ 9. Определение скорости гашения извести

Методика определения скорости гашения извести основана на том же принципе, что и методика определения времени от начала затворения гипсового теста до конца кристаллизации.

Во время гашения извести по реакции



выделяется на 1 г-моль реагирующей извести 20,6 ккал тепла, которое повышает температуру гасящейся массы до определенного максимума. С окончанием реакции прекращается выделение тепла, и температура массы падает. Следовательно, момент начала снижения температуры массы является признаком прекращения реакции гашения извести.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой извести; прибор для определения скорости гашения извести; термометр со шкалой до 150°; секундомер; весы с разновесом; миллиметровая бумага.

Ход работы. Скорость гашения извести определяется либо в сосуде Дюара, либо прибором, служащим для определения времени от начала затворения гипсового теста до конца кристаллизации (см. стр. 96).

Из предварительно измельченной средней пробы извести берут навеску величиной 10 г, помещают в прибор, туда же вливают 20 мл воды, нагретой до температуры 20°, и включают секундомер. Сосуд закрывают пробкой так, чтобы пропущенная через нее хвостовая часть термометра была полностью погружена в реагирующую массу. Весь прибор несколько раз встряхивают, взбалтывая таким образом находящуюся в нем массу, а затем оставляют в покое. Через каждые 30 сек отмечают показания термометра. Запись наблюдений прекращают с момента начала падения температуры. Время от момента затворения извести водой до начала падения температуры характеризует собой скорость гашения извести. Результаты определений записывают по форме, приведенной в табл. 18.

Таблица 18

Результаты определений

Название материала	Величина навески, г	Количество воды, мл	Номер наблюдения	Отсчет времени, сек	Показания термометра, град	Выводы

На основании полученных данных на миллиметровой бумаге в прямоугольной системе координат вычерчивают график изменения температуры в зависимости от времени гашения извести.

§ 10. Определение предела прочности при сжатии гидравлической извести

Величину предела прочности при сжатии гидравлической извести определяют на образцах, имеющих форму куба и изготовленных из известковых растворов пластической консистенции (после 28-дневного твердения их).

Образцы готовят из известковой растворной смеси, состоящей из одной части извести, трех весовых частей нормального кварцевого песка и воды в количестве, необходимом для получения смеси нормальной густоты пластической консистенции.

Нормальным кварцевым песком называется песок Вольских карьеров, крупность зерен которого колеблется в пределах от 0,50 до 0,85 мм; песок содержит не менее 96% кремнезема и не более 1% илистых и пылевидных примесей. *Нормальной густотой* растворной смеси пластической консистенции называется такая густота ее, при которой изготовленный из этой смеси усеченный конус высотой 60 ± 5 мм, диаметром верхнего основания 70 ± 5 мм, диаметром нижнего основания 100 ± 5 мм после тридцати встряхиваний на стандартном столике расплывается по нижнему основанию до 125—135 мм.

Оборудование и материалы: средняя проба гидравлической извести; полный комплект форм для изготовления кубов; металлическая плита; ванна с гидравлическим затвором; ванна для хранения образцов в воде; технические весы с разновесами; мерный цилиндр; круглодонная чашка; стандартная лопатка; ложка; металлический стержень для штыкования раствора в формах; машинное масло; песок; нож; встряхивающий столик; форма для изготовления конуса; секундомер или часы; гидравлический пресс.

Ход работы. Чтобы получить известковую растворную смесь пластической консистенции нормальной густоты, на технических весах отвешивают 900 г извести и 2700 г нормального песка. Известь и песок переносят в круглодонную чашку и перемешивают в сухом виде стандартной лопаткой в течение 1 мин. Учитывая, что водонизвестковое отношение для пластических известко-

вых растворов чаще всего колеблется в пределах от 0,45 до 0,60, мерным цилиндром отмеривают предполагаемое количество воды и вливают в чашку с известковопесчаной смесью. Увлажненную смесь перемешивают сначала в чашке лопаткой в течение 1 мин, а затем в механической мешалке (рис. 26) в течение 2,5 мин. Механическая мешалка состоит из смесительной чаши 2, вращающейся на вертикальном валу со скоростью 8 об/мин; массивного

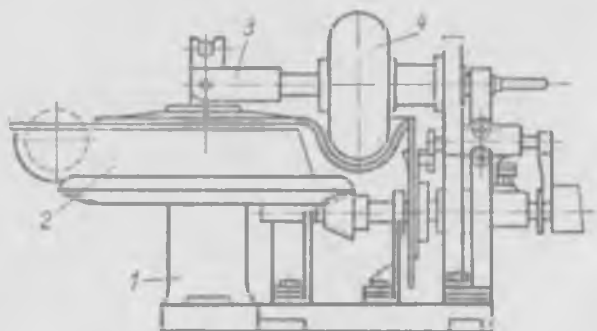


Рис. 26. Механическая мешалка

валика 4 толщиной 80,8 мм, диаметром 203,5 мм и весом 19,1 кг, вращающегося со скоростью 72 об/мин и служащего для перемешивания раствора в чаше; откидной траверзы 3 с закрепленными на ней ножами и скребками; станины 1, на которой установлен весь перемешивающий механизм с ручным или механизированным приводом. Работа чаши и перемешивающего валика, их вес и размеры стандартизированы.

При работе с механической мешалкой необходимо соблюдать следующие правила:

1) загружать в мешалку смесь и выгружать ее можно только при выключенном моторе;

2) перемешивают растворную смесь, а также включают мешалку на холостой ход только тогда, когда все зубчатые передачи закрыты соответствующими ограждающими щитками;

3) чтобы выгрузить растворную смесь, необходимо:

а) поднять траверзу со скребками;

б) снять щиток, закрывающий и ограждающий зубчатую передачу;

в) поднять и отодвинуть до отказа валик.

После загрузки в чашу новой порции смеси следует плавно и осторожно опустить на свое место валик, закрыть щитком зубчатые передачи и опустить траверсу так, чтобы закрепленные на ней скребки попали на свое место. После этого на середину встряхивающего столика (рис. 27) устанавливают металлический полый сосуд,

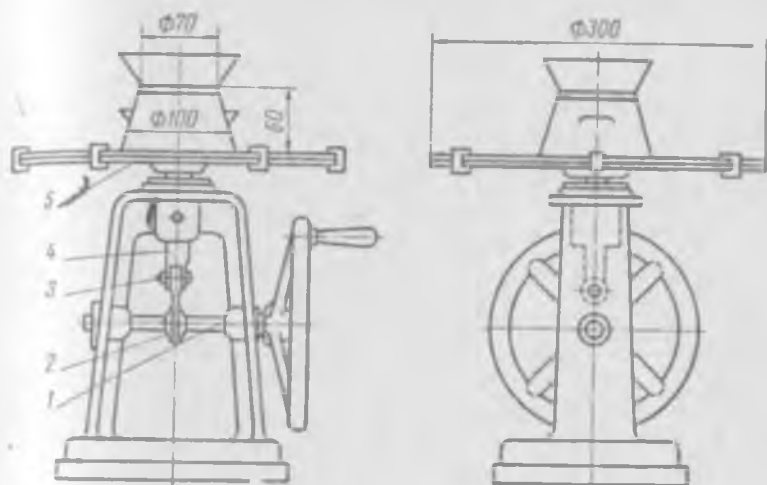


Рис. 27. Встряхивающийся столик

представляющий собой форму усеченного конуса. Встряхивающий столик состоит из металлической станины, установленной на горизонтальном фундаменте. В станине вращается вал 1, который приводится во вращение от мотора или вручную. На валу находится кулачок 2. Последний при вращении вала поднимает скользящий по нему вращающийся ролик 3, укрепленный на вертикально расположенном стержне 4, на котором закреплен диск 5. Благодаря такой конструкции диск прибора с находящимся на нем конусом из испытуемой растворной смеси перемещается в вертикальном положении на 10 мм, а затем резко падает с этой же высоты, чем и осуществляется встряхивание. Общий вес перемещающейся части столика составляет 3,5—4,4 кг.

Полый сосуд в два приема наполняют известковопесчаной смесью. Первый слой уплотняют цилиндрическим шпателем (рис. 28), нажимая им 25 раз в разных местах

на поверхность смеси (трамбовать смесь запрещается). Во время уплотнения форму придерживают левой рукой. За первым слоем смеси в форму накладывают второй, который уплотняется нажимами шпателя 15 раз. Избыток смеси снимают по верхнему краю формы мокрым ножом. Через 5 сек после уплотнения смеси форму конуса освобождают от смеси, поднимая ее строго вертикально.

Затем на 30 сек включают мотор встряхивающего столика. За 30 встряхиваний конус смеси деформируется и растекается. Величину растекания нижнего диаметра конуса измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Если эта величина находится в пределах от 125 до 135 мм, то это указывает на то, что количество воды подобрано правильно и полученная известковопесчаная смесь представляет собой смесь нормальной густоты. Если растекание конуса дает отклонение от указанных пределов в ту или иную сторону, то это говорит за то, что количество воды взято неверно и его нужно изме-

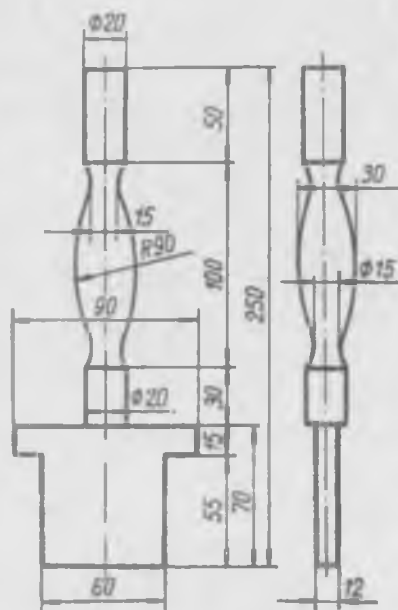


Рис. 28. Шпатель

нить. В этом случае опыт повторяют заново, изменив соответствующим образом количество воды. Так поступают до тех пор, пока будет приготовлена смесь нормальной консистенции.

Для изготовления образцов (кубов) используют стандартные металлические разборные формы с внутренними размерами 7,07×7,07×7,07 см. Части формы предварительно смазывают внутри и в стыках вазелином или машинным маслом, затем их собирают на ровной гладкой металлической пластине, также слегка смазанной машинным маслом. Толщина пластины должна быть не меньше

5 мм. Пластины с размещенными на ней формами переносят в ванну, снабженную гидравлическим затвором. В каждую форму помещают известковопесчаную смесь в два приема. В первый прием форму заполняют на 4 см, смесь штыкуют металлическим стержнем (диаметром 10 мм) так, чтобы этот стержень при штыковании своим концом достигал дна формы; форму в это время придерживают рукой. Затем форму полностью заполняют смесью; последнюю штыкуют тем же стержнем так, чтобы конец его доходил до нижнего слоя *.

Через 15—20 мин после наполнения форм растворной смесью избыток ее срезают мокрым ножом вровень с верхними краями формы. Ванну с образцами закрывают крышкой, опуская ее борта в зазор гидравлического затвора. В таком положении образцы выдерживают в течение 24 ч, после чего их освобождают от форм и помещают на 6 суток в ванну над водой, а затем на 21 сутки погружают в воду так, чтобы уровень воды в ванне был на 2 см выше образцов. Через 28 дней образцы испытывают на гидравлическом прессе на сжатие. Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 19.

Таблица 19

Результаты определений

Название материала	Количество форм на ... известной ... песка, мм	Расстояние конуса, мм	Количество воды для нормальной густоты, мм	Номера образцов	Покзания манометра	Площадь поперечного сечения образца, см ²	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²

* Штыкование смеси в формах можно заменить вибрированием на лабораторных виброплощадках, что значительно упрощает уплотнение смеси в формах.

Б. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

К гидравлическим относятся такие вяжущие вещества, которые, будучи затворены водой, способны схватываться, твердеть и превращаться в искусственный камень не только на воздухе, но, начав твердеть на воздухе, продолжают твердеть и в водной среде. К ним относятся: гидравлическая известь, романцемент, портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый цемент и ряд других цементах, полученных в результате совместного помола вяжущего вещества с гидравлической добавкой.

Активными минеральными или гидравлическими добавками (ГОСТ 6269—54) называют такие тонкомолотые минеральные вещества, которые в чистом виде свойствами вяжущих веществ не обладают, но, будучи смешаны с воздушными вяжущими веществами (воздушной извёстью), придают им гидравлические свойства, а будучи смешаны с цементом, усиливают его гидравлические и антикоррозийные свойства.

Технические требования, предъявляемые к гидравлическим вяжущим веществам, и методика испытания их свойств нормируются соответствующими ГОСТами (табл. 20).

Превращение гидравлических вяжущих веществ в искусственный камень является результатом ряда весьма сложных физико-химических процессов, протекающих в цементах при затворении их водой. Сущность этих процессов в основном сводится к гидролизу и гидратации главнейших химических соединений. В настоящее время известен и практически используется в строительстве ряд различных цементах, каждый из которых обладает некоторой своеобразной специфичностью как физических, так и химических свойств. Однако процессы схватывания и твердения цементах протекают в основном по тождественным схемам и их можно продемонстрировать на портландцементе как на наиболее характерном и распространенном гидравлическом вяжущем веществе.

Химический состав портландцементного клинкера и портландцемента характеризуется наличием в них таких соединений, как трехкальциевый силикат $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, двухкальциевый силикат $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, трехкальциевый алюминат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и четырехкальциевый алюмо-

Технические требования к гидравлическим вяжущим веществам

Цемента	ГОСТ	Тонкость помола или осадку в % на сите не более:		Сроки схватывания		Прочность при сжатии (кгс/см ²) через		Прочность при растяже- нии (кгс/см ²) через 28 дн.
		0,2	0,08	начало не ранее дней	конец не позднее час	7 дн.	28 дн.	
Портландцемент	10178-62	—	12	45	12	—	300 400 500 600	45 55 60 65
		—	12	45	10	—	300 400 500	45 55 60
		—	13	45	12	—	300 400 500 600	45 55 60 65
		—	15	45	12	—	200 300 400 500	35 45 55 60
Портландцемент	10178-62	—	15	45	12	—	200 300 400 500	35 45 55 60

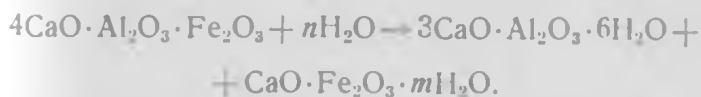
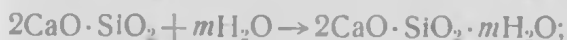
Продолжение таблицы 29

Цемент	ГОСТ №	Тонкость помола по тесту в % на сите № 0,075		Сроки схватывания		Предел прочности при сжатии (кгс/см ²) через		Прочность при растяжении (кгс/см ²) через 28 сут.
		0,2	0,06	начало не ранее 30 мин	конец не позднее 12 ч	7 сут.	28 сут.	
Шлакопортландцемент	10178—02	—	15	45	12	—	200 300 400 500	35 45 55 60
Известково-шлаковый цемент	2544—44	5	25	не нормируется		20 40 70	50 100 150	не нормируется
Известково-пуццолановый, известково-доменный и известково-глинистый цемент	2544—44	5	25	не нормируется		10 20 40 70	25 50 100 150	не нормируется
Глиноземистый цемент	9020—41	—	10	не ранее 30 мин	не позднее 12 ч	через 24 часа	3 400 500 600	не нормируется

феррит $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Кроме этих соединений, в портландцементе содержится некоторое количество свободного кремнезема SiO_2 , свободной окиси кальция CaO и ряд других веществ. Последние в процессах схватывания и твердения цементов играют второстепенную роль.

В зависимости от той термической обработки, которой подверглась сырьевая смесь при получении клинкера, перечисленные выше соединения могут быть либо в кристаллическом, либо в стекловидном состоянии. Чаще всего они бывают частично в кристаллическом состоянии, частично в виде твердых растворов, окруженных стекловидной массой.

При затворении цемента водой последняя смачивает поверхность цементных зерен и, проникая в микротрещины и микрощели, химически реагирует с перечисленными выше химическими соединениями по следующей схеме:



Продукты, образовавшиеся в результате гидролиза и гидратации цемента, частично растворяются в воде до получения раствора, насыщенного этими веществами, остальная часть выделяется в коллоидном состоянии, образуя вокруг зерен цемента гелеобразную оболочку. Эта оболочка заполняет все пространство между еще не прореагировавшими цементными зернами. Полученная таким образом тестообразная масса, состоящая из непрореагировавших зерен цемента, коллоидной системы в виде гелей гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, гидрата окиси кальция и насыщенного этими же соединениями водного раствора, обладает соответствующей подвижностью пластичного характера. В дальнейшем коллоидная часть этого теста сравнительно медленно кристаллизуется. Образующиеся при этом мелкие кристаллики пронизывают основную гелеобразную мас-

су, снижают ее подвижность, вследствие чего тесто схватывается. Затем по мере углубления процесса кристаллизации гелей тесто твердеет и превращается в искусственный камень.

§ 11. Определение удельного веса цемента

Величина удельного веса нормируется для каждого цемента соответствующим ГОСТом и выражается формулой

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес вещества, г;
 V — объем, см³.

В лаборатории удельный вес цементов с достаточной точностью определяется пикнометрическим методом.

Известно, что вода реагирует химически с минеральными вяжущими веществами; из-за этого определить удельный вес этих веществ в водной среде невозможно. Обычно для этой цели используют такие жидкости, которые с вяжущими веществами не реагируют, например керосин, бензин, бензол и др.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого цемента; аналитические весы с разновесом; часовое стекло; глянцевая бумага; полированный совок; кисточка; пикнометр Ле Шателье — Кандло (рис. 29) или пикнометр обычного типа; жидкость, инертная к цементу; термометр; водяной термостат.

Ход работы. Предварительно промытый и просушенный пикнометр помещают в сосуд с водой, температура которой равна 20° (при этой температуре производится градуировка пикнометра), и выдерживают в течение 20 мин. После этого его наполняют инертной (по отношению к цементу) жидкостью так, чтобы нижний мениск жидкости совпадал с нулевым делением шкалы пикнометра. В таком положении пикнометр выдерживают в водном термостате до тех пор, пока температура жидкости в пикнометре и в термостате станет одинаковой. В то же время на аналитических весах отвешивают навеску цемента в количестве около 100 г (цемент должен быть предварительно высушен в сушильном шкафу при температуре 105—110° до постоянного веса и ох-

наведен в эксикаторе до нормальной комнатной температуры). Часть этой навески совком осторожно всыпают в пикнометр так, чтобы цемент не задерживался на его внутренних стенках. Это делают до тех пор, пока жидкость в пикнометре установится на 20-м делении шкалы. После чего наполнение пикнометра цементом прекращают. Чтобы определить количество цемента, помещенное в пикнометр, оставшуюся часть навески взвешивают и по разности весов исходной навески и ее остатка находят вес цемента, помещенного в пикнометр.

Пикнометр вместе с цементом и инертной жидкостью несколько раз резко поворачивают вокруг вертикальной оси для того, чтобы смыть с внутренних стенок пикнометра приставший к ним цемент и удалить из пикнометра адсорбированный цементными частичками воздух. После того как жидкость в пикнометре установится на определенном уровне, по шкале отсчитывают новое положение нижнего мениска ее. Разница между конечным и начальным отсчетом уровня жидкости в пикнометре выражает объем цемента, помещенного в пикнометр.

Численную величину удельного веса подсчитывают по формуле.

$$\gamma = \frac{G - G_1}{V_1 - V} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес первоначально взятой навески, г;
 G_1 — вес оставшейся части навески после наполнения пикнометра цементом, г;
 V_1 — объем, занимаемый цементом и инертной жидкостью в пикнометре, см^3 ;
 V — объем, занимаемый в пикнометре только инертной жидкостью, см^3 .

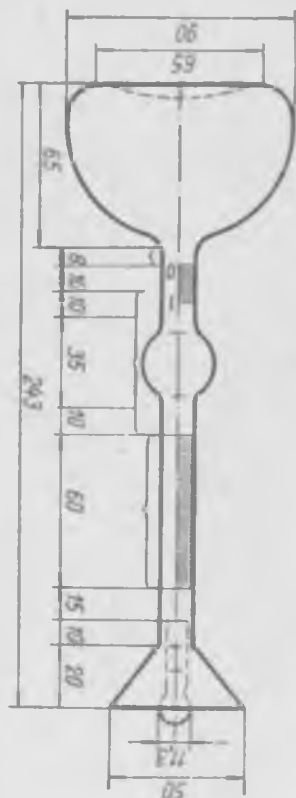


Рис. 29. Пикнометр Ле Шателье — Кандло

Для каждой пробы цемента проводят три определения и находят среднее арифметическое значение. Результаты записывают по форме, приведенной в табл. 21.

Таблица 21

Результаты определений

Наименование	Вес порожнистого пикнометра G_2 , г	Вес остатка навески G_1 , г	Вес цемента в пикнометре $G - G_2$, г	Объем жидкости и цемента в пикнометре V_1 , см ³	Объем жидкости в пикнометре V_2 , см ³	Объем цемента в пикнометре $V_1 - V_2$, см ³	Удельный вес цемента γ , г/см ³

При отсутствии пикнометра Ле Шателье—Кандло удельный вес цемента можно определить в обычных пикнометрах. В этом случае для наполнения пикнометра используют инертную жидкость, плотность которой должна быть либо известна, либо ее необходимо предварительно определить.

Удельный вес испытуемого материала определяют по формуле

$$\gamma = \frac{(G_1 - G) \rho}{G_3 + (G_1 - G) - G_2} \text{ г/см}^3,$$

где

G — вес пустого пикнометра, г;

G_1 — вес пикнометра с навеской цемента, г;

G_2 — вес пикнометра с навеской и жидкостью, г;

G_3 — вес пикнометра только с жидкостью, г;

ρ — плотность жидкости, г/см³;

$G_3 + (G_1 - G)$ — вес пикнометра, наполненного жидкостью и навеской, г;

$G_3 + (G_1 - G) - G_2$ — вес жидкости, вытесненной в пикнометре навеской цемента, г.

Численное выражение величины удельного веса цемента выводится как среднее арифметическое из трех определений. Результаты испытаний записываются по форме, приведенной в табл. 22.

Таблица 22

Результаты определений

Чечет	Вес, г					Плотность жидкостной р., г/см ³	Удельный вес цемента γ, г/см ³
	пикнометра с навеской цемента G_1	пустого пикнометра G	навески $G_1 - G$	пикнометра с навеской и жидкостью G_2	пикнометра с жидкостью G_3		

§ 12. Определение тонкости помола цемента ситовым анализом

Превращение цемента при затворении водой в искусственный камень — результат ряда физико-химических процессов, среди которых доминируют гидролиз клинкеробразующих минералов, гидратация их и продуктов гидролиза. Вода смачивает только поверхность цементных частиц, поэтому указанные выше процессы сначала протекают в основном на поверхности цементных зерен и, лишь спустя довольно продолжительное время, медленно распространяются в глубь частиц. Микроскопическое исследование процесса твердения цемента и образования цементного камня показывает, что процесс гидратации цементных зерен на глубину от 0,015 до 0,003 мм достигает лишь через шесть месяцев, а цементный камень наряду с продуктами гидролиза и гидратации содержит в своем составе большое количество почти неизмененных зерен цемента, представляющих собой в этом случае «микрозаполнитель». Очевидно, для ускорения процессов гидролиза и гидратации необходимо, чтобы

реагирующая поверхность цементных зерен была возможно больше, что достигается соответствующей тонкостью помола. Последняя контролируется ситовым анализом. Нормальной зернистостью цемента считается такая, когда цемент полностью проходит через сито № 200 ($0,2 \times 0,2$ мм) и 85% через сито № 008 ($0,08 \times 0,08$ мм). При помощи ситового анализа определяется и ограничивается только верхний предел наиболее крупных зерен. Действительная же тонкость помола основной массы цемента, прошедшей через сито № 008, этим анализом не определяется, так как среди зерен меньше 0,09 мм могут быть в свою очередь зерна различной величины. В связи с этим тонкость помола цемента и его реактивная поверхность дополнительно к ситовому анализу характеризуется величиной удельной поверхности цемента.

При ситовом анализе цемента обычно пользуются стандартным цилиндрическим комплектом диаметром 15 см, состоящим из крышки, сита № 008 (с величиной отверстия в свету $0,08 \times 0,08$ мм) и донышка.

Перед началом определения сито тщательно очищают мягкой кисточкой от остатков предыдущего анализа, моют, высушивают в сушильном шкафу, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают на технических весах, после чего вставляют его в донышко и закрывают крышкой.

Оборудование и материалы: средняя проба испытываемого цемента; стандартный комплект сит с крышкой и донышком; технические веса с разновесом; лист глянцевой бумаги; кисточка; часовое стекло; сушильный шкаф; прибор для встряхивания сит.

Ход работы. Пробу цемента в количестве около 100 г помещают в сушильный шкаф, где и высушивают при температуре $105-110^\circ$ в течение 1 ч. От высушенной и охлажденной в эксикаторе пробы отвешивают на часовом стекле навеску 50 г и переносят на сито. Остаток цемента сметается со стекла в сито мягкой кисточкой. Сито закрывается крышкой и весь комплект приводится в движение. При ручном просеивании сито с навеской встряхивают в наклонном положении руками, периодически поворачивая его вокруг центральной оси. Практика показала, что для полного просеивания 50 г цемента требуется примерно около 6000 встряхиваний. Полноту просеивания контролируют так: сняв крышку, вынимают сито с содержащимся на нем остатком, который повтор-

но просеивают вручную в течение 1 мин над глянцевой бумагой. Просеивание считается законченным, если при контрольном просеве на глянцевую бумагу пройдет через сетку не более 0,05 г цемента.

Сито вместе с содержащимся в нем остатком взвешивается на технических весах. Разность между весом сита с остатком и весом пустого сита показывает вес остатка. Последний выражается в процентах по отношению к весу исходной навески. Количество цемента, прошедшее через сито, выражается как разность между 100% и процентом остатка на сите.

В настоящее время ручное просеивание заменено механизированным с помощью вибраторов различной конструкции. В лабораториях для каждого вибратора экспериментально устанавливают длительность полного просеивания навески цемента. В большинстве случаев продолжительность просеивания составляет примерно 15—20 мин.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 23.

Таблица 23

Результаты определений

Цемент	Величина исходной навески цемента, г	Вес, г			Остаток на сите, %	Прошло через сито, %	Сумма, %
		сита с остатком	сита	остатка			

§ 13. Определение удельной поверхности цемента

Удельной поверхностью дисперсного вещества называется сумма поверхностей всех зерен, содержащихся в 1 г вещества. Для определения удельной поверхности зернистых материалов предложено много методов. Одним из наиболее распространенных является метод определения удельной поверхности цемента при помощи прибора поверхностемера. В основу этого метода поло-

жено измерение того сопротивления, какое оказывает уплотненный слой цемента определенной толщины и площади поперечного сечения воздуху, просасываемому через этот слой под постоянным разрежением.

Поверхностемер (рис. 30) состоит из следующих основных частей: гильзы 1, манометра-аспиратора 2 и гидравлического регулятора разрежения 3. Во время определений используются: плунжер, термометр, водоструй-

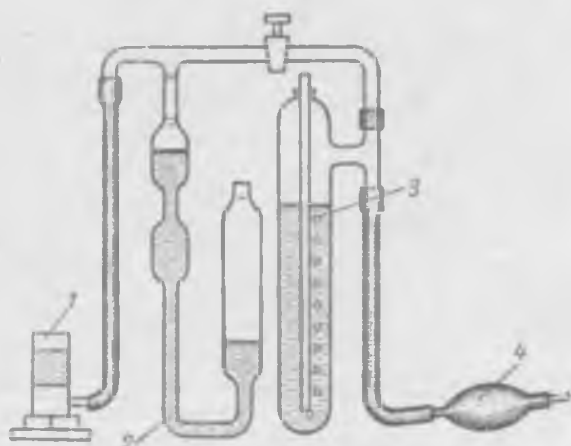


Рис. 30. Поверхностемер

ный насос или резиновая груша 4, резиновая пробка, резиновые трубки и т. д.

Гильза (рис. 31) служит для размещения и уплотнения в ней навески испытуемого цемента и представляет собой стальную трубку 3 с площадью поперечного внутреннего сечения 5 см^2 . Внутренний диаметр трубки равен $25,2 \pm 0,1 \text{ мм}$. Нижняя часть гильзы плотно закрывается навинчиваемым на нее доньшком 5. В нижнюю часть гильзы вставлена отводная боковая трубка 4 с мундштуком для присоединения гильзы к прибору через резиновый шланг. Внутри гильзы, выше боковой трубки, выточены заплечики 1, на которые помещается перфорированный диск 2 — металлический кружок толщиной 2 мм и диаметром $25,2 \pm 0,1 \text{ мм}$. По всей площади кружка равномерно распределено 88 сквозных отверстий диаметром 1,2 мм каждое.

Плунжер (рис. 32) служит для уплотнения навески цемента в гильзе и состоит из металлического корпуса 4 и рукоятки 1. Внутри корпуса (вдоль его оси) имеется сквозное отверстие 3 для прохода воздуха. В нижнюю часть плунжера запрессована металлическая перфорированная пластинка 5. Внутренний диаметр гильзы и диаметр плунжера могут отличаться один от другого не более чем на 0,1 мм. На металлическом корпусе плунжера

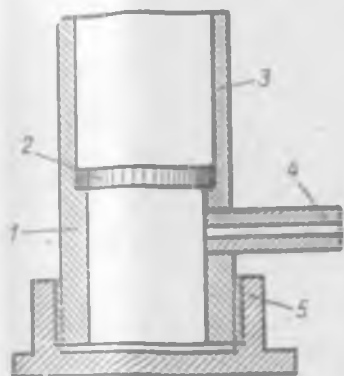


Рис. 31. Гильза измерная

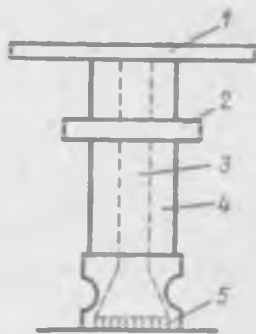


Рис. 32. Плунжер

выточено упорное кольцо 2. Плунжер вводится в гильзу до соприкосновения упорного кольца с верхней частью гильзы. В таком положении расстояние между основанием плунжера и перфорированным диском гильзы должно составлять $15 \pm 0,5$ мм.

Манометр-аспиратор (рис. 33) служит для создания разрежения, благодаря которому через находящуюся в гильзе навеску цемента просасывается воздух. Манометр-аспиратор представляет собой стеклянный сосуд высотой 250 мм, состоящий из двух колен. На первом колене манометра-аспиратора, подсоединенного к общей воздухопроводящей трубке 3, имеется два расширенных баллона: верхний 2, используемый при измерении удельной поверхности более дисперсных цементов, и нижней 1 — для цементов с более крупными зернами. Второе колено манометра-аспиратора 4 расширено в виде продолговатого баллона. Оно служит для размещения в нем жидко-

сти, вытекающей во время опыта из баллонов 1 и 2. Все три баллона соединены между собой стеклянной трубкой диаметром 5 мм. Выше и ниже каждого баллона на соединяющей их трубке нанесены соответствующие риски, до которых манометр-аспиратор наполняется водой перед каждым опытом, а также до которых во время

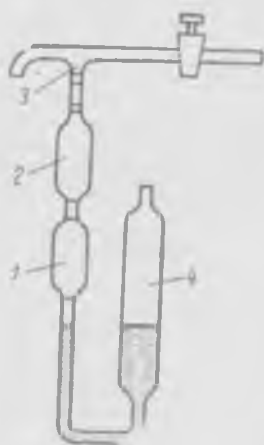


Рис. 33. Манометр-аспиратор



Рис. 34. Гидравлический регулятор разрежения

опыта опускается уровень воды при просасывании воздуха через навеску испытуемого цемента.

Гидравлический регулятор разрежения (рис. 34) представляет собой стеклянный сосуд 3, в который впаяна не достигающая до дна стеклянная трубка 1, сообщающая сосуд с наружным воздухом. Этот сосуд присоединяется к прибору при помощи стеклянного тройника 2, составляющего с ним одно целое. Гидравлический регулятор наполняется насыщенным водным раствором поваренной соли так, чтобы жидкость в закрытом колене манометра-аспиратора поднялась до высоты, отмеченной двумя точками (см. рис. 33). Начальное разрежение в приборе создается либо при помощи водоструйного насоса, либо при помощи груши, подсоединенной к прибору.

Величина удельной поверхности цемента рассчитывается по формуле

$$S = \frac{K}{\gamma_u} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{T} \text{ см}^2/\text{г},$$

где K — константа прибора, величина которой указывается в паспорте (отдельно для работы с верхним и с нижним баллонами манометра-аспиратора);

γ_u — удельный вес цемента, $\text{г}/\text{см}^3$;

m — коэффициент пористости находящегося в гильзе цемента (доли единицы);

η — вязкость воздуха при температуре опыта, пз ;

T — время снижения уровня жидкости в одном из баллонов манометра-аспиратора от верхней до нижней отметки прибора, сек .

Из перечисленных величин во время опыта определяется время, в течение которого через гильзу с уплотненным цементом просасывается определенный объем воздуха, соответствующий тому объему, на какой опускается вода в манометре-аспираторе. Величина удельного веса цемента определяется самостоятельным опытом (см. стр. 120). Вязкость воздуха зависит от температуры, при которой производится испытание, и меняется от 0,0001749 до 0,0001857 пз в интервале температур 8—30°. При расчете числовое значение этой величины берется из табл. 25.

Коэффициент пористости m вычисляется по формуле

$$m = \frac{V\gamma_u - Q}{V\gamma_u},$$

где V — объем навески цемента, см^3 ;

γ_u — величина удельного веса цемента, $\text{г}/\text{см}^3$;

Q — величина навески испытуемой порции цемента, г .

Величину навески Q определяют взвешиванием с точностью до 0,01 г , а объем V , занимаемый цементом в гильзе, — экспериментальным путем при калибровке емкости гильзы. Для этого на заплечики гильзы плотно укладывают металлический перфорированный диск, а на него — два кружка фильтровальной бумаги, вырезанные точно по внутреннему диаметру гильзы, и плотно прижимают их к перфорированному диску. После этого в гиль-

зу до ее краев наливают ртуть. Затем ртуть выливают в предварительно тарированный сосуд и взвешивают G_1 с точностью до 0,5 г. Из гильзы вынимают один кружок фильтровальной бумаги и гильзу наполняют цементом, утрамбовывая при помощи плунжера так, чтобы упорное кольцо плунжера пришло в соприкосновение с верхней частью гильзы. Спрессованный цемент покрывают вынутым кружком фильтровальной бумаги, а свободное пространство в гильзе до краев заполняют ртутью. Затем ртуть выливают в тарированный сосуд и взвешивают G_2 . Объем, занимаемый цементом в гильзе, вычисляют по формуле

$$V = \frac{G_1 - G_2}{\gamma_{рт}} \text{ см}^3,$$

где $\gamma_{рт}$ — плотность ртути (табл. 25), г/см³.

Затем определяют величину исходной навески цемента * (которую необходимо брать для каждого определения) по формуле

$$Q = \gamma_{ц} V (1 - m).$$

При многократном определении удельной поверхности одного и того же материала, обладающего постоянным удельным весом и одним и тем же коэффициентом пористости, а также при проведении опыта примерно в одних и тех же температурных условиях величины $\frac{K}{\gamma_{ц}}$;

$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$ и $\sqrt{\frac{1}{\eta}}$ можно считать постоянными, а следовательно, вычисление величины S можно проводить по сокращенной формуле

$$S = A \sqrt{T},$$

где

$$A = \frac{K}{\gamma_{ц}} \sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \text{ — величина, вычисленная для целой серии опытов.}$$

Оборудование и материалы: испытуемый цемент; поверхностемер (полный комплект); поваренная соль; фильтровальная

* При определении Q стремятся к тому, чтобы коэффициент пористости m составлял $0,48 \pm 0,01$.

бумага; ножницы; металлическая ртуть; сушильный шкаф; технические весы с разновесом; водоструйный насос или груша-аспиратор; резиновые трубки; фарфоровая чашечка; резиновая пробка; сито № 09; секундомер.

Ход работы. Подлежащий испытанию цемент просеивают через сито № 09, а затем сушат в течение 2 ч в сушильном шкафу при температуре 105—110°. После охлаждения цемента в эксикаторе из него берут навеску, равную вычисленной величине Q (с точностью до 0,01 г).

Прибор для определения удельной поверхности цемента устанавливают строго вертикально на массивном столе и проверяют герметичность прибора. Для этого к прибору присоединяют гильзу, наполняют гидравлический регулятор насыщенным раствором поваренной соли, а манометр-аспиратор — водой. Гильзу плотно закрывают резиновой пробкой. Затем, создавая во всем приборе разрежение, доводят уровень воды в первом колене манометра-аспиратора до верхней отметки, расположенной выше верхнего баллона, и закрывают кран. При полной герметичности гильзы и всего прибора в целом уровень воды в манометре-аспираторе при закрытом кране не изменяется. В противном случае негерметичность прибора должна быть обнаружена и устранена. Открыв пробку, в гильзу помещают перфорированный диск, на него укладывают кружок фильтровальной бумаги, а на последнюю помещают навеску цемента. Слегка встряхивая гильзу, легкими ударами о ее стенки уплотняют цемент в гильзе. Затем на цемент накладывают второй кружок фильтровальной бумаги и, вставив плунжер в гильзу, нажимая на него рукой, прессуют цемент до тех пор, пока упорное кольцо плунжера ляжет на верхний край гильзы. Затем приводят в действие водоструйный насос и, открыв кран между манометром-аспиратором и регулятором разрежения, поднимают воду в манометре-аспираторе до уровня двух отметок, нанесенных на первом колене трубки. После этого кран закрывают. Благодаря просасыванию воздуха через слой цемента в гильзе уровень воды в манометре-аспираторе падает. Когда он достигнет отметки над верхним баллоном, включают секундомер и останавливают его в тот момент, когда падающий все время уровень воды совпадет с отметкой, расположенной между первым и вторым баллонами. Затем опыт повторяют еще два раза и из трех отсчетов време-

ни высчитывают среднее арифметическое, по значению которого производят соответствующий расчет величины удельной поверхности *.

Вначале записывают значения постоянных величин для вычисления величины A :

$$K = \dots; m = \dots; \eta = \dots \text{ нз}; l^2 = \dots; Q = \dots \text{ г};$$

$$\gamma_{\text{ц}} = \dots \text{ г/см}^3; \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} = \dots; \sqrt{\frac{1}{\eta}} = \dots \text{ нз}.$$

После этого, зная и T и A , подсчитывают величину удельной поверхности цемента по формуле $S = A\sqrt{T}$.

Результаты записывают по форме табл. 24.

Числовые значения $\sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}}$ в зависимости от изменения величины m определяют из табл. 25.

Таблица 24

Результаты определения

Цемент	Время просасывания воздуха T сек	$A = \frac{K}{\gamma_{\text{ц}}} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \sqrt{\frac{1}{\eta}}$	$S = A \sqrt{T} \text{ см}^2/\text{г}$

* Если во время определения уровень воды в верхнем баллоне снижается слишком быстро, что не дает возможности точно фиксировать время, тогда пользуются нижним баллоном. В этом случае секундомер включают тогда, когда уровень воды достигнет отметки, расположенной между верхним и нижним баллонами, и выключают тот момент, когда он опустится до отметки, расположенной на втором (нижнем) баллоне.

Числовые значения $\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$ в зависимости от величины m

m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^2}}$
0,450	0,549	—	—	—	—	—	—	—	—
0,451	0,552	0,471	0,611	0,491	0,676	0,511	0,747	0,531	0,825
0,452	0,554	0,472	0,614	0,492	0,679	0,512	0,751	0,532	0,829
0,453	0,557	0,473	0,617	0,493	0,683	0,513	0,755	0,533	0,833
0,454	0,560	0,474	0,620	0,494	0,686	0,514	0,758	0,534	0,837
0,455	0,563	0,475	0,624	0,495	0,690	0,515	0,762	0,535	0,842
0,456	0,566	0,476	0,627	0,496	0,693	0,516	0,766	0,536	0,846
0,457	0,569	0,477	0,630	0,497	0,697	0,517	0,770	0,537	0,850
0,458	0,572	0,478	0,633	0,498	0,700	0,518	0,774	0,538	0,854
0,459	0,575	0,479	0,636	0,499	0,704	0,519	0,777	0,539	0,858
0,460	0,578	0,480	0,639	0,500	0,707	0,520	0,781	0,540	0,863
0,461	0,581	0,481	0,643	0,501	0,711	0,521	0,785	0,541	0,867
0,462	0,584	0,482	0,646	0,502	0,714	0,522	0,789	0,542	0,871
0,463	0,587	0,483	0,649	0,503	0,718	0,523	0,793	0,543	0,875
0,464	0,590	0,484	0,652	0,504	0,721	0,524	0,797	0,544	0,880
0,465	0,593	0,485	0,656	0,505	0,725	0,525	0,801	0,545	0,884
0,466	0,596	0,486	0,659	0,506	0,729	0,526	0,805	0,546	0,889
0,467	0,599	0,487	0,662	0,507	0,733	0,527	0,809	0,547	0,893
0,468	0,602	0,488	0,666	0,508	0,736	0,528	0,813	0,548	0,898
0,469	0,605	0,489	0,669	0,509	0,739	0,529	0,817	0,549	0,902
0,470	0,608	0,490	0,672	0,510	0,743	0,530	0,821	0,550	0,906

В табл. 26 приведены числовые значения $\sqrt{\frac{1}{\eta}}$ и плотности ртути при различных температурах.

Таблица 26

Числовые значения $\sqrt{\frac{1}{\eta}}$ и плотности ртути при различных температурах

Температура, град	Плотность ртути $\gamma_{рт}$ г/см ³	Вязкость воздуха η лз	$\sqrt{\frac{1}{\eta}}$	$\sqrt{\frac{1}{\eta}}$
8	13,58	0,0001749	0,01322	75,64
10	13,57	0,0001759	0,01326	75,41
12	13,57	0,0001768	0,01329	75,21
14	13,56	0,0001778	0,01333	75,00
16	13,56	0,0001788	0,01337	74,79
18	13,55	0,0001798	0,01342	74,58
20	13,55	0,0001808	0,01344	74,37
22	13,54	0,0001818	0,01348	74,16
24	13,54	0,0001826	0,01352	73,96
26	13,53	0,0001828	0,01355	73,78
28	13,53	0,0001837	0,01359	73,58
30	13,52	0,0001847	0,01362	73,38

§ 14. Определение нормальной густоты цементного теста

Одним из факторов, от которого зависит прочность цементного камня, является водоцементное отношение, т. е. то количество воды, которое тратится для затворения определенной порции цемента. Теоретически, количество воды, необходимое для гидролиза и гидратации цемента, колеблется в пределах 0,1—0,2 от веса цемента. Однако при таком водоцементном отношении цементная масса получается слишком жесткой и совершенно неудобной для изготовления из нее образцов. Для получения удобоформуемого теста водоцементное отношение приходится увеличить, чтобы достигнуть такой его консистенции, при которой получается нормальная густота цементного теста.

Нормальной густотой цементного теста называется такая консистенция его, при которой металлический цилиндр — пестик Тетмайера (диаметром $10 \pm 0,1$ мм и длиной 50 мм) под действием силы тяжести, равной 300 г, при соприкосновении со свободной поверхностью цементного теста в течение 30 сек опускается в нем на глубину от 33 до 35 мм.

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; игла Вика (полный комплект прибора); круглодонная чашка; стандартная лопатка; мерный цилиндр емкостью 150 мл; технические весы с разновесом; машинное масло; нож; секундомер.

Ход работы. Нормальную густоту цементного теста определяют опытным путем при помощи прибора, называемого иглой Вика (см. стр. 92). При этом иглу, которой заканчивается подвижный металлический стержень прибора, заменяют пестиком Тетмайера. Для этого, ослабив винт и вынув иглу, вставляют в гнездо стержня закрепляемую часть пестика до упора и прочно зажимают ее винтом.

На технических весах отвешивают 400 г цемента и помещают в круглодонную чашку высотой 100 мм и диаметром 400 мм, цемент разравнивают, а посередине делают углубление для воды. Количество воды, необходимое для затворения цемента, либо отвешивают с точностью до 0,5 г, либо отмеривают мерным цилиндром с точностью до 0,5 мл.

Воду вливают в чашку с цементом и засыпают ее цементом. Через 30 сек смоченный цемент перемешивают во взаимно перпендикулярных направлениях сначала медленно, а затем энергично стандартной лопаткой в течение 5 мин. Затем, захватив лопаткой порцию цементного теста, в один прием наполняют им кольцо. Взяв в руки стеклянную пластинку вместе с наполненным кольцом и ударив 5—6 раз пластинкой о стол, встряхивают тесто. Избыток его снимают влажным ножом. Кольцо с тестом и стеклянной пластинкой помещают на станину прибора так, чтобы пестик находился в центре кольца. После этого, придерживая стержень рукой, поворачивают винт и опускают стержень до соприкосновения пестика с поверхностью цементного теста.

Когда пестик коснется поверхности теста, стержень закрепляют зажимным винтом. Затем, включая секундомер, отпускают зажимной винт, предоставляя стержню

с пестиком свободно опускаться в тесто. Через 30 сек от момента начала опускания пестика в тесто отмечают по шкале прибора положение стрелки-указателя, отсчитывая, таким образом, глубину погружения пестика. При нормальной густоте цементного теста стрелка должна находиться между 5 и 7 делениями шкалы от начального нижнего деления. Более высокое положение стрелки указывает на то, что тесто гуще нормального и, следовательно, воды взято мало. Соответственно с этим низкое положение стрелки указывает на избыток воды в тесте. В обоих случаях готовят новую порцию теста, соответственно увеличивая или уменьшая количество воды. Так поступают до тех пор, пока не будет достигнута нормальная густота теста. Количество воды (для получения теста нормальной густоты) выражают в процентах по отношению к весу цемента с точностью до 0,25%.

Наблюдения записывают по форме, приведенной в табл. 27.

Таблица 27

Результаты определения

Цемент	№ опыта	Навеска цемента, г	Количество воды, мл или г	Показания стрелки прибора	Густота теста, %	Примечание

§ 15. Определение сроков схватывания цемента

Одним из технических свойств, характеризующих возможность использования вяжущих веществ для строительных целей, являются сроки схватывания и твердения.

В строительной практике вяжущее вещество, затворенное водой, необходимо доставить на место укладки, уложить и соответствующим образом уплотнить. Все эти операции нужно проделать еще до начала схватывания и твердения вяжущего вещества. При работе с быстрохватывающимися вяжущими веществами приготовление теста, транспортирование и укладка его должны быть

осуществлены в очень короткие сроки. Использование же медленносхватывающихся и медленноотвердеющих цементов замедляет темпы строительных работ. Для таких вяжущих веществ, как портландцемент, пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент, начало схватывания должно наступить не раньше чем через 45 мин, а конец схватывания не позже чем через 12 ч с момента затворения водой; для глиноземистого цемента и гипсошлакового цемента — не раньше чем через 30 мин и не позже чем через 12 ч, а для романцементов — не раньше чем через 15 мин и не позже чем через 24 ч с момента затворения водой.

Начало и конец схватывания цементного теста определяют при помощи иглы Вика. Для этого вместо пестика Тетмайера в нижнюю часть подвижного стержня вставляют стальную иглу толщиной $1,1 \pm 0,04$ мм и длиной 50 мм. Игла должна быть гладкой, ровной и полированной. Так как общий вес стержня (т. е. общий вес подвижной части прибора, воздействующий при испытании на цементное тесто) при замене пестика иглой уменьшается на 27,5 г, то на плоскую головку стержня дополнительно накладывают соответствующий груз.

Начало схватывания — время от начала затворения цемента водой до того момента, когда стальная игла указанных выше размеров, плавно погружаясь от свободной поверхности теста, проникает в него на глубину 38—39 мм, т. е. не доходит до стеклянной пластинки на 1—2 мм. *Конец схватывания* — время от момента затворения цемента водой до проникновения той же стальной иглы в тесто на глубину не более 1 мм.

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; игла Вика (полный комплект); круглодонная чашка; стандартная лопатка; мерный цилиндр; секундомер; технические весы с разновесами; нож; машинное масло.

Ход работы. Определение начала и конца схватывания складывается из следующих операций:

- установки, проверки и наладки прибора;
- приготовления теста нормальной густоты;
- наполнения конического кольца прибора тестом нормальной густоты;

- периодического опускания иглы в цементное тесто с замером глубины погружения ее в различные сроки, начиная с момента затворения цемента водой.

Последняя операция проводится так, чтобы игла, погружаясь в тесто (особенно до начала схватывания), не ударялась сильно о стекло. Для этого до начала схватывания при погружении иглы в тесто стержень следует слегка придерживать левой рукой. Вначале иглу опускают в тесто через каждые 5 мин, а затем — через каждые 15 мин; при этом каждое новое повторное опускание иглы должно производиться в тесто, не затронутое предыдущим определением. С этой целью кольцо с цементным тестом после каждого отдельного погружения иглы несколько сдвигают в сторону. После каждого опыта иглу следует поднять, закрепить в исходном положении и тщательно протереть.

Определение сроков схватывания цементного теста проводят при температуре $20 \pm 5^\circ$, а данные исследования записывают по форме, приведенной в табл. 28.

Таблица 28

Результаты определения

Цемент	Нормальная густота теста	Время от за- творения цемента водой, мин	Глубина погружения иглы, мм	Схватывание	
				начало, мин	конец, ч

§ 16. Определение равномерности изменения объема цемента

Схватывание и твердение цементного теста сопровождается изменением первоначального объема его. Если это изменение во всей массе теста протекает равномерно, то это особых опасений не вызывает. В противном случае в цементном камне, а также и в бетоне возникают напряжения. Последние вызывают различные деформации, нарушают монолитность кладки и приводят к растрескиванию и разрушению ее. Неравномерность изменения объема цементного теста вызывается рядом причин, среди которых доминирующее значение принадлежит избыточному содержанию гипса и свободных окислов щелочноземельных металлов.

При испытании цемента в соответствии с требованиями ГОСТ 310—60 равномерность изменения объема определяют на лепешках конусообразного вида диаметром 7—8 см и толщиной по центру 1 см.

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; ванна с гидравлическим затвором; ванна с этажеркой для кипячения лепешек; нагревательный прибор; автоклав; технические весы с разновесом; стеклянные или металлические пластины для лепешек; нож; лупа; металлическая линейка.

Ход работы. Лепешки готовят из цементного теста нормальной густоты, для этого из теста на технических весах отвешивают четыре порции по 75 г каждая и вручную формируют шарики. Последние попарно укладывают на стеклянные или металлические пластины, предварительно протертые машинным маслом. Пластины с шариками легко встряхивают для того, чтобы последние, расплываясь, превратились в лепешки диаметром 7—8 см. После этого поверхность лепешек за-

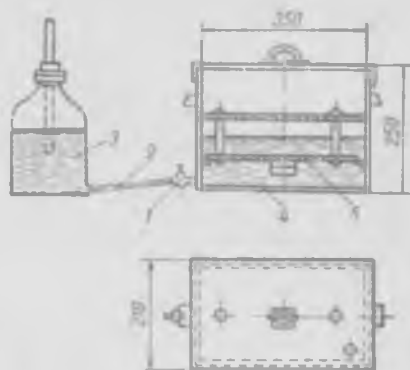


Рис. 35. Ванна для кипячения цементных лепешек

глаживают влажным шпателем или ножом, передвигая его по поверхности лепешки от края к центру, придавая им конусообразный вид. Отформованные таким образом лепешки выдерживают в течение 24 ± 2 ч при температуре $20 \pm 5^\circ$ в закрытой ванне с гидравлическим затвором. Далее лепешки снимают с пластинок, кипятят и испытывают в автоклаве. Для каждого из этих испытаний используют по две из четырех лепешек, отформованных и выдержанных в ванне в течение 24 ± 2 ч. Кипячение производят в ванне (рис. 35), для чего размещают их на решетчатой полке 5, расположенной на расстоянии 2 см от дна ванны 4. Ванну наполняют водой так, чтобы уровень ее перекрывал лепешки на 4—6 см. Для поддержания постоянного уровня воды ванна при помощи соеди-

нительной трубки 2, снабженной краном 1, сообщается с наполненным водой сосудом 3, в пробку которого вставлена стеклянная или металлическая подвижная трубка.

Ванну с размещенными в ней лепешками плотно закрывают крышкой, помещают на нагревательный прибор в течение 30—45 мин, доводят воду в ванне до кипения и продолжают кипячение 4 ч. Затем нагревательный прибор выключают, лепешки охлаждают в ванне и извлекают их из воды, подвергая внешнему осмотру, на основании которого делают соответствующее заключение о качестве цемента в отношении равномерности изменения объема. Далее лепешки, полностью выдержавшие испытание кипячением, переносят в автоклав, предварительно наполненный водой на $\frac{1}{6}$ часть. Лепешки размещают на сетчатой металлической этажерке. Последняя устанавливается так, чтобы уровень воды в автоклаве был ниже сетки с лепешками. Автоклав наглухо закрывают крышкой, открывают клапан для выпуска из него воздуха и включают нагревательный прибор, с помощью которого разогревают воду. Когда из клапана покажется струйка пара, клапан закрывают, а воду в автоклаве продолжают нагревать. Давление пара в автоклаве через 1,5—2 ч поднимают до $20 \pm 0,5$ атм* и поддерживают на таком уровне в течение 3 ч. После этого нагревательный прибор отключают и, слегка приоткрывая клапан, в течение 1 ч снижают давление до нормального. Когда вода остынет, автоклав открывают, вынимают из него лепешки и осматривают.

При визуальном осмотре лепешек обращают внимание на трещины, которые появляются на поверхности их. Если на лицевой стороне лепешек обнаружатся: радиальные трещины, доходящие до краев**; сетка мелких трещин, видимая в лупу или невооруженным глазом, и увеличение объема (рис. 36) — лепешки считаются не выдержавшими испытание, а цемент недоброкачественным. Если же всего этого на лицевой стороне лепешек

* Автоклав, в котором производится это испытание, должен быть рассчитан на рабочее давление в 30 кгс/см^2 . Он должен быть оборудован соответствующим манометром (с ценой деления, не превышающей 1 кгс/см^2) и клапаном для выпуска воздуха в начале работы и для снятия давления в конце испытания.

** Искривления на лепешке устанавливают с помощью линейки, прикладываемой к плоской поверхности.

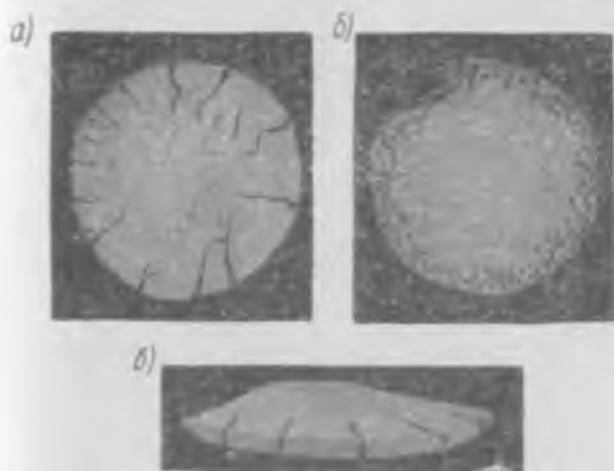


Рис. 36. Вид лепешек, не выдержавших испытания

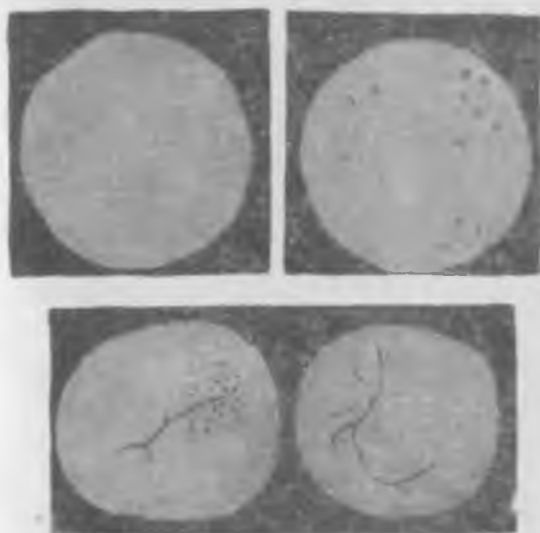


Рис. 37. Вид лепешек, выдержавших испытания

нет, то последние считаются выдержавшими испытание, а цемент — доброкачественным (рис. 37).

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 29.

Таблица 29

Результаты определений

Цемент	Водоцементное отношение	Номер лепешки	Результат испытания		Характеристика образцов
			при кипячении	в автоклаве	

§ 17. Определение механических свойств цементов

В соответствии с требованиями ГОСТ 310—60 механические свойства цементов характеризуются величиной предела прочности при изгибе и при сжатии. Для определения этих величин формуют из цементного раствора (1 вес. ч. цемента и 3 вес. ч. нормального песка) стандартные образцы в виде балочек. Консистенция раствора должна быть такой, чтобы последний после тридцати встряхиваний на стандартном столике дал расплыв конуса по диаметру нижнего основания 105—110 мм.

Таким образом, для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии необходимо:

установить цементоводное отношение раствора и приготовить раствор;

отформовать из цементного раствора образцы в виде балочек стандартных размеров;

выдержать соответствующий срок изготовленные образцы в определенных условиях (ГОСТ 310—60);

подвергнуть образцы испытанию на определение величины предела прочности при изгибе;

подвергнуть половинки балочек, получившиеся в результате предыдущего испытания, испытанию на сжатие.

Определение предела прочности при изгибе.

Оборудование и материалы: пробы испытуемого цемента; комплект форм с насадками для формования балочек; прибор

для испытания балочек на изгиб; встряхивающийся столик; форма конуса; виброплощадка; стержень для штыковки; механическая мешалка; ванна для хранения балочек; ванна с гидравлическим затвором; нож; машинное масло; солидол; технические весы с разновесом; полотенце.

Ход работы. Чтобы установить цементоводное отношение испытуемого раствора, на технических весах отвешивают 1500 г нормального песка * и 500 г испытуемого цемента. Песок и цемент высыпают в металлическую чашу сферической формы диаметром 400 мм и глубиной 100 мм, тщательно перемешивают лопаткой в течение 1 мин. В полученной таким образом сухой смеси лопаткой делают углубление, в которое вливают 200 мл воды. Увлажненную смесь повторно перемешивают той же лопаткой в течение 1 мин для придания ей относительной однородности. После этого смесь переносят в чашу механической мешалки (см. рис. 26) и в течение 2,5 мин, т. е. за 20 оборотов смесительной чаши, перемешивают раствор. Полученный раствор подвергают испытанию на распыл конуса. Для этого по центру диска встряхивающегося столика (см. рис. 27) устанавливают изготовленную из нержавеющей стали форму усеченного конуса высотой 60 мм, диаметром нижнего основания 100 мм, диаметром верхнего основания 70 мм. Эту форму в два приема равными порциями наполняют цементным раствором и каждый слой уплотняют штыкованием стандартной штыковкой (рис. 38). Нижний слой уплотняется пятнадцатью нажимами штыковки, верхний — десятью. Во время штыкования цементного раствора форма конуса прижимается к диску рукой. Стержень для штыковки состоит из стального стержня 3 диаметром 20 мм, длиной 110 мм, кольца 2 и деревянной ручки 1 длиной 110 мм.

Уплотненная штыкованием смесь по верхнему краю формы заглаживается влажным ножом. После этого форму медленно поднимают строго вертикально, а конус из цементного раствора подвергают 30 раз встряхиванию при помощи встряхивающегося столика. Во время встряхивания цементный конус деформируется и растекается по поверхности столика. Величину растекания нижнего

* Нормальным песком по ГОСТ 6139—52 принято считать чистый кварцевый песок Вольских карьеров, отмытый от примесей глины и содержащий не более 3% зерен величиной больше 0,85 мм и не более 8% зерен размерами меньше 0,5 мм.

основания конуса измеряют штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При нормальной консистенции раствора средняя величина нижнего диаметра цементного конуса должна составлять 105—110 мм. Если величина растекания конуса выходит за указанные пределы, то опыт повторяют, увеличив или уменьшив соответственно количество воды для затворения цемента. Так поступают до тех пор, пока не будет



Рис. 38.
Штыковка

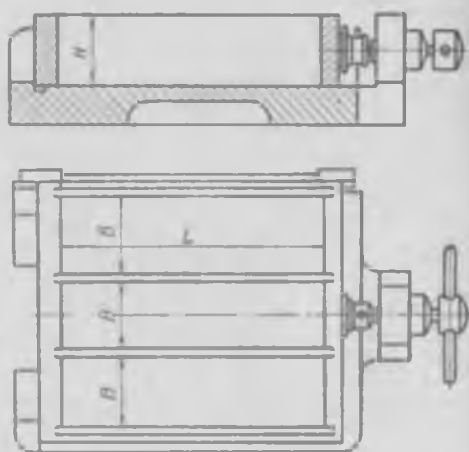


Рис. 39. Форма для изготовления балочек

подобрано такое количество воды, при котором растекание конуса станет нормальным.

Найденное водоцементное отношение записывают в журнал и в дальнейшем пользуются им при приготовлении раствора для изготовления балочек. Длина каждой балочки должна составлять 160 мм, ширина и толщина — по 40 мм. Допускаемые отклонения от указанных размеров могут составлять $\pm 0,02$ мм. Балочки изготавливают в стальных или чугунных формах (рис. 39). Чтобы продольные и поперечные стороны форм плотно прилегали друг к другу и к поддону, их шлифуют. Стенки формы в собранном виде прижимаются нажимным винтом к поддону. Угол между продольными и поперечными стенками формы должен составлять $90 \pm 0,5^\circ$. В каждой форме одновременно формируют три образца.

Перед формированием на каждую форму надевается металлическая насадка, изображенная на рис. 40, которая служит для правильного наполнения форм цементным раствором. Все формы тщательно осматривают; внутреннюю поверхность поддона, боковые и поперечные стенки смазывают машинным маслом, а стыки между насадкой и формой, а также стыки наружных стенок и поддона промазывают солидолом.

Подготовленные формы устанавливают на верхнюю плиту лабораторной виброплощадки и плотно крепят к

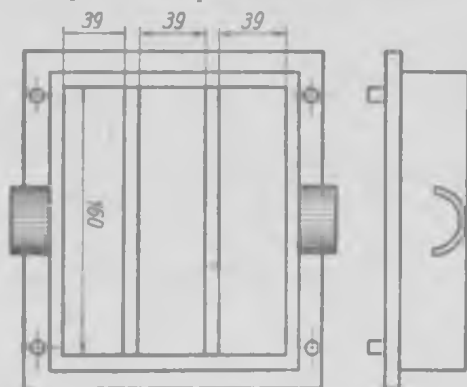


Рис. 40. Насадка для форм при изготовлении балочек

ней. Конструкция лабораторных виброплощадок может быть различной, однако все они должны удовлетворять следующим требованиям: вибрирующая плита площадки должна колебаться в вертикальном направлении с амплитудой колебания 0,35 мм и частотой 3000 кол/мин.

Цементный раствор помещают в гнезда формы так, чтобы толщина его в каждом гнезде не превышала 1 см. После этого включают мотор и во время вибрирования полностью мелкими порциями цементного раствора заполняют все гнезда формы и вибрируют в течение 3 мин. Затем форму снимают с площадки, освобождают от насадки, излишек раствора срезают мокрым ножом и раствор заглаживают вровень с краями формы, после чего каждый образец маркируют. Образцы в формах переносят в ванну с гидравлическим затвором, где и хранят в течение 24 ± 2 ч. Схватившиеся в течение этого срока образцы освобождают от формы, переносят в ванну

(рис. 41), наполненную водой, и укладывают на некотором расстоянии друг от друга в горизонтальном положении. Через каждые 14 дней воду в ванне меняют. В та-

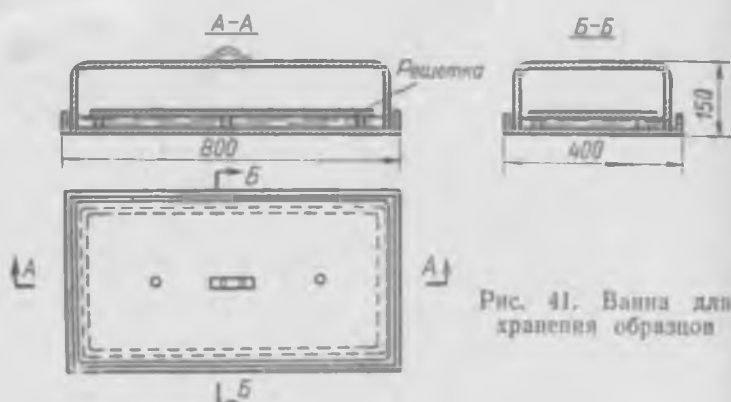


Рис. 41. Ванна для хранения образцов

ком положении образцы хранят до момента испытания их на изгиб.

Величину предела прочности при изгибе определяют на приборе (рис. 42), состоящем из станины 1, двух ры-

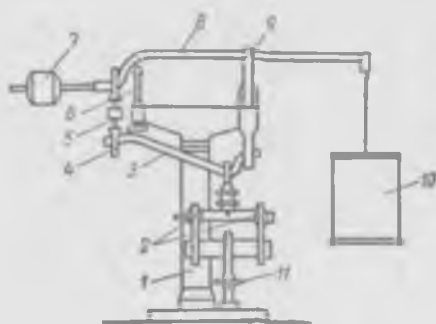


Рис. 42. Прибор для определения величины предела прочности при изгибе

чагов 3 и 8, опорной призмы 6 для верхнего рычага 8, опорного гнезда 4 для нижнего рычага 3, соединительной сержки 5 между обоими рычагами, контргруза 7, маховика 11, ведра 10 и приспособления для захвата балочек 2. Соотношение плеч у верхнего рычага составляет 1 : 10, у нижнего — 1 : 5.

Перед испытанием необходимо установить прибор на прочной массивной горизонтальной опоре, проверить правильность навески рычагов и сережек, обратив особое внимание на положение опорных призм и захватов. Вся рычажная система прибора должна быть установлена и уравновешена контргрузом так, чтобы положение верхнего рычага без ведерка совпадало с направлением черточки, нанесенной на обойме 9.

За 10 мин перед испытанием балочку вынимают из ванны, насухо вытирают и помещают между опорными валиками 2 прибора так, чтобы грани, которые во время изготовления балочки были обращены к стенкам формы, в приборе располагались горизонтально и воспринимали на себя передаваемую валиками нагрузку (рис. 43).

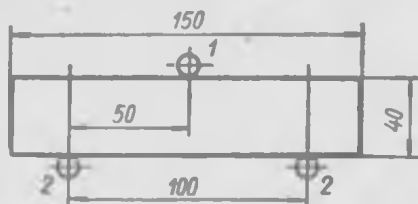


Рис. 43. Схема приложения нагрузки при испытании балочек на изгиб

Опорные валики (диаметром 10 мм каждый) должны быть между собой строго параллельны; расстояние между парой нижних валиков должно составлять 100 мм, а выступающие за валики концы балочки — 30 мм. Верхний опорный валик 1 должен быть расположен на равном расстоянии от каждого из двух нижних валиков 2.

После закладки образца в прибор при помощи вращения маховичка подтягивают верхний рычаг прибора так, чтобы во время излома образца рычаг располагался на уровне черты, нанесенной на обойме. Затем на верхний рычаг навешивают ведро и, приоткрыв рычажок, впускают в него из бункера дробь (диаметром 2—3 мм) со скоростью 100 ± 10 г в секунду. В момент разрушения балочки ведро, наполненное дробью, падает на рычажок, при помощи которого выпуск дроби из бункера прекращается. Ведро вместе с дробью взвешивают на технических весах с точностью до 10 г, получая, таким образом, величину разрывного усилия, приложенного к системе рычагов прибора.

Величину предела прочности при изгибе рассчитывают по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{3PlK}{2bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — вес ведра с дробью, кгс;
 l — расстояние между нижними валиками, см;
 b — ширина образца, см;
 h — высота образца, см;
 K — коэффициент, определяемый соотношением плеч прибора.

Для балочек стандартных размеров $4 \times 4 \times 16$ см при расстоянии между нижними опорными валиками $l = 10$ см и коэффициенте $K = 50$ приведенная выше формула принимает упрощенное выражение $\sigma_{изг} = 11,7 P \text{ кгс/см}^2$.

Из результатов, полученных при испытании трех образцов, вычисляют среднюю арифметическую величину и результаты записывают по форме, приведенной в табл. 30.

Таблица 30

Результаты испытаний

Цемѣнт	Номер образца	при сроке хранения образца в ванне, сут						Примечание				
		3			7				28			
		P , кгс	$\sigma_{изг}$, кгс/см ²	средняя $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	P , кгс	$\sigma_{изг}$, кгс/см ²	средняя $\sigma_{изг}$, кгс/см ²		P , кгс	$\sigma_{изг}$, кгс/см ²	средняя $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	

Определение величины предела прочности при сжатии.

Оборудование и материалы: половинки балочек; гидравлический пресс; пластинки для передачи нагрузки на половинки балочек; машинное масло.

Ход работы. В результате определения величины предела прочности при изгибе цементного раствора полу-

чилось шесть половинок балочек, которые служат образцами при определении величины предела прочности при сжатии. Каждая половинка балочки испытывается из прессе отдельно. Для этого ее помещают между двумя металлическими пластинками (рис. 44), изготовленными

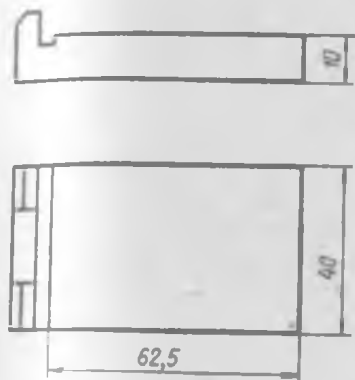


Рис. 44. Пластины для размещения образца при испытании на сжатие

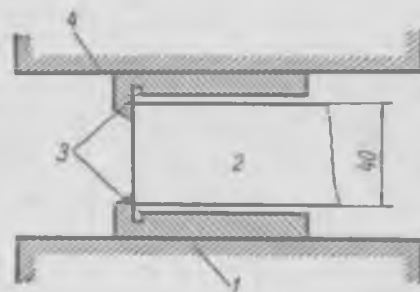


Рис. 45. Схема положения образца при испытании на сжатие

из нержавеющей стали. Обе поверхности их пришлифованы. С удлиненной стороны эти пластинки имеют опорные бортики, в которые упирается зажатая между пластинками половинка балочки. Каждая половинка укладывается так, чтобы к пластинкам прилегали те поверхности ее, которые при изготовлении балочки были обращены к продольным стенкам формы.

Величина предела прочности при сжатии определяется на гидравлическом прессе. Половинка балочки 2 (рис. 45), зажатая между пластинками 3, укладывается в центре нижней опорной плиты 1 гидравлического пресса. Затем опускается верхняя опорная плита 4 до соприкосновения с образцом, после чего к образцу прилагается нагрузка, скорость увеличения которой должна составлять $20 \pm 5 \text{ кгс/см}^2$ или $0,5 \text{ тс/сек}$, вплоть до полного разрушения образца. Момент разрушения образца и величину давления в маслопроводе пресса отмечают по отклонению стрелки манометра.

Разрушающее усилие представляет собой произведение показаний манометра в момент разрушения образца

схватываться и твердеть не только на воздухе, но и в воде.

Гидравлические добавки бывают искусственными и естественными. *Естественные* добавки могут быть вулканического и осадочного происхождения. К добавкам вулканического происхождения относятся пены, туфы, пемзы и трассы; к добавкам осадочного происхождения — диатомиты, трепелы, опоки и глиежи. *Искусственные* добавки преимущественно состоят из топливных и промышленных отходов. Сюда относятся металлургические и топливные шлаки, зола, обожженная в процессе самовозгорания угля глина, пустые породы и углистые сланцы. К искусственным добавкам относятся также отходы кремнезема, полученные при изготовлении глинозема из глины, и специально обожженные глины.

Использование гидравлических добавок в производстве цемента основано на том, что добавки, содержащие в своем составе главным образом активный кремнезем SiO_2 , химически соединяются с CaO и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и в водной среде образуют с ними сначала силикаты, а затем и гидросиликаты кальция, превращающие первоначальную смесь сырьевых материалов в массу, которая способна твердеть не только на воздухе, но и в водной среде. При взаимодействии кислых гидравлических добавок с портландцементом добавки реагируют с гидроокисью кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующейся во время гидролиза клинкерных минералов, превращая последнюю в гидросиликат кальция, и таким образом повышают антикоррозийные свойства цементного камня. Кроме этого, применение гидравлических добавок в смеси с портландцементом значительно удешевляет цемент, не снижая его свойств как вяжущего вещества.

Главнейшим свойством гидравлических добавок является их химическая активность. Последняя характеризуется тем количеством CaO , какое может быть химически связано 1 г добавки в течение 30 сут. В табл. 32 приведена активность некоторых гидравлических добавок (ГОСТ 6269—63).

В гидравлических добавках, представляющих собой минеральный остаток, полученный при сжигании всевозможных видов топлива, нормируется: количество несгоревших частиц в топливных шкалах не более 15% и количество сульфатов (в пересчете на SO_3) не более 3%.

при температуре 950—1000° до полного удаления CO_2 . Из полученной таким образом негашеной извести отвешивают навеску в количестве 50 г, всыпают в бутылку емкостью 20—25 л, наполняют дистиллированной водой, плотно закрывают пробкой, в которую вставлена хлоркальцевая трубка, наполненная натронной известью. Содержимое бутылки тщательно взбалтывают не менее 2—3 раз в сутки. Через 3 сут определяют титр этого раствора. Для этого от общего количества приготовленного раствора отфильтровывают около 150 мл; 50 мл фильтрата переносят в коническую колбу и титруют 0,05 Н титрованным раствором HCl по метилоранжу. Если в результате титрования окажется, что раствор извести содержит 1,05—1,15 г CaO на 1 л раствора, то такая концентрация его считается достаточной и раствор считается пригодным для работы. Его фильтруют в чистую бутылку, плотно закрывают резиновой пробкой с хлоркальцевой трубкой, наполненной натронной известью. Перенеся раствор в чистую бутылку, повторно определяют его титр по титрованному раствору HCl . Титр этого раствора выражают в количестве CaO , содержащегося в 1 мл раствора. Титр раствора записывают на этикетке, приклеенной к бутылке с раствором.

Если предварительное титрование раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ показывает, что концентрация его недостаточна, то раствор с известью оставляют для насыщения на более продолжительное время, после чего определяют его титр, как указано выше.

Индикатор метилоранж получают путем растворения до насыщения кристаллического метилоранжа в 50 мл дистиллированной воды. Раствор индикатора хранят в склянке с притертой пробкой. Для употребления часть раствора наливают в капельницу.

2. Подготовка средней пробы исследуемой гидравлической добавки. Гидравлическую добавку сначала дробят на куски величиной примерно 1 см в диаметре, а затем отбирают от 50 до 100 г этого материала и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110°. Сухую пробу растирают в фарфоровой ступке в тонкий порошок. От этой пробы отбирают около 10 г и повторно тщательно растирают в агатовой ступке до тех пор, пока вся масса при просеивании пройдет через сито № 008. Измельченную таким образом массу повторно высушивают

в сушильном шкафу до постоянного веса, после чего помещают в стеклянную банку с хорошо притертой пробкой, где и хранят до употребления.

3. Определение активности гидравлической добавки. Для определения активности гидравлической добавки используют мерный градуированный цилиндр с притертой пробкой. Этот цилиндр тщательно моют и высушивают. От средней пробы гидравлической добавки на аналитических весах отвешивают 2 г. Навеску переносят в мерный цилиндр, пользуясь мягкой кисточкой и глянцевой бумагой. Затем в цилиндр заливают 100 мл титрованного раствора извести, количество которого точно отмеривают по бюретке, присоединенной к бутылке с раствором. Цилиндр закрывают пробкой и сильно взбалтывают для того, чтобы вся навеска хорошо смочилась раствором извести. Через 1 сут. содержимое цилиндра повторно энергично взбалтывают. Первое титрование известкового раствора проводят через 2 сут.

В мерном цилиндре измеряют объем, занимаемый осадком. Осторожно, чтобы не взмутить его, пипеткой отбирают 50 мл известкового раствора и переносят его в коническую колбу емкостью 250 см³. В эту же колбу добавляют 2—3 капли раствора метилоранжа и титруют раствором HCl . Величину объема, занимаемого в цилиндре осадком, и результат титрования записывают в журнал. В цилиндр с осадком добавляют 50 мл титрованного известкового раствора и оставляют на 1 сут. После этого раствор повторно взбалтывают. Каждый следующий замер объема осадка и каждое следующее титрование раствора повторяют через 2 сут. в течение 30 дней, т. е. в общей сложности проделывают 15 титрований. Если объем осадка в цилиндре набухает так сильно, что препятствует отбору 50 мл раствора, то определение повторяют заново с уменьшенной навеской (равной 1 г) исследуемого вещества. Результат титрования записывают по форме, приведенной в табл. 33.

Титр HCl выражается в мг CaO , соответствующих 1 мл раствора HCl . Титр $\text{Ca}(\text{OH})_2$ тоже выражается в мг CaO . Оба титра записываются в начале таблицы через все графы.

4. Расчет активности гидравлической добавки. Количество мл титрованного раствора HCl , потраченное на титрование 50 мл отобранного из цилиндра раствора

Результаты титрований

Таблица 33

Номер титрования	Месца и число	Количество HCl из 50 мл раствора, мг	Количество CaO , оставшегося в 50 мл раствора, мг	Количество CaO в 50 мл, оставшегося в растворе после добавления раствора известия, мг	Количество CaO , поглощенного 1 г добавки за 2 сут., мг	Количество CaO , поглощенного 1 г добавки от начала опыта, мг	Объем пазы, см ³	Температура помещения, град
1	2	3	4	5	6	7	8	9

известии, записывают в гр. 3 (табл. 32). Умножая это количество титрованного раствора HCl на его титр, выраженный в мг CaO , получают количество мг CaO , заключающихся в 50 мл раствора, отобранного из цилиндра. Этот результат записывают в гр. 4. В гр. 5 записывают весовое количество CaO , содержащееся в 50 мл известкового раствора в цилиндре после добавления в него новой порции известкового раствора взамен отобранного для титрования. Это количество CaO представляет собой среднее арифметическое из количества CaO , прилитого с новой порцией раствора, и того количества CaO , которое было установлено титрованием в отобранном из цилиндра растворе. В гр. 6 записывают количество мг CaO , которое было поглощено 1 г гидравлической добавки за 2 сут., что и составит разницу между содержанием CaO в 50 мл известкового раствора, омывающего добавку, и содержанием того количества CaO , которое оттитровывается в 50 мл раствора, отобранного из цилиндра. В гр. 7 записывают суммарное количество CaO , поглощенное добавкой за время от начала испытания до момента титрования.

Влажность активной минеральной добавки определяют обычным высушиванием 100 г навески в сушильном шкафу при температуре 105—110° до получения посто-

янного веса. Методику определения и расчет полученных результатов см. на стр. 11. Потерю при прокаливании добавки определяют так, как описано на стр. 13.

В качестве более простого и менее сложного метода определения активности минеральных добавок ГОСТ 6269—63 рекомендует пользоваться определением конца схватывания и водостойкости смеси, состоящей из исследуемой добавки и извести пушонки, взятых в отношении 4:1 по весу. Мерилем определения активности добавки считается время (в сутках), за которое добавка обеспечивает схватывание и водостойкость смеси ее с пушонкой.

Оборудование и материалы: испытуемая добавка; известь-пушонка; весы с разновесом; сушильный шкаф; рабочие сита № 02 и № 008; герметически закрывающаяся тара емкостью от 3 до 5 л; лабораторная мельница; прибор Вика; круглодонная чаша; лопатка для смешивания; стеклянные пластины; ванна с гидравлическим затвором и ванна с водой для выдерживания образцов.

Ход работы: Активную минеральную добавку, если она в кусках, высушивают в шкафу при 105—110° и затем размалывают так, чтобы при просеве остаток на сите № 02 был не более 0,5% и на сите № 008 не более 10% от веса взятой пробы. Для испытания на каждые 4 весовые части активной добавки отвешивают 1 вес. ч. свежеприготовленной первосортной извести-пушонки. Отвешенные материалы смешивают в лабораторной мельнице, в которой мелющие тела заменены резиновыми шарами или крупноразмерными пробками. Из смеси готовят тесто нормальной густоты, которым наполняют два кольца к прибору Вика. Кольца с тестом с обеих сторон покрывают стеклянными пластинами и в таком виде помещают в ванну с гидравлическим затвором на 24 ч при температуре $20 \pm 3^\circ$. Затем одно кольцо вынимают и испытывают на схватывание на приборе Вика пестиком Тетмайера с общим весом перемещающейся части прибора в 300 г. Схватывание определяют раз в сутки до тех пор, пока пестик перестанет погружаться в тесто, что является показателем затвердевания теста. Количество суток, прошедшее от приготовления теста до затвердевания его, характеризует степень активности добавки. После этого второй образец вынимают из кольца и помещают в воду на 3 сут. Если в течение этого времени образец сохранит четкость краев и формы и не разламывает

ся, он считается водостойким. Результаты испытания записывают по форме табл. 34.

Таблица 34

Результаты определений

Название лобовки	Весовое соотношение, кг		Нормальная густота теста	Дата испытания	Глубина погружения пестика, мм	Скорость затвердевания, с/г.	Характеристика образования трещин и сколов
	лобовки	пушонки					

ГЛАВА V

ЗАПОЛНИТЕЛИ

Заполнители являются составной частью бетона: составляя примерно около 80—85% бетона, они резко снижают расход цемента; будучи сами сравнительно недорогим материалом, значительно удешевляют стоимость бетона и бетонных сооружений; при правильном подборе состава бетона увеличивают его антикоррозийные свойства по отношению к воздействию различных агрессивных сред; уменьшают величину усадки бетона и этим самым предотвращают образование усадочных трещин, что особенно важно для массивных монолитных сооружений; во время тепловой обработки железобетонных конструкций до некоторой степени предотвращают вредное влияние экзотермии; составляют по существу главную массу бетона, что оказывает значительное влияние на его технические свойства.

В зависимости от величины зерна заполнитель делят на две группы: крупный (гравий и щебень) 5—150 мм и мелкий (песок) 0,15—5 мм. Так как взаимное расположение зерен заполнителя оказывает существенное влияние на структуру бетонов, то крупный и мелкий заполнитель в свою очередь разделяются на фракции, количественное соотношение которых нормируется соответствующими ГОСТами. Определение гранулометрического состава каждого заполнителя, а также рассев по фракциям производится на стандартных ситах с размерами отверстий в свету для песка 0,15; 0,30; 0,60; 1,20; 2,5 и 5,0 мм и для щебня и гравия — 5; 10; 20; 40 и 80 см.

В зависимости от зернового состава крупный заполнитель бывает: рядовым — с естественным зерновым составом, сортовым с нарочито подобранной зернистостью и фракционированным, т. е. разделенным путем отсева на отдельные фракции. В отношении объемного веса заполнитель делят на две группы: на заполнитель с объемным весом не менее 1700 кг/м^3 , применяемый для обычных и тяжелых бетонов, и на заполнитель с объемным

весом меньше 1700 кг/м^3 , используемый для изготовления легких бетонов.

В генетическом отношении заполнитель бывает естественного и искусственного происхождения. К естественным относится заполнитель, представляющий собой обломочную горную породу соответствующего гранулометрического состава (гравий и песок), или продукт, полученный в результате механического измельчения естественных горных пород (щебень и песок). Искусственный заполнитель представляет собой отход различных технологических процессов (например, топливные и металлургические шлаки) или специально изготовленные тем или иным способом зернистые виды материалов, как, например, керамзит, аглопорит, вермикулит, пеностекло и т. д.

Прочность и структура бетона зависит от формы зерен и характера поверхности заполнителей. Бетон на изготовленном щебне при прочих равных условиях обладает более высокой прочностью, нежели бетон, изготовленный на гравии. В то же время бетон, изготовленный на угловатом гравии с шероховатыми гранями, прочнее бетона, изготовленного на гравии с гладкими округлоокатанными зернами. То же замечание относится и к пескам. Овражным пескам и пескам, образующимся во время дробления горных пород при получении щебня и обладающим угловатыми зернами и шероховатой поверхностью, отдается предпочтение перед округлоокатанными морскими и дюнными песками.

Прочность заполнителя, характеризуемая величиной предела прочности при сжатии исходной породы (из которой получают щебень и песок), или специально изготовленных для испытания образцов представляет собой один из основных факторов, предопределяющих прочность бетона.

К вредным примесям, снижающим качество заполнителей, относятся глинистые, земляные, илистые и пылевидные фракции, органические вещества, сульфаты и сульфиды, остатки материнской слабовыветрившейся породы и зерна нестойких и механически слабых пород. В связи с этим качественная характеристика заполнителей может быть составлена лишь после лабораторных испытаний в соответствии с требованиями ГОСТов и технических условий.

А. ПЕСОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Песком обычно принято называть рыхлый зернистый вид различных твердых веществ, состоящий из зерен величиной $0,15—5 \text{ мм}$. Пески, применяемые в строительных работах, относятся к группе неорганических песков. Последние могут быть естественного или искусственного происхождения. Естественные, или минеральные, пески образовались преимущественно из кристаллических, реже из осадочных и метаморфизированных горных пород в результате их выветривания. Искусственные пески представляют собой продукт механического измельчения породы путем дробления ее при помощи тех или иных дробильно-помольных механизмов. Искусственные пески иногда образуются в качестве отходов при различных производственных процессах, например при получении щебня из различных горных пород. В строительстве употребляются главным образом пески естественного происхождения.

Минеральные пески широко применяются в качестве: мелкого заполнителя в бетоне и железобетоне; составной части строительных растворов и штукатурок; материала для укладки балластного слоя при сооружении и обслуживании железных дорог и подстилающего материала при постройке шоссейных и автомобильных дорог. Они являются также составной частью масс или шихт при изготовлении силикатного кирпича, керамических изделий, стекла, стеклоизделий и др. Песок для строительных целей должен удовлетворять требованиям, предусмотренным ГОСТ 8736—62, для определения механических свойств цементов ГОСТ 6139—52, а для кладочных и штукатурных растворов ГОСТ 6426—52.

Качественную характеристику песка и степень его пригодности для тех или иных работ составляют на основании ряда лабораторных испытаний. При составлении общей характеристики песка определяют удельный и объемный насыпной вес; плотность и пустотность; влажность; зерновой или гранулометрический состав и модуль крупности; содержание пылевидных и глинистых частиц; приращение объема в водной среде; содержание только глинистых частиц; содержание органических примесей и др. Пески, используемые в качестве материала

в составах стекольных шихт и керамических масс, подвергают дополнительно минералогическому и полному химическому анализу.

Физико-механические испытания песка производят в помещении при температуре $20 \pm 5^\circ$. Испытуемый материал высушивают в сушильном шкафу при $105-110^\circ$ до получения постоянного веса. Точность взвешивания навесок до 200 г должна составлять не менее 0,1 г, навесок свыше 200 г — не менее 1 г. При малых навесках точность взвешивания указывается дополнительно.

§ 1. Определение удельного веса песка

Удельный вес песка определяют пикнометрическим методом.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого песка; сушильный шкаф с термометром; технические весы с разновесом; аналитические весы с разновесом; часовые стекла; кисточка; глянцевая бумага; пикнометры; эксикатор с хлористым кальцием или серной кислотой; бюкс; воронка; сито с величиной отверстия в 5 мм в свету; песчаная или водяная баня.

Ход работы. Среднюю пробу песка, отобранную для испытания, предварительно высушивают в сушильном шкафу до получения постоянного веса. Из сухой пробы отбирают примерно 30—40 г песка и просеивают через сито с величиной отверстия в сетке, равной 5 мм. Просев переносят в бюкс, который помещают в эксикатор, где и хранят над безводным хлористым кальцием или крепкой серной кислотой.

Из подготовленной таким образом средней пробы песка на аналитических весах взвешивают на предварительно оттарированных часовых стеклах две навески по 10 г. Каждую из этих навесок помещают в предварительно высушенный и взвешенный пикнометр.

Оба пикнометра с навесками заливают до половины дистиллированной водой, переносят в песчаную или в водяную баню, устанавливают в несколько наклонном положении и нагревают до слабого кипения, которое поддерживают в течение 20 мин. После этого, охладив пикнометры, вливают в каждый из них до метки дистиллированную воду, а затем взвешивают. Далее пикнометры очищают от всего содержимого, наполняют только дистиллированной водой точно до метки и опять взвешива-

ют. Зная вес навески G , вес пикнометра с навеской и водой G_1 и вес пикнометра только с водой G_2 , по формуле вычисляют величину удельного веса песка

$$\gamma_n = \frac{G}{G_2 + G - G_1} \approx 2 \text{ CM}^2,$$

Определение можно считать законченным, если расхождение между двумя результатами не превысит $0,02 \text{ г/см}^3$. Окончательную величину удельного веса песка вычисляют как среднюю арифметическую из трех сходящихся определений. При большем расхождении определения повторяют заново с новыми навесками. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 35.

Таблица 35

Результаты определений

[illegible]

§ 2. Определение объемного насыпного веса песка

В строительной практике объемный насыпной вес песка обычно определяют в состоянии естественной влажности и в сухом состоянии.

Величина насыпного веса песка, определенного в состоянии естественной влажности, практически используется при пересчетах из весового выражения в объемное и обратно. Такие пересчеты имеют место при раз-

работке карьеров, откатке песка, проектировании и строительстве сырьевых складов, расчетах шихт и смесей и при подборе различных видов оборудования.

Оборудование и материалы: средняя проба песка во влажном состоянии; технические весы с разновесом грузоподъемностью не менее 25 кг; три мерных сосуда десятилитровой и три мерных сосуда литровой емкости; сушильный шкаф; штампованное сито с круглыми отверстиями 5 мм в диаметре; полированный совок или полированный наклонный желоб; нож.

Ход работы. Насыпной вес песка в состоянии естественной влажности определяют из трех отдельных, параллельно взятых навесок. Для каждой навески используют мерный сосуд объемом 10 л, который предварительно высушивают, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают на технических весах с точностью до 1 г. Затем в него совком по наклонному желобу с высоты 10 см от верхнего края сосуда насыпают равномерной струей испытуемый песок до тех пор, пока он, наполнив сосуд и образовав над ним конус, станет скатываться на стол.

Песок, выступающий над сосудом в виде конуса, срезают вровень с краями сосуда ножом, после чего сосуд с песком взвешивают на тех же весах с прежней точностью. Количественное выражение насыпного веса по каждому опыту рассчитывают по формуле

$$\gamma_{\text{об.ж}} = \frac{G_1 - G}{V} \text{ г/см}^3,$$

где G_1 — вес сосуда с песком, г;

G — вес сосуда, г;

V — объем сосуда, см³.

Окончательное значение насыпного веса песка рассчитывают как среднеарифметическую величину из трех отдельных определений.

Определение насыпного веса песка в сухом состоянии принципиально ничем не отличается от определения его в состоянии естественной влажности. Среднюю пробу испытуемого песка сначала высушивают до постоянного веса, а затем просеивают через штампованное сито с круглыми отверстиями диаметром в 5 мм. Для определения насыпного веса песка используют не десятилитровые, а литровые мерные сосуды. Порядок проведения и методика определения, а также расчет результатов тот

же, что и при определении насыпного веса песка во влажном состоянии.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 36.

Таблица 36

Результаты определения

[illegible]

§ 3. Определение пустотности песка

Сравнивая между собой числовые величины удельного и насыпного веса песка, видим, что величина насыпного веса всегда меньше удельного. Если для данного песка величина удельного веса постоянная, то величина насыпного веса может колебаться в некоторых пределах в зависимости от гранулометрического состава, степени загрязненности глинистыми примесями, уплотнения песка в сосуде и т. д. В связи с этим различают насыпной вес в свободном и уплотненном состоянии. Численное выражение последнего всегда больше первого. Происходит это потому, что при наполнении сосуда кусковым или зернистым материалом, например песком, не весь объем сосуда заполняется этим веществом и между кусками или зернами последнего остается некоторая часть пространства, заполненная воздухом. Опыт показывает, что при свободном наполнении сосуда зернистым материалом пустотность получается максимальной, а насыпной вес имеет наименьшее значение. Если сосуд, наполненный

зернистым материалом, подвергнуть многократному встряхиванию или вибрации, то находящийся в нем материал заполняет часть пустот между зернами, уплотняется и занимает по сравнению с прежним несколько меньший объем. Это дает возможность досыпать в этот же сосуд еще некоторое количество испытуемого материала. Повторное взвешивание и определение насыпного веса в уплотненном состоянии выразится более высокими показателями.

При проектировании и изготовлении бетонных смесей, строительных растворов и всевозможных масс величина пустотности между зернами или кусками плотных материалов имеет техническое значение и должна быть учтена. Численное выражение пустот, заключенных между частицами зернистого или кускового материала, называют пустотностью. Пустотность представляет собой отношение суммы всех пустот между зернами испытуемого материала ко всему занимаемому этим материалом объему.

Величина пустотности песка по значениям удельного и насыпного веса вычисляется по формуле

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{об.н}}}{\gamma \cdot 1000} \right) \cdot 100\%,$$

где $\gamma_{\text{об.н}}$ — объемный насыпной вес материала в сухом состоянии, кг/м^3 ;

γ — удельный вес материала, г/см^3 .

§ 4. Определение влажности песка

Влажность песка определяют путем высушивания до постоянного веса навески песка величиной в 1 кг в сушильном шкафу при температуре 105—110°. Влажность рассчитывают по формуле

$$W = \frac{G_1 - G}{G_1} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес влажного песка, г;

G — вес сухого песка, г.

Методика определения влажности изложена на стр. 11.

§ 5. Определение зернового состава и модуля крупности песка

Зерновой, или гранулометрический, состав песка различных месторождений и даже различных пластов одного и того же месторождения бывает чрезвычайно разнообразен. Поэтому к песку как к строительному материалу предъявляются особые и подчас жесткие требования. Так, при составлении бетонных смесей и строительных растворов использование мелкозернистых песков приводит к излишнему перерасходу вяжущего вещества. По Б. Г. Скрамтаеву, для получения 1 м³ удобоукладываемого раствора с применением мелкого песка требуется 0,5 м³ цементного теста, а при использовании крупнозернистого — 0,35 м³.

Цифровые величины, характеризующие зерновой состав песка, получают в результате определения частных и полных остатков на каждом сите стандартного набора, а также по модулю крупности M_k — условному цифровому показателю, вычисленному по данным ситового анализа. *Частным остатком* на том или ином сите называют отношение остатка на этом сите ко всей навеске песка, выраженное в процентах. *Полным остатком* называют отношение суммы всех частных остатков на данном и на всех предшествующих ситах ко всей навеске песка, выраженное в процентах. *Модулем крупности* называют частное от деления на 100 суммы всех полных остатков песка, полученных на всех ситах стандартного набора и выраженных в процентах.

Стандартный набор для просева песка состоит из пяти сит с величиной отверстия сеток в свету 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм.

Числовое выражение величины модуля крупности рассчитывают по формуле

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100},$$

где $A_{2,5}$; $A_{1,25}$; $A_{0,63}$ и т. д. — полные остатки на ситах, %.

В зависимости от данных ситового анализа исследуемый песок делится на группы (табл. 37).

Обычно ситовому анализу подвергается средняя проба песка, отобранная от общей партии в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 8736—62. Если в анализи-

руемом песке содержится некоторое количество гравия, т. е. зерен величиной свыше 5 мм, то средняя проба должна составлять 10 кг, в остальных случаях — 5 кг.

Таблица 37

Группы исследуемого песка

Группа песка	Модуль крупности M_v	Полный остаток на сите № 063, %
Крупный	3,5—2,4	50—75
Средний	2,5—1,9	35—50
Мелкий	2,0—1,5	20—35
Очень мелкий	1,6—1,1	7—20
Тонкий	меньше 1,2	меньше 7

Оборудование и материалы: средняя проба песка; стандартный набор сит с крышкой и поддоном; вибростол; технические весы с разновесом; техноаналитические весы с разновесом; сушильный шкаф или лабораторная сушилка; сита с отверстиями 10 и 5 мм; лист глянцевой бумаги; миллиметровая бумага; кисточка.

Ход работы. Среднюю пробу предварительно высушивают при температуре 105—110° до получения постоянного веса. Сухой песок просеивают через сита с отверстиями в свету величиной 10 и 5 мм. Частные остатки на этих ситах рассматривают как отдельные фракции гравия соответствующей зернистости.

Песок, прошедший через сито с отверстиями 5 мм, подвергают ситовому анализу. Для этого отвешивают 1000 г песка, помещают на верхнее сито стандартного набора, состоящего из сит № 2,5; 1,25; 0,63; 0,3; 0,14 и поддона. Весь набор сит закрывают крышкой и подвергают просеиванию. Полноту просева проверяют, встряхивая каждое сито над листом глянцевой бумаги. Остаток на каждом сите взвешивают отдельно и вес его выражают в процентах по отношению к весу всей навески, получая таким образом величину частного остатка на каждом сите. Расчет ведут по формуле

$$a_{2,5} = \frac{G_1}{G} \cdot 100\%,$$

где $a_{2,5}$ — частный остаток на сите № 2,5;

G_1 — вес остатка на сите, г;

G — вес всей навески, г.

При подсчете полных остатков на сите пользуются следующими формулами:

$$A_{2,5} = a_{2,5}; \quad A_{1,25} = a_{2,5} + a_{1,25};$$

$$A_{0,63} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63}; \quad A_{0,315} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315};$$

$$A_{0,14} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,14},$$

где $A_{2,5}$; $A_{1,25}$; $A_{0,63}$; $A_{0,315}$ и $A_{0,14}$ — полные остатки, %;
 $a_{2,5}$; $a_{1,25}$; $a_{0,63}$ и т. д. — частные остатки, %.

Данные ситового анализа рекомендуется записывать по форме, приведенной в табл. 38.

Таблица 38

Результаты ситового анализа

Название материала	Номер сита	Вес, г
	сита с остатком	
	пустого сита	
	остатка	
	Частный остаток на данном сите, %	
	Полный остаток на данном сите, %	
	M к пелла	

Результаты ситового анализа представляют в виде кривой, нанесенной на график в прямоугольной системе координат. На графике по оси абсцисс в определенном масштабе откладываются величины зерен 0,14; 0,30; 0,63; 1,25; 2,5 и 5 мм, а по оси ординат — величины полных остатков на соответствующих ситах, выраженные в процентах. Если кривая, характеризующая гранулометрический состав исследуемого песка, располагается в заштрихованной части графика, то такой песок считается годным к потреблению. Если кривая располагается выше заштрихованной части, песок мелкозернист, если ниже, песок считается крупным (см. ГОСТ 8736—62 и ГОСТ 6426—52).

§ 6. Определение суммарного содержания пылевидных и глинистых частиц в песке

В песках, используемых в строительных и штукатурных растворах, в бетонах, глинистые и илистые примеси, покрывая поверхность песчинок, препятствуют контактированию их с частицами вяжущего вещества. Поэтому связь между песком и известковым или цементным камнем снижается и прочность бетона или штукатурки значительно падает. В песках, используемых для дорожного строительства, глинистые и илистые примеси способствуют излишнему водопоглощению и появлению растительности. ГОСТ 8736—62 на пески для строительных работ допускает содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц: в песках, используемых в асфальтовых дорожных смесях, — до 3%, в песках для дорожного бетона и железнодорожного балластного слоя — до 5%, в песках для кладочных растворов — до 10% и в песках для штукатурных растворов — до 15%.

Методика определения содержания пылевидных и глинистых частиц основана на том, что последние, будучи взмучены вместе с песком в воде, осаждаются значительно медленнее зерен песка и благодаря этому могут быть легко отделены от него.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого песка; сито с отверстиями 5 мм; технические весы с разновесом; большая плоскодонная чаша или эмалированный кювет; цилиндрический сосуд; сифон; сосуд для слива глинистой суспензии; часы или секундомер; сушильный шкаф с термометром.

Ход работы. Для количественного определения глинистых частиц песок сначала просеивают через сито с отверстиями в 5 мм. Просев высушивают до постоянного веса. Из сухого песка берут навеску в количестве 1000 г, переносят в цилиндрический стеклянный сосуд диаметром 300 мм и высотой 400 мм. В сосуд наливают воду так, чтобы ее уровень над поверхностью песка составлял примерно 200 мм. Воду с песком сначала интенсивно взмучивают, а затем оставляют на 2 ч, периодически перемешивая содержимое сосуда. После этого в сосуд вводят сифон так, чтобы конец его сливной трубки был выше уровня песка на 30 мм. Песок с водой в сосуде интенсивно перемешивают и оставляют на 2 мин в покое, после чего

§ 7. Определение величины приращения объема песка при насыщении его водой

Если в песках находится некоторое количество коллоидов (илистых и глинистых частиц или гидрофильных органических примесей), то такие пески, будучи насыщены водой, увеличиваются в объеме (набухают). Вода при смачивании глинистых частиц образует вокруг каждой водную оболочку, благодаря чему комочки глины увеличиваются в объеме. При высушивании вода удаляется, водные оболочки почти исчезают, и комочки глины сокращаются в объеме — дают усадку. Высыхание набухших песков снижает прочность того материала, в состав которого был введен такой песок. Набухание песков в дорожном строительстве приводит к нарушению сплошности дорожного покрытия. Особенно это вредно сказывается во время таяния снегов, замерзания почвы и в половодье. В связи с этим по ГОСТ 8736—62 в песках, используемых для строительных целей, и в качестве балласта для железнодорожных путей приращение объема при насыщении водой не должно превышать 20%.

Оборудование и материалы: средняя проба песка; кювет для сушки песка; сушильный шкаф с термометром; сито с отверстиями 5 мм; технические весы с разновесом; фарфоровая ступка; пестик с резиновым наконечником; сито № 1,25; два мерных цилиндра емкостью 100 мл, диаметром 25 мм каждый; дистиллированная вода; 5%-ный раствор CaCl_2 .

Ход работы. Берут часть средней пробы, отобранной от всей партии песка в соответствии с требованиями ГОСТ 8736—62, предварительно высушивают до получения постоянного веса, а затем просеивают через сито с отверстиями в 5 мм. Из просеянного сухого песка на технических весах отвешивают навеску в 100 г. Так как в испытуемом песке глинистые и илистые примеси могут быть в виде плотных комков, то для измельчения всю навеску переносят в фарфоровую ступку, в которой их растирают и разминают пестиком с резиновым наконечником. Подготовленную таким образом навеску просеивают через сито № 1,25. Просев делят на две части, каждую из которых помещают в мерные цилиндры и интенсивно встряхивают. Измерив объем песка в обоих цилиндрах (обычно он занимает 5 мл), песок разрыхляют и в каждый цилиндр вливают 50—70 мл дистиллированной воды. Смесь песка

с водой тщательно перемешивают, растирая глинистые и илистые комочки до их полного исчезновения. Далее в каждый цилиндр вливают 5 мл 5%-ного раствора CaCl_2 . Последний способствует коагуляции, т. е. укрупнению глинистых и илистых частиц, а следовательно, более быстрому и полному осаждению их после взмучивания. Затем в каждый цилиндр доливают дистиллированную воду до метки 100 мл и оставляют на 10—20 ч, а иногда и более в спокойном состоянии до полного осаждения песка и разбухших частиц глины на дно. Затем отмечают объем, занимаемый осадком. Величина набухания песка в объемном измерении выразится разностью между конечным и первоначальным объемом, который занимал песок в начале опыта.

Величину набухания песка N определяют по формуле

$$H = \frac{V_1 - V}{V} \cdot 100\%,$$

где V — начальный объем сухого песка в мерном цилиндре, мл;

V_1 — объем песка в мерном цилиндре после набухания, мл.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 40.

Результаты определений

Название материала	Первая проба				Вторая проба				Средняя исходная влажность $N\%$
	конечный объем $V_1, \text{ мл}$	начальный объем $V', \text{ мл}$	приращение объема $V - V', \text{ мл}$	исходная влажность $N\%$	конечный объем $V_1, \text{ мл}$	начальный объем $V', \text{ мл}$	приращение объема $V - V', \text{ мл}$	исходная влажность $N\%$	

§ 8. Определение содержания органических примесей

Содержание органических примесей, а особенно гумусовых кислот, в песках считается вредным. Они, попадая вместе с песком в строительный раствор или бетонную смесь, обволакивают зерна песка и препятствуют полному сцеплению их с частицами вяжущего вещества. Разлагаясь, органические примеси создают излишние пустоты и поры, чем снижают технические свойства растворов, бетонов, штукатурок и искусственных камней. По ГОСТ 8735—65 содержание органических примесей в строительных песках определяется соответствующими эталонами колориметрической пробы. Колориметрическая проба основана на том, что органические вещества, находясь в дисперсном состоянии, при обработке их раствором едкого натра разлагаются и окрашивают раствор в желтый или коричневый цвет различной интенсивности. Интенсивность окраски тем сильнее, чем больше органического вещества подверглось действию раствора щелочи. Окраску раствора сравнивают с окраской эталона, т. е. раствора, в котором количество органических примесей предварительно точно определено.

При анализе песков в качестве эталона принята окраска 1%-ного раствора едкого натра, содержащего примерно 0,05% танина. Если окраска раствора, полученного в результате обработки песка едким натром, будет светлее окраски эталонного раствора, то такой песок по содержанию органических примесей считается удовлетворительным. При более темной и интенсивной окраске песок бракуется.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого песка; технические вссы с разновесом; две мензурки емкостью 250 мл каждая; мерный цилиндр; едкий натр; чистый этиловый спирт; танин; склянка с притертой пробкой; стеклянные бутылки; пипетка; водяная баня; лист чистой белой плотной бумаги.

Ход работы. Стандартный раствор для колориметрической пробы должен применяться в свежеприготовленном виде. Поэтому в лабораториях следует предварительно приготовить два раствора: первый — раствор танина, второй — раствор едкого натра. Для этого 2 г танина помещают в склянку из темного стекла и заливают 98 г 1%-ного водного раствора алкоголя; содер-

жимое склянки энергично взбалтывают до полного растворения, при этом склянка должна быть плотно закрыта притертой пробкой. Для приготовления 3%-ного раствора едкого натра растворяют 3 г NaOH в 97 мл дистиллированной воды. Смешивая и взбалтывая 2,5 мл раствора танина и 97,5 мл раствора едкого натрия, получают эталонный раствор. Эту смесь готовят за 24 ч до употребления.

Для испытания песков на колориметрической пробе мензурку емкостью 250 мл наполняют песком естественной влажности до деления 130, а затем туда вливают раствор едкого натрия до деления 200. Всю смесь несколько раз энергично перемешивают и оставляют на 24 ч. Во вторую, точно такую же мензурку наливают 5 мл раствора танина и дополняют его 3%-ным раствором едкого натра до деления 200. Смешав эти растворы, оставляют их также на 24 ч.

Интенсивность окраски обоих растворов сравнивают между собой, поставив обе мензурки рядом перед листом белой чистой бумаги.

Если окраска жидкости над песком в мензурке мало чем отличается от окраски эталонного раствора, то мензурку с песком и находящимся в ней раствором помещают в водяную баню и подогревают при температуре 60—70° в течение 2—3 ч. После этого оба раствора (испытываемый и эталонный) сравнивают повторно, после чего делают окончательное заключение о качестве песка по форме: «окраска раствора над песком . . . следовательно, песок . . . удовлетворяет требованиям ГОСТа».

§ 9. Определение содержания глинистых частиц в песке

Глинистые примеси в песках обычно бывают в виде отдельных комочков различной величины и в виде мельчайших частиц, представляющих собой глинообразующие минералы — преимущественно водные алюмосиликаты. При соответствующей обработке песка водой в присутствии пептизаторов, т. е. веществ, способствующих отталиванию друг от друга частиц коллоидной величины, глинистые комочки диспергируются до размеров глинистых частиц. Последние обычно бывают всегда мельче 0,005 мм.

Если песок, содержащий глину в виде примеси, подвергнуть отмучиванию так, чтобы из глинистой суспензии, находящейся над песком, были удалены частицы величиной более 0,005 мм, то можно считать, что в суспензии во взвешенном состоянии останутся только частицы, которые могут быть количественно определены.

Зависимость между размерами минеральных частиц и скоростью их осаждения в спокойной воде выражается формулой Стокса

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2(\gamma_{\text{ч}} - \gamma_{\text{ж}})g}} \text{ см,}$$

где v — скорость осаждения частиц, см/сек;

η — вязкость жидкости, в которой происходит осаждение, пз;

$\gamma_{\text{ч}}$ — удельный вес осаждающихся частиц, г/см³;

$\gamma_{\text{ж}}$ — удельный вес жидкости, в которой происходит осаждение, г/см³;

g — ускорение силы тяжести, см/сек².

Подставив значение $v = \frac{H}{t}$ (где H — высота осаждения, t — время осаждения) в приведенную выше формулу, получаем

$$r = \sqrt{\frac{9\eta H}{2(\gamma_{\text{ч}} - \gamma_{\text{ж}})gt}} \text{ см.}$$

Если осаждение одних и тех же частиц происходит в одной и той же жидкости и при постоянной температуре,

то выражение $\sqrt{\frac{9\eta}{2(\gamma_{\text{ч}} - \gamma_{\text{ж}})g}}$ будет постоянной величиной и может быть обозначено через K . Тогда $r = K\sqrt{\frac{H}{t}}$, а диаметр частиц $D = 2K\sqrt{\frac{H}{t}}$. Пользуясь этой формулой, можно определить время, необходимое для осаждения, $t = \frac{4K^2 H}{D^2}$ сек.

С изменением температуры, при которой производится осаждение, вязкость жидкости изменяется, в связи с этим изменяется и численное значение величины K . ГОСТ 8735—65 предлагает следующую зависимость между продолжительностью осаждения глинистых частиц

размером 0,005 мм на глубину 100 мм и температурой воды, в которой производится осаждение

Темпера- тура, град.	12	15	17	20	22	25
Время осаждения на глубину 100 мм, мин	130	120	114	105	100	94

В основу метода определения глинистых частиц положен процесс отделения их от основной массы песка отмучиванием при соответствующих условиях.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого песка; штампованное сито с отверстиями размером 5 мм; технические весы с разновесом; сушильный шкаф; толстостенный цилиндрический сосуд емкостью 2,5 л; толстая стеклянная палочка; мерная колба емкостью 2 л; два стеклянных градуированных цилиндра емкостью 1 л и диаметром 60—65 мм; две стеклянные пластинки длиной 450 мм и шириной 55 мм; два стеклянных сифона; аммиак 25%-ный; две мерных колбочки емкостью 100 мл.

Ход работы. Среднюю пробу анализируемого песка предварительно высушивают до постоянного веса, а затем просеивают через штампованное сито с отверстиями в 5 мм. От просеянного песка на технических весах взвешивают навеску в количестве 1000 г помещают в цилиндрический сосуд емкостью в 2,5 л и заливают 1 л дистиллированной воды. В этот же сосуд добавляют 4 мл 25%-ного раствора аммиака. Содержимое цилиндра энергично перемешивают стеклянной палочкой до полного смачивания всех частиц песка, после чего оставляют в покое на 24 ч, чтобы глинистые комочки, поглощая воду, распались на отдельные частицы. Затем осевший в цилиндре песок вновь интенсивно перемешивают палочкой до тех пор, пока смесь на глаз станет вполне однородной, и опять оставляют ее на 2 мин в покое, после чего мутную воду над осевшим песком сливают при помощи сифона в мерную колбу емкостью 2 л. Оставшийся в цилиндре песок промывают дистиллированной водой до полной прозрачности воды над песком (на каждое промывание расходуется 400 мл воды). При этом смесь тщательно перемешивают и далее дают ей отстояться в течение 2 мин, после этого воду над осевшим песком сливают в ту же мерную колбу, куда была слита первая

порция глинистой суспензии. Закончив промывку песка, содержимое колбы со слитой в нее водной суспензией глины дополняют до метки дистиллированной водой. Жидкость в мерной колбе взбалтывают и поровну разливают до метки в два градуированных на 1000 мл цилиндра. Закрыв ладонью каждый цилиндр, переворачивают его несколько раз, взбалтывая, таким образом, находящуюся в нем глинистую суспензию. После этого цилиндры быстро ставят на стол и опускают в них на 3 сек стеклянную пластинку шириной 50 мм и длиной 450 мм. Последняя успокаивает вызванное взбалтыванием хаотическое движение частиц в цилиндрах и создает для них условия более равномерного осаждения. Пластинку вынимают медленно и равномерно, чтобы не взболтать жидкость и в этот же момент включают секундомер, по которому отсчитывают время осаждения глинистых частиц. Одновременно измеряют температуру воды, в которой происходит осаждение. Далее устанавливают время, в течение которого частицы размерами 0,005 мм опустятся на глубину 100 мм. За 1 мин до истечения указанного выше промежутка времени в каждый цилиндр осторожно вводят наполненный водой сифон так, чтобы заборный конец его находился на глубине 100 мм от поверхности жидкости, после чего открывают зажимы у сифона. Первая порция жидкости в количестве 15 мл, выливающаяся из сифона, является чистой водой, которой предварительно был наполнен сифон. Эта вода практического интереса для определения количества глинистых частиц не представляет, поэтому ее выливают. Последующую порцию суспензии вливают в мерную стомиллиметровую колбу точно до метки и колбу с содержимым взвешивают на техноаналитических весах с точностью до 0,01 г. Затем суспензию выливают, колбу промывают, после чего ее наполняют точно до метки дистиллированной водой и опять взвешивают на тех же весах и с прежней степенью точности. Учитывая, что удельный вес глины составляет $2,65 \text{ г/см}^3$, а удельный вес воды равен 1 г/см^3 , получают, что 1 см^3 глины тяжелее 1 см^3 воды на $2,65 - 1 = 1,65 \text{ г}$. Разделив разность весов суспензии и чистой воды в объеме мерной колбы 100 мл на 1,65, получаем объем, занимаемый глиной, во взвешенной суспензии $\frac{(G_1 - G)}{1,65} \text{ см}^3$. Умножив эту вели-

чину на удельный вес глины, получим весовое выражение глины в объеме 100 мл суспензии $\frac{2,65 (G_1 - G)}{1,65}$.

Чтобы определить общее количество глинистых примесей, находящихся в первоначальной навеске песка 1000 г, необходимо выражение $\frac{2,65(G_1 - G)}{1,65}$ умножить на 10 (так как в колбу было отлито 100 мл суспензии из 1000 мл ее, находившейся в цилиндре) и на 2 (так как вся глина была размещена в двух литровых цилиндрах), а затем это количество глины выразить в процентах по отношению к первоначальной навеске песка

$$G_{ra} = \frac{2,65 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 100 (G_1 - G)}{1,65 \cdot 1000} \approx 3,22 (G_1 - G).$$

Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из двух параллельных определений. Результаты исследования записывают по форме, приведенной в табл. 41.

Результаты определений

Название материала	Время осаждения по ГОСТу, мин	Проба первого цилиндра			Проба второго цилиндра			Общее содержание глинистых частиц $G_{г\sum} \cdot 10^6$
		вес комбы с суспензией $G_{1,2}$	вес комбы с водой G_2	количество глинистых частиц $G_{г1} \cdot 10^6$	вес комбы с суспензией $G_{11,2}$	вес комбы с водой G_2	количество глинистых частиц $G_{г2} \cdot 10^6$	

Б. ЩЕБЕНЬ И ГРАВИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Гравий — это обломочная горная порода, образовавшаяся в результате естественного разрушения изверженных, осадочных и метаморфических горных пород и со-

стоящая в основном из обломков круглоокатанной или яйцевидной формы. Щебень представляет собой кусковой материал, полученный путем искусственного дробления изверженных, осадочных и метаморфических горных пород или путем дробления искусственных камней и камневидных или ноздреватых отходов различных производств.

Щебень и гравий используют в качестве строительного материала при сооружении шоссейных дорог и автострад, в качестве балластного слоя на железнодорожных путях, при постройке бетонных сооружений различного назначения и в качестве крупного заполнителя при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций. В связи с этим к щебню и гравию предъявляется ряд требований в отношении зернового состава, механической прочности, водопоглощаемости, морозостойкости, степени загрязненности вредными примесями и т. д. Эти требования нормируются соответствующими показателями, изложенными в ГОСТ 8268—62 (гравий для строительных работ), в ГОСТ 5578—65 (щебень из доменных шлаков) и в ГОСТ 8267—64 (щебень из естественного камня).

Качественная характеристика щебня и гравия и соответствие их требованиям ГОСТов в каждом отдельном случае устанавливается на основании данных технического анализа.

При изготовлении щебня часто приходится определять не только его свойства как строительного материала, но и свойства той исходной породы, из которой делается щебень, а именно: удельный и объемный веса, пористость, водопоглощение, предел прочности при сжатии, коэффициент размягчения.

При испытании щебня и гравия определяют объемный насыпной вес, пустотность, влажность, водопоглощение, гранулометрический состав, количество пылевидных частиц, количество лещадных и игловатых частиц, прочность на истирание, сопротивление удару, морозостойкость замораживанием и по сульфатной пробе, количество органических примесей по колориметрической пробе. Для щебня, полученного из диатомитов и трепелов, дополнительно определяют размокаемость, а для щебня, полученного из доменного шлака, — устойчивость структуры.

§ 10. Определение удельного веса горной породы, используемой для получения щебня

Так как щебень представляет собой продукт механического измельчения тех или иных горных пород, то естественно, что удельный вес щебня должен быть таким же, как и удельный вес исходной породы. Во время дробления горная порода раскалывается на куски различной величины, состоящие из минералов, входящих в породу. Удельный вес породы представляет собой средний удельный вес этих минералов и в таком количественном соотношении, в каком они присутствуют в породе. Поэтому определение удельного веса исходной горной породы дает наиболее точные показатели удельного веса щебня, полученного из этой породы.

Оборудование и материалы: средняя проба горной породы или щебня и гравия; металлическая пластинка; молоток; фарфоровая и агатовая ступки с пестиком; бюксы средней величины; сушильный шкаф с термометром; эксикатор; безводный CaCl_2 или крепкая H_2SO_4 кислота; кисточка; стеклянная воронка; два пикнометра; песчаная или водяная баня; лист глянцевой бумаги; металлическая щетка; аналитические весы.

Ход работы. Удельный вес исходной породы, так же как и удельный вес щебня или гравия, определяют пикнометрическим методом.

Для этого из средней пробы отбирают наиболее характерные куски ее общим весом не менее 1 кг. При определении удельного веса щебня или гравия величина средней пробы должна составлять при наибольшей крупности зерна в 10 мм — 0,5 кг, при 20 мм — 1 кг, при 40 мм — 2,5 кг и при крупности 70 мм — 5 кг. Отобранную пробу очищают щеткой от грязи и пыли, затем дробят до 5 мм и сокращают квартованием до 150 г, подвергая повторному измельчению до 1,25 мм. Эту пробу сокращают до 30 г, растирают в агатовой ступке, потом высушивают в сушильном шкафу при 105—110°, охлаждают в эксикаторе с крепкой H_2SO_4 или над хлористым кальцием, где и хранят до начала определения. Из этой массы отвешивают на аналитических весах две навески по 10 г каждая и проводят два параллельных определения по методике, указанной на стр. 66. При получении сходящихся результатов, т. е. таких, расхожде-

ние между которыми не превышает $0,02 \text{ г/см}^3$, величину удельного веса рассчитывают как среднеарифметическое из этих двух определений. При большем расхождении определение проводят заново с новыми порциями материала.

§ 11. Определение объемного веса исходной горной породы, используемой для получения щебня, и объемного веса гравия и щебня

Горные породы, используемые для приготовления щебня, не являются абсолютно плотными, а содержат микрощели, микротрещины и газовоздушные включения различной величины. Поэтому объемный вес их всегда несколько меньше удельного веса и чем больше эта разница, тем больше пор, пустот и газовоздушных включений содержит в себе эта порода.

Определение объемного веса исходной горной породы.

Оборудование и материалы: средняя проба исходной горной породы; камнерезательная машина для выпиливания образцов; металлические щетки; сушильный шкаф с термометром; техноаналитические весы с разновесом; ванна для насыщения образцов водой; мягкая ткань; гидростатические весы; ванна для парафинирования образцов; парафин; нитки; металлическая пластинка; штангенциркуль.

Ход работы. Определение объема горной породы сопряжено с некоторыми трудностями, вызываемыми пористостью и зачастую неправильной геометрической формой образца. В этом случае лабораторная практика предусматривает три метода определения объема исходной породы: 1) гидростатическое взвешивание образца, насыщенного водой; 2) гидростатическое взвешивание образца с предварительно опарафинированной поверхностью и 3) вычисление объема на основании трехмерных измерений образца. В качестве образцов используют пять наиболее характерных кусков породы размерами в поперечнике около 40—70 мм. Отобранные образцы тщательно очищают стальной щеткой от случайных поверхностных загрязнений и примесей, высушивают в сушильном шкафу при температуре несколько выше 100° до постоянного веса. Затем определяют объем каждого образца.

Определение объема по первому способу осуществляется так: образец погружают в ванну, которая затем медленно наполняется водой комнатной температуры

с таким расчетом, чтобы уровень воды был на 20 мм выше уровня образцов, и образцы в воде выдерживают в течение 2 ч. После чего вынимают из ванны, вытирают влажной тканью и дважды взвешивают сначала в воздухе, а затем в воде на гидростатических весах. Объемный вес образца определяют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G}{G_1 - G_2} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес образца, г;

G_1 — вес образца в воздухе, г;

G_2 — вес образца в воде, г;

$G_1 - G_2$ — вес воды, вытесненной образцом, равный весу воды в объеме образца, г.

Объемный вес находят как среднее арифметическое из пяти определений различных образцов.

Результаты определения объемного веса по первому методу, т. е. путем гидростатического взвешивания образца, насыщенного водой, записывают по форме, приведенной в табл. 42.

Таблица 42

Результаты определений

Название материала	Номер образца	Вес образца, г			Объемный вес, г/см ³	
		сухого G	насыщенного водой G_1	насыщенного водой в воде G_2	каждого образца	средний

Если горная порода очень пористая, объемный вес ее удобнее определять по второму способу. Отобранные для испытания образцы в таком же количестве и тех же размеров предварительно очищают, высушивают и взвешивают точно так же, как и в предыдущем способе. Затем образец на несколько секунд осторожно погружают в расплавленный горячий парафин для образова-

ния по всей поверхности образца сплошной, закрывающей поры парафиновой пленки толщиной не более 1 мм. Охлаждение образца и отверждение парафина происходит на воздухе. В парафиновой пленке могут быть проколы, образующиеся в результате просачивания из пор образца нагретого воздуха, а также не покрытые парафином участки, называемые лысинами. Эти дефекты дополнительно заделывают парафином, нанесенным на разогретую пластинку. Запарафинированные образцы взвешивают на воздухе, а затем повторно взвешивают в воде на гидростатических весах. Величину объемного веса каждого образца вычисляют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G'}{G'_1 - G'_2 - \frac{G'_1 - G'}{\gamma_n}} \text{ г см}^3,$$

где G' — вес сухого образца в воздухе, г;
 G'_1 — вес запарафинированного образца в воздухе, г;
 G'_2 — вес запарафинированного образца в воде, г;
 $\gamma_n = 0,93 \text{ г/см}^3$ — удельный вес парафина;
 $\frac{G'_1 - G'}{\gamma_n}$ — суммарный объем парафинового слоя на поверхности образца.

Окончательное значение величины объемного веса породы вычисляют как среднее арифметическое из пяти сходящихся определений.

Результаты определения объемного веса путем гидростатического взвешивания образца с предварительно опарафинированной поверхностью записывают по форме, приведенной в табл. 43.

Определение объемного веса плотных горных пород обычно производят на образцах цилиндрической ($H = 50 \text{ мм}$, $D = 50 \text{ мм}$) или кубической формы $50 \times 50 \times 50 \text{ мм}$. Первые представляют собой образцы, полученные при буровых работах геологической разведки, вторые — кубики, специально выпиленные для определения величины предела прочности при сжатии. Для испытания используют не менее трех образцов. Перед определением образцы очищают от пыли, высушивают и взвешивают. Затем для определения объема каждый образец подвергают обмеру штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Таблица 44

Результаты определений

Наименование материала	Модуль упругости	Вес образца, г	Размеры по верхнему основанию, см				Размеры по нижнему основанию, см				Значение S_{cp}	Размеры по высоте, см				Объемный вес, г/см ³		Примечание
			a	a'	b	b'	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{a'+b'}{2}$	c	c'		$\frac{c+c'}{2}$	d	d'	$\frac{d+d'}{2}$	s_n	h	

Таблица 45

Результаты определения

[illegible]

d и d' — величины вторых двух противолежащих ребер нижней грани куба, см;
 h ; h_1 ; h_2 ; h_3 — величины каждого из четырех ребер, перпендикулярных к верхней и нижней граням куба, см.

При использовании цилиндрических образцов объем образца определяют так же, как и объем куба, по формуле (рис. 47)

$$V = \frac{\pi (h + h_1 + h_2 + h_3) [(a + a')^2 + (b + b')^2]}{128} \text{ см}^3,$$

где h , h_1 , h_2 , h_3 — величины четырех измерений высоты, см;

a и a' — величины измерений взаимноперпендикулярных диаметров верхнего основания см;

b и b' — величины измерений взаимноперпендикулярных диаметров нижнего основания цилиндра, см.

Объемный вес образца вычисляют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G}{V} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес образца, г;

V — объем образца, см³.

Результаты определения для образцов кубической формы записывают по форме, приведенной в табл. 44, а для образцов цилиндрической формы — в табл. 45.

Определение объемного веса гравия или щебня.

Оборудование и материалы: средняя проба щебня или гравия; доска и молоток; стандартный набор сит для просева гравия или щебня; лабораторные грохот и дробилка; технические весы с разновесом; сушильный шкаф с термометром; эмалированный кювет или противень; ванна для замачивания щебня или гравия; весы для гидростатического взвешивания; сетчатый или металлический перфорированный стакан; холщевая ткань.

Ход работы. Объемный вес гравия или щебня определяют путем гидростатического взвешивания. Для этого берут среднюю пробу в 2,5 кг, если крупность зерен не превышает 40 мм, и 5 кг при зернистости более 40 мм. Последнюю дробят вручную или при помощи дробилок лабораторного типа до зернистости, не превышающей 40 мм. Измельченную таким образом пробу высу-

шивают в сушильном шкафу до постоянного веса, а затем просеивают сквозь сито с величиной отверстий, соответствующей наименьшему размеру зерен заданной фракции. Величину объемного веса щебня или гравия вычисляют как среднее арифметическое из двух параллельных навесок по 1000 г. В процессе определения каждую навеску предварительно насыщают водой, а затем протирают влажной тканью и помещают в сетчатый или металлический стакан с перфорированными стенками и дном. В этом стакане навеску взвешивают сначала в воздухе, а затем в воде. Объемный вес материала подсчитывают по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G}{G_1 - G_2} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес сухой навески, г;

G_1 — вес навески, насыщенной водой, г;

G_2 — вес навески в воде, г.

Результаты исследования записывают в форму, приведенную в табл. 46.

Определение насыпного веса щебня или гравия для пересчета весового выражения в объемное и обратно осуществляется путем взвешивания предварительно высушенной навески этого материала в мерной таре. Сначала взвешивают мерную тару, затем с высоты 10 см ее наполняют испытуемым материалом. Избыток последнего снимают так, чтобы материал был вровень с края-

Таблица 46

Результаты определений

Название материала	Вес, г			Объемный вес, г/см ³		Примечание
	сухой навески G	навески, насыщенной водой G_1	насыщенной водой навески в воде G_2	отдельной пробы	средний	

мм тары, после чего взвешивают тару с навеской. Емкость тары подбирают в зависимости от зернистости материала. При наибольшей зернистости материала 10 мм емкость тары должна составлять 5 л, до 20 мм — 10 л, до 40 мм — 20 л и свыше 40 мм — 50 л. Насыпной объемный вес рассчитывают по формуле

$$\gamma_{об.н} = \frac{G_2 - G_1}{V} \text{ кг/л,}$$

где G_1 — вес мерной тары, кг;

G_2 — вес материала вместе с тарой, кг;

V — объем тары, л.

§ 12. Определение пористости горной породы

Пористость горной породы можно определить расчетным путем, если известны удельный и объемный веса ее. Величину пористости вычисляют с точностью до 0,5% по формуле

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma} \right) \cdot 100\%,$$

где $\gamma_{об}$ — объемный вес породы, г/см³;

γ — удельный вес породы, г/см³.

§ 13. Определение водопоглощения гравия, щебня или исходной горной породы

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой породы; технические весы с разновесом; металлическая щетка; ванна с сеткой для насыщения образцов водой; сушильный шкаф; холщевая ткань.

Ход работы. Водопоглощение исходной породы, а также щебня и гравия можно определить либо на кусковом материале размером в поперечнике 40—70 мм, либо на образцах в форме куба, специально вырезанных из породы для определения ее механических свойств, либо, наконец, на образцах цилиндрической формы, полученных во время буровых геологоразведочных работ. Образцы предварительно очищают металлической щеткой, затем высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—100° до получения постоянного веса. Затем

образцы помещают в ванну, на сетку, находящуюся на расстоянии 20 мм от дна ванны, и медленно заливают водой с таким расчетом, чтобы уровень ее был на 20 мм выше образцов. В воде образцы выдерживают 48 ч, после чего протирают влажной тканью и взвешивают.

Водопоглощение каждого образца подсчитывают по формуле с точностью до 0,01 %

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес образца, насыщенного водой, г;

G — вес сухого образца, г.

Водопоглощение породы определяют одновременно на трех образцах.

Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из трех определений.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 47.

Таблица 47

Результаты определений

Название материала	Номер образца	Вес, г			Водопоглощение образца, %	Водопоглощение породы, %	Примечание
		образца, насыщенного водой	сухого образца	воды в порах образца			

§ 14. Определение величины предела прочности при сжатии исходной горной породы

Одним из факторов, определяющих прочность бетона, является прочность заполнителей, количество которых в обычных бетонах составляет примерно около 85%. Соотношение между крупным и мелким заполнителем, т. е. между щебнем (или гравием) и песком в среднем равно 2 : 1, а поэтому количество крупного заполнителя

в бетоне — около 60%. Прочность крупного заполнителя должна быть выше прочности того бетона, для которого применяют заполнитель. В зависимости от заданной прочности бетона, для которого готовится щебень, величина предела прочности при сжатии щебня, а следовательно, и исходной породы для обычного бетона должна быть в 2 раза больше, а для бетонов марки 150 и выше, не подвергающихся замерзанию, — в 1,5 раза больше марки бетона. В связи с этим по ГОСТ 8267—56 величина предела прочности при сжатии исходной породы не должна быть меньше заданной величины предела прочности при сжатии щебня. Поэтому для получения щебня марок 1200, 1000 и 800 используют изверженные горные породы, для щебня марок 1200, 1000, 800, 600 — метаморфические породы и для щебня марок 1200, 1000, 800, 600, 400, 300 и 200 — осадочные породы. Величину предела прочности при сжатии исходной породы определяют экспериментальным путем на образцах, предварительно насыщенных водой.

Оборудование и материалы: средняя проба исследуемой породы; камнерезательная машина лабораторного типа или бурильный станок; стальная щетка; штангенциркуль; ванна для насыщения образцов водой; шлифовальный станок; гидравлический пресс.

Ход работы. Величину предела прочности при сжатии исходной горной породы определяют путем раздавливания изготовленных из этой породы образцов кубической или цилиндрической формы. Кубики размером $50 \times 50 \times 50$ мм выпиливают из исходной породы на камнерезательном станке (вытесывать образцы, как это иногда делают, не рекомендуется, так как при теске в образце частично образуются мелкие трещины, снижающие его прочность и искажающие в дальнейшем результаты испытаний). Образцы цилиндрической формы * высотой 50 мм и диаметром оснований 50 мм изготавливают с помощью бурильного станка.

Если горная порода, подвергающаяся испытанию, имеет слоистое строение, то образцы должны изготавливать так, чтобы слоистость образца располагалась во время испытания перпендикулярно направлению дейст-

* Размеры цилиндрических образцов, полученных из геологоразведочных кернов породы, могут быть высотой от 40 до 110 мм при условии, что диаметр такого образца равен его высоте.

вия сжимающих усилий. Грани образца, воспринимающие при испытании нагрузку, должны быть плоскими и строго параллельными друг другу. Поэтому грани куба, а также верхнее и нижнее основания цилиндров тщательно шлифуют.

Правильность формы образцов при дошлифовке проверяют калибром или стальным угольником, соответствующие размеры — штангенциркулем. Площадь поперечного сечения куба рассчитывают по формуле

$$S_k = \frac{1}{8} [(a + a')(b + b')] + [(c + c')(d + d')] \text{ см}^2,$$

где a и a' — величины двух противоположащих ребер верхней грани куба, см;

b и b' — величины двух других противоположащих ребер той же верхней грани куба, см;

c и c' — величины двух противоположащих ребер нижней грани куба, см;

d и d' — величины вторых двух противоположащих ребер нижней грани куба, см;

а площадь поперечного сечения цилиндра по формуле

$$S_n = \frac{\pi}{32} [(a + a')^2 + (b + b')^2] \text{ см}^2,$$

где a и a' — величины двух взаимно перпендикулярных диаметров верхнего основания цилиндра, см;

b и b' — величины двух взаимно перпендикулярных диаметров нижнего основания цилиндра, см.

Для испытания на сжатие готовят пять образцов, которые очищают от пыли и загрязнений, затем насыщают водой (см. стр. 189), после чего вытирают влажным холстом и тотчас же подвергают сжатию на гидравлическом прессе, повышая давление на 3—5 кгс/см² в 1 сек. Величину предела прочности при сжатии вычисляют по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{P}{S_n} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — величина разрушающей нагрузки, кгс;
 S — площадь поперечного сечения образца, см².

Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое из испытаний всех образцов (в расчет не берут ~~бсм~~ ^{бсж} которые в три и более раз отличаются от среднего значения величины ~~бсм~~ ^{бсж}). Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 48.

Т а б л и ц а 48

Результаты определения

	Наименование материала
	Номер образца
	Основные размеры, см
	a
	a'
	b
	b'
	c
	c'
	d
	d'
	Параметры поперечного сечения, мм ²
	Разрушающая нагрузка P кгс
	Предел прочности при сжатии σ кгс/см ²

§ 15. Определение коэффициента размягчения исходной горной породы

Горные породы преимущественно метаморфического и осадочного происхождения, обладающие различной степенью открытой пористости, при смачивании водой поглощают ее. Вода, проникая в породу, частично растворяет некоторые ее составные части, частично их вымывает. Вследствие этого связь между отдельными составными частями породы несколько ослабевает, и механическая прочность последней падает. Снижение механической прочности породы выражается тем сильнее, чем больше эффект разрушения ее водой.

Количественно это явление характеризуется так называемым коэффициентом размягчения K_p , представляющим собой отношение величины предела прочности при сжатии породы в состоянии полного водонасыщения $\sigma_{жж}$ к величине предела прочности при сжатии ее

в совершенно сухом состоянии $\sigma_{сж}$. Коэффициент размягчения, вычисленный с точностью до 0,01, выражается формулой

$$K_p = \frac{\sigma'_{сж}}{\sigma_{сж}}$$

Определение величины $\sigma'_{сж}$ и $\sigma_{сж}$ производится по методике, изложенной в гл. V § 14. Предварительное высушивание образцов перед их испытанием в сухом состоянии проводится в обычных сушильных шкафах при температуре 105—110°.

§ 16. Определение объема пустот в крупном заполнителе

Отношение суммарного объема пустот, заключенных между частицами рыхлозернистого материала, к полному объему материала, в процентах, принято называть объемом пустот, или пустотностью материала.

Пустотность крупного заполнителя при проектировании и составлении бетонных смесей имеет важное техническое значение и служит основанием для количественного определения мелкого заполнителя в бетонных смесях. Если известны объемный и насыпной веса крупного заполнителя, то пустотность его можно определить расчетным путем. Насыпной вес рыхлой зернистой породы может быть определен либо в рыхлом, либо в уплотненном состоянии. В зависимости от этого величина пустотности будет выражена различными цифрами. В производственных условиях при определении пустотности величину насыпного веса заполнителя берут для уплотненного состояния. Пустотность вычисляют с точностью до 0,5

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{об.н}}}{\gamma_{\text{об}} \cdot 1000} \right) \cdot 100\%,$$

где $\gamma_{\text{об.н}}$ — величина насыпного веса заполнителя, кг/м^3 ;
 $\gamma_{\text{об}}$ — величина объемного веса заполнителя, г/см^3 .

Определение $\gamma_{\text{об.н}}$ и $\gamma_{\text{об}}$ производится по методике, описанной в гл. V, § 11, запись результатов — по форме, приведенной в табл. 49.

Результаты определений

Название материала	Вес, г/см ³		Пустотность, %	Примечание
	объемный	насыпной		

§ 17. Определение влажности щебня или гравия

Влажность крупного заполнителя (щебня или гравия) определяют обычным весовым способом путем взвешивания навески испытуемого материала сначала с естественной влажностью G_1 , а затем в высушенном состоянии G . Величина средней пробы по ГОСТ 8269—64 должна составлять для гравия при крупности зерна до 10 мм — 0,5 кг, при крупности до 40 мм — 2,5 кг, при крупности до 70 мм — 5 кг и свыше 70 мм — 10 кг. Влажность заполнителя определяют по формуле

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100\%.$$

Форма записи и перечень необходимой аппаратуры приведены на стр. 194.

§ 18. Определение содержания пылевидных, глинистых и илистых частиц в щебне или гравии

Глинистые, пылевидные и илистые частицы, покрывая поверхность зерен заполнителя, препятствуют сцеплению его с цементным камнем и этим снижают прочность бетона. Допустимое количество этих примесей в гравии и щебне нормируется соответствующими ГОСТами. По ГОСТ 8267—56 количество пылевидных и глинистых частиц в щебне может быть не более 2% при марке щебня 200—400 и не более 1% при марке щебня 600—1200. По ГОСТ 8268—62 содержание этих же примесей в гравии допускается не более 1%. Количественное определение этих примесей осуществляется путем отмучивания.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого материала; большой кювет; сушильный шкаф с термометром; технические весы с разновесом к ним; цилиндрический стеклянный сосуд для промывания испытуемого вещества; толстая стеклянная или деревянная палочка для перемешивания промываемого материала; сифон для слива грязной воды.

Ход работы. Среднюю пробу испытуемого материала (гравия или щебня) предварительно высушивают до получения постоянного веса в сушильном шкафу. Навеску сухой пробы в количестве 5 кг при зернистости материала до 40 мм и 10 кг при зернистости свыше 40 мм помещают в емкий цилиндрический сосуд, заливают водой так, чтобы уровень ее в сосуде находился на 20 см выше промываемого материала. Все это энергично перемешивают, затем на 2 мин оставляют в покое, после чего при помощи сифона сливают мутную воду в другой сосуд. Сливной конец сифона должен быть погружен в воду так, чтобы он находился на 3 см выше промываемого материала. Потом в сосуд с промываемым материалом повторно вливают новую порцию чистой воды до прежнего уровня и операцию промывания повторяют в таком же порядке до тех пор, пока после отстаивания в течение 2 мин предварительно хорошо перемешанной смеси щебня с водой, вода над щебнем не будет совершенно прозрачной. Промытый таким образом материал извлекают из промывного сосуда в кювет, помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянного веса, после чего взвешивают на тех же весах с прежней степенью точности *. Потеря в весе исходной навески представляет собой весовое выражение отмытых глинистых и пылевидных частиц и вычисляется с точностью до 0,1 % по формуле

$$O_{\text{тм}} = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100\%,$$

где G — вес исходной навески, г;

G_1 — вес той же навески после отмучивания, г.

Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 50.

* Промытый и высушенный материал следует сохранить для определения зернового состава.

Результаты определений

Название материала	Вес, г			Количество пылевидных и глинистых примесей, %	Примечание
	исходной навески Q	промытой навески Q_1	пылевидной глинистой и илистой фракции $Q-Q_1$		

§ 19. Определение гранулометрического состава щебня или гравия

Наряду с механической прочностью, термостойкостью, пористостью и другими свойствами заполнителя существенное влияние на структуру бетона и, следовательно, на его технические свойства оказывает гранулометрический состав. Хорошим гранулометрическим составом считается такой гранулометрический состав заполнителей, при котором в бетонах относительно сохраняется принцип плотнейшей укладки, т. е. когда между крупными зернами располагаются зерна средней величины, а пространство между этими зернами заполняется мелкой фракцией. При такой зернистости роль цементного теста сводится к тому, чтобы покрыть равномерным слоем всю поверхность зерен заполнителя и, схватившись и затвердев, цементировать их в один сплошной монолит. По ГОСТ 8268—62, 8267—56 и 5578—65 предусматриваются следующие фракции зернистости щебня или гравия: первая фракция от 3—5 до 10 мм, вторая — от 10 до 20—25 мм, третья — от 20 до 40 мм и четвертая — от 40 до 70 мм. В строительной практике при использовании щебня и гравия в качестве заполнителей обычно используют материал, состоящий из зерен всех размеров с постепенным переходом от крупных к средним, а затем к мелким фракциям.

В зависимости от гранулометрического состава различают несколько сортов щебня и гравия: рядовой, или

нефракционированный, т. е. с естественным гранулометрическим составом, получаемым из карьера или при дроблении исходной породы на соответствующих дробильных машинах; сортовой — с предварительно преднамеренно подобранным составом и, наконец, фракционированный, т. е. разделенный грохочением рядового заполнителя на отдельные фракции заданной величины зерна.

При подборе заполнителя для бетонов обращается особое внимание на гранулометрический состав его. Последний определяется для нефракционированного заполнителя и для заполнителя той или иной определенной фракции.

Гранулометрический состав нефракционированного заполнителя характеризуется кривой просеивания и модулем крупности.

Оборудование и материалы: средняя проба заполнителя; стандартный набор сит с величиной отверстий 0,14, 3,5, 10, 15, 20, 25, 40 и 70 мм в свету; весы с разновесом; сушильный шкаф с термометром; кюветы, лист чистой бумаги.

Ход работы. Для определения гранулометрического состава крупного заполнителя от партии его отбирают среднюю пробу в количестве 5 кг при максимальной крупности его в 10 мм; 10 кг — до 20 мм; 20 кг — до 40 мм; 30 кг — до 70 мм и свыше 70 мм — 50 кг. Если отобранная проба заполнителя загрязнена глинистыми и илистыми примесями, ее замачивают в сосуде, наполненном водой, до полного размокания и распускания этих примесей в воде. Затем каждое сито стандартного набора тщательно промывают, высушивают и взвешивают, после чего собирают их в один комплект. На верхнее сито собранного комплекта переносят среднюю пробу и, приводя комплект сит в колебательное состояние, просеивают ее при непрерывном промывании водой*. Просев, прошедший вместе с водой сквозь сито с величиной отверстия 0,14 мм, отбрасывают. Каждое сито вместе с остатком высушивают до постоянства веса и взвешивают. По разности между весом сита с остатком и первоначальным весом пустого сита определяют частные остатки на каждом сите (g ; g_1 ; g_2 ; g_3 и т. д.). Скла-

* Во время просеивания толщина слоя просеиваемого на каждом сите материала не должна превышать наибольший размер зерен отсеиваемой на данном сите фракции.

дывая их, находят суммарный вес просеянной пробы, т. е.

$$\Sigma G = g + g_1 + g_2 + g_3 + \dots 2.$$

Пользуясь этими данными, вычисляют частные остатки на каждом сите, выражая их в % по отношению к всей навеске, откуда $a_n = \frac{g_n}{\Sigma G} \cdot 100\%$ и полные остатки на каждом сите, из которых каждый остаток равен сумме всех частных остатков на данном и на всех предшествующих ситах с большим размером отверстий*.

Модуль крупности подсчитывают по формуле

$$M_k = \frac{A_{70} + A_{40} + A_{25} + A_{20} + A_{10} + A_5 + A_3}{100}.$$

На основании данных, полученных при ситовом анализе в прямоугольной системе координат, строят кривую

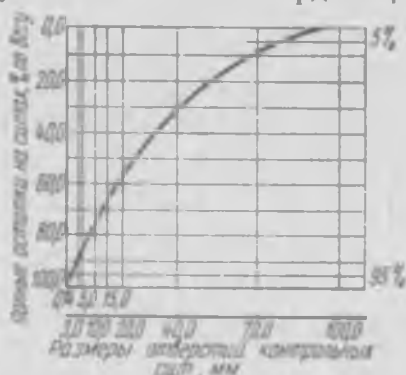


Рис. 48. Кривая просеивания

просеивания, которая характеризует собой зерновой состав нефракционированного заполнителя. По горизонтали откладывают в соответствующем масштабе размеры отверстий набора сит в возрастающем порядке, по вертикали — величины полных остатков на каждом сите в убывающем порядке, т. е. от 100 до 0 (рис. 48).

При построении графика 0% соответствует предельной, найденной с помощью калибра величине зерна, или размеру отверстия того сита, на котором остаток равен

* Если на сите с величиной отверстия 70 мм в свету имеется остаток, определяют с помощью калибров наибольшую величину зерен.

нулю. 100% соответствует сити с отверстиями в 0,14 м.м. Найденные на графике точки соединяют между собой сплошной линией, которая и представляет собой кривую просеивания. Чтобы найти $D_{\text{наиб}}$ и $D_{\text{наим}}$, на участке параллельно оси абсцисс проводят две прямые через точки, соответствующие 5 и 95%. Пересечение этих прямых с кривой просеивания определяет точки, соответствующие $D_{\text{наиб}}$ и $D_{\text{наим}}$ величине зерен, содержащихся в исследуемом заполнителе.

$D_{\text{наиб}}$ представляет собой такую зернистость материала, которая соответствует наиболее крупной величине отверстия того сита, полный остаток на котором не превышает 5% исходной навески. $D_{\text{наим}}$ соответствует наименьшей величине отверстия в сите, через которое проходит не более 5% исходной навески. Результат анализа записывается по форме, приведенной в табл. 51.

Таблица 51

Результаты определений

Название материала	Величина исходной навески, г	Номер сита или величина отверстия	Вес, г			Чистый остаток, %	Полный остаток, %
			сита с истощением	сита без остатка	остатка		

§ 20. Определение содержания пластинчатых и игловатых зерен в щебне или гравии

Пластинчатыми (лещадными) и игловатыми называют такие зерна, длина которых в три и более раза больше их ширины или толщины. Пластинчатые и игловатые зерна заполнителя нарушают структуру бетона и создают в нем пространства, неравномерно заполненные цементным тестом. Такая структура бетона приводит к образованию микрощелей, чрезмерное количество которых снижает марочность. По ГОСТ 8268—62 и ГОСТ 8267—56 содержание пластинчатых и игловатых зерен в щебне и гравии не должно превышать 15%. Для опреде-

ления содержания этих зерен в заполнителе используют остатки на ситах, полученные при определении гранулометрического состава щебня или гравия. При этом от фракции 5—10 мм берут 0,25 кг, от фракции 10—20 мм — 1,0 кг, от фракции 20—40 мм — 5,0 кг и от фракции 40—70 мм — 15 кг и, рассыпав их на листе чистой белой бумаги, выбирают из общей массы зерна пластинчатой и игловатой формы. В сомнительных случаях измеряют зерна шаблоном или штангенциркулем и находят отношение длины их к толщине или ширине. Для определения количества игловатых и пластинчатых зерен взвешивают все отобранные зерна игловатой и пластинчатой формы, а затем зерна правильной формы. Расчет ведут с точностью до 1% по формуле

$$П = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес пластинчатых и игловатых зерен, г;

G_2 — вес остальных зерен, г.

Результат записывают по форме, приведенной в табл. 52.

Таблица 52

Результаты определений

Название материала	Вес, г		Количество пластинчатых и игловатых зерен, %	Примечание
	пластинчатых и игловатых зерен	оставшихся зерен		

§ 21. Определение истираемости щебня или гравия

К щебню и гравия, используемым в дорожном строительстве, ГОСТ 8268—62, предъявляют ряд требований в отношении прочности на истирание (табл. 53).

Истираемость щебня и гравия определяется в полочном барабане (рис. 49), представляющем собой полый стальной цилиндр диаметром 700 мм и длиной 500 мм, расположенный горизонтально и вращающийся со скоро-

Требования, предъявляемые к гравию и щебню

Марка щебня или гравия	Потеря в весе после испытания, %	Марка щебня или гравия	Потеря в весе после испытания, %
И20	до 20	И155	46—55
И130	21—30	И170	56—70
И45	31—45		

стью 30—33 об./мин. Вдоль внутренней поверхности этого цилиндра, на образующей, расположена стальная полка шириной 100 мм. Вместе с испытуемым материалом в барабан загружают стальные или чугунные шары диаметром около 48 мм и весом от 405 до 450 г каждый, которые при вращении барабана истирают испытуемый материал.

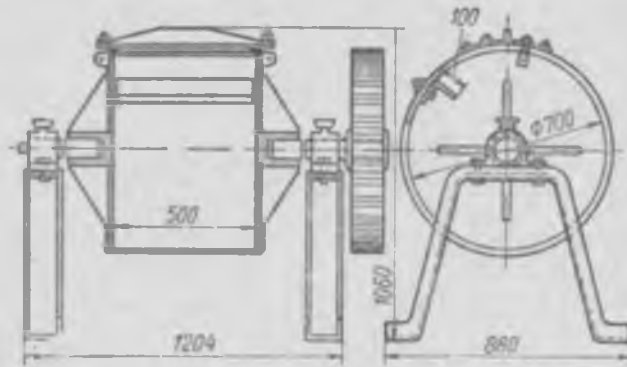


Рис. 49. Полочный барабан

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого материала; технические весы с разновесом; стандартный набор сит с отверстиями в 40; 30; 20; 10 и 3 мм; полочный барабан с набором шаров.

Ход работы. Процесс определения истираемости состоит из следующих операций: подготовки навески щебня или гравия; истирания этой порции материала во вращающемся полочном барабане, отделения испытуе-

Общий показатель истираемости I для данного материала определяют как среднее арифметическое из двух отдельных навесок. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 54.

§ 22. Определение сопротивления удару щебня или гравия

Механические свойства щебня и гравия (для дорожного строительства), кроме предела прочности при сжатии и сопротивления износу при истирании, принято характеризовать сопротивлением удару. В этом отношении ГОСТы рекомендуют следующие марки гравия и щебня: 75, 50, 40 и 30. Каждой из этих марок соответствует определенная величина сопротивления удару на копке ПМ. Эта величина выражается такими цифрами: для марки 75У — 75 и выше, для марки 50У — от 50 до 74, для марки 40У — от 40 до 49 и для марки 30У — от 30 до 39. Величину показателя сопротивления удару на копке ПМ рассчитывают по формуле

$$Y = \frac{25}{4 - A},$$

где A — показатель крупности материала после испытания на удар, который представляет собой отношение суммы полных остатков на ситах 0,5, 1, 3 и 5 мм (B_1 ; B_2 ; B_3 ; B_4) к весу всей испытуемой навески щебня или гравия (G)

$$A = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{G}.$$

Процесс определения показателя сопротивления удару состоит из следующих операций: подготовки средней пробы к испытанию; проверки работы и регулирования копра; испытания и подсчета на основании полученных результатов величины показателя сопротивления.

Оборудование и материалы: средняя проба щебня или гравия; технические весы с разновесом; набор сит с величиной отверстий 0,5; 1; 3; 5; 20 и 40 мм, копер ПМ (полный комплект); весы с разновесом.

Ход работы. Испытанию подвергается щебень или гравий, который не содержит более 1% глинистых или илистых загрязнений. В противном случае заполни-

тель промывают и высушивают. Перед испытанием материал просеивают на ситах с величиной отверстий 20 и 40 мм. Просев отбрасывают. Остаток на сите 40 мм дробят и повторно просеивают. Из остатка на сите в 20 мм берут две навеси; вес каждой из них должен быть равен

$$G = 500\gamma_n,$$

где 500 — объем ступки, см^3 ;

γ_n — насыпной вес, г/см^3 (γ_n определяется по методике, описанной в гл. V, § 11).

Каждую из полученных навесок подвергают ударному испытанию на однобойковом копре ПМ (рис. 50), состоящем из металлической плиты 1, покоящейся на чугунном или бетонном фундаменте. К плите строго вертикально прикреплены две колонны 2, скрепленные между собой сверху траверсой 4. Колонны являются направляющими для падающего бойка 3 весом 5 кг. На плите ниже бойка на 50 см помещается оставшаяся ступка 5 емкостью 500 см^3 , которая свободно может поворачиваться вокруг своей оси. Нижний конец бойка заканчивается зубчатой пластиной. Вертикальность установки копра и попадание бойка в ступку проверяется перед каждым испытанием.

Одну из смесей испытуемого материала помещают в ступку, боек выводят из зацепления и предоставляют ему возможность свободно падать в ступку на испытуемый материал 40 раз. После каждого удара ступку поворачивают на 45° , после этого опыт с данной навеской можно считать законченным. Содержимое ступки просеивают через набор сит, состоящий из сит с величиной отверстия 5 и 3, 1 и 0,5 мм. Остатки на ситах взвешива-

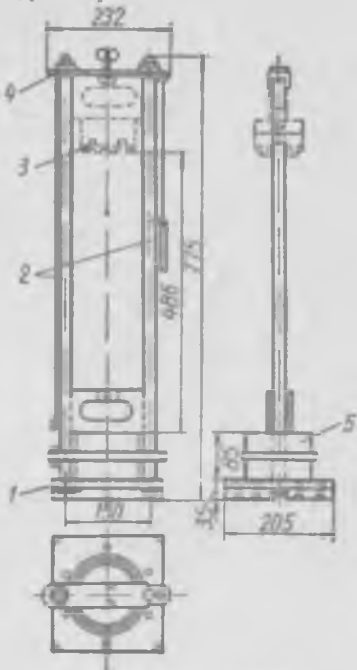


Рис. 50. Копер ПМ

ют, а затем определяют величину полных остатков на каждом сите. По этим данным, пользуясь формулой $A = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{G}$, определяют величину показателя крупности A . Подставив значение этой величины в формулу $Y = \frac{25}{4 - A}$, вычисляют показатель сопротивления удару.

Подобным образом испытывают вторую навеску. Величину сопротивления удару для данной партии (щебня или гравия) вычисляют как среднее арифметическое из двух проведенных определений. Суммарные потери определяют по разности между величиной исходной навески и суммой остатков на всех четырех ситах вместе с остатком на поддоне. Они не должны превышать 1%.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 55.

Таблица 55

Результаты определений

Название материала	Номер опыта	Навесной вес, г/см³	Величина исходной навески, г	Вес (г) остатков на ситах, мм				Показатель		Среднее значение показателя сопротивления удару
				4	3	1	0,5	крупности A	сопротивления удару Y	

§ 23. Определение морозостойкости щебня или гравия

Одним из факторов, способствующих разрушению бетона и бетонных сооружений при попеременном замораживании и оттаивании, является слабая сопротивляемость заполнителя. Если щебень или гравий содержат открытые поры, то они во влажной среде впитывают в себя воду и, будучи насыщены ею, при замерзании разрыхляются, а при многократном замораживании и оттаивании разрушаются. Это происходит потому, что

кристаллы льда по объему на 8—10% больше воды, из которой они образовались.

Морозостойкостью (или марочностью по морозостойчивости) называется то количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое достаточно для того, чтобы испытуемый материал потерял в своем весе 10% для марок 15 и 25 и 5% — для более высоких марок.

ГОСТ рекомендует для строительных целей использовать следующие марки заполнителя: Мрз15, Мрз25, Мрз50, Мрз100, Мрз150 и Мрз200.

Морозостойкость в лабораториях определяют двумя методами. Первый заключается в непосредственном попеременном замораживании и оттаивании навески испытуемого материала и основан на разрушающем действии кристаллов льда, при их образовании в порах испытуемого материала. Второй метод — сульфатный — основан на образовании кристаллов десятиводного сульфата натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ при высушивании образца, предварительно насыщенного раствором сульфата. Разрушающее действие сульфата натрия значительно сильнее действия льда, вследствие этого сульфатный метод является более «жестким».

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого материала; ванна для промывания щебня или гравия; щетка для очистки материала; сушильный шкаф с термометром со шкалой $\pm 25^\circ$; стандартный набор сит; сульфат натрия; сосуд для обработки материала раствором сульфата натрия; холодильная камера; перфорированный сосуд для водонасыщения материала; плоская широкая ванна.

Ход работы. От всей партии испытуемого материала отбирают среднюю пробу. Если крупность материала не превышает 10 мм, то средняя проба отбирается в количестве 1 кг, при крупности 10—20 мм — 1,5 кг; при крупности 20—40 мм — 2,5 кг и при крупности 40—70 мм — 5 кг.

Для очистки от примесей и всевозможных загрязнений пробу промывают в проточной воде при интенсивном перемешивании. Затем высушивают до получения постоянного веса и просеивают через два сита. Величина отверстий в первом сите должна соответствовать наибольшей крупности данной фракции, а величина отверстия во втором — наименьшей крупности зерен испытуемой

фракции. Допустим, что необходимо подвергнуть испытанию щебень фракции 5—10 мм. В этом случае для просева пробы используют сита с отверстиями в первом сите 10 мм, во втором — 5 мм*.

Определение морозостойкости методом замораживания и оттаивания. Подготовленный материал помещают в предварительно оттарированный широкодонный перфорированный сосуд и разравнивают по дну сосуда так, чтобы толщина слоя не превышала размера поперечника наиболее крупных зерен. После этого сосуд с навеской на 48 ч помещают в ванну с водой (температуру воды поддерживают в пределах $20 \pm 5^\circ$) так, чтобы вода покрывала испытуемый материал с некоторым избытком. По истечении указанного срока сосуд с гравием или щебнем вынимают из ванны и помещают на 4 ч в холодильник с температурой — ($17-25^\circ$). Время пребывания материала в холодильнике отсчитывают с того момента, когда температура в нем достигнет -17° . Затем сосуд с испытуемым материалом переносят в ванну с проточной водой (температурой $20 \pm 5^\circ$) до полного оттаивания, но не менее чем на 2 ч. Попеременное замораживание и оттаивание повторяют столько раз, сколько предусматривается в соответствующих технических условиях. После последнего цикла замораживания и оттаивания испытуемый материал высушивают при температуре $105-110^\circ$ до получения постоянного веса и просеивают на ситах, размеры которых соответствуют минимальным размерам испытуемой фракции. Разница между величиной первоначальной навески и конечным взвешиванием составляет потерю в весе и характеризует эффект разрушения. Последний выражают в % по отношению к исходной навеске.

Чтобы установить марочность щебня или гравия по морозостойкости, навеску каждого из них подвергают 15-кратному замораживанию и оттаиванию, после чего определяют потерю в весе. Если последняя меньше нормы, предусмотренной ГОСТом или ТУ, то испытание продолжают до 25 циклов, затем опять определяют потерю в весе. Далее потерю в весе определяют после каждого

* Если средняя проба представляет собой смесь нескольких фракций, то ее после промывки и высушивания рассеивают на отдельные фракции, употребляя для этого соответствующий набор сит. Затем каждую фракцию испытывают отдельно на морозостойкость.

попеременного замораживания и оттаивания. Марочность материала устанавливают по наибольшему (из перечисленных выше) количеству циклов, при котором потеря в весе не превышает установленных норм.

Сульфатный способ определения морозоустойчивости характеризуется тем, что навеску испытуемого материала подвергают попеременному насыщению раствором сульфата с последующим высушиванием до тех пор, пока потеря в весе, выраженная в процентах, не превысит нормы, предусмотренной ГОСТ 8268—62 и 8267—56 (табл. 56).

Таблица 56

Показатели морозоустойчивости по ГОСТ 8262—56 и 8267—57

Наименование	Морозостойкость для марок					
	Мр15	Мр25	Мр50	Мр100	Мр150	Мр200
Количество циклов . . .	3	5	10	10	15	15
Потеря в весе после испытания не более, % .	10	10	10	5	5	3

Для приготовления раствора сульфата натрия на 10 л дистиллированной воды отвешивают на технических весах 250—300 г безводного сульфата Na_2SO_4 или 700—1000 г десятиводного сульфата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Навеску сульфата постепенно при постоянном перемешивании всыпают в нагретую дистиллированную воду до полного насыщения ее сульфатом и оставляют на 2 сут. в спокойном состоянии. Навеску испытуемого материала (после мойки, чистки и сушки) переносят в керамический или стеклянный сосуд и разравнивают так, чтобы толщина слоя не превышала размера поперечного сечения наиболее крупных зерен. Испытуемый материал заливают насыщенным раствором сульфата натрия и в таком положении оставляют при комнатной температуре на 20 ч. Затем раствор сульфата сливают, а сосуд с навеской помещают в сушильный шкаф, где и высушивают при температуре 105—110° в течение 4 ч. По охлаждении материал вновь заливают раствором сульфата на 4 ч, после чего высушивают при указанных выше условиях, и так столько раз, сколько указано в табл. 56. После

3, 5, 10 и 15-го циклов выдерживания в растворе образец при интенсивном перемешивании промывают горячей водой до полного вымывания из него сульфата натрия, затем высушивают при температуре 105—110° до получения постоянного веса и просеивают через наиболее густое сито той фракции, какая подвергается испытанию, после чего опять взвешивают. Разность между весом исходной навески и весом навески после испытания составляет потерю в весе, которую вычисляют по формуле с точностью до 0,1 %.

$$M_{p3} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес исходной навески, г;

G_2 — вес остатка на сите после испытания, г.

Если испытуемый материал состоит из нескольких фракций, то его рассеивают по фракциям и испытывают каждую в отдельности, после чего вычисляют суммарную потерю в весе по всем фракциям и выражают в процентах по отношению к исходной навеске. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 57.

Таблица 57

Результаты определений

Название материала и размер фракций	Вес исходной навески, г	Количество циклов испытания	Вес навески после испытания, г	Потери в весе по пробам испытания, г	Морозостойкость по данной фракции, %	Среднее значение морозостойкости по навеске, %	Примечание

§ 24. Определение органических примесей

Колориметрической пробе подвергают гравий, у которого максимальная крупность зерна не превышает 20 мм в поперечнике. Для испытания отбирают среднюю пробу весом 1 кг в воздушно-сухом состоянии.

Просеянный через сито с отверстиями 20 мм материал всыпают в стеклянный цилиндр емкостью 250 мл до деления 130 мл. В этот же цилиндр вливают 3%-ный раствор едкого натрия до деления 200. Содержимое цилиндра интенсивно перемешивают, а затем оставляют в покое на 24 ч.

Приготовление эталонного раствора, определение интенсивности окраски и запись результатов проводят так, как указано на стр. 174.

§ 25. Определение количества дробленных зерен при получении щебня из гравия

Щебень представляет собой продукт механического дробления тех или иных горных пород и искусственных каменных материалов. Горные породы, используемые для получения щебня, могут быть в виде рваного камня или в виде гравия. При дроблении гравия измельчаются в основном только крупные его зерна, мелкие свободно проходят сквозь щели и колосниковые отверстия дробильных механизмов и остаются в естественном виде нераздробленными. Поэтому щебень, полученный из гравия, по существу представляет собой гравийно-щебенчатую смесь, состоящую из щебня и гравия в различном количественном соотношении.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого материала; весы с разновесом; минералогическая лупа; стандартный набор сит с величиной отверстий в сетке 5, 10, 20, 40 и 70 мм.

Ход работы. Пробу щебня (0,25 кг при наибольшей крупности щебня до 10 мм; 1 кг при крупности до 20 мм, 5 кг при крупности до 40 мм и 15 кг при крупности до 70 мм) предварительно просеивают через стандартный набор сит и взвешиванием каждой отдельной фракции определяют весовое содержание ее в средней пробе. Затем каждую фракцию рассыпают тонким слоем на лист бумаги или на плоское стекло, и визуально или с помощью лупы находят дробленные зерна гравия, поверхность которых околота не менее чем на половину. Эти зерна отбирают вручную и затем взвешивают. Количество дробленных зерен определяют по формуле с точностью до 1%

$$\text{Щ} = \frac{g_1}{g} \cdot 100\%,$$

где g_1 — вес дробленых зерен, г;
 g — вес исходной навески, г.

Полученные результаты записывают по форме, указанной в табл. 58.

Таблица 58

Результаты определений

Название материала	Размер исследуемой фракции, мм	Вес дробленых зерен, г	Вес исходной навески, г	Количество щебня, %

§ 26. Технический анализ неорганических пористых заполнителей для легких бетонов

Удельный вес пористых заполнителей определяют из средней предварительно измельченной до крупности 2,5 мм пробы. Для этого квартованием отбирают навеску в количестве примерно 200 г, которую измельчают до полного прохождения через сито № 014, затем высушивают до получения постоянного веса при температуре 105—110°. Сухой материал делят поровну на две части. Из каждой части берут по одной навеске и определяют удельный вес либо пикнометрическим методом, либо при помощи прибора Ле Шателье-Кандло. Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,02 г/см³. Результат вычисляют как среднее арифметическое из двух определений.

Объемный насыпной вес песка или соответствующей фракции щебня определяют взвешиванием испытуемого материала в мерных сосудах. При предельной крупности заполнителя до 5 мм взвешивание производится в сосуде емкостью 1 л при зернистости заполнителя от 5 до 10 мм — в сосуде 2 л; при зернистости от 10 до 20 мм — 5 л и при зернистости от 20 до 40 мм — в сосуде 10 л.

Объемный насыпной вес заполнителя для перевода количества поставляемой партии заполнителя из весовых выражений в объемные определяется так, как указано на стр. 163.

Объем межзерновых пустот в пористом заполнителе определяют следующим образом: мерный сосуд емкостью 10—40 л наполняют заполнителем и покрывают его мелкорешетчатой крышкой. Содержимое сосуда полностью заливают водой * и в таком состоянии выдерживают в течение 25 ч до полного насыщения.

По истечении указанного времени сосуд опрокидывают решетчатой крышкой вниз и в таком положении выдерживают не менее 30 мин. Затем его вместе с влажным заполнителем взвешивают, после чего в сосуд вторично наливают жидкость до краев сосуда и вторично взвешивают. Вес вторично долитой воды характеризует объем межзерновых пустот. Пустотность заполнителя определяют по формуле

$$V_{\text{пуст}} = \frac{(G_2 - G_1) \gamma_{\text{ж}}}{V} \cdot 100\%,$$

где G_2 — вес сосуда с заполнителем и жидкостью, кг;

G_1 — вес сосуда с влажным заполнителем, кг;

$\gamma_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, кг;

V — объем сосуда, л;

$V_{\text{пуст}}$ — пустотность заполнителя, %.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 59.

Оборудование и материалы: испытуемый заполнитель; набор мерных сосудов; весы с разновесом; инертная жидкость.

Таблица 59

Результаты определений

Название материала	Вес сосуда, кг		Объем сосуда, л	Плотность жидкости, кг/л	Плотность, %
	с заполнителем и водой	с заполнителем			

* Если заполнитель способен в воде разлагаться, то сосуд наполняют инертной по отношению к заполнителю жидкостью (керосином и т. д.).

Объемный вес пористого материала в кусках определяют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{\gamma_{н}}{1000 - 10 V_{пуст}} \text{ кг/м}^3,$$

где $\gamma_{н}$ — насыпной вес, кг/м^3 ;

$V_{пуст}$ — пустотность, %.

Пористость кускового щебня или гравия определяют по формуле

$$\gamma_{пор} = \left(1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma} \right) \cdot 100\%,$$

где $\gamma_{об}$ — объемный вес материала, г/см^3 ;

γ — удельный вес материала, г/см^3 .

Влажность заполнителя определяют путем высушивания навески заполнителя при температуре $105-110^\circ$ до постоянного веса (см. стр. 195).

Водопоглощение щебня или гравия определяют так, как это описано на стр. 189.

Зерновой (гранулометрический) состав заполнителей определяют путем просеивания предварительно высушенной до постоянного веса средней пробы через стандартный набор сит с размерами отверстий в свету 0,14; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10; 20 и 40 мм.

Первоначальный объем пробы для просеивания должен составлять при предельной зернистости заполнителя в 5 мм — 3 л, при зернистости от 5 до 10 мм — 5 л, при зернистости от 10 до 20 мм — 10 л, при зернистости от 20 до 40 мм — 20 л.

Оборудование и материалы: проба испытуемого материала; набор сит; набор мерных цилиндров; сушильный шкаф.

Ход работы. Объемы частных остатков на каждом сите измеряют при помощи соответствующего набора мерных цилиндров и выражают в процентах к суммарному объему всей навески, взятой для рассева. Полные остатки выражают также в объемном измерении. Результат анализа характеризуют кривой просеивания, для чего строят график: на оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в мм, а на ординате — значения полных остатков на каждом сите в %.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 60.

Результаты определений

Название материала	Объем исходной пробы, см ³	Размеры отверстий сит, мм	Частный остаток на сите, см ³	Полный остаток на сите, см ³	Примечание

Прочность пористого заполнителя определяется усилием, которое нужно приложить к стальному пуансону в цилиндре, установленному на свободной поверхности заполнителя, чтобы сжать заполнитель на 20 мм.

Оборудование и материалы: испытуемый заполнитель; стандартный набор сит; гидравлический пресс; стальной цилиндр с пуансоном к нему.

Ход работы. Подлежащую испытанию фракцию заполнителя предварительно освобождают просеиванием от зерен, размеры которых выходят за пределы испытуемой фракции, затем насыпают в стальной цилиндр (высотой 120 мм и диаметром 120 мм) до уровня на 20 мм ниже верхнего края цилиндра. В цилиндр вставляют стальной пуансон так, чтобы нижняя риска на пуансоне точно совпадала с верхним краем цилиндра. Последний вместе с заполнителем и пуансоном переносят на плиту гидравлического пресса и подвергают сжатию со скоростью 0,5—1 мм/сек. Когда пуансон погрузится на 20 мм, на что указывает совпадение верхней (второй) риски на пуансоне с верхним краем цилиндра, производят отсчет по манометру. Результат испытания подсчитывают по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — нагрузка, под влиянием которой пуансон опускается в цилиндр до верхней риски, кгс;

S — площадь поперечного сечения цилиндра, см² (при диаметре цилиндра 120 мм $S=113 \text{ см}^2$).

Результаты испытания записывают по форме, приведенной в табл. 61.

Таблица 61

Результаты определений

Название материала	Показания манометра	Пересчетный коэффициент прессы	Площадь поперечного сечения цилиндра, см^2	Прочность заполнителя $\sigma_{\text{сж}}$ кгс/см^2	Примечание

Величину предела прочности при сжатии исходной горной породы, из которой изготавливают щебень, определяют по методике, рассмотренной на стр. 190.

Коэффициент размягчения исходной породы или пористого щебня (гравия) определяют по методике, рассмотренной на стр. 193.

Потерю в весе при прокаливании пористого заполнителя определяют из средней пробы, предварительно измельченной до крупности зерна, равной 2,5 мм. Средняя проба заполнителя должна составлять не менее 2 л. Из нее отбирают навеску в 200 г, рассыпают ровным слоем в виде квадрата, последний делят на 20 равных частей и из каждой части отбирают примерно по одному грамму.

Оборудование и материалы: заполнитель; весы с разновесом; совок; фарфоровая ступка с пестиком; фарфоровые тигли; муфельная печь; эксикатор; тигельные щипцы.

Ход работы. Среднюю пробу измельчают в фарфоровой ступке и высушивают до постоянного веса. Из сухого порошка в предварительно прокаленном фарфоровом тигле берут навеску около 20 г, затем помещают в муфельную электропечь и прокаливают при температуре $1000 \pm 50^\circ$ в течение 2 ч до постоянного веса. Тигель с навеской охлаждают в эксикаторе, после чего взвешивают. Величину потерь при прокаливании находят по формуле

$$\text{п. п. п.} = \frac{G - G_1}{G - G_2} \cdot 100\%,$$

Стойкость пористого заполнителя от силикатного распада определяют по потере в весе навески испытуемого материала после трехчасового пребывания ее в парах кипящей воды. Определение величины навески и подготовка ее к испытанию производятся по методике, изложенной на стр. 206.

Оборудование и материалы: средняя проба заполнителя; набор стандартных сит; мерные сосуды; весы с разновесом; сушильный шкаф; автоклав или ванна с плотно прилегающей крышкой; решетчатый сосуд для испытуемого материала; нагревательный прибор; часы; металлическая щетка.

Ход работы. Подготовленную к испытанию навеску помещают в решетчатый металлический сосуд с круглыми трехмиллиметровыми отверстиями. Сосуд переносят в плотно закрывающуюся ванну и устанавливают на подставке, чтобы дно сосуда было несколько выше половины внутренней высоты ванны. Затем в ванну наливают воду с таким расчетом, чтобы уровень ее не касался дна сосуда с материалом. После этого ванну плотно закрывают крышкой, воду в ней нагревают до кипения и кипятят в течение 3 ч *. Далее сосуд с пропаренным материалом помещают на 3 ч в воду комнатной температуры. Эту операцию с каждой навеской повторяют три раза. Затем пропаренный заполнитель высушивают до постоянного веса, просеивают через сито, на котором была получена первоначальная проба для испытания, остаток на сите взвешивают, а результат разрушения материала выражают в процентах по отношению к навеске. Расчет ведут по формуле

$$Q = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес исходной навески, г;

G_2 — вес остатка после пропаривания, г.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 63.

Стойкость пористого заполнителя в отношении железистого распада определяют по потере в весе навески ис-

* Иногда для пропаривания вместо ванны используют автоклав. В этом случае пропаривание длится 2 ч под давлением 2 атм. Подъем давления до 2 атм осуществляется в течение 30 мин, снижение давления до нормального — в течение 20 мин.

Результаты определений

Название материала	Вес, г		Потеря в весе от пропаривания, г	Примечание
	исходной навески	остатка после пропаривания		

пытуемого материала после тридцатидневного пребывания ее в дистиллированной воде.

Оборудование и материалы: испытуемый заполнитель; сито с отверстиями в 3 мм; весы с разновесом; лупа.

Ход работы. Пробу материала для испытания готовят так же, как и для определения силикатного распада (см. стр. 266). Затем ее высушивают до постоянного веса и помещают на 30 дн. в сосуд с дистиллированной водой, после чего повторно высушивают, просеивают через первоначальное сито и остаток на нем взвешивают. Расчет ведут по формуле

$$Q_{\text{ж}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес сухой исходной навески, г;

G_2 — вес сухого остатка на сите после испытания, г.

Форма записи та же, что и в предыдущем испытании.

Содержание обсидиана в природном щебне определяют из навески в количестве 5 кг (просеянной через сито с отверстиями в 3 мм) либо при помощи лупы, либо путем визуального отбора остеклованных или стекловидных зерен материала. Отобранные зерна взвешивают. Количество их выражают в процентах по отношению к величине исходной навески по формуле

$$x = \frac{G_1}{G} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес отобранных зерен обсидиана, г;

G — вес исходной навески материала, г.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 64.

Таблица 64

Результаты определений

Название материала	Вес исходной навески, г	Вес зерен обсидиана, г	Количество обсидиана, %	Примечание

ГЛАВА VI

КЛАДОЧНЫЕ РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ

А. КЛАДОЧНЫЕ РАСТВОРЫ

Строительный раствор представляет собой искусственный камень, полученный путем схватывания и твердения смеси, состоящей из вяжущего вещества, мелкозернистого заполнителя и воды, взятых в строго определенном количественном соотношении.

Как по составу, так и по применению строительные растворы бывают разнообразны. В качестве вяжущего вещества в строительных растворах применяют цемент, известь, гипс и смесь из этих веществ. В зависимости от этого растворы получают соответствующее название. В качестве мелкого заполнителя зернистостью, не превышающей 5 мм, чаще всего используют кварцевые пески, а также тонкомолотый кварц, опоку, трепел, молотый шлак, золу и т. д.

В зависимости от объемного веса строительные растворы бывают тяжелыми (с объемным весом 1500 кг/см^3 и более) и легкими (с объемным весом менее 1500 кг/см^3).

По назначению растворы делятся на кладочные, штукатурные и специальные; последние предназначены для изготовления искусственных камней, стройдеталей и конструкций. Кладочные растворы в основном служат для скрепления и цементации различных стройдеталей, из которых воздвигаются сооружения и образуют каменную прослойку — шов.

Растворная смесь должна быть достаточно подвижной и должна сохранять полную однородность с момента изготовления вплоть до затвердевания. После чего раствор должен быть достаточно прочным, морозостойким.

Качество растворных смесей и затвердевших растворов нормируется соответствующими техническими условиями. Свойства их контролируются лабораторными методами. Из лабораторных испытаний чаще всего опре-

	<i>Стр.</i>
§ 4. Определение плотности битума	354
§ 5. Определение температуры вспышки битума	354
Б. Кровельные и гидроизоляционные материалы	355
§ 6. Определение веса 1 м ² основы и содержания пропиточной массы	356
§ 7. Определение количества покровной массы, наполнителя и посыпного материала	359
§ 8. Определение водопроницаемости материалов	360
§ 9. Определение гибкости материалов	363
§ 10. Определение предела прочности материалов при растяжении	363
§ 11. Определение теплостойкости мастик	364
§ 12. Определение гибкости мастик	364
§ 13. Определение склеивающей способности мастик	364
Глава XII. Лакокрасочные материалы	366
§ 1. Определение тонкости помола пигмента	366
§ 2. Определение количества твердого вещества (пигмента) и пленкообразующего вещества в красках	368
§ 3. Определение укрывистости лакокрасочных материалов	370
§ 4. Определение условной вязкости лакокрасочных материалов	372
§ 5. Определение скорости высыхания лакокрасочных материалов	374
§ 6. Определение прочности пленки на изгиб	375
§ 7. Определение устойчивости лакокрасочных материалов к атмосферным условиям	376
Глава XIII. Полимерные пластические материалы (пластмассы)	377
§ 1. Определение теплостойкости пластмасс	379
§ 2. Определение истираемости пластмасс	382
§ 3. Определение ударной вязкости пластмасс	385
§ 4. Определение прочности пластмасс при растяжении	388
§ 5. Определение предела прочности пластмасс при сжатии	389
§ 6. Определение предела прочности пластмасс при изгибе	389
§ 7. Определение твердости пластмасс по Бринеллю	390
§ 8. Определение упругости пластмасс	391
§ 9. Испытание пластмасс на изгиб	392
§ 10. Определение водопоглощения пластмасс	393
Литература	394

Цена 40 коп.

Готовится к выпуску:

Ягупов Б. А. Строительное дело: Учеб. — М.: Стройиздат, 1988. — 22 л.

Изложены основные положения и понятия о строительных материалах, конструктивных решениях зданий, технологии их строительства. Рассмотрены свойства и характеристики различных природных материалов. Приведены сведения о типизации и унификации зданий. Даны основные положения по организации производства работ на строительной площадке, транспортированию строительных материалов и конструкций, производству работ нулевого цикла, монтажу надземной части здания, его отделке, охране труда и технике безопасности.

Для учащихся строительных техникумов.

деляют подвижность, расслаиваемость, объемный вес, объем воздуха, вовлеченного в растворную смесь, и вододерживающую способность. Для затвердевших растворов определяют предел прочности при сжатии и морозостойкость.

Методика основных определений по растворам и растворным смесям унифицирована ГОСТ 5802—51.

§ 1. Определение подвижности растворной смеси

Одной из технических характеристик растворных смесей является степень их подвижности. В строительной практике кладочные и штукатурные растворные смеси, будучи нанесены на поверхность камня или стены, должны покрывать ее ровным слоем, заполняя все шероховатости и углубления. В то же время кладочные растворные смеси при наложении на них камней или стройдеталей не должны растекаться в шве или выдавливаться из него, а штукатурные смеси, нанесенные на вертикально установленные стены, не должны сползать с них и образовывать натеки. Таким образом, как кладочные, так и штукатурные растворные смеси при соответствующей вязкости должны обладать некоторой рабочей подвижностью.

Подвижностью растворной смеси называется способность ее растекаться до определенного предела под действием приложенных к ней внешних сил или даже действием собственного веса. Подвижность растворных смесей характеризуется глубиной погружения в смесь конуса Стройцикла. В зависимости от того, для какой цели готовится растворная смесь, к ней предъявляются соответствующие требования в отношении степени ее подвижности. Так, в строительные растворы для кирпичной кладки конус должен погружаться на глу-

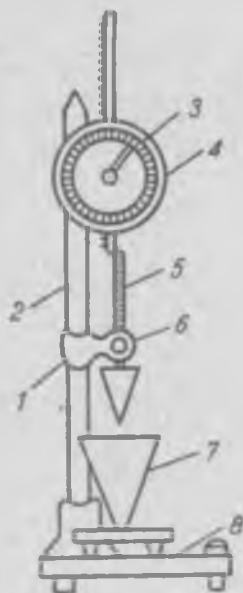


Рис. 51. Конус

бину 7—10 см, для бутовой невибрированной кладки — 4—7 см, а для вибрированной — всего лишь на 1—2 см. Погружение конуса в штукатурные растворы должно составлять при ручном нанесении первого подготовительного слоя 12 см, при механизированном нанесении — 9—11 см и для остальных слоев штукатурки (основного и отделочного) — 6—8 см.

Главной частью прибора Стройцила (рис. 51) для определения подвижности растворных смесей является подвижный стальной конус высотой 145 мм, диаметром основания 75 мм, общим весом 300 г. К этому конусу в центре основания прикреплен металлический стержень. Последний свободно перемещается в вертикальном направлении в отверстиях двух кронштейнов, которые закреплены на вертикальной стойке 2, установленной на массивной металлической плите 8. При помощи винта 6 подвижный стержень, а вместе с ним и конус могут быть закреплены на требуемой высоте. Стержень имеет стрелку-указатель 3. К стойке прикреплена пластина с нанесенной на ней миллиметровой шкалой 4. При перемещении конуса стрелка-указатель скользит по этой шкале, указывая расстояние, на какое передвигается конус из одного положения в другое. Перед каждым опытом проверяют горизонтальность основной плиты прибора. Последнюю устанавливают так, чтобы стержень с закрепленным на нем конусом свободно перемещался в строго вертикальном направлении.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого раствора; плотно закрывающиеся стеклянные банки; прибор Стройцила для определения подвижности растворной смеси — полный комплект; стержень для штыкования смеси; лопатка для перемешивания смеси; круглодонная чаша; секундомер.

Ход работы. Подвижность раствора определяют тотчас же после его приготовления. Среднюю пробу смеси отбирают в количестве не менее 1 л из тех мест, какие указаны в технических условиях на испытуемый раствор, в плотно закрывающийся стеклянный сосуд и хранят при температуре $20 \pm 5^\circ$ до момента испытания. Перед испытанием пробу интенсивно перемешивают лопаткой 30 сек, после чего переносят в стальной сосуд конической формы 7 (высота 180 мм, диаметр основания 150 мм) так, чтобы уровень смеси в сосуде после штыко-

вания находился на 1 см ниже верхнего края сосуда. Растворную смесь в сосуде штыкуют 25 раз металлическим стержнем диаметром 10—12 мм, после чего уплотняют встряхиванием, легко постукивая сосудом о стол*.

Сосуд с растворной смесью устанавливают на плиту прибора так, чтобы острие конуса попадало в центр верхнего основания сосуда. Затем опускают конус до соприкосновения вершины с поверхностью растворной смеси в сосуде и в таком положении закрепляют. После этого передвигают стрелку-указатель по стержню так, чтобы показания ее совпали с нулевым делением шкалы, и в таком положении закрепляют. Затем быстро отпускают винт 6, конус свободно погружается в растворную смесь в течение 10 сек (секундомер включают в момент отпускания винта). Глубина погружения конуса в см характеризует подвижность растворной смеси. Подвижность растворной смеси определяют как среднее арифметическое из двух испытаний одной и той же пробы**.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 65.

Таблица 65

Результаты определений

Название материала	Подвижность смеси, см			Примечание
	первое определение	второе определение	среднее из двух определений	

* Если растворную смесь готовят непосредственно в лаборатории, то ее затворяют обыкновенной питьевой водой. После затворения интенсивно перемешивают в течение 5 мин, а затем переносят в конусообразный сосуд и штыкуют, как указано выше.

** В приборах несколько измененной конструкции вместо плоской шкалы и стрелки-указателя к кронштейну прикреплен диск 4 с нанесенной на нем шкалой. Отсчет производится при помощи стрелки, закрепленной на оси, снабженной шестеренкой. Последняя приводится в движение подвижной кремальерой (см. рис. 51).

§ 2. Определение расслаиваемости растворной смеси

Подвижные растворные смеси при транспортировке, хранении и вибрации склонны к расслаиванию. В результате этого смесь становится неоднородной и имеет невысокую механическую прочность затвердевшего раствора. Склонность той или иной смеси к расслаиванию выясняется соответствующим испытанием; обычно испытанию подвергают смеси подвижностью от 8 до 6 см.

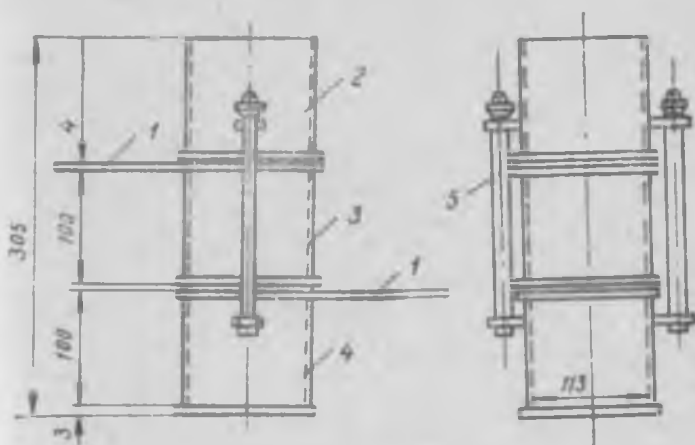


Рис. 52. Прибор для определения расслаиваемости растворных смесей

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой растворной смеси; полный комплект аппаратуры и материалов для определения подвижности растворной смеси; цилиндрический сосуд для расслаивания смеси; виброплощадка; технические весы с разновесом; стержень для штыкования смеси.

Ход работы. Расслаиваемость растворной смеси определяют в приборе, который представляет собой цилиндрический сосуд высотой 305 мм и диаметром 113 мм (рис. 52), состоящий из трех равных по емкости составных частей 2, 3, 4. Нижняя часть 4 представляет собой цилиндр высотой 100 мм, обе другие части, средняя 3 и верхняя 2, являются бездонными цилиндрическими кольцами высотой 100 мм. На верхний край нижнего сосуда и среднего кольца заподлицо с верхним краем каждого из них надеты плоские металлические пластины 1, служа-

щие для передвижения по ним вышележащих частей прибора вместе с содержащейся в них расслоенной растворной смесью. Все три составные части прибора 2, 3, 4 кольцевыми резиновыми прокладками соединяют друг с другом в один цилиндрический сосуд и скрепляют двумя боковыми штангами 5. Собранный сосуд устанавливают на площадку лабораторного вибростола. Испытуемую растворную смесь переносят из сосуда в круглодонную чашу и интенсивно перемешивают лопаткой в течение 30 сек, а затем помещают в цилиндрический сосуд, наполняя его доверху. Избыток смеси снимают вровень с верхним краем сосуда влажным ножом. Сосуд с растворной смесью вибрируют на лабораторном вибростоле в течение 30 сек. Провибрированную смесь делят на три равных части по высоте сосуда. Для этого, отсоединив скрепляющие сосуд боковые штанги 5, сдвигают в сторону по верхней пластинке верхнюю часть сосуда вместе с содержащейся в ней растворной смесью. То же делают и со второй частью сосуда. Растворную смесь из верхней части сосуда (верхнего кольца его) переносят в круглодонную чашу. Аналогичным образом во вторую круглодонную чашу помещают ту часть растворной смеси, которая находилась в нижней части цилиндрического сосуда. Растворная смесь, содержащаяся во втором, среднем кольце сосуда, не испытывается. Верхняя и нижняя части смеси интенсивно перемешивают в течение 30 сек и подвергают испытанию на степень подвижности при помощи конуса Стройцинила (см. стр. 222). При этом глубину погружения конуса выражают не в линейных, а в объемных единицах, т. е. по объему погруженной в растворную смесь части конуса. Для этого пользуются прибором, снабженным дисковой шкалой, на которой нанесены соответствующие цифры. Если прибор имеет только линейную шкалу, то перевод линейных единиц в объемные производится по формуле

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h,$$

так как $r = 0,2586 h$, то $V = \frac{1}{3} \pi (0,2586h)^2 h$

или $V = 0,06999h^3 \text{ см}^3$,

где V — объем погруженной в раствор части конуса, см^3 ,
 h — глубина погружения конуса, см .

Результаты определений

Название растворной смеси	Первое испытание					Второе испытание					Средняя величина расслоения из двух определений		
	глубина погружения конуса в верхнюю часть раствора		глубина погружения конуса в нижнюю часть раствора		расслаиваемость раствора	глубина погружения конуса в верхнюю часть раствора		глубина погружения конуса в нижнюю часть раствора		расслаиваемость раствора			
	h см	V см ³	h' см	V' см ³		$V - V'$ см ³	h_1 см	V_1 см ³	h'_1 см			V'_1 см ³	$V_1 - V'_1$ см ³

Средняя величина расслоения испытуемой растворной смеси представляет собой среднее арифметическое двух определений. Результаты записывают по форме, приведенной в табл. 66.

§ 3. Определение объемного веса растворной смеси

Оборудование и материалы: средняя проба растворной смеси; технические весы с разновесом; лабораторная виброплощадка или встряхивающийся столик; стержень для штыкования смеси; сосуд с насадкой 1 л; нож; секундомер.

Ход работы. Для определения объемного веса растворной смеси пользуются металлическим сосудом (рис. 53) цилиндрической формы высотой 100 мм, диаметром 113 мм, емкостью 1 ± 2 мл. Сосуд перед определением высушивают и взвешивают на технических весах. Затем на верхнюю часть сосуда надевают насадку, после чего наполняют с избытком растворной смесью, если подвижность смеси составляет 6 см и менее, то

плавно перемешивают стеклянной или стальной пластиной в течение 10 мин. Затем, вынув пластину (так, чтобы на ней не оставались частицы смеси), на объемомер накладывают, как указано выше, пластинку со штифтом. Пипеткой из мерного сосуда, в котором находятся ранее отобранные 250 мл воды, медленно переливают в объемомер воду до соприкосновения ее уровня с острием штифта. Далее пластинку со штифтом снимают и содержимое объемомера перемешивают повторно в течение 10 мин. Затем опять накладывают пластинку со штифтом и, если уровень воды в объемомере не доходит до штифта, в сосуд дополнительно пипеткой добавляют новую порцию воды до соприкосновения ее с острием штифта. Так поступают до тех пор, пока при повторном наложении пластинки на объемомер острие штифта не соприкасается с поверхностью воды в объемомере. Подсчитав суммарное количество воды (с точностью до 0,2 мл), прилитое во время опыта, и отняв эту величину от 250 мл, получают объем растворной смеси после удаления из нее воздуха, находившегося в ней до опыта. Зная величину навески растворной смеси и ее объемный вес, подсчитывают объем смеси до удаления из нее воздуха. Расчет ведут по формуле

$$V = \frac{G}{\gamma_{об}} \text{ см}^3,$$

где G — вес навески смеси, г;

$\gamma_{об}$ — объемный вес растворной смеси, г/см³.

Объем удаленного воздуха, выраженный в процентах по отношению к объему смеси вместе с воздухом, рассчитывают по формуле

$$V_в = \frac{V - V_1}{V} \cdot 100\%,$$

где V — объем навески растворной смеси с воздухом, см³;

V_1 — объем растворной смеси без воздуха, см³.

Окончательный результат получают в виде среднеарифметической величины из двух параллельных определений.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 67.

Таблица 67

Результаты определений

Название растворенной смеси	Объемный вес смеси $\gamma_{об}/\text{см}^3$	Навеска, г			Суммарное количество доантой воды, см^3	Объем			
		вес объема с водой	вес объема с раствором	вес навески раствора		смеси с воздухом, см^3	смеси без воздуха, см^3	повышенного воздуха, %	средний, %

§ 5. Определение предела прочности при сжатии строительного раствора

Определение величины предела прочности при сжатии строительных растворов осуществляют путем раздавливания кубов размерами $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см. Если подвижность растворной смеси больше 4 см, то кубы изготовляют в формах без металлического поддона; для изготовления образцов из растворных смесей подвижностью менее 4 см используют металлические формы (рис. 55), снабженные металлическим поддоном.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой растворной смеси; комплект донных и бездонных форм; полный комплект аппаратуры для определения степени подвижности растворной смеси (см. стр. 222); стержень для штыкования раствора; стандартный шпатель для уплотнения раствора; обыкновенный глиняный кирпич; бумага; полотенце; ванна для выдерживания образцов в воде; машинное масло; нож; щетка; гидравлический пресс.

Ход работы. Образцы из строительных растворов подвижностью более 4 см изготовляют следующим образом: бездонную трехгнездную металлическую форму предварительно смазывают по внутренней поверхности машинным маслом, устанавливают на обыкновенный гли-

няный кирпич, поверхность которого покрыта мокрой бумагой (влажность кирпича не должна превышать 2%, а водопоглощаемость — 10%). Формы в один прием с избытком (примерно до 2 см) наполняют испытуемой растворной смесью. Смесью в каждой форме уплотняют 25

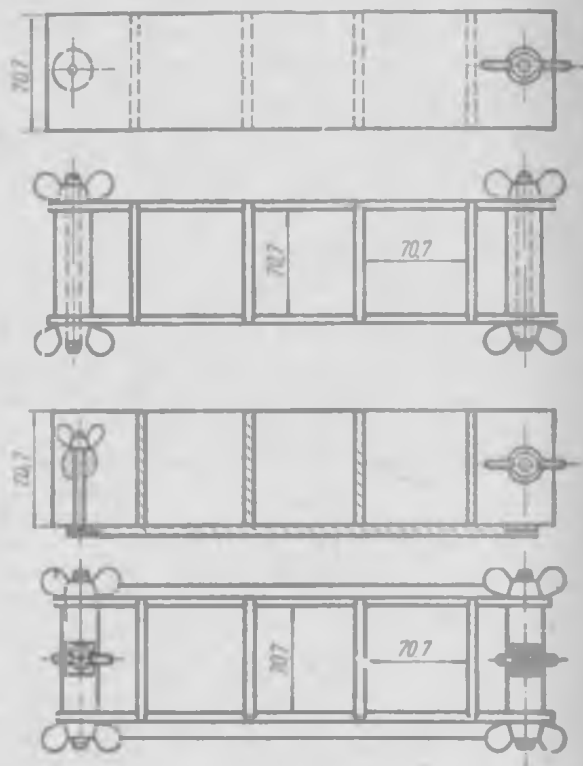


Рис. 55. Трехгнездная форма для изготовления кубов

штыкованиями стержнем диаметром 10—12 мм. После этого избыток растворной смеси срезают вровень с краями формы влажным ножом. Уплотненную смесь выдерживают в формах в течение 24 ч, затем последние расплубливают, а кубы хранят при температуре $20 \pm 5^\circ$ до испытания на гидравлическом прессе.

Образцы из растворов подвижностью менее 4 см изготавливают в металлических формах, снабженных металлами

ческим поддоном. Формы промазывают с внутренней стороны машинным маслом, а затем наполняют испытуемой растворной смесью в два приема. В первый прием в формы помещают растворную смесь высотой не более 4 см и уплотняют 12 нажимами призматическим концом стандартного шпателя. Методика и последовательность уплотнения смеси шпателем изложена на стр. 114. После уплотнения первого слоя смеси в форму помещают второй, который уплотняют таким же способом. Всего для уплотнения обоих слоев в каждой форме делают 24 нажима шпателем. После уплотнения смесь оставляют в формах в покое на 15—20 мин. Затем избыток смеси срезают вровень с краями формы влажным ножом, одновременно заглаживая смесь. Образцы в формах выдерживают в течение 24 ч, затем вынимают из форм и хранят на воздухе при температуре $20 \pm 5^\circ$ до момента испытания на сжатие.

Так как многие строительные растворы предназначены для твердения и пребывания в дальнейшем во влажной среде, то образцы после распалубки выдерживают в течение шести суток во влажном воздухе, а остальное время до момента испытания хранят в воде комнатной температуры. Перед испытанием образцы, хранившиеся на воздухе, тщательно очищают щеткой от приставших к их поверхности частиц песка и комочков раствора, а образцы, хранившиеся в воде, вынимают из ванны за 10 мин до начала испытания и насухо вытирают. Испытывают образцы на гидравлическом прессе. Скорость нарастания нагрузки на образец в 1 сек не должна превышать 10% от предполагаемой разрушающей нагрузки. Методика расчета и форма записи дана на стр. 100.

Окончательную величину предела прочности при сжатии испытуемого раствора определяют как среднее арифметическое из двух образцов, показавших наиболее высокие результаты.

§ 6. Определение водоудерживающей способности растворной смеси

Водоудерживающей способностью называют свойство растворной смеси удерживать воду и отдавать ее в окружающее пространство медленно и постепенно по мере схватывания и твердения смеси. При изготовлении растворных смесей вода дается с некоторым избытком про-

тив того количества, какое необходимо непосредственно для гидратации вяжущего вещества. Благодаря этому растворная смесь обладает некоторой подвижностью. Последняя тем больше, чем больше воды содержится в смеси. Подвижная растворная смесь хорошо заполняет все неровности той поверхности, на которую она наносится, равномерно сцепляется с этой поверхностью и в дальнейшем, медленно отдавая воду, образует плотный и прочный шов. Если смесь не способна прочно удерживать воду, то при соприкосновении с пористым основанием вода быстро поглощается последним, смесь становится жесткой, неудобоукладываемой, пористой и в конечном итоге образует малопрочный шов. Водоудерживающая способность смеси характеризуется величиной предела прочности при сжатии этих образцов по отношению к величине предела прочности при сжатии таких же образцов, изготовленных из испытываемой растворной смеси в формах с металлическим поддоном и выражается в %. Причем приращение прочности не должно быть более 15%.

Для определения водоудерживающей способности готовят растворную смесь подвижностью 6—8 см. Из этой смеси формуют шесть кубов стандартных размеров — три в формах с металлическим поддоном и три в формах без поддона (см. стр. 232). Через 24 ч с момента изготовления кубы вынимают из форм и хранят на воздухе при температуре $20 \pm 5^\circ$ в течение 27 сут., после чего определяют величину предела прочности при сжатии их на гидравлическом прессе.

Порядок расчета, форма записи, аппаратура и материалы те же, что и при определении величины предела прочности при сжатии растворных смесей (см. стр. 231).

§ 7. Определение морозостойкости растворов

Морозостойкость растворов характеризуется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания до наступления значительного снижения механической прочности образцов, изготовленных из испытываемой растворной смеси. Мерилом снижения механической прочности является потеря в весе каждого образца свыше 5% и уменьшение величины предела прочности при сжатии свыше 25%.

Оборудование и материалы: испытуемый раствор; комплект форм и аппаратуры для изготовления образцов; холодильная камера; ванна для водонасыщения образцов; гидравлический пресс; цемент.

Ход работы. Из растворной смеси готовят шесть кубов размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см. После затвердевания их в течение предусмотренного техническими условиями срока три куба оставляют на воздухе в качестве контрольных, оставшиеся три помещают на 48 ч в ванну с водой, после чего, обсушив каждый из них влажным холстом, взвешивают на технических весах с точностью до 1 г, затем замораживают в течение 3 ч в холодильной камере при температуре -17° и оттаивают в воде в течение 4 ч при температуре $15 \pm 3^\circ$. Повторное замораживание и оттаивание образцов проводят в таком же порядке.

Таблица 68

Результаты определений

[illegible]

столько раз, сколько предусмотрено техническими условиями для данного раствора. После каждого пяти циклов замораживания и оттаивания каждый из образцов взвешивают. Потерю в весе выражают в процентах к первоначальному весу образца.

В дальнейшем все образцы, подвергшиеся полному циклу попеременного замораживания и оттаивания, испытывают на сжатие на гидравлическом прессе. При этом прилегающие к плитам пресса грани образцов, потеряв-

ших в весе более 2%, выравнивают густым цементным тестом.

Три контрольных образца, хранившиеся в течение всего времени на воздухе, помещают на 48 ч в ванну с водой, после чего испытывают на сжатие одновременно с образцами, ранее подвергавшимися замораживанию и оттаиванию. Результаты испытания записывают по форме, приведенной в табл. 68.

Б. БЕТОНЫ

Бетонами принято называть искусственные камни, полученные в результате схватывания и твердения бетонных смесей, состоящих из вяжущего вещества, воды, крупного и мелкого заполнителей. Иногда в состав бетонных смесей вводят различные добавки, изменяющие свойства как бетонных смесей, так и бетонов. В современном строительстве бетоны представляют собой один из наиболее распространенных строительных материалов.

Бетоны и бетонные изделия используют в жилищных, промышленных, инженерных и гидротехнических сооружениях. Бетоны составляют основную часть железобетонных конструкций. По наиболее распространенной общей классификации бетоны делят на следующие виды:

особо тяжелые с объемным весом выше 2700 кг/м ³ ;		
тяжелые	»	» от 2100 до 2700 » ;
облегченные	»	» от 1800 до 2100 » ;
легкие	»	» от 1200 до 1800 « ;
особо легкие	»	» меньше 1200 » .

В зависимости от вяжущих веществ, используемых в составах бетонов, последние бывают цементными, известковыми, гипсовыми, смешанными (с одновременным использованием двух вяжущих веществ — цементноизвестковые, гипсоцементные и т. д.), специальными (с применением специальных видов заполнителей или вяжущих веществ, например, полимербетоны) и асфальтовыми или дегтевыми (плотные минеральные смеси, состоящие из различных видов заполнителей, скрепленных между собой битуминозными вяжущими веществами).

В зависимости от назначения различают следующие виды бетонов:

обычный — используемый для всевозможных наземных бетонных и железобетонных сооружений;

гидротехнический — применяемый для гидротехнических сооружений (мосты, плотины, гидростанции, шлюзы и т. д.);

жароупорный, т. е. не снижающий прочности и не разрушающийся в условиях высоких температур;

кислотоупорный — используемый в химической промышленности для изготовления трубопроводов, постройки резервуаров, аппаратуры и т. д.;

легкий, теплоизоляционный и др.

Технические требования, предъявляемые к перечисленным видам бетонов, регламентируются соответствующими ГОСТами и ТУ. Так, к гидротехническому бетону по ГОСТ 4795—59 предъявляются следующие требования: по водонепроницаемости бетон делится на четыре марки: В-2, В-4, В-6 и В-8, морозостойкости на пять марок: 50, 100, 150, 200 и 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания; пределу прочности при сжатии на восемь марок: 75, 100, 200, 250, 300, 400 и 500 и т. д.

Изготовление бетонов и бетонных изделий в значительной степени зависит от состава и консистенции бетонных смесей. В связи с этим к бетонам и бетонным смесям предъявляется ряд общих, а в соответствующих случаях и ряд специфических требований. Контроль бетонов и бетонных смесей осуществляется лабораторным путем. Для бетонных смесей определяют подвижность и жесткость, водоотделение смеси и объемный вес. Для бетонов — предел прочности при сжатии, изгибе и осевом растяжении; однородность и среднюю прочность; водонепроницаемость; морозостойкость и объемный вес.

§ 8. Определение подвижности бетонной смеси

От конструктивных особенностей изделий зависит в значительной мере выбор метода формования их, а это в свою очередь предъявляет соответствующие требования к консистенции бетонной смеси в отношении ее подвижности и удобоукладываемости. Бетонная смесь должна сохранять полную однородность во время транспортирования, укладки и уплотнения ее тем или иным способом. Одним из свойств, по которым оценивается качество бетонной смеси (кроме состава и однородности), является

способность смеси хорошо формироваться. Формовочные свойства смеси находятся в полной зависимости от ее консистенции.

Бетонные смеси бывают *подвижными* и *жесткими*. Подвижные смеси при укладке легко заполняют форму и уплотняются в ней под действием собственной силы тяжести. Жесткие смеси для указанных выше операций требуют приложения подчас значительных внешних сил. Не-

зависимо от того, к какой из этих групп относится бетонная смесь, каждая из них в производственных условиях характеризуется определенной степенью подвижности.

Подвижность бетонных смесей характеризуется величиной осадки конуса стандартных размеров, отформованного из данной смеси.

Оборудование и материалы: средняя проба бетонной смеси; деревянная или металлическая площадка; форма конуса; стержень для штыкования смеси; стальная линейка длиной свыше 700 мм; стальная линейка с делениями длиной 200—500 мм; кельма.

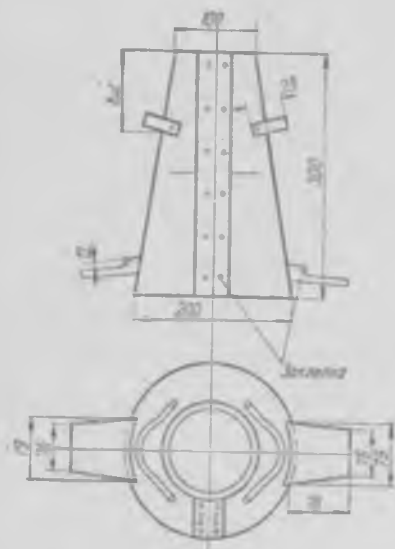


Рис. 56. Форма конуса

Ход работы. На деревянную, обшитую листовой сталью площадку толщиной 25 мм, размерами 700×700 мм устанавливают металлическую форму в виде усеченного прямого конуса высотой 300 мм, диаметром нижнего основания 200 мм и верхнего 100 мм (рис. 56). Внутреннюю поверхность формы и площадку, на которой она установлена, увлажняют водой. Затем, прижав форму к площадке, в нее в три приема равными частями помещают бетонную смесь. Каждую порцию бетонной смеси в форме уплотняют двадцатипятикратным штыкованием стальным стержнем диаметром 16 мм, длиной 650 мм. Стержень при каждом штыковании должен проникать через всю толщину бетонной смеси.

После уплотнения излишек бетонной смеси срезают ровень с верхними краями формы, заглаживая кельмой поверхность смеси. Затем форму поднимают строго вертикально и ставят рядом с конусом, отформованным из смеси. На форму конуса по ее диаметру кладут на ребро металлическую линейку так, чтобы свободный конец линейки проходил через центр конуса, изготовленного из бетонной смеси. Расстояние между поверхностью бетонной смеси и ребром линейки измеряют с точностью до 0,5 см. Результат промера характеризует величину осадки конуса. Как правило, определение для одной и той же смеси повторяют дважды. Если результаты двух параллельных измерений отличаются друг от друга больше, чем на 2 см, все определение повторяют заново до тех пор, пока эта разница станет менее 2 см. Окончательную величину подвижности бетонной смеси определяют как среднее арифметическое из двух определений*.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 69.

Таблица 69

Результаты определений

Название бетонной смеси или паспортное название пробы ее	Подвижность смеси, см			Примечание
	первое определение	второе определение	среднее значение	

* Если бетонная смесь в качестве заполнителя содержит зерна величиной 40—80 мм, то для определения ее подвижности используют форму конуса увеличенных размеров — высотой 450 мм, диаметром нижнего основания 300 мм и диаметром верхнего основания 150 мм. В этом случае каждый слой смеси в форме штыкуют тем же металлическим стержнем, но 56 раз. Для приведения величины измерения осадки конуса к нормальным условиям опыта замеренную величину осадки умножают на 0,67.

§ 9. Определение жесткости бетонной смеси

В процессе бетонирования сооружений, а также при изготовлении железобетонных конструкций бетонная смесь должна обладать такой консистенцией, при которой под действием собственного веса или с помощью приложенных внешних сил она заполнит форму и уплотнится в ней. Если подвижность бетонной смеси равна нулю, то такая смесь называется жесткой. Степень жесткости бетонных смесей зависит от количества вяжущего вещества, его водопотребности; водоцементного отношения, содержания цементного теста; количественного соотношения заполнителей, формы зерен заполнителей и т. д. Из-за такого многообразия различных факторов жесткость смеси не рассчитывают, а в каждом отдельном случае определяют экспериментальным путем.

Мерилом жесткости бетонной смеси является время, в течение которого смесь, подвергаемая вибрации, полностью растекается в форме с образованием ровной горизонтальной поверхности.

Оборудование и материалы: бетонная смесь; лабораторная виброплощадка; форма куба; форма конуса; стержень для штыкования смеси; секундомер; чаша для перемешивания смеси; кельма.

Ход работы. Методика определения жесткости бетонной смеси, содержащей заполнитель зернистостью более 40 мм, заключается в следующем: на лабораторного типа виброплощадку, дающую 3000 ± 200 кол/мин при средней амплитуде колебаний, равной 0,35 мм, устанавливают полую стальную форму куба размерами $200 \times 200 \times 200$ мм. При помощи соответствующих зажимов или электромагнитов эту форму плотно крепят к поверхности виброплощадки. В форму вставляют полую металлическую форму усеченного конуса высотой 300 мм, диаметрами верхнего основания 100 мм и нижнего 200 мм. Форму конуса заполняют испытуемой смесью последовательно в три слоя. Каждый слой бетонной смеси уплотняют штыкованием при помощи металлического стержня диаметром 16 мм, длиной 650 мм. Избыток бетонной смеси срезают вровень с верхними краями формы, после чего, подымая форму осторожно вверх, освобождают находящуюся в ней смесь. Затем

исключают секундомер и одновременно с ним мотор, приводящий вибростол в колебательное движение. После того как бетонная смесь полностью распределится в форме и когда поверхность ее станет ровной и горизонтальной, останавливают секундомер и выключают вибратор. Продолжительность вибрирования (сек), умноженная на 1,5, является мерилем жесткости бетонных смесей. Жесткие смеси по сравнению с пластичными обладают меньшей удобоукладываемостью, для их вибрации требуется более продолжительное время. Зависимость между жесткостью и подвижностью бетонных смесей дана в табл. 70.

Таблица 70

Зависимость между жесткостью и подвижностью бетонной смеси

Виды конструкций, для которых готовятся бетонные смеси	Величина осадки конуса, мм	Показатель жесткости, сек
Фундаменты и дорожные покрытия . . .	10—20	35—25
Массивные конструкции	20—40	25—15
Железобетонные плиты	40—60	15—12
Железобетонные конструкции с густорасположенной арматурой	60—80	12—10
То же, при более сильном насыщении арматурой	80—100	10—5
Для подводного бетонирования	120—180	5

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 71.

Таблица 71

Результаты определений

Название и назначение бетонной смеси	Жесткость, сек			Средняя величина
	первое определение	второе определение	третье определение	

Жесткость бетонных смесей, содержащих в своем составе заполнитель зернистостью менее 40 мм или пористый заполнитель, определяют, согласно ГОСТ 10181—62, техническим вискозиметром, специально предназначенным для этой цели.

Оборудование и материалы: бетонная смесь; лабораторная виброплощадка; технический вискозиметр; форма конуса с насадкой; стержень для штыкования; секундомер; чаша для перемешивания смеси; кельма; нож; металлическая линейка; мерная линейка; отвес.

Ход работы. Технический вискозиметр (рис. 57) представляет собой плоскодонный металлический цилиндрический сосуд 2 высотой 200 мм и диаметром 300 мм. Внутри этого сосуда помещается цилиндрическое металлическое кольцо 1 диаметром 216 мм, высотой 130 мм. К верхнему краю этого кольца прикреплены три планки 3, при помощи которых оно может быть навешено и закреплено на бортах сосуда. Цилиндрический сосуд устанавливают на виброплощадку и плотно прикрепляют к ней. Внутри сосуда помещают цилиндрическое кольцо, навешивая его на борт сосуда с таким расчетом, чтобы расстояние между нижним краем кольца и дном сосуда было в два раза больше наиболее крупной фракции заполнителя. Обычно оно закрепляется так, чтобы нижний край кольца отстоял от дна сосуда на расстоянии 70 мм. Затем в сосуд помещают вместе с насадкой металлическую форму полого конуса. Форму с насадкой наполняют последовательно в три раза испытуемой бетонной смесью, уплотняя каждый слой штыкованием. Окончательно бетонную смесь в конусе с насадкой уплотняют вибрированием в течение 5—30 сек до тех пор, когда из-под конуса покажется цементный клей. Насадку снимают, избыток смеси срезают ножом по верхнему краю формы. Последнюю строго вертикально поднимают, освобождая таким образом находящуюся в ней бетонную смесь. Далее на поверхность бетонной смеси опускают плоский диск толщиной 2—3 мм, закрепленный на конце металлической штанги, которая в свою очередь может свободно передвигаться в вертикальном направлении и может быть закреплена на нужной высоте в штативе. Последний прикреплен к наружной стенке вискозиметра. Винт, закрепляющий штангу, отпускают до отказа, одновременно включают секундомер и мотор, сообщающий площад-

ке вибрацию. Вибрирование продолжают до тех пор, пока риска на штанге совпадет с верхней плоскостью головки штатива. Такое положение штанги свидетельст-

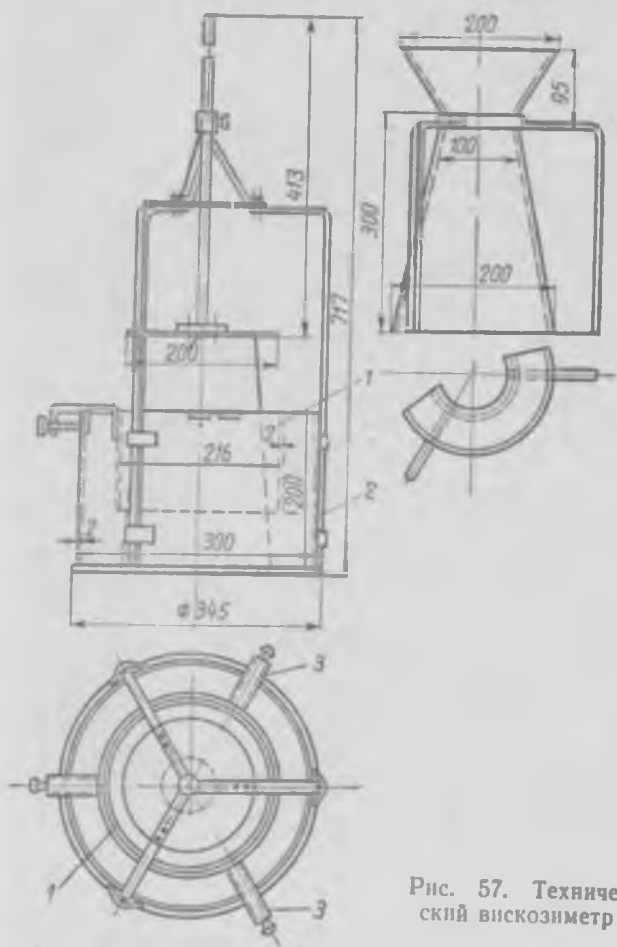


Рис. 57. Технический вискозиметр

вует о том, что поверхность бетонной смеси в кольце и в сосуде находится на одном уровне. Время (сек) от начала вибрации до совпадения риски штанги с верхней плоскостью штатива характеризует жесткость смеси. Окончательный результат удобоукладываемости смеси

выводится как среднее арифметическое из двух определений. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 72.

Таблица 72

Результаты определений

Название или назначение бетонной смеси	Подвижность смеси, см	Жесткость, сек			Средняя величина удобоукладываемости смеси, сек
		первое определение	второе определение	третье определение	

§ 10. Определение водоотделения бетонной смеси

Количество воды, которое вводится в состав как жестких, так и пластичных бетонных смесей, всегда значительно больше теоретически вычисленного. Многие бетонные смеси при хранении, транспортировании, уплотнении и вибрировании частично расслаиваются, что сопровождается выделением избыточного количества воды на поверхности бетонной смеси. Это явление обычно принято называть водоотделением смеси.

Оборудование и материалы: бетонная смесь; мерные сосуды; кельма; металлическая линейка с миллиметровой шкалой; стержень для штыкования смеси; стеклянный колокол; секундомер.

Ход работы. Свежеприготовленную бетонную смесь помещают последовательно тремя, по возможности, равными порциями в мерный сосуд. При этом используются два вида мерных сосудов: первый — емкостью 5 л, диаметром и высотой в 186 мм и второй — емкостью 15 л с диаметром и высотой, равными 267 мм. Первый сосуд используют для смесей, у которых макси-

Максимальная зернистость крупного заполнителя не превышает 30 мм в поперечнике, второй — для смесей с зернистостью заполнителя не более 80 мм. Каждая порция бетонной смеси в сосуде уплотняется штыкованием при помощи металлического стержня (диаметром 16 мм и длиной 650 мм). В сосуде емкостью 5 л каждый слой бетонной смеси уплотняется 16 штыкованиями, а в сосуде емкостью 15 л — 35 штыкованиями. Во время штыкования нижнего слоя стержень должен проходить через всю бетонную смесь; при штыковании второго и третьего слоя он должен полностью проходить через штыкуемый слой и проникать в следующий нижележащий слой на глубину 2—3 см. По окончании штыкования каждого слоя сосудом постукивают о лабораторный стол примерно 15 раз. Излишнюю смесь срезают, а оставшуюся выравнивают кельмой по верхнему краю сосуда. Сосуд со смесью ставят вертикально на строго горизонтальную поверхность, закрывают стеклянным колоколом, а при отсутствии такового — опрокинутым металлическим или влажным деревянным ведром. Через 1,5 ч колокол снимают, а толщину слоя воды, выделившейся на поверхности, измеряют с точностью до 1 мм металлической мерной линейкой погружая ее до соприкосновения с бетонной смесью. Относительное водоотделение B выражают как отношение толщины h (мм) слоя выделившейся во-

Таблица 73

Результаты определений

Название или назначе- ние бетонной смеси	Первое определение			Второе определение			Средняя величина водоотделения B	Примечание
	высота мерного сосуда H мм	толщина водного слоя h мм	водоотделение B	высота мерного сосуда H мм	толщина водного слоя h мм	водоотделение B		

ды к полной высоте H (мм) всей бетонной смеси

$$B = \frac{h}{H}$$

По каждой смеси производится два определения. Окончательный результат вычисляют как среднеарифметическую величину из этих определений. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 73.

§ 11. Определение объемного веса бетонной смеси

Оборудование и материалы: бетонная смесь; мерные цилиндры; стержень для штыкования смеси; лабораторная виброплощадка; технические весы с разновесом; кельма.

Ход работы. Объемный вес бетонной смеси определяют путем взвешивания определенного объема уплотненной смеси. Для этого используют мерные цилиндры емкостью 5 л для смесей с наибольшей крупностью зерен заполнителя 40 мм и 15 л — 80 мм. Емкость цилиндров проверяют каждый месяц. Перед испытаниями цилиндры взвешивают на технических весах, затем наполняют в три приема испытываемой бетонной смесью. Последнюю уплотняют штыкованием или вибрированием на лабораторной виброплощадке. Вибрация длится до появления на поверхности бетонной смеси цементного молока, но не более 1,5 мин. Уплотненную штыкованием или провибрированную бетонную смесь взвешивают вместе с сосудом, после чего величину объемного веса вычисляют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G - G_1}{V} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес сосуда с бетонной смесью, г;
 G_1 — вес пустого сосуда, г;
 V — емкость сосуда, см³.

Для каждой смеси проводят два определения и из полученных результатов вычисляют среднеарифметическую величину. Результаты испытаний записывают по форме, приведенной в табл. 74.

Таблица 74

Результаты определений

Название или наименование бетонной смеси	Первое определение				Второе определение				Среднее значение испытаний объемного веса, г/см ³
	емкость сосуда, см ³	вес сосуда с бетонной смесью, г	вес пустого сосуда, г	объемный вес, г/см ³	емкость сосуда, см ³	вес сосуда с бетонной смесью, г	вес пустого сосуда, г	объемный вес, г/см ³	

§ 12. Определение величины предела прочности бетона при сжатии

Величину предела прочности при сжатии бетона определяют путем раздавливания на гидравлических прессах кубов стандартных размеров, изготовленных из испытываемой бетонной смеси. Так как крупность зерен заполнителя в бетонных смесях колеблется в широких пределах, то для изготовления кубов используют металлические формы четырех размеров: при крупности заполнителя, не превышающей 20 мм, используют формы размерами 100×100×100 мм, при зернистости заполнителя до 40 мм — формы размерами 150×150×150 мм, при зернистости до 70 мм — формы размерами 200×200×200 мм и при зернистости до 150 мм — формы размерами 300×300×300 мм. Бетонную смесь в формах уплотняют штыкованием или вибрацией на виброплощадках лабораторного типа с частотой колебаний 3000±±200 кол/мин; при амплитуде колебания в нагруженном состоянии равной 0,35 мм.

Оборудование и материалы: испытываемая бетонная смесь; металлические формы для изготовления кубов; стержень для штыкования смеси; кельма; лабораторная виброплощадка; мерные сосуды; весы; круглодонные чаши для приготовления смеси; гидравлический пресс; камеры пропаривания или прогрева.

Ход работы. Форму, собранную и промазанную машинным или другим смазочным составом, закрепляют на виброплощадке; в нее накладывают кельмой бетонную смесь с избытком и подвергают вибрированию. Продолжительность вибрирования для гидротехнических бетонов определяется моментом появления на поверхности смеси цементного молока, однако для смесей пластической консистенции длительность вибрации не должна превышать 1,5 мин. По окончании вибрирования избыток смеси срезают вровень с краями формы, а поверхность оставшейся в форме смеси заглаживают мокрой кельмой. Образцам вместе с формами создают условия, способствующие более быстрому схватыванию, твердению и нарастанию прочности. Вторым способом уплотнения бетонной смеси в формах является штыкование, которое осуществляется стальным стержнем. В этом случае заполняют формы смесью послойно: формы размером $300 \times 300 \times 300$ мм — в три слоя, а остальные — в два слоя. Каждый слой смеси штыкуют отдельно. Погружение стержня в бетонную смесь при штыковании нижнего (первого) слоя должно производиться на полную глубину (до дна); глубина погружения стержня при штыковании последующих вышележащих слоев должна быть такой, чтобы стержень, пройдя сквозь штыкуемый слой, погружался в нижележащую под ним смесь на глубину 2—3 см. Штыкование смеси осуществляется в определенном порядке — от краев к центру по спирали. Количество штыкований каждого слоя составляет для кубов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм — 12, для кубов размерами $150 \times 150 \times 150$ мм — 25, для кубов размерами $200 \times 200 \times 200$ мм — 50 и для кубов размерами $300 \times 300 \times 300$ мм — 75 раз. По окончании штыкования избыток бетонной смеси срезают, а оставшуюся в форме смесь разглаживают мокрой кельмой. Весь процесс изготовления образцов должен быть закончен в течение 30 мин с момента приготовления или с момента взятия пробы бетонной смеси. Изготовленные из бетонных смесей образцы выдерживают в формах, покрытых влажной тканью, в течение суток в помещении с относительной влажностью воздуха 90% при температуре 16—20°, затем освобождают от форм, осматривают, нумеруют и помещают в камеру нормального твердения в один ряд так, чтобы стенки их омывались воздухом. В таком по-

женные образцы находятся в камере твердения при указанных выше условиях вплоть до испытания их на прессе.

Образцы, изготовленные из смесей, предназначенных для изделий или конструкций, твердеющих с обогревом, делят на две партии. Первую партию выдерживают до момента испытания при указанных выше условиях, вторую пропаривают или прогревают и хранят так, как это предусмотрено для изготавливаемых конструкций. Если бетонная смесь предназначена для изготовления изделий, подвергающихся специальной тепловой обработке, то все образцы, изготовленные из этой смеси, размещают в формах между изделиями и подвергают тепловой обработке. После этого образцы вынимают из форм и делят на три партии: первую партию испытывают на прочность спустя 2—3 ч после окончания тепловой обработки, вторую партию до момента испытания хранят вместе с изделиями в одинаковых условиях; третью партию выдерживают при обычных лабораторных условиях до момента испытания*.

Испытание образцов на сжатие производится на гидравлических прессах, отвечающих требованиям ГОСТ 8905—58. Испытываются лишь те образцы, которые обладают правильной геометрической формой с параллельными противоположными гранями. Наплывы бетона на гранях кубов должны быть сняты напильником или шлифовальным кругом.

Перед испытанием каждый образец обмеривают мерным инструментом и взвешивают. В результате обмера подсчитывается площадь сечения образца S с точностью до $0,1 \text{ см}^2$ как средняя арифметическая величина площадей опорных граней образца. Последние должны быть выбраны так, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси при формировании образца.

* Определение величины предела прочности при сжатии бетонов для гидротехнических сооружений может осуществляться на образцах цилиндрической формы диаметром 150 мм и высотой 300 мм, изготовленных из испытываемой бетонной смеси или выпиленных из бетонного камня. Формование цилиндрических образцов осуществляется в металлических разборных формах. Методика изготовления этих образцов, правила хранения и определение величины предела прочности при сжатии те же, что и для образцов кубической формы.

Высота образца выражается как средняя арифметическая величина замеров высот противоположных граней образца в рабочем его положении во время испытания. Объем образца вычисляется как произведение площади сечения на среднюю высоту.

Вес образца выражается в граммах с точностью до 10 г для образцов размером 150×150×150 мм и с точностью до 50 г для более крупных образцов.

Испытуемый образец устанавливается в центр нижней опорной плиты пресса той гранью, по отношению к которой сжимающая сила будет направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форму. Возрастание нагрузки на образец производится равномерно со скоростью 2—3 кгс/см² в секунду до полного разрушения.

Величину предела прочности при сжатии каждого образца $\sigma_{сж}$ (кгс/см²) вычисляют как частное от деления разрушающей нагрузки P (кгс) на рабочую площадь сечения образца S (см²),

$$\text{т. е. } \sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{S} \kappa \gamma c' \text{ см}^2.$$

Окончательный результат определения величины предела прочности при сжатии вычисляют как среднюю арифметическую величину, полученную при испытании трех и более образцов.

Цифровое выражение величины предела прочности при сжатии для одной и той же бетонной смеси зависит

Таблица 75

Результат испытаний

[illegible]

от размеров образцов; поэтому для получения сравнимых результатов величин предела прочности при сжатии числовые значения этих определений приводят к величине предела прочности при сжатии куба размерами $200 \times 200 \times 200$ мм. Результаты определения, полученные для кубов размером $100 \times 100 \times 100$ мм, умножают на 0,85; для кубов $150 \times 150 \times 150$ мм умножают на 0,90; для кубов размером $300 \times 300 \times 300$ мм — на 1,10 и на цилиндрах — на 1,20.

Результаты испытания записывают по форме, приведенной в табл. 75.

§ 13. Определение величины предела прочности бетона на растяжение при изгибе

По ГОСТ 10180—62 величина предела прочности бетона на растяжение при изгибе определяется на специально изготовленных для этой цели образцах в виде балочек. Размеры балочек зависят от максимальной величины зерна крупного заполнителя, используемого в составе испытываемой бетонной смеси.

Нормальной величиной предела прочности при изгибе в соответствии с требованиями ГОСТ 10180—62 считается величина, полученная при испытании балочки размером $150 \times 150 \times 550$ мм. Если испытание проводилось на балочках других размеров, то полученные числовые выражения величины предела прочности при изгибе приводятся к вышеуказанному, путем умножения на коэффициент пересчета.

Числовое значение величины предела прочности на растяжение при изгибе $\sigma_{изг}$ вычисляется по формуле

$$\sigma_{изг} = K \frac{M}{W} \text{ кгс/см}^2,$$

где K — коэффициент пересчета;
 M — изгибающий момент, кгс/см;
 W — момент сопротивления сечения, см³.

Так как испытание балочек производится действием двух равных сосредоточенных сил (рис. 58), симметрично расположенных по отношению к опорам балочек, то

приведенная выше расчетная формула принимает такой вид

$$\sigma_{\text{изг}} = K \frac{P_{\text{макс}} l}{bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где K — коэффициент пересчета;
 $P_{\text{макс}}$ — разрушающая нагрузка, кгс;
 l — расстояние между опорами, см;
 b — ширина балочки, см;
 h — толщина (высота) балочки, см.

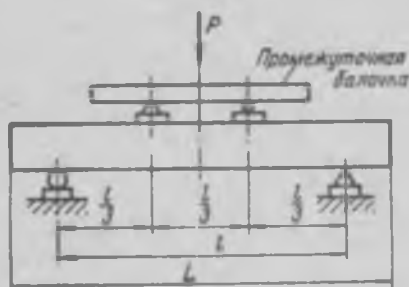


Рис. 58. Схема испытания на изгиб

При $b=h$ вышеупомянутая формула примет вид $\sigma_{\text{изг}} = K \frac{Pl}{h^2}$.

Принятые ГОСТ 1080—62 размеры балочек, коэффициенты пересчета и расчетные формулы характеризуются числовыми данными табл. 76.

Таблица 76

Основные данные для определения $\sigma_{\text{изг}}$ бетона

Максимальный размер зерен заполнителя, мм	Номинальные размеры балочек b , h и l , мм	Расстояние между опорами l , мм	Расстояние между точками приложения нагрузки $\frac{l}{3}$, мм	Коэффициент пересчета K	Расчетные формулы для $\sigma_{\text{изг}}$ кгс/см ²
20	100×100×400	300	100	1,05	$1,05 \frac{30P}{10^3} = 0,0315P$
40	150×150×550	450	150	1,00	$\frac{45P}{15^3} = 0,0133P$
70	200×200×800	600	200	0,95	$0,95 \frac{60P}{20^3} = 0,00712P$

Оборудование и материалы: комплект форм для изготовления балочек; оборудование для приготовления бетонной смеси; сырьевые материалы: цемент, песок, щебень и вода; виброплощадка; гидравлический пресс; мерный инструмент; холст.

Ход работы. Величина предела прочности бетона на растяжение при изгибе определяется на образцах в виде балочек. Для изготовления образцов используют разборные металлические формы, к которым предъявляются те же требования, что и к формам для изготовления кубов (см. стр. 247). Наполнение форм бетонной смесью аналогично формованию кубов, уплотнение смеси в формах осуществляется вибрированием на лабораторных виброплощадках ГОСТ 1081—62 (количество колебаний 3000 ± 200 кол/мин при амплитуде 0,35 мм). Продолжительность вибрирования — до прекращения оседания бетонной смеси, выравнивания ее поверхности и появления цементного молока. Условия твердения образцов аналогичны твердению кубов. Перед испытанием на прессе балочки осматриваются и измеряются мерным инструментом с точностью до 1 мм, при этом определяется величина рабочей высоты h и ширина сечения b . Обе эти величины вычисляют как среднее арифметическое из трех измерений, произведенных по середине образца и на расстоянии $1/3$ его длины от каждого конца. Полученные цифры записывают в журнал, а затем используют при расчете. Затем балочка укладывается на опорные валики, расположенные на нижней плите прессы, и к ней прилагается с помощью жесткой траверсы, снабженной соответствующими опорными валиками, разрушающая нагрузка (рис. 58 и табл. 76). Балочка должна быть уложена так, чтобы изгибающая ее сила во время испытания действовала параллельно слоям бетонной смеси при укладке ее в форму. В то же время нажимные валики верхней траверсы и опорные валики, на которых лежит балочка, должны плотно прилегать к ней по всей ее ширине.

Во время испытания прилагаемая к образцу нагрузка должна возрастать равномерно и непрерывно со скоростью 25 кгс/см^2 в секунду до излома образца. Разрушающая нагрузка представляет собой максимальное усилие, приложенное к балочке в момент разрушения ее.

При отсутствии гидравлических прессов испытание балочек на изгиб можно проводить упрощенным способом по схеме рис. 58 с соблюдением всех указаний по испытанию образцов на прессе. ГОСТ 10180—62 допускает возможность испытания балочек одним сосредоточенным грузом, приложенным симметрично к опорам

(рис. 59). В этом случае числовое выражение результатов испытания умножается на коэффициент 0,8 и таким образом приводится к испытанию двумя равными сосредоточенными силами.

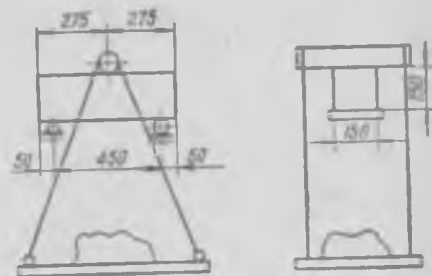


Рис. 59. Упрощенная схема испытания балочек на изгиб

Результат испытания записывают по форме, приведенной в табл. 77.

Таблица 77

Результат испытаний								
Название бетона или бетонной смеси	Условия твердения образцов	Номер образца	Основные размеры образца, мм			Разрушающая нагрузка $R_{\text{макс}}$, кгс	Коэффициент пересчета	Расчетная формула σ_p , кгс/см ²
			длина	ширина	толщина			

§ 14. Определение величины предела прочности бетона на осевое растяжение

Величину предела прочности бетона на осевое растяжение можно определять двумя способами. По ГОСТ 10180—62 предел прочности на осевое растяжение σ_p вычисляют на основании исходных цифровых данных,

полученных при определении величины предела прочности на изгиб

$$\sigma_p = 0,5\sigma_{\text{изг}} \quad \text{или} \quad \sigma_p = 0,5K \frac{R_{\text{макс}} l}{bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где K — коэффициент пересчета;
 $R_{\text{макс}}$ — величина разрушающей нагрузки, кгс;
 b — ширина образца, см;
 h — высота образца, см;
 l — расстояние между опорами, см.

По ГОСТ 4800—59 величину предела прочности бетона на осевое растяжение определяют экспериментальным путем. Для этого из испытываемой бетонной смеси формуруют образцы трех видов:

в виде кубов размерами $100 \times 100 \times 100$ мм;

в виде цилиндров диаметром и высотой в 150 мм;

в форме восьмерок общей длиной 500 мм каждая и с поперечным сечением в средней части, равной 50×50 мм.

Оборудование и материалы: испытываемая бетонная смесь; комплект форм для изготовления кубов, цилиндров или восьмерок; ткань; камера хранения; стальные серги; виброплощадка; стержень для штыкования; мерная линейка; штангенциркуль; гидравлический пресс; разрывная машина; фанера; кельма.

Ход работы. Образцы изготавливают в специальных металлических формах, смазанных перед формованием машинным маслом. Укладку бетонной смеси в формы и уплотнение ее осуществляют так же, как и при изготовлении образцов для определения предела прочности при сжатии и при изгибе (см. стр. 247).

Особенность в изготовлении кубов для определения предела прочности на осевое растяжение заключается в том, что у каждого куба два противоположных ребра срезаются так, чтобы поверхность среза образовала опорную площадку шириной 14 мм (рис. 60). Это делают для того, чтобы куб при испытании на сжатие устанавливался на плиту пресса и чтобы направление сжимающей силы совпадало с диагональной плоскостью образца, проходящей через срезанные ребра куба (рис. 61).

Для формования кубов с двумя срезанными ребрами в формы вставляют металлические вкладыши в виде трехгранных призм длиной 100 мм и шириной боковой грани в 10 мм. Эти вкладыши при помощи винтов крепят

внутри формы в двух противоположных углах параллельно друг другу. Бетонную смесь в формах уплотняют либо вибрированием, либо штыкованием.

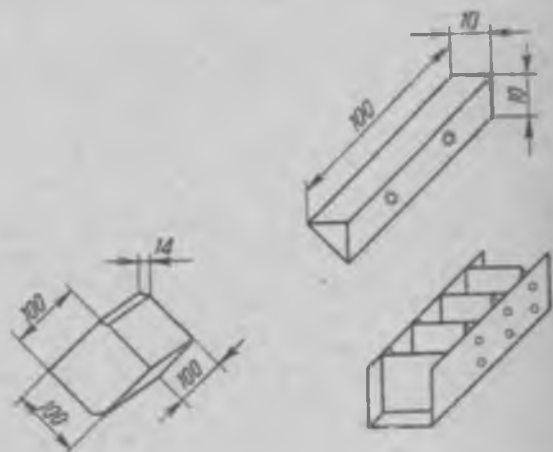


Рис. 60. Форма и вкладыш для изготовления кубов

Восьмерки формируют в разборных формах (рис. 62), для чего в восьмерку с двух торцовых сторон заделывают металлические серьги из стальной проволоки диаметром 8—10 мм. Каждую

серьгу помещают в соответствующее гнездо формы и закрепляют в нем специальной накладной планкой после того, как в форму уложен и проштыкован первый (нижний) слой бетонной смеси. Затем в форму укладывают второй слой смеси. Уплотнение каждого слоя смеси производят двенадцатикратным штыкованием.

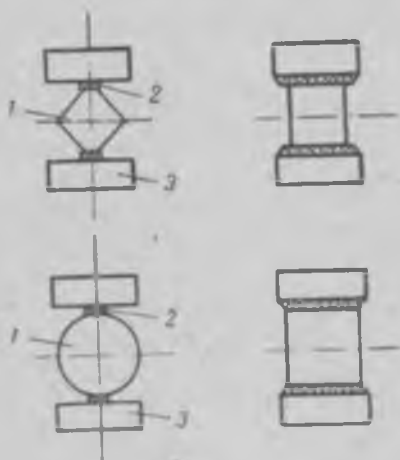


Рис. 61. Схема испытания бетона на осевое растяжение:

1 — испытуемый образец; 2 — прокладка; 3 — плита пресса

Отформованные образцы вместе с формами покрывают влаж-

ной тканью и в таком виде выдерживают в помещении при температуре $20 \pm 2^\circ$: восьмерки в течение 3 сут., кубы и цилиндры — в течение 2 сут. После этого образцы освобождают от форм и переносят в камеру с относительной влажностью 90%, где и хранят до момента испытания при указанной выше температуре.

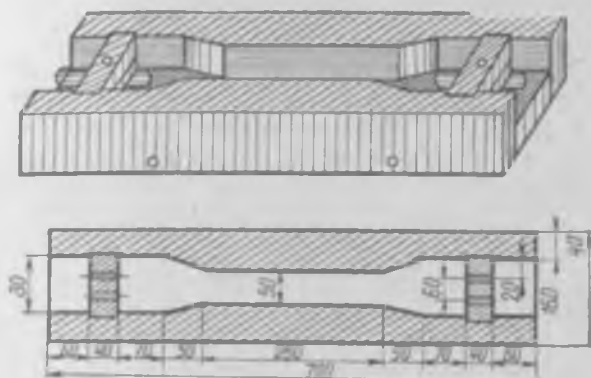


Рис. 62. Форма для изготовления бетонной восьмерки

Испытание кубов и цилиндров на осевое растяжение производят на гидравлическом прессе. Перед испытанием образцы обмеривают с точностью до 1 мм. Кубы закладывают между опорными плитами так, чтобы направление сжимающей силы совпало с направлением диагональной плоскости образца, проведенной через срезаемые боковые грани. В то же время продолжение главной оси образца должно проходить через центр шарнира подвижной плиты пресса.

Перед испытанием цилиндры помещают между опорными плитами пресса на фанерных прокладках длиной не менее 150 мм и шириной до 30 мм так, чтобы направление сжимающей силы совпадало с диаметральной плоскостью сечения, проходящей через образующие цилиндра, расположенные противоположно друг к другу (см. рис. 61). Скорость возрастания нагрузки до 2 кг/см^2 в секунду.

Прочность бетона на осевое растяжение, определяемое на кубах, подсчитывают по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_{\text{набл}}}{A^2} \cdot 0,5187 \text{ кгс/см}^2,$$

внутри формы в двух противоположных углах параллельно друг другу. Бетонную смесь в формах уплотняют либо вибрированием, либо штыкованием.

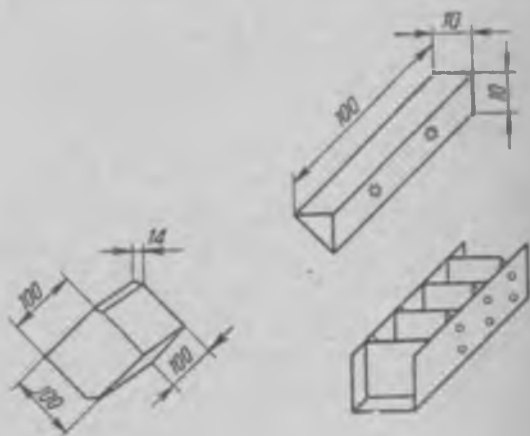


Рис. 60. Форма и вкладыш для изготовления кубов

Восьмерки формируют в разборных формах (рис. 62), для чего в восьмерку с двух торцовых сторон заделывают металлические серги из стальной проволоки диаметром 8—10 мм. Каждую

сергу помещают в соответствующее гнездо формы и закрепляют в нем специальной накладной планкой после того, как в форму уложен и проштыкован первый (нижний) слой бетонной смеси. Затем в форму укладывают второй слой смеси. Уплотнение каждого слоя смеси производят двенадцатикратным штыкованием.

Отформованные образцы вместе с формами покрывают

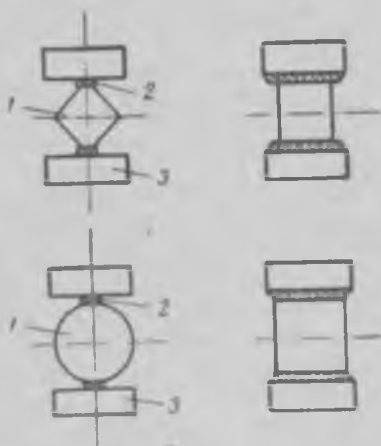


Рис. 61. Схема испытания бетона на осевое растяжение:

1 — испытуемый образец, 2 — прокладка, 3 — плита пресса

The technical drawing consists of two views of a mechanical part. The top view is a perspective drawing showing a rectangular block with a central longitudinal slot. The bottom view is a cross-sectional drawing showing the internal profile of the part. The cross-section is symmetrical about a vertical centerline. The dimensions are as follows:

- Overall width: 40
- Overall height: 60
- Top flange thickness: 10
- Internal slot width at the top: 20
- Internal slot width at the bottom: 50
- Internal slot length: 250
- Internal slot radius: R50
- Internal slot depth: 50
- Internal slot bottom thickness: 20
- Internal slot bottom width: 60
- Internal slot bottom radius: R10
- Internal slot bottom thickness: 10
- Internal slot bottom width: 30
- Internal slot bottom radius: R5
- Internal slot bottom thickness: 10
- Internal slot bottom width: 30
- Internal slot bottom radius: R5
- Internal slot bottom thickness: 10
- Internal slot bottom width: 30
- Internal slot bottom radius: R5

Испытание кубов и цилиндров на осевое растяжение производят на гидравлическом прессе. Перед испытанием образцы обмеривают с точностью до 1 мм. Кубы закладывают между опорными плитами так, чтобы направление сжимающей силы совпало с направлением диагональной плоскости образца, проведенной через срезы боковых грани. В то же время продолжение главной оси образца должно проходить через центр шарнира подвижной плиты пресса.

Перед испытанием цилиндры помещают между опорными плитами пресса на фанерных прокладках длиной не менее 150 мм и шириной до 30 мм так, чтобы направление сжимающей силы совпадало с диаметральной плоскостью сечения, проходящей через образующие цилиндра, расположенные противоположно друг к другу (см. рис. 61). Скорость возрастания нагрузки до 2 кг/см^2 в секунду.

Прочность бетона на осевое растяжение, определяемое на кубах, подсчитывают по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_{\text{макс}}}{q^2} \cdot 0,5187 \text{ кгс/см}^2,$$

Для определения объемного веса выпиленных или отколотых от затвердевшего бетона образцов последние помещают в водонепроницаемую тару, а затем взвешивают с указанной степенью точности. Объем образцов правильной геометрической формы (выпиленных) определяют непосредственным промером, как указано выше. Объем образцов неправильной формы (отколотых) определяют гидростатическим взвешиванием или по объему воды, вытесненной образцом. Для этого взвешенные образцы помещают в ванну, заливают водой и выдерживают в ней до полного водонасыщения, что устанавливают по постоянному весу насыщенного образца. Затем каждый образец переносят в наполненный водой объемом. Объем образца определяют по количеству вытесненной им воды. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 79.

Результаты определений

§ 16. Определение водонепроницаемости бетона

ротехнических сооружений, делятся на четыре марки: В2 — выдерживающий давление воды не менее 2 кгс/см^2 ; В4 — 4 кгс/см^2 ; В6 — 6 кгс/см^2 ; В8 — 8 кгс/см^2 .

Следовательно, водонепроницаемость бетона может быть охарактеризована тем наибольшим давлением воды, при котором на поверхности образца толщиной в 150 мм обнаруживаются признаки влажности.

Оборудование и материалы: испытываемая бетонная смесь или бетон; комплект форм и оборудование для изготовления образцов; плоскодонная чаша; уплотняющее вещество; прибор для создания водяного давления с комплектом патронов; металлическая щетка.

Ход работы. Образцы для определения водонепроницаемости бетона должны быть не менее 180-дневного возраста. Их изготавливают из бетонной смеси (см. стр. 247) или высверливают буром из затвердевшего бетона в количестве не менее 6 шт. Образцы должны быть цилиндрической формы диаметром и высотой 150 мм.

Образцы на водонепроницаемость испытывают при температуре $20 \pm 5^\circ$ и относительной влажности воздуха не менее 60° . Окончательная характеристика бетона в отношении водонепроницаемости устанавливается по сходящимся результатам четырех из шести испытанных образцов.

Подготовленные к испытанию образцы выдерживают перед испытанием на воздухе в течение суток, а затем каждый образец помещают в стальной патрон диаметром 155 мм и высотой 150 мм, изготовленный из цельнотянутой трубы. Зазор между образцом и патроном заполняют уплотняющим веществом из водонепроницаемого материала, чтобы предотвратить просачивание воды между образцом и патроном во время испытания. В качестве уплотняющих материалов применяют битум, воск, парафин и другие вещества. На рис. 63 изображена схема прибора для определения водонепроницаемости бетона.

Чтобы испытуемый образец закрепить в патроне 2, последний предварительно нагревают до температуры, близкой к температуре полного размягчения уплотняющего вещества. Одновременно с этим нагревают и уплотняющее вещество и доводят его до полного расплавления. Разогретый патрон 2 ставят в вертикальном положении на ровное дно плоскодонной чашки. В патрон

помещают бетонный образец так, чтобы зазор между ним и внутренней поверхностью был везде одинаков. Затем зазор заливают тонкой струей уплотняющего вещества и в таком положении оставляют до полного загустевания. Когда уплотняющее вещество остынет и полностью затвердеет, заделанный в патрон образец с обеих торцовых

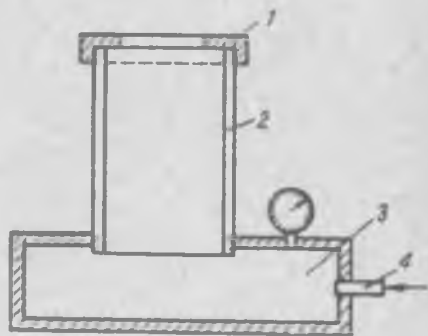


Рис. 63. Схема прибора для определения водонепроницаемости бетона

сторон тщательно очищают стальной щеткой для полного удаления натеков уплотняющего вещества и цементной пленки, образовавшейся при изготовлении образца. После этого на патрон навинчивают опорное кольцо 1, а патрон ввинчивают в гнездо прибора 3. К нижней торцовой поверхности образца при соответствующем возрастающем давлении подают воду через патрубок 4. Подача воды в прибор осуществляется при помощи насоса. Создаваемое в приборе давление отмечают по манометру.

Испытание начинают при давлении воды на торцовую часть образца, равном примерно 185 кгс , исходя из расчета 1 кгс/см^2 . Под таким давлением образец выдерживают 8 ч. Если в течение этого времени на поверхности образца не появятся признаки просочившейся через бетон влаги, то давление воды в приборе увеличивают еще на 1 кгс/см^2 и в таком положении всю систему опять оставляют на 8 ч. Так поступают до тех пор, пока на поверхности образца не появятся признаки влаги.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 80.

Таблица 80

Результаты испытаний

Название материала	Номер образца	Результаты испытаний		Примечание
		давление, кгс/см ²	характеристики поверхности образца	

§ 17. Определение морозостойкости бетона

Морозостойкость бетонов — количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, какое способны выдержать образцы бетона, сохранив при этом не менее 75% прочности на сжатие по отношению к образцам, не подвергавшимся замораживанию и оттаиванию. Число циклов замораживания и оттаивания, которое должны выдержать бетоны различных марок, а также общее количество образцов, которое необходимо изготовить для испытания, указано в табл. 81.

Таблица 81

Нормы морозостойкости

Необходимые данные	Марка бетона по морозостойкости				
	50	100	150	200	300
Число циклов, после которых образцы испытываются на сжатие . .	50	50—100*	100—150*	150—200*	200—300*
Количество замораживаемых образцов . .	3	6	6	6	6
Количество контрольных образцов	3	9	9	9	9
Количество образцов, которое нужно изготовить	6	15	15	15	15

* Первая цифра показывает количество циклов, после которых производится промежуточное испытание, а вторая — окончательное. В связи с этим количество образцов, подлежащих испытанию для этих марок, удвоено.

Оборудование и материалы: испытываемая бетонная смесь или бетон; аппаратура для высверливания цилиндрических образцов из бетона; аппаратура для изготовления кубов; гидравлический пресс; ванна для водонасыщения образцов; штангенциркуль; холст; морозильная камера; решетчатая прокладка.

Ход работы. Образцы замораживают в морозильной камере при температуре не выше -15° . Продолжительность одного замораживания для образцов цилиндрической формы размерами 150 мм и кубической формы размерами 100 и 150 мм должна составлять не менее 4 ч, а для образцов $200 \times 200 \times 200$ мм не менее 6 ч. Образцы оттаивают в водяной ванне при температуре $15-20^{\circ}$ в течение 4 ч. Морозостойкость бетонов определяют на образцах 28-дневного возраста, специально изготовленных из соответствующей бетонной смеси или выпиленных из затвердевших бетонов в количестве, указанном в табл. 80. Так как все образцы испытывают на сжатие, то форма их принята либо кубической $100 \times 100 \times 100$ мм; $150 \times 150 \times 150$ мм или $200 \times 200 \times 200$ мм, либо цилиндрической с высотой и диаметром оснований, равными 150 мм. Изготовление образцов и хранение их до момента испытания осуществляется так, как указано на стр. 247.

Образцы, предназначенные для замораживания и оттаивания, за 4 дня до начала испытания помещают в ванну и заливают для насыщения водой * так, чтобы уровень ее в ванне был на 2 см выше замачиваемых образцов. Далее образцы, насыщенные водой, помещают на решетчатой подкладке в морозильную камеру с температурой -15° так, чтобы расстояние между образцами было не меньше 5 см, где и выдерживают в течение указанного ранее срока. Затем образцы оттаивают.

По окончании замораживания и оттаивания образцы осматривают и подвергают испытанию на определение величины предела прочности при сжатии. После проведения определенного количества циклов замораживания и оттаивания образцы осматривают с целью выявления характера и величины повреждения их. Если величина

* При испытании бетонов, предназначенных для гидротехнических сооружений, подвергающихся действию минерализованных вод, предварительное водонасыщение и последующее оттаивание производится в воде, содержащей соответствующие агрессивные среды. Такая вода может быть естественной или искусственно приготовленной.

повреждения грани, прилегающей к плитам пресса, составляет 10—12% от ее первоначальной площади, то такую грань исправляют густым цементным тестом. В этом случае образец после исправления грани 1 сут. хранят во влажной среде, а 2 сут. — в воде, после чего подвергают сжатию на гидравлическом прессе. Одновременно с определением величины предела прочности при сжатии образцов, подвергавшихся замораживанию и оттаиванию, испытывают и контрольные образцы. Последние перед испытанием насыщают водой в течение 4 сут. при тех же условиях, что и испытываемые образцы.

Определение и расчет величины предела прочности при сжатии как испытываемых, так и контрольных образцов осуществляется на гидравлическом прессе. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 82.

Таблица 82

Результаты определений

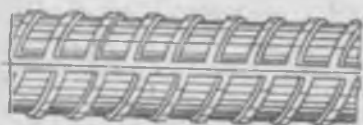
Название материала	Номер образца	Предварительное количество циклов испытаний	Предварительная величина предела прочности при сжатии	Окончательное количество циклов испытаний	Окончательная величина предела прочности при сжатии	Морозостойкость бетона

ГЛАВА VII

ИСПЫТАНИЕ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

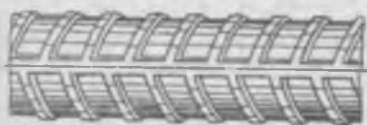
Для армирования железобетонных конструкций применяют:

горячекатаную сталь круглого и периодического профиля диаметром 6—90 мм (рис. 64);



сталь холодноспущенную периодического профиля (рис. 65);

низкоуглеродистую холоднотянутую проволоку диаметром 3—10 мм.



Горячекатаная сталь для арматуры в зависимости от механических свойств подразделяется на четыре класса.

Рис. 64. Сталь периодического профиля

Из арматурной стали класса А-I изготовляют круглые стержни диаметром 6—40 мм. Для их изготовления

обычно употребляется сталь марок Ст-3, Ст-3пс и Ст-3кп.

Из сталей классов А-II, А-III и А-IV изготовляют стержни периодического профиля. Для изготовления

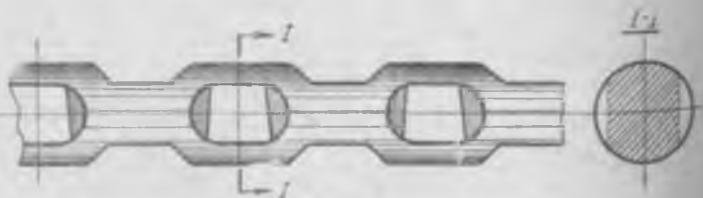


Рис. 65. Сталь холодноспущенная периодического профиля

стержней из стали класса А-II диаметром 10—40 мм употребляют сталь марки Ст-5, а диаметром 40—90 мм — сталь марок 18Г2С и 35ГС. Арматурную сталь класса А-III диаметром 6—10 мм изготавливают из стали марок 25Г2С и 35ГС. Из стали марки 30ХГ2С изготавливают стержни класса А-IV диаметром 10—32 мм.

Характеристика сталей четырех классов приведена в табл. 83.

Таблица 83

Характеристика арматурной стали

Класс арматурной стали	Диаметр стержня, мм	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Предел текучести, кгс/мм ²	Испытание на изгиб в холодном состоянии	
					толщина оправы С при диаметре стержня d	угол загиба, град
A-I	6—40	38	25	24	$C=0,5 d$	180
A-II	10—90	50	19	30	$C=3 d$	180
A-III	6—40	60	14	40	$C=3 d$	90
A-IV	10—32	90	6	60	$C=5 d$	45

Арматурную холодносплюснутую сталь изготавливают в виде стержней диаметром (до сплющивания) 6—32 мм. Для ее изготовления применяют сталь марок Ст-0, Ст-2, Ст-3, Ст-4 и Ст-5. Холодносплюснутые арматурные стали подразделяют на две категории в зависимости от механических свойств (табл. 84).

Таблица 84

Характеристика холодносплюснутой арматурной стали

Категория	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Предел текучести, кгс/мм ²	Испытание на изгиб в холодном состоянии	
			толщина оправы С при диаметре стержня d	угол загиба, град
I	45	35	$C=3 d$	90
II	60	50	$C=3 d$	90

Характеристика проволоки для железобетонной арматуры

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Испытание на перегиб	Испытание на загиб в холодном состоянии	
			толщина оправы С при диаметре стержня d	угол загиба, град
3—5,5	55—5	не менее четырех перегибов	—	—
6—10	45—70	—	$C = p$	180

Холоднотянутую проволоку для железобетонной арматуры изготовляют из низкоуглеродистой стали марок Мст-0, Мст-Зкп, Бст-0 и Бст-Зкп. Характеристика этой проволоки приведена в табл. 85.

Поскольку при изготовлении железобетонных конструкций арматуру приходится загибать в холодном состоянии, а в самих конструкциях арматура работает на растяжение, то металлические стержни и проволоку подвергают следующим испытаниям:

1) испытанию на растяжение на разрывных машинах для чего определяют:

- а) временное сопротивление разрыву;
- б) относительное удлинение;
- в) предел текучести;

2) испытанию на загиб в холодном состоянии;

3) испытанию на перегиб (для проволоки диаметром 3—7 мм).

§ 1. Испытание арматурной стали на растяжение

Образцы для испытания вытачивают на металлорежущих станках с диаметром рабочей части в 20 мм с головкой, размер которой зависит от формы захватов разрывной машины. Переход к головкам должен быть плавным (рис. 66).

Образцы могут быть «длинными» с расчетной длиной * $l_0 = 10 d_0$ (где d_0 — диаметр образца) и «короткими» $l_0 = 5 d_0$. Чаще применяют короткие образцы (рис. 67). При испытании стержней диаметром до 36 мм

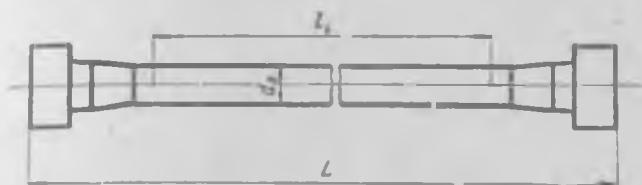


Рис. 66. Образец для испытания на растяжение

и при наличии разрывной машины большой мощности можно пользоваться натуральными образцами. Если же приходится вытачивать образец, то необходимо предохранять последние от перегрева и наклепа. Для изготовления натуральных образцов отпиливают от стержней пилой для металла образцы соответствующей длины.

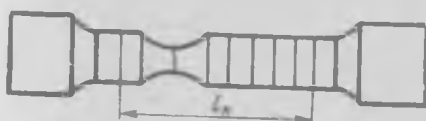


Рис. 67. Образец после испытания на разрыв и относительное удлинение

При определении относительного удлинения на расчетной длине образца наносят риски через каждые 5 или 10 мм. При испытании желательно пользоваться разрывной машиной мощностью в 30 Т с гидравлическим приводом (§ 9, гл. III).

Оборудование и материалы: разрывная машина мощностью 30 Т с гидравлическим приводом; металлорежущий станок для выточки образцов; пила для металла; штангенциркуль с нулем.

Ход работы. Перед испытанием точно измеряют образцы. Затем на силовом измерителе универсальной раз-

* Расчетной длиной (начальной) l_0 называется длина участка образца, на котором определяется удлинение.

рывной машины устанавливают определенную нагрузку и регулируют длину и вес маятника. Одновременно закрепляют соответствующую пружину на стабилизаторе давления, подготавливают диаграммный прибор и проверяют работу силоизмерителя, рейки зубчатого колеса и стрелки. После этого приводят в движение мотор насоса и устанавливают стрелку шкалы машины на нуль. Подбирают разрезные кольца в соответствии с размерами головок образцов, шаровые опоры и устанавливают их в зажимы, в которые закрепляют образец, опуская нижний захват или подтягивая верхний соответствующей рукояткой. Затем плавно открывают вентиль правого распределителя и после движения стрелки на силоизмерителе устанавливают вентиль в заданном положении, при котором контрольная стрелка совмещается со стрелкой шкалы. Приводят в движение мотор и следят за нарастанием нагрузки и деформацией образца по движению стрелки силоизмерителя или по диаграмме деформации. Нарастание нагрузки должно быть плавным. После разрушения образца вентиль закрывают, выключают мотор и производят отсчет по контрольной стрелке силоизмерителя. Затем опускают верхний захват, открывая тем самым левый вентиль. Освобождают зажимы и вынимают разрушенный образец.

При определении *временного сопротивления разрыву* отмечают наибольшую нагрузку $P_{\text{макс}}$, предшествующую разрушению образца, и вычисляют ее по формуле

$$\sigma_b = \frac{P_{\text{макс}}}{F_0} \text{ кгс/мм}^2,$$

где F_0 — площадь поперечного сечения образца до разрыва, мм^2 .

Для определения площади поперечного сечения образца периодического профиля натуральный образец взвешивают, измеряют его длину (до испытания) и определяют площадь по формуле

$$F_0 = \frac{Q}{7,85L},$$

где Q — вес образца, г;
 L — длина образца, мм (см. рис. 67).

Площадь поперечного сечения холодносплюсненной стали периодического профиля вычисляют по формуле

$$F_0 = 1,4h^2 \text{ мм}^2,$$

где h — толщина стержня между сплюсненными поверхностями образца, мм.

Для определения физического предела текучести фиксируют то напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки, т. е. фиксируют остановку стрелки, при которой происходит деформация образца. Показание стрелки в этом случае принимают за P_T . Предел текучести вычисляют по формуле

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0},$$

где P_T — нагрузка, кгс/см².

F_0 — площадь поперечного сечения образца, мм².

При определении относительного удлинения образец после разрыва плотно соединяют в месте разрыва, из-

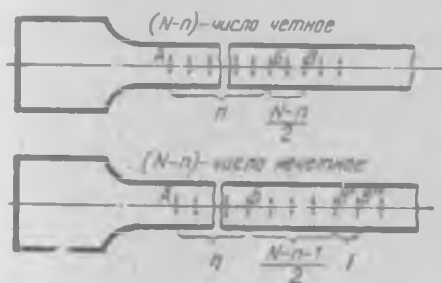


Рис. 68. Определение конечной длины расчетной части образца

меряют расстояние между крайними рисками (см. рис. 67) и длину отрезка после испытания l_k . Если расстояние от места разрыва до ближайшей риски, ограничивающей расчетную длину образца, менее $1/3$, то допускается определение конечной длины расчетной части образца l_k с отнесением места разрыва к середине. Пересчет производят при помощи заранее нанесенных вдоль рабочей длины испытуемых образцов кернов или

рисок (рис. 68) следующим образом: пусть на начальной расчетной длине образца укладывается N число интервалов. После разрыва крайнюю риску на короткой части разрушенного образца обозначим буквой A . На длинной части буквой B обозначим риску, расстояние от которой до места разрыва наиболее близко по величине к расстоянию от места разрыва до риски A . Пусть расстояние от A до B составляет n интервалов. Если разность $N-n$ — число четное, то от точки B до точки B' берут $(N-n)/2$ и l_k подсчитывают по формуле $l_k = AB + 2BB'$. Если разность $N-n$ — число нечетное, то от точки B до B'' берут $(N-n)/2$ интервалов и до точки B'' — $(N-n+1)/2$ интервалов (в сумме $BB' + BB'' = N-n$). Конечную расчетную длину в этом случае подсчитывают по формуле $l_k = AB + BB' + BB''$.

В случае если разрыв произошел вне средней трети расчетной длины образца и пересчет не дает необходимого минимального относительного удлинения, то допускается повторение испытания.

Определив расчетную длину после разрыва, вычисляют относительное удлинение по формуле

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

где l_k — расчетная длина разрыва, см;

l_0 — расчетная длина образца до разрыва, см.

§ 2. Испытание на загиб в холодном состоянии

При испытании на загиб определяют способность металлического прутка принимать заданный угол загиба без образования трещин, расслоения, надрывов или излома.

Оборудование и материалы: пресс любой конструкции с дополнительным раздвижным приспособлением или тиски с закругленными губками; набор оправок различного диаметра с приспособлением для их крепления к прессу; пила для металла.

Ход работы. От металлического прутка отпиливают образец длиной $l = 5d + 150$ мм, где d — диаметр прутка.

Испытание на загиб в 180° (загиб до параллельности

сторон) проводят следующим образом. Образец кладут на подвижное приспособление, раздвинутое на расстояние, равное $C + 2,1 d$, где C — толщина оправки. Ручным способом или при помощи масляного насоса пресса устанавливают оправку по середине образца (рис. 69) и плавно увеличивают нагрузку на образец до тех пор, пока стороны образца изогнутся и станут параллельными (рис. 70).

Для образцов, изготовленных из более прочных сортов стали, производят испытание на загиб до определенного угла, например, до 90 или 45°. Определение производят аналогично вышеописанному. Нагрузка на образец в этом случае прекращается по достижении образцом соответствующего угла (рис. 71). Образец считается выдержавшим испытание, если при изгибе на нем не образовалось трещин, излома, надрыва или расслоения. Определение производят на нескольких образцах.

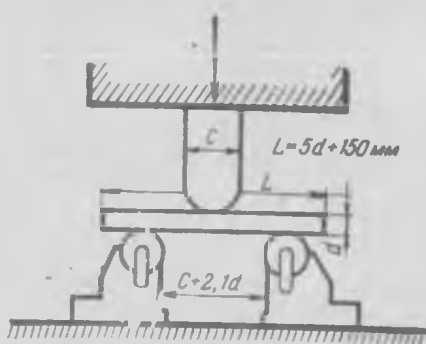


Рис. 69. Подготовка к испытанию на изгиб

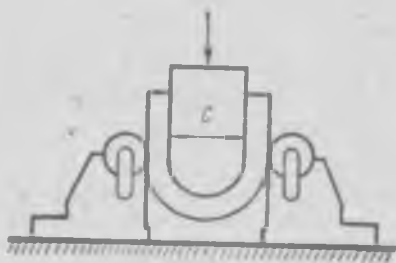


Рис. 70. Испытание на загиб под углом 180°

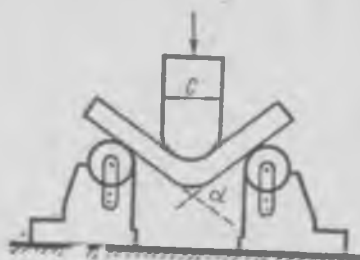


Рис. 71. Испытание на загиб под определенным углом

§ 3. Испытание на перегиб

Испытание на перегиб образца 3 производится на приборе (рис. 72), состоящем из зажимных губок 7 со сменными прокладками 6 и двух сменных валиков 5, на-

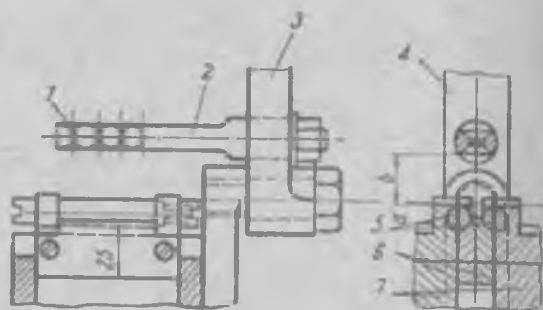


Рис. 72. Испытание образца на перегиб

ходящихся в верхней части прибора. Посредством валиков 5 и зажимных губок 7 стержень укрепляют в приборе и устанавливают в соответствующих отверстиях 1 поводка 2. Длина испытуемого образца 100—150 мм. Перегиб проволоки совершается посредством рычага 3. В зависимости от диаметра проволоки меняются размеры частей прибора (см. табл. 86).

Более удобным прибором для испытания образцов на перегиб является прибор НГ-1-2, представлявший собой небольшие настольные тиски, укрепленные на проч-

Таблица 86

Зависимость диаметра проволоки от размера частей прибора

Диаметр, мм			Расстояние, мм	
проволоки	валиков	отверстия поводка	a	b
3—3,5	15	4	1,7	25
3,5—4	20	5	2,0	35
4—5	20	6	2,0	35
5—6	30	7	2,8	50
6—7	30	8	2,8	50

ном деревянном столе (рис. 73), левая часть тисков 2 неподвижно закреплена, а правая 7 перемещается посредством поворотного винта 8. В тиски 9 вставляются

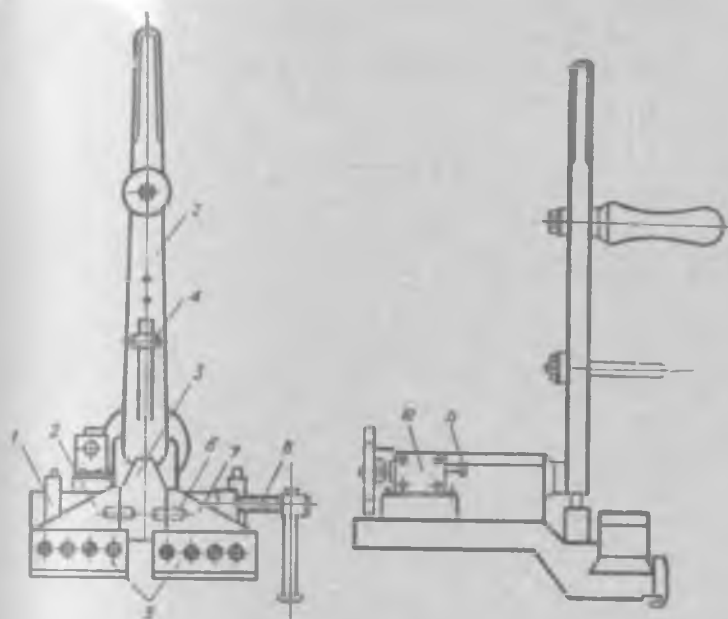


Рис. 73. Прибор НГ-1-2

сменные губки 5 соответствующего диаметра, закрепленные штифтами 6. Поводки 4, куда вставляется верхний конец образца, укрепляют на рычаге 3, который может отклоняться вручную в обе стороны. Для установки поводка на рычаге имеется прорезь, с правой стороны которой находится шкала, позволяющая устанавливать поводок на нужную высоту. Над прорезью имеется отверстие для установки натяжного приспособления (для натяжки проволоки малого диаметра). В вертикальном положении рычаг фиксируется с помощью шарика, попадающего в конусообразное углубление в конце вилки рычага. При проведении испытаний (рис. 74) образец 2 длиной 100—150 мм зажимают в губки 1 радиуса R ; верхний конец пропускают через соответствующее по размеру отверстие поводка 3. Губки и поводок под-

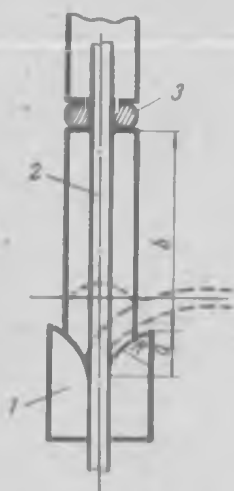


Рис. 74. Зажим образца в приборе НГ-1-2:

1 — губки; 2 — образец; 3 — поводок

бирают в зависимости от диаметра проволоки согласно табл. 87.

Перегиб проволоки осуществляют посредством рычага, который отводится рукой до упора 2. Число перегибов фиксируют счетчиком 10. Чтобы перевести счетчик на нулевое деление, оттягивают пуговку 11 и поворачивают ее до тех пор, пока барабанчики не покажут нулевую отметку, после чего пуговку возвращают в первоначальное положение.

Испытание проволоки на перегиб (загиб и разгиб попеременно вправо и влево) производят с равномерной скоростью, равной 60 перегибам в минуту. При этом *первым перегибом* считается загиб образца на 90° вправо (считая от начального положения); *вторым* — разгиб образца до начального положения и загиб его на 90° влево; *третьим* — разгиб образца до начального положения и загиб его снова на 90° вправо и т. д. до разрушения образца. Последний перегиб, на котором произошло разрушение образца, в расчет не принимают.

Таблица 87

Зависимости размеров поводка и губок от диаметра проволоки

Диаметр проволоки, мм	Радиус закругления губок, мм	Диаметр отверстий поводка, мм	Расстояние, мм	
			а	б
3—3,5	7,5	4	1,7	25
3,5—4	10	5	2,0	35
4—5	10	6	2,0	35
5—6	15	7	2,8	50
6—7	15	8	2,8	50

ГЛАВА VIII

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Железобетонные детали и конструкции должны полностью удовлетворять требованиям рабочих чертежей, технических условий и соответствующих ГОСТов. В связи с этим при приемке и отбраковке их проверяют в основном:

форму и размеры конструкции и соответствие их размерам рабочих чертежей в пределах указанных допусков;

качество отделки лицевых и стыковых поверхностей; размещение рабочей арматуры и равномерность покрытия ее защитным слоем бетона;

механическую прочность конструкции;

отсутствие раковин, пустот, трещин и т. д.

§ 1. Определение формы и основных размеров конструкции

Основные размеры конструкции и соответствие их рабочим чертежам проверяют мерными инструментами: мерными линейками, рулетками, измерительными скобами, угломерами и специально изготовленными калибрами или шаблонами. Точность измерений с помощью перечисленных инструментов до 1 мм.

Измерительная скоба представляет собой стальную пластину, к одному концу которой наглухо прикреплена перпендикулярно к ней расположенная стальная лапка. На втором конце пластины свободно перемещается движок, к которому прикреплена вторая (подвижная) лапка. На пластине, где перемещается движок с подвижной лапкой, нанесена шкала, пользуясь которой, можно определить расстояние между неподвижной и подвижной лапками.

Калибры или шаблоны представляют собой стальные пластины, в торцовых частях которых вырезаны углуб-

ления, соответствующие предельно допустимым линейным размерам контролируемой конструкции. Калибр с положительным допуском называется проходным, калибр с отрицательным допуском — непроходным. Проверяемый размер изделия должен быть меньше проходного и больше непроходного калибров.

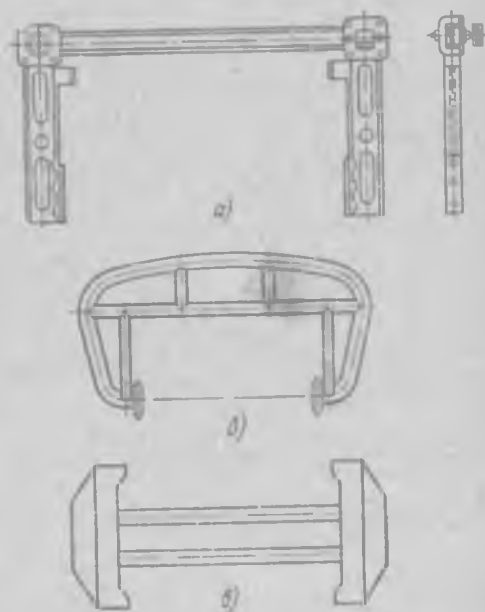


Рис. 75. Измерительный инструмент

Правильность углов проверяется угломером.

Оборудование и материалы: испытуемые железобетонные конструкции и мерный инструмент; бетонные опоры и стойки грузоподъемные механизмы.

Ход работы. Железобетонную конструкцию помещают либо горизонтально на специально установленные для этой цели бетонные опоры, либо вертикально между металлическими стойками, но так, чтобы к местам, подлежащим измерению, согласно техническим условиям был обеспечен свободный доступ мерному инструменту.

Если конструкция малых размеров, то измеряют ее положением мерной линейки или измерительной скобы. Последнюю налагают на изделие так, чтобы оно было зажато между неподвижной и подвижной лапками скобы. Конструкции, превышающие своими размерами длину мерной линейки, измеряются рулеткой.

Мерная линейка, рулетка и мерная скоба дают возможность установить истинную величину измеряемой конструкции.

Чтобы определить, находятся ли размеры данной конструкции в пределах установленных допусков, пользуются калибрами, налагая последние торцовыми вырезами как проходного, так и непроходного калибров на соответствующее место проверяемой конструкции. Если последняя полностью укладывается в вырез проходного калибра и не укладывается в вырез непроходного калибра, то конструкция находится в пределах установленных допусков. Калибрами удобно пользоваться при проверке размеров маломерных изделий массового выпуска.

Результаты измерений записывают по форме табл. 90.

§ 2. Проверка качества поверхности изделий

Поверхность железобетонных конструкций бывает: лицевой, стыковой (сопрягаемой с соответствующими поверхностями других изделий) и тыльной. К каждому виду поверхности изделия предъявляются соответствующие требования. Качество лицевой поверхности должно быть таким, чтобы изделие можно было сразу после изготовления использовать в сооружении без дополнительных операций (штукатурки, окраски, отделки, заделки трещин, сколов и тому подобных дефектов). Сопрягаемые поверхности должны полностью совмещаться с соответствующими поверхностями сопрягаемых конструкций. К тыльным сторонам изделий в зависимости от расположения их в строении предъявляются менее жесткие требования.

К основным наиболее распространенным дефектам поверхностей железобетонных конструкций относятся: трещины, раковины, отколы, наплывы, механические повреждения фактурного слоя, пятна, обнаженная арматура, искривление, перекося и т. д.

Отбраковку изделий по дефектам поверхности производят визуально, т. е. внешним осмотром, и в зависимости от его результатов изделие либо маркируется с указанием соответствующей сортности, либо подвергается исправлению.

Допускаемое количество дефектов, их вид и размеры для каждого вида изделий определяются техническими условиями. Так, для ребристых плит количество раковин глубиной до 5 мм, диаметром до 100 мм не должно быть более 2 на 1 м изделия; количество сколов ребер шириной до 5 мм и количество наплывов или неровностей толщиной более 8 мм допускается не более одного.

Оборудование и материалы: испытываемые изделия; мерный инструмент; бетонные опоры; стойки; грузоподъемные механизмы; металлические балки.

Ход работы. Изделие помещают вертикально в стойки и визуально проверяют его поверхность, подсчитывая количество дефектов, их вид и размеры и на основании этого устанавливают качество поверхности или необходимость исправления замеченных дефектов.

Перекося опорных поверхностей выявляется при укладке изделия на две, установленные по уровню строга горизонтально, металлические балки. При наличии перекося изделие, опираясь на два угла, качается. Величина перекося характеризуется расстоянием между опорной частью приподнятого угла изделия и металлической балкой. Величина перекося измеряется клиновым калибром или мерной линейкой.

У изделий шириной до 2 м величина перекося не должна превышать 3 мм, у более широких изделий она может составить до 5 мм.

Результат визуального осмотра изделий записывается в рабочий журнал по форме технического протокола.

§ 3. Проверка правильности армирования изделий

Правильность размещения арматуры в изделии и толщина защитного слоя бетона может быть проверена разрушением конструкции и без ее разрушения. В первом случае используют конструкции, ранее испытанные на прочность и на всю их ширину, перпендикулярную длине, в трех местах, а именно на обоих концах и по се-

в середине пролета, вырубает борозды до арматуры (рис. 76). Затем мерным инструментом измеряют глубину погружения арматуры в бетоне, т. е. толщину защитного слоя и расстояния стержней от края изделий. Сравнивая полученные результаты промеров с рабочими чертежами, устанавливают, насколько правильно размещена арматура в изделии и как она защищена бетоном от внешних влияний.

Чтобы определить правильность размещения арматуры в изделии без разрушения конструкции, пользуются специальными приборами: магнитным прибором, позволяющим определить расположение арматуры диаметром 4—24 мм, заглубленной в изделия до 400 мм, и γ -установкой, в которой используется распад радиоактивных элементов.

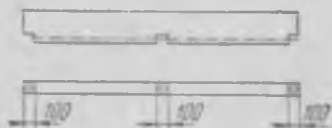


Рис. 76. Проверка правильности армирования изделий

Принцип действия магнитного прибора заключается в изменении величины магнитного поля между двумя магнитами призматической формы в момент приближения или удаления от арматуры, находящейся в испытуемом изделии. Изменение магнитного поля отмечается перемещением стрелки по соответствующей шкале. Последняя должна быть проградуирована по соответствующему эталону. Перемещая прибор по поверхности изделия, наблюдают отклонение стрелки по шкале прибора от нулевого положения. Это отклонение показывает толщину защитного слоя бетона. Подобным образом устанавливают отклонение арматурных стержней от нормального положения их в конструкции.

γ -установка используется для проверки правильности расположения арматуры в конструкции и для определения толщины защитного слоя бетона без разрушения конструкции (рис. 77). Принцип действия подобных установок заключается в следующем: перемещающаяся на колесном ходу установка 1 снабжена контейнером 2, в котором находится радиоактивный кобальт, посылающий из контейнера 2 излучение. Последнее направляется на железобетонную конструкцию 3 и, пройдя сквозь толщу бетона, попадает на рентгеновскую фотопленку 4, прикрепленную в кассете с противоположной к уста-

новке стороны железобетонной конструкции. Во время экспозиции на фотопленке образуется фотоснимок размещенной в изделии арматуры, на котором после проявления отчетливо видно расположение арматуры. Расстояние просвечиваемого изделия от γ -установки, продолжительность экспозиции, количество радиоактивного ко-

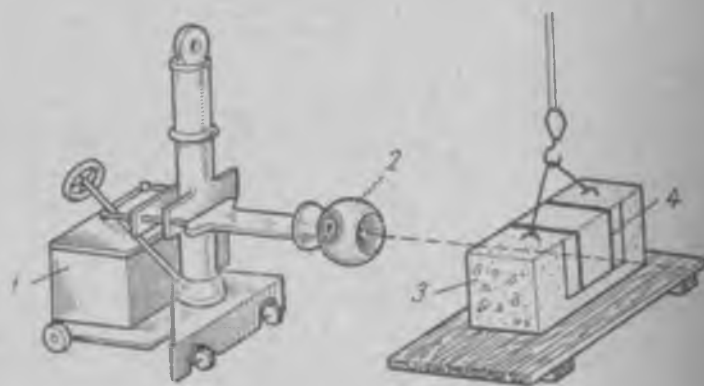


Рис. 77. γ -установка

бальта и правила обращения с установкой излагаются в специальных инструкциях, прилагаемых вместе с паспортом к каждой установке. Там же указывается и методика проведения испытания.

§ 4. Определение механической прочности железобетонных конструкций

Механическая прочность железобетонных конструкций может быть определена как без разрушения конструкций, так и с разрушением ее. Контроль качества бетонной конструкции без разрушения проводят как механическими, так и физическими методами.

Механический метод контроля осуществляют простукиванием изделия молотками различных конструкций. При этом о прочности бетона судят по глубине и ширине следа, оставляемого на поверхности изделия ударом молотка, или по величине угла отскока молотка от поверхности бетона после удара. Чем прочнее бетон, тем меньше и мельче след и тем больше угол отскока молотка. К ударным испытательным инструментам относят: шариковый

молоток системы И. А. Физделя, выпуклый штамп системы Г. К. Хайдукова, И. А. Годера и Д. М. Рачевского, дисковый прибор ДПГ-4 А. М. Губбера, прибор системы КИСИ и др.

Шариковый молоток системы И. А. Физделя представляет собой стальной молоток (рис. 78), в обушке которого шарнирно закреплен стальной вращающийся шарик. Размеры и вес молотка нормированы.

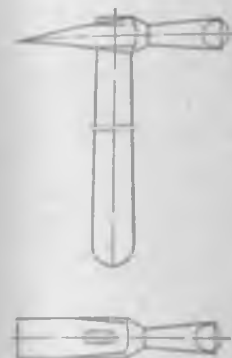


Рис. 78. Шариковый молоток И. А. Физделя

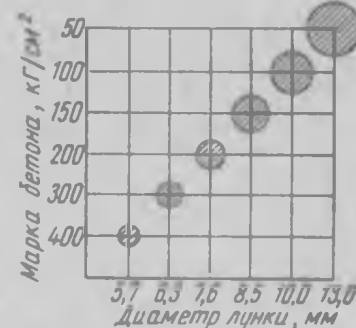


Рис. 79. Калибровочный график

Чтобы определить приблизительную прочность бетона в конструкции без разрушения ее, предварительно строят калибровочный график. Для этого изготовляют серию бетонных образцов или изделий заведомо строго определенных марок бетона. На каждом из этих образцов выбирают ровную, гладкую площадку, лишенную дефектов, размером примерно 100×100 мм. Поверхность бетона на этой площадке зачищают металлической щеткой. Затем по этой площадке шариком молотка наносят несколько ударов средней силы, так чтобы каждый из ударов падал в различные места площадки. Величину следа, его диаметр и глубину, оставляемую шариком молотка, измеряют мерным инструментом или соответствующим калибром. Результаты, резко отклоняющиеся в сторону уменьшения размеров, отбрасывают. Наиболее сходные промеры характеризуют средней величиной. Последнюю наносят на калибровочный график, как это показано на

рис. 79. Для более четкой регистрации размеров отпечатков на бетон укладывают сначала лист копировальной бумаги мастикой кверху. Этот лист покрывают белой бумагой, через которую наносят удары на бетон. По диаметру отпечатков, полученных с помощью копирки на белой бумаге, и по калибровочному графику судят о прочности бетона.

Оборудование и материалы: испытываемые изделия; металлическая щетка; калибровочный график; шариковый молоток; копировальная бумага; чистая белая бумага.

Ход работы. Испытуемое изделие либо укладывают на опоры горизонтально, либо устанавливают в стойках вертикально. На поверхности изделия в различных местах выбирают наиболее ровные и гладкие площадки, последние зачищают металлической щеткой. На зачищенную поверхность накладывают копирку и лист чистой белой бумаги, а затем по ней наносят равной силы удары молотком. Отпечатки следа лунок сравнивают с калибровочным графиком, по которому и определяют прочность бетона.

Результат определения записывают в журнале по форме табл. 88.

Таблица 88

Результаты определений

Номер партии изделий	Название конструкций	I промер		II промер		III промер		Примечание
		Средняя величина лунок	з кг/см ²	Средняя величина лунок	з кг/см ²	Средняя величина лунок	з кг/см ²	

Физические методы контроля бывают: импульсными, вибрационными и радиометрическими.

К наиболее распространенным импульсным методам относится ультразвуковой метод, основанный на том, что

скорости распространения ультразвуковых волн в бетоне находится в определенной зависимости от плотности, прочности и упругости бетона. При этом чем плотнее бетон, выше его упругость и прочность при сжатии, тем прогрессивнее растет скорость прохождения в нем ультразвуковых волн. Однако при испытании было установлено, что у некоторых бетонов одной и той же прочности скорость прохождения ультразвука может быть различной. Это зависит от количественного содержания в бетоне крупного заполнителя, его вида, упругих и прочностных характеристик. Поэтому ультразвуковой метод определения прочности бетонных конструкций практически может быть использован при контроле бетонных изделий, содержащих примерно одно и то же количество крупного заполнителя одинаковых свойств и размеров.

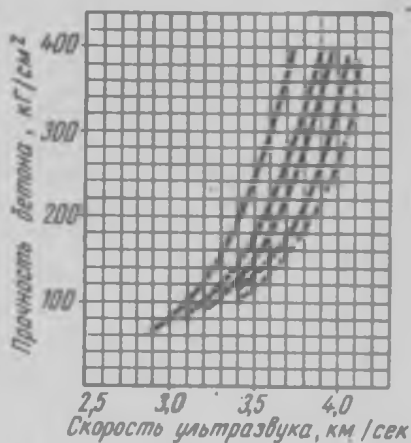


Рис. 80. Тарировочная кривая

Прежде чем определять ультразвуковым методом величину предела прочности при сжатии близких по составу бетона железобетонных конструкций, необходимо построить тарировочную кривую, отображающую зависимость между скоростью прохождения ультразвуковых волн и прочностью бетона при сжатии (рис. 80). Затем с помощью прибора определяют скорость прохождения ультразвуковых волн в испытуемых изделиях и по ее величине на тарировочной кривой для каждого изделия находят соответствующее значение величины предела прочности при сжатии. Этим же методом определяют наличие в изделии закрытых пустот и внутренних трещин.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 81. К контролируемому изделию 1 во время опыта с обеих сторон вплотную к поверхности подводятся щупы. Первый щуп 2 представляет собой излучатель ультразвуковых волн, посылаемых в изделие, второй 3 —

звукоприемник, улавливающий звуковые волны после прохождения их через изделие. Щуп 2 подсоединен к генератору ультразвуковых импульсов 4, последний через электронное устройство 5 соединен с генератором меток времени 6 и с электроннолучевой трубкой 7, которая в свою очередь соединена с усилителем 8, усиливающим принятые щупом 3 ультразвуковые колебания, прошедшие сквозь бетонное изделие.

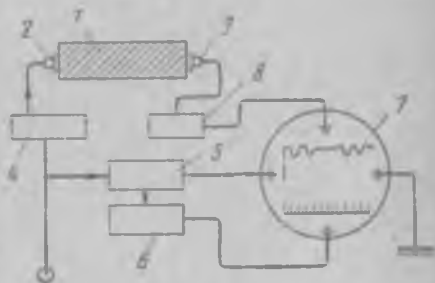


Рис. 81. Схема прибора для определения скорости прохождения ультразвука в бетоне

Оборудование и материалы: контролируемые изделия; металлическая щетка; ультразвуковая установка; сырьевые материалы для приготовления бетонных смесей (щебень, гравий, песок и цемент различных марок), металлические формы; оборудование для приготовления бетонной смеси.

Ход работы. Вначале строят тарировочную кривую. Для этого из тех же материалов, которые используются для изготовления изделий, готовят серию бетонных смесей с таким расчетом, чтобы полученные из них бетоны были различных марок. Из этих смесей формуют образцы стандартных размеров и после достижения ими проектной прочности определяют с помощью ультразвуковой установки скорость прохождения ультразвука через образец, после чего каждый из образцов испытывают на прочность стандартным методом. Эти данные в соответствующем масштабе наносят на миллиметровую бумагу в прямоугольной системе координат, получая таким образом графическую зависимость между марочностью бетона и скоростью прохождения ультразвуковых волн через него, что и является тарировочной кривой.

Контролируемое изделие очищают от возможных загрязнений вначале металлическими, а затем волосяными щетками, после чего к поверхностям его в точках, противоположных друг другу, подсоединяют с одной стороны излучатель ультразвуковых волн, с противоположной стороны — приемник их и по прибору отмечают скорость прохождения звука, а затем на тарировочной кривой находят соответствующую этой скорости величину предела прочности при сжатии. По каждому изделию это определение проводят в нескольких местах.

Правила обращения с ультразвуковой установкой изложены в прилагаемой к прибору инструкции и должны быть строго соблюдены.

Полученные результаты записывают по форме протокола в рабочий журнал.

ГЛАВА IX

СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА

Наряду с естественным камнем, деревом, бетоном, железобетоном, металлическими конструкциями и стеклом в качестве строительных материалов и изделий широко используют в строительстве некоторые виды керамики, как:

- обыкновенный глиняный кирпич и эффективные его разновидности;

- керамические пустотелые стеновые и облицовочные камни;

- лицевые камни, кирпичи и фасадные плиты;

- плитки для полов;

- облицовочные глазурованные плитки;

- химически стойкие изделия;

- дренажные и канализационные трубы;

- керамзит и ряд других материалов и изделий специального назначения.

Обыкновенный глиняный кирпич в качестве строительного материала используют для кладки стен, фундаментов, труб, печей и при постройке всевозможных служебных помещений. Эффективные разновидности кирпича и керамические камни применяют преимущественно в качестве стенового и облицовочного материала; дорожный клинкер служит для отделки гидротехнических сооружений, мощения дорог и футеровки различных резервуаров и сосудов. Требования, предъявляемые к основным видам керамических изделий, приведены в табл. 89.

Основные требования, предъявляемые к некоторым видам керамических изделий

Наименование изделия	ГОСТ	Основные размеры, мм	Допускание отклонений по размерам, мм	Допустимые искривления, мм		Водопоглощение при полном погружении, %		Изменение массы сухого образца, %	Морозостойкость, циклы	Примечание
				по длине	по ширине	при сжатии	при изгибе			
Кирпич глиняный обыкновенный	530—54	250×120×65	±6, ±4, ±3	до 4	до 5	200	34	не менее 8	15	Замораживание при —15°, оттаивание при 15±5° то же
						150	28			
Кирпич глиняный пустотелый пластического прессования	6316—59	250×120×65	±6, ±4, ±3	до 4	до 5	125	25	не менее 6	15	
						100	22			
Кирпич глиняный пустотелый полусухого прессования	6348—59	250×120×65 и 250×120×88	±4, ±3, ±3	до 3	до 3	75	18	не менее 8	15	
						150	20			
Кирпич и камни керамические литейные	7484—55	Кирпич 250×120×65 Камни 250×120× ×140 Трехчет- вертной ка- мень 185× ×120×140	±4, ±3, ±3	3	2	75	14	не менее 6 и не более 14	25	
						150	28—20			
						125	25—18			
						100	22—16			
						75	18—12			

Название материала изделия	ГОСТ	Основные размеры, мм	Допускаемые отклонения по размерам, мм	Допустимые искривления, мм		Величина предела прочности, кгс/см ²		Водопоглощение к весу сухого образца, %	Морозостойкость, циклы	Примечания
				по посто- тели	по ложку	при сжатии	при изгибе			
Кирпич и камни керамические лицевые		Камень-сухарь 250×65×140 250×90×140								
Плиты керамические фасадные: пластического формования полусухого прессования	6664—59	до 215×250 свыше 215×250	±3; ±2 ±3; ±5	3		150—125	28—14	для свет- ло-жгущих- ся не более 12, для остальных не более 14	не менее 25	
Камни керамические пустотелые стеновые пластического прессования	6328—55	250×120× ×138	±6; ±4; ±4	до 4	до 5	150 125 100 75	—	не менее 6	15	
Кирпич кислотоупорный нормальный	474—41	230×113×65	Для I сорта ±5; ±3; ±2 Для II сорта ±6; ±4; ±3	2	—	250	—	не более 8	Кислотостой- кость, % 96 94	Термостой- кость не менее двух теплосмен

Название материала изделия	ГОСТ	Основные размеры, мм	Допускаемые отклонения по размерам, мм	Допустимые искривления, мм		Величина предела прочности, кгс/см ²		Водопоглощение к весу сухого образца, %	Морозостойкость, циклы	Примечания
				по посто- тели	по ложку	при сжатии	при изгибе			
Кирпич кислотоупорный нормальный			Для III сорта ±8; ±4; ±3	4	—	150	—	не более 12	92	Термостой- кость не менее двух теплосмен
Плитки кислотоупорные и термостойкие: квадратные	961—57	от 50 до 200 при толщине от 10 до 50	Для I сорта от +1 Для II сорта до +2	2—4	—	300	150	6—7	98—96	Термостой- кость не менее для кислото- упорных 2 и для тер- мокислото- упорных 8 теплосмен
прямоуголь- ные		от 100× ×50 до 230×113 при тол- щине (от 10 до 50)	Для I сорта ±1; ±2 Для II сорта ±2; ±3	2—4	—	—	—	7—9	—	

Продолжение табл. 89

Наименование изделий	ГОСТ	Основные размеры, мм	Допускаемые отклонения по размерам, мм	Допустимые искривления, мм		Величина предела прочности, кгс/см ²		Водопоглощение в сухом состоянии, %	Морозостойкость, циклы	Примечание
				по длине	по ширине	при сжатии	при изгибе			
Панели термокислотопорные для гидроизоляции промышленности	5532-63	150×150×35 (50) 175×175×35 (50)	от ±1 до ±2	не более 2% от длины ребра	—	300	—	6—8	—	Термостойкость не менее 10 теплосмен
Панели кислотопорные для футеровки целлюлозно-бумажных котлов: квадратные лицевые	11318-65	100—200 при толщине 30—50	±1,5; ±2	2—5	—	500	150	7	98	Термостойкость не менее 6 теплосмен
		100—200 при толщине 20—30	—	2—5	—	1000	200	6	97	Теплосмен объемный вес 2—2,05 г/см ³
		100—230 при толщине 30—110	—	2—5	—	—	—	—	—	—

А. ОБЫКНОВЕННЫЙ ГЛИНЯНЫЙ КИРПИЧ И ЭФФЕКТИВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ЕГО

§ 1. Определение основных размеров изделия

Линейные размеры различных разновидностей глиняного кирпича и керамических камней строительного назначения проверяют на производстве и при приемке с точностью до 1 мм при помощи различных измерительных инструментов.

Оборудование и материалы: контролируемые образцы изделий; измерительные инструменты.

Ход работы. Калибр представляет собой стальную пластину толщиной около 5 мм, в торцовых сторонах которой вырезаны углубления, соответствующие линейным размерам испытуемого изделия. Размеры углублений, вырезанные по одну сторону калибра, соответствуют основным размерам изделия с плюсовым допуском. На другой стороне калибра величина углублений составляет основные размеры изделия с минусовым допуском. Так, калибр для обыкновенного глиняного кирпича с одной стороны имеет три выреза размерами: $250 + 6 = 256$ мм; $120 + 4 = 124$ мм и $65 + 3 = 68$ мм. На противоположной стороне калибра такие же вырезы соответствуют следующим размерам: $250 - 6 = 244$ мм, $120 - 4 = 116$ мм и $65 - 3 = 62$ мм. Во время измерения калибр соответствующим вырезом накладывают на поверхность кирпича строго перпендикулярно. При этом изделие должно свободно входить в вырезы калибра с положительными допусками и совсем не должно входить или может входить лишь с трудом в вырезы с отрицательными допусками. Промеры изделий при помощи калибров не дают возможности судить об истинных его размерах. Этими промерами можно лишь установить, находятся ли линейные размеры в пределах допусков, предусмотренных ГОСТом, или нет. Чтобы определить истинные размеры изделия, пользуются мерной линейкой.

Мерная линейка представляет собой прямоугольную стальную пластину с нанесенной на ней миллиметровой

и сантиметровой шкалой. Нулевое деление этой шкалы находится на левом торце линейки. Изделие укладывают на ровную поверхность, затем к измеряемой стороне вплотную прикладывают линейку так, чтобы нулевое деление ее точно совпало с одним из торцов изделия. Деление линейки, совпавшее со вторым торцом изделия, дает возможность по шкале линейки отсчитать величину соответствующего промера. Для определения истинных размеров необходимо сделать несколько замеров и вывести среднее значение.

Значительно реже линейные размеры кирпича и керамических камней проверяют при помощи штангенциркуля, состоящего из металлической линейки с нанесенной на ней миллиметровой шкалой. Перпендикулярно к линейке наглухо прикреплена металлическая лапка. На линейку надет металлический движок, снабженный такой же наглухо прикрепленной к нему лапкой. Движок свободно передвигается вдоль по линейке. На движке нанесен штрих, который точно совпадает с нулевым делением шкалы, когда обе лапки штангенциркуля плотно придвинуты друг к другу (так как при измерении кирпича или керамических камней требуемая ГОСТами точность должна быть не более 1 мм, то на движке штангенциркуля нониус не наносится). При измерении изделие плотно зажимают между лапками штангенциркуля. В таком положении образца штрих движка устанавливается против такого деления основной шкалы, которое соответствует измеряемому размеру.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 90.

Таблица 90

Результаты определений

Название изделий	Номер образца	Результат измерений образца, мм			Отклонение от нормальных размеров, мм			Заключение
		по длине	по ширине	по толщине	по длине	по ширине	по толщине	

§ 2. Определение величины возможных искривлений поверхности изделий

Оборудование и материалы: образцы испытуемых изделий; металлическая линейка или треугольник; набор клиновидных калибров.

Ход работы. Искривление поверхности изделия характеризуется величиной наибольшего зазора, образованного между ребром металлической линейки или металлического треугольника, плотно приложенного к поверхности проверяемого изделия. Величину зазора измеряют с точностью до 1 мм. Изделие укладывают на ровный стол. К проверяемой поверхности изделия прикладывают ребром хорошо выверенную металлическую линейку или треугольник в таком направлении, чтобы выявить максимальную величину прогиба поверхности. Величину максимального зазора между ребром линейки и проверяемой поверхностью изделия измеряют специально изготовленными для этой цели клиновидными калибрами. Результат измерений записывают по форме, приведенной в табл. 91.

Таблица 91

Результаты определений

Название материала	Номер образца	Величина максимального прогиба, мм						Приме- чание
		ложка		боковой грани				
		1	2	1	2	3	4	

§ 3. Определение механической прочности изделий

Механическая прочность изделий строительной керамики характеризуется величиной предела прочности при сжатии и величиной предела прочности при изгибе. Обе

эти величины определяют на гидравлических прессах с соблюдением всех требований ГОСТ 8462—62.

Величина предела прочности при сжатии всех видов строительного кирпича толщиной 65, 80 и 103 мм определяется для каждой партии не менее чем на 5 образцах, для глиняного пустотелого кирпича пластического и полусухого прессования на 10 образцах, для керамических камней и фасадных плит на 5 образцах и для прикладных керамических фасадных плит на 10 образцах. Отображенные образцы испытываются в состоянии естественной влажности, переувлажненные образцы предварительно подсушиваются, после чего выдерживаются в помещении при температуре $15 \pm 5^\circ$ в течение 5—7 сут. До испытания все образцы должны быть очищены от загрязнений и затем пронумерованы.

Оборудование и материалы: образцы изделий; измерительный инструмент (мерная линейка или штангенциркуль); гидравлический пресс; портландцемент марки 300; кельма; круглодонная чаша для приготовления цементного теста; проволоочная щетка.

Ход работы. Образцы обыкновенного глиняного кирпича (ГОСТ 530—54) и сплошного лицевого кирпича пластического и полусухого прессования (ГОСТ 7484—55) предварительно распиливают (но не раскалывают) перпендикулярно длине на две равные части. Распиливание производят либо вручную обыкновенной стальной ножовкой, либо карборундовым кругом на специальной камнерезной машине. Половинки кирпича скрепляют между собой пятимиллиметровым слоем свежеприготовленного цементного теста. При этом обе половинки кирпича укладывают так, чтобы поверхности разреза были обращены в противоположные стороны. Поверхности образца, обращенные во время испытания к плитам пресса, должны быть ровными и взаимопараллельными. Для этого их выравнивают тем же цементным тестом. Сжатие образца производят перпендикулярно шву, которым соединены обе половины кирпича.

Образцы пустотелого глиняного кирпича полусухого прессования (ГОСТ 6248—59), кирпича глиняного пустотелого пластического прессования (ГОСТ 6316—55) и пустотелых керамических лицевых камней полусухого пластического прессования (ГОСТ 7484—55) готовят к испытанию следующим образом. Из двух кирпичей, отобранных из средней пробы, составляют один образец.

Для этого два кирпича накладывают друг на друга так, чтобы пустоты обоих кирпичей были обращены вниз. В таком положении оба кирпича соединяют между собой цементным тестом. Толщина шва не должна превышать 5 мм. Параллельные шву поверхности образца, воспринимающие при испытании нагрузку, выравнивают тем же цементным тестом так, чтобы они между собой были строго параллельны и в то же время перпендикулярны к боковым граням.

Пустотелые керамические стеновые камни пластического прессования (ГОСТ 6328—55) и лицевые керамические камни (ГОСТ 7484—55) испытывают целыми. Подготовка их заключается в выравнивании цементным тестом верхней и нижней поверхностей, которые во время испытания будут обращены к подвижным поверхностям прессы. Разрушающая нагрузка во время раздавливания образца прилагается к тем граням камня, которые в кладке подвергаются сжимающим усилиям.

Во всех случаях толщина выравнивающей поверхности цементного слоя не должна превышать 3 мм. Подготовленные образцы для полного схватывания и твердения цементного теста выдерживают в помещении в течение 3—4 дн. при температуре $15 \pm 5^\circ$, после чего их испытывают. Величина предела прочности при сжатии каждого образца представляет собой частное от деления величины разрушающей нагрузки на площадь поперечного сечения разрушаемого образца. Суммарный результат величины предела прочности при сжатии, характеризующий определенную партию изделий, представляет собой среднее арифметическое из результатов испытания образцов, отобранных от каждой партии изделий.

Результат испытания записывают по форме, приведенной в табл. 92.

Таблица 92

Результаты испытаний

Название материала	Номер образца	Площадь поперечного сечения образца, см^2	Показания манометра	Величина разрушающей нагрузки, кгс	Величина предела прочности при сжатии, $\text{кгс}/\text{см}^2$	Средняя величина по всей партии, $\text{кгс}/\text{см}^2$

Величину предела прочности при изгибе обыкновенного глиняного кирпича (ГОСТ 530—54), пустотелого кирпича пластического прессования (ГОСТ 6316—55), пустотелого кирпича полусухого прессования (ГОСТ 6248—59) и керамического лицевого кирпича (ГОСТ 7484—55) определяют по методу свободно лежащей на двух опорах балки, к которой в середине пролета между опорами прилагается сосредоточенная нагрузка. Расстояние между опорами, на которых покоится испытуемый образец, должно быть равно 20 см. В качестве опор используют либо стальные цилиндрические катки диаметром 20—30 мм, либо с закругленными ребрами призмы. При испытании опоры прочно прикрепляют к нижней плите пресса. Разрушающая нагрузка передается при помощи стального катка или стальной призмы, прикрепленной к верхней плите пресса. Обычно стальные опоры и призма вместе с крепящими болтами находятся в одном комплекте с прессом и перед каждым испытанием должны быть установлены и прикреплены в соответствующих местах пресса.

Оборудование и материалы: образцы изделий; измерительный инструмент (линейка или штангенциркуль); гидравлический пресс; портландцемент; кельма; круглодонная чашка; проволочная щетка.

Ход работы. Чтобы во время испытания образец полностью опирался на стальные опоры и воспринимал разрушающую нагрузку по всей ширине, на его поверхность наносят по уровню из свежеприготовленного цементного теста три выравнивающих полосы шириной 2—3 см. Две из них располагают перпендикулярно длине образца на нижней постели кирпича. Расстояние между осевыми линиями этих полосок должно составлять 200 мм. Третью полоску наносят на противоположную постель по середине испытуемого образца*.

Образцы выдерживают в закрытом помещении при температуре $15 \pm 5^\circ$ в течение 3—4 сут. После этого мерным инструментом измеряют ширину и толщину образца в середине пролета, затем укладывают выравниваю-

* Перед нанесением выравнивающих полосок образец внимательно осматривают, и если в нем имеются трещины, то полоски наносят так, чтобы постель образца с наиболее длинными трещинами покоилась на опорных призмах.

щими цементными полосками на опорные призмы и медленно сообщают ему разрушающую нагрузку.

Величину предела прочности при изгибе вычисляют по формуле

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — разрушающая нагрузка, кгс;

l — длина пролета между опорами, см (20 см);

b — ширина образца, см;

h — толщина (высота) образца, см.

Среднюю величину предела прочности при изгибе вычисляют как среднее значение из результатов, полученных при испытании каждого из пяти образцов данной партии. Результат испытания записывают по форме, приведенной в табл. 93.

Таблица 93

Результаты испытаний

Название материала	Номер образца	Основные размеры, см			Разрушающая нагрузка P , кгс	Величина предела прочности при изгибе $\sigma_{\text{изг}}$, кгс/см ²	Средняя величина по всей партии, кгс/см ²
		длина l	ширина b	высота h			

§ 4. Определение водопоглощения изделий

Методика определения водопоглощения таких стеновых и облицовочных материалов, как пустотелые стеновые камни пластического и полусухого прессования, кирпич глиняный обыкновенный, керамические лицевые камни, лицевой кирпич и ряд других изделий, стандартизируется ГОСТ 7025—54.

Мерилом водопоглощения является то количество воды, выраженное в процентах по отношению к весу сухого изделия, которое поглощается этим изделием при полном погружении его в воду за определенный промежуток времени.

Водопоглощение рассчитывают по формуле

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес изделия в насыщенном водой состоянии, г;
 G — вес высушенного до постоянного веса изделия, г.

Чтобы определить водопоглощение строительного кирпича (эффективных разновидностей, пустотелых керамических камней), достаточно из средней пробы, характеризующей испытуемую партию изделий, отобрать три наиболее типичных целых образца или их половинок, полученных путем распиливания изделия на равные части. При испытании громоздких фасадных керамических плит, блоков и архитектурных деталей из них выпиливают образцы размером 120×120 мм и толщиной, равной толщине изделия. При этом, если испытывают пустотелое изделие, то выпиленный образец должен заключать в себе не менее одной полной пустоты.

Оборудование и материалы: образцы испытуемых изделий; сушильный шкаф; технические весы с разновесом; волосная щетка; ванна для размещения в ней образцов; решетчатый металлический штатив к ванне.

Ход работы. Отобранные изделия и специально изготовленные для этой цели образцы предварительно высушивают в сушильном шкафу при температуре $105-110^\circ$ до постоянного веса. Высушенные образцы тщательно очищают от пыли и грязи волосной щеткой, после чего взвешивают на технических весах, получая таким образом вес сухого образца G . Взвешивание производят на технических весах с точностью до 1 г. Затем образцы подвергают водонасыщению одним из следующих двух способов: водонасыщение при температуре $20 \pm 5^\circ$ (на холоде) и водонасыщение при кипячении (в зависимости от требований ГОСТа).

При холодном водонасыщении изделия или образцы располагают на металлическом решетчатом штативе так, чтобы расстояние между изделиями составляло не менее 2 см. Решетчатый штатив вместе с изделиями помещают на 48 ч в ванну с водой так, чтобы уровень воды был не менее чем на 2 см выше изделий. Затем каждый образец вынимают из сосуда, быстро вытирают влажным полотенцем и взвешивают, получая вес образца, насыщенного во-

дой G_1 . Величину водопоглощения по каждому образцу вычисляют по формуле, приведенной на стр. 300.

Для определения водопоглощения при кипячении ванну вместе с размещенными в ней образцами помещают на нагревательный прибор и кипятят в течение 4 ч. Уровень воды в ванне все время поддерживают постоянным. Охлаждают образцы в той же воде в ванне до температуры 20° . Чтобы ускорить охлаждение, разрешается в ванну периодически доливать при перемешивании мелкими порциями холодную воду с таким расчетом, чтобы конечная температура как воды в ванне, так и находящихся в ней образцов, была в пределах $20-30^\circ$. Охлажденные до 20° насыщенные водой образцы выдерживают в ванне в течение 1 ч, после чего каждый образец вынимают, протирают влажным полотенцем, а затем взвешивают.

Результаты испытания записываются по форме, приведенной в табл. 94.

Таблица 94

Результаты определений

Название материала	Номер образца	На холоде			При кипячении		
		вес насыщенного водой образца, г	вес сухого образца, г	водопоглощение	вес насыщенного водой образца, г	вес сухого образца, г	водопоглощение, %

§ 5. Определение морозостойкости изделий

Чтобы определить морозостойкость изделий строительной керамики, необходимо от каждой проверяемой партии отобрать такое количество образцов, какое предусмотрено соответствующим ГОСТом, но не менее пяти. Для определения морозостойкости по всем видам строительного кирпича, эффективных его разновидностей, пустотелых керамических камней и облицовочных плиток весом менее 1 кг в качестве образцов используют целые изделия,

а по фасадным керамическим плитам, архитектурным деталям и облицовочным плитам весом более 1 кг — выпиленные из них образцы размерами не менее 120×120 мм с толщиной, соответствующей толщине испытуемых изделий.

Обычно морозостойкость различных материалов и изделий характеризуется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания испытуемых изделий до разрушения их или до появления на их поверхности видимых невооруженным глазом повреждений. Однако в некоторых ГОСТах рекомендуется характеризовать морозостойкость образцов по снижению величины предела прочности при сжатии после определенного количества циклов попеременного замораживания и оттаивания. В этом случае количество отобранных образцов удваивается.

Оборудование и материалы: испытуемые образцы; ванна для насыщения образцов водой; морозильная камера; термометр; ванна для оттаивания образцов; гидравлический пресс.

Ход работы. До испытания все образцы насыщают водой так же, как и при определении водопоглощения. Через 48 ч после насыщения водой контрольные образцы испытываются на сжатие, а остальные помещают в морозильную камеру, предварительно охлажденную до -15° . К каждому образцу со всех сторон должен быть обеспечен свободный доступ холодного воздуха, для чего каждый образец укладывают на узкие рейки или редкую сетку. Расстояние между смежными образцами по всем направлениям не должно быть меньше 20 мм. При этом полная емкость морозильной камеры может быть загружена не более чем на 50%. После этого морозильную камеру закрывают и поддерживают в ней стабильную температуру не выше -15° . Образцы с толщиной стенки не более 50 мм замораживают в течение 4 ч. Для образцов с толщиной стенки в 70,7 мм продолжительность одного замораживания должна составлять не менее 6 ч, при толщине стенки в 100 мм — не менее 8 ч и для всех видов кирпича — не менее 5 ч. По истечении указанного срока промерзшие образцы помещают для оттаивания в ванну с водой, температуру которой поддерживают в пределах $15-20^\circ$. Длительность оттаивания обычно должна составлять не менее 4 ч. На этом

§ 6. Определение объемного веса изделий

Объемный вес керамических изделий определяют на целых изделиях, на образцах правильной геометрической формы, выпиленных из соответствующих изделий, или на образцах, специально изготовленных для этой цели из соответствующих масс и обожженных одновременно с изделиями при одних и тех же условиях обжига, а также на отдельных кусках неправильной формы, отбитых или отколотых от изделий. Образцы, предназначенные для определения объемного веса, предварительно очищают от пыли, высушивают до постоянного веса при температуре 105—110° и взвешивают на технических весах с точностью до 0,1 г — при весе образца до 500 г и с точностью до 1 г — при весе образца свыше 500 г.

Оборудование и материалы: испытываемые образцы; штангенциркуль или мерная линейка с миллиметровой шкалой; объеммер; весы с разновесом; сушильный шкаф; стеклянный стакан.

Ход работы. Объем образцов правильной геометрической формы определяют в виде произведения средних арифметических величин по трем измерениям каждого образца по длине, ширине и толщине его (см. стр. 184) с точностью до 0,1 мм, если размер не превышает 10 см, и с точностью до 1 мм при размерах свыше 10 см*. Наименьшее измерение испытываемого образца правильной формы из плотных и мелкопористых материалов должно быть не менее 5 см и из пористых — не менее 7 см.

Отбитые или отколотые образцы неправильной формы должны иметь вес не менее 300 г каждый.

Объемный вес изделий рассчитывают по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{G}{V} \text{ г/см}^3,$$

где G — вес образца, г;

V — объем образца, см³.

Объем образцов неправильной формы обычно определяют простейшим объеммером. Для этого образец

* Объем пустотелых и дырчатых изделий определяют без пустот по наружному обмеру образцов.

предварительно высушивают до постоянного веса, а затем взвешивают на технических весах, после чего насыщают водой в ванне с комнатной температурой в течение 24 ч. Объеммер до уровня сливной трубки наполняют водой, а под сливную трубу помещают предварительно взвешенный стакан. Насыщенный водой образец опускают в объеммер до полного погружения в воду. Вытесненную при этом из объеммера через сливную трубку воду собирают в стакан. Последний вместе с водой взвешивают. Величину объемного веса рассчитывают, пользуясь формулой

$$\gamma_{06} = \frac{G}{G_2 - G_1} \text{ з/см}^2 \text{ или } \gamma_{06} = \frac{G}{G_2 - G_1} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3,$$

где G — вес сухого образца, г;

G_2 — вес стакана с вытесненной водой, г;

G_1 — вес пустого стакана, г.

Обычно величину объемного веса керамических изделий или материалов вычисляют как среднее арифметическое из пяти отдельных определений. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 96.

Таблица 96

Результаты определений

[illegible]

Б. ФАСАДНЫЕ ПЛИТЫ

Фасадные плиты предназначены для облицовки зданий и сооружений. В зависимости от крепления плиты бывают закладными и прислоненными.

Закладные плиты устанавливаются и крепятся одновременно с кладкой стен. Прислоненные прикрепляют на строительном растворе к стене после кладки и осадки ее. Основные размеры плит определяются техническими условиями при оформлении заказа на изготовление. Отклонение от установленных размеров нормируется ГОСТ 6664—59 в пределах таких допусков: для плит размером 215×250 мм и более ± 3 ; ± 5 ; ± 3 , а плит меньших размеров — ± 2 ; ± 3 ; ± 3 мм. Предъявляемые к плитам требования в отношении прочности, водопоглощения и морозостойкости их изложены в табл. 89.

Качественная характеристика изделий составляется на основании результатов внешнего осмотра и лабораторных испытаний средней пробы, отобранной из каждой партии изделий, величина которой должна быть не более 500 м² кроющей поверхности. Для определения качества изделий от каждой партии отбирается средняя проба в количестве 20 изделий и подвергается внешнему осмотру и обмеру для выявления количества различных повреждений и характера их, разнотонности по цвету и отклонений от заданных размеров; затем 5 из них используют для выявления прочностных характеристик и остальные для определения водопоглощения и морозостойкости.

Основные размеры плит и возможные отклонения от них измеряют с помощью мерного инструмента по методике, изложенной на стр. 293. Искривление поверхности и величина его, характеризующиеся стрелой прогиба, устанавливаются по методике, изложенной на стр. 295.

Определение водопоглощения и морозостойкости фасадных плит проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 7025—54 на целых образцах размерами не менее 120×120 мм с натуральной толщиной изделия, а также на образцах, выпиленных из пустотелых плит или архитектурных деталей так, чтобы они заключали в себе не менее одной из пустот, ограниченной стенками. Методика определения водопоглощения изложена на стр. 299, а методика определения морозостойкости на стр. 301.

§ 7. Определение прочностных характеристик фасадных плит

К прочностным характеристикам относят величины предела прочности при сжатии и при изгибе. Обе эти характеристики определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 8462—62 на образцах, отобранных в качестве средней пробы, или выпиленных из них так, чтобы размеры образцов из вертикальной части были не менее 120×120 мм при натуральной толщине образца, или в виде двух равных половинок хвостовой части плиты, наложенных друг на друга. Испытание образцов проводят на гидравлическом прессе, удовлетворяющем требованиям ГОСТ 8905—58 с точностью показаний не ниже $\pm 2\%$.

Прилагаемая к образцу нагрузка должна быть равномерной и плавной, нарастание ее до полного разрушения образца должно производиться со скоростью 2—3 кгс/см² в сек.

Величину предела прочности при сжатии вычисляют, пользуясь формулой.

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — величина наибольшей сжимающей образец нагрузки в момент разрушения его, кгс;

F — площадь поперечного сечения образца брутто (без вычета пустот), см².

Величину предела прочности при изгибе каждого образца вычисляется по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — величина наибольшей изгибающей нагрузки при разрушении образца, кгс;

l — расстояние между осями опор, см;

b — ширина образца, см;

h — высота образца в середине пролета без выравнивающего цементного слоя, см.

Оборудование и материалы: испытываемые фасадные плиты; алмазная дисковая пила; сушильный шкаф с термометром; весы с разновесом; гидравлический пресс; портландцемент; чаша для затворения цемента водой; кельма; щетка.

Ход работы. Испытание на сжатие для вертикальной части фасадных плит производят по схеме, изображенной на рис. 82, и для хвостовой части по схеме, показанной на рис. 83.

Образцы из вертикальной части фасадных плит выпиливают карборундовой дисковой пилой с таким расчетом, чтобы основные размеры их были не менее 120×120 мм при полной нормальной толщине. Образцы, выпиленные из пустотелых плит, должны содержать не менее двух пустот.

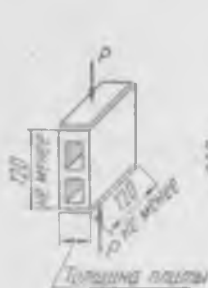


Рис. 82. Схема испытания вертикальной части фасадных плит

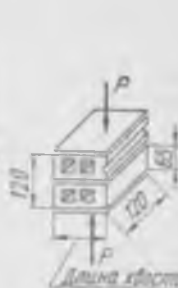


Рис. 83. Схема испытания хвостовой части фасадных плит

Образцы из хвостовой части плиты толщиной 65 мм выпиливают карборундовой пилой так, чтобы ширина их была равна ширине ребра плиты, а длина составляла 250 мм. Эти образцы распиливают тем же карборундовым диском на две равные половинки, которые накладываются одна на другую (рис. 83). Обе половинки соединяют цементным тестом* с таким расчетом, чтобы толщина соединительного шва не превышала 5 мм. Верхние и нижние поверхности образцов, выпиленных из вертикальной и из хвостовой частей плит, выравнивают цементным тестом толщиной не более 3 мм.

Подготовленные таким образом образцы выдерживают в течение 3—4 сут. при $20 \pm 2^\circ$ в закрытом помещении, после чего подвергают сжатию на гидравлическом прессе. Затем рассчитывают величину предела прочности при сжатии для каждого образца и наконец вы-

* Для приготовления цементного теста к цементу можно добавить кварцевый песок зернистостью 0,63 мм в количестве до 0,2 объема цемента.

числяют среднее арифметическое значение этой величины из данных, полученных при испытании пяти образцов. Методика испытания и форма записи приведены на стр. 296.

Для определения величины предела прочности фасадных плит при изгибе используют целые изделия. Во время испытания плиты укладывают плашмя на две опоры, изготовленные в виде цилиндрических катков, из которых одна опора неподвижная, вторая подвижная. Расстояние между опорами должно составлять 20 см. Сосредоточенная изгибающая нагрузка прилагается к образцу по середине пролета между опор. Величину предела прочности при изгибе вычисляют для каждого образца по приведенной на стр. 299 формуле, а затем как среднее арифметическое из пяти образцов. Методика испытания и форма записи указаны на стр. 298.

§ 8. Определение одноцветности и однотонности фасадных плит

Одноцветность и однотонность окраски лицевых поверхностей фасадных плит в декоративном отношении имеет весьма существенное значение. Цвет и тональность окраски плит в каждом отдельном случае регламентируется эталонными образцами, одновременно утверждаются как изготовителем, так и потребителем изделий. При этом эталонные образцы отбираются так, чтобы тональность их ограничивала допустимые пределы в изменении окраски лицевых поверхностей плит. Сравнивая окраску отобранных в качестве средней пробы образцов изделий с эталонными, судят о том, насколько эта окраска соответствует предъявляемым в этом отношении требованиям.

Оборудование и материалы: средняя проба контролируемых изделий; набор эталонных образцов; деревянный щит площадью 1 м² с приспособлениями для размещения на нем изделий; испытательная площадка на открытом воздухе длиной 10 м.

Ход работы. На деревянном щите общей площадью в 1 м², установленном в вертикальном положении на открытом воздухе, размещают вперемежку с эталонными образцами отобранные в качестве средней пробы фасадные плиты лицевой поверхности к наблюдателю.

Последний становится на расстоянии 10 м от щита с плитам и визуально невооруженным глазом рассматривает изделия при рассеянном дневном свете. Если то-нальность окраски испытуемых плит не выходит за пре-делы окраски эталонных образцов и занимает промежу-точное место между ними, партия считается выдержав-шей испытание и плиты принимаются. В противном случае вся партия обракуется. Результат испытания запи-сывается в форме протокола, в котором указываются: название партии, количество изделий, подвергшихся ис-пытанию, и результат испытаний.

В. ИЗДЕЛИЯ ХИМИЧЕСКИ СТОЙКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Изделия химически стойкой керамики строительного назначения в главной своей массе принадлежат к кера-мическим изделиям с плотносспекшимся черепком, водо-поглощаемость которого для первого сорта не превы-шает 8%, а кислотостойкость не менее 96%.

К этой группе изделий относятся: кирпич кислото-упорный нормальный ГОСТ 474—41; плитки кислото-упорные и термокислотоупорные ГОСТ 961—57, термо-кислотоупорные для гидролизной промышленности ГОСТ 5532—63, кислотоупорные для футеровки котлов ГОСТ 11318—65 и некоторые другие виды изделий, химически стойкого назначения. Основные требования, предъявляемые к изделиям этой группы, приведены в табл. 89.

Качественная характеристика изделий составляется на основании данных, полученных при их испытании. Виды испытаний и количество образцов, отобранных в качестве средней пробы для этой цели, приведены в табл. 97.

Соответствие химически стойкой керамики требова-ниям соответствующих ГОСТов в отношении внешнего вида и поверхности излома устанавливается визуально внешним осмотром невооруженным глазом.

Проверка основных размеров изделий осуществляют-ся мерными инструментами, калибрами и лекалами по методике, изложенной на стр. 293, а искривление поверх-

Таблица 97

Виды контрольных испытаний изделий
химически стойкой керамики и количество образцов для них

Название определений	Количество образцов по:			
	карбому-кислото-устойчивым ГОСТ 471-41	паянцам кислото-устойчивым для гидро-лизной промывки ГОСТ 1002-43	паянцам кислото-устойчивым и термо-кислотостойчивым ГОСТ 1001-37	паянцам кислото-устойчивым для футе-ряжки цементации-варочных котлов ГОСТ 1103-45
Наружный осмотр, проверка основ-ных размеров и поверхности излома	10	5	5	3
Определение:				
кислотостойкости	2	3	3	3
влагопоглощения	2	5	5	3
сопротивления сжатию	3	3	5	3
» изгибу	1	1	5	3
термостойкости	2	5	5	3
истираемости	1	1	1	2
модуля упругости	1	1	1	2
объемного веса	1	1	1	3
коэффициента термического рас-ширения	1	1	1	2

ности и величина стрелы прогиба в местах искривлений устанавливается с помощью выверенной линейки и дру-гих мерных инструментов по методике, изложенной на стр. 295.

Определение водопоглощения производят на образ-цах призматической формы, высота которых должна быть равна толщине изделия. Суммарный объем каждого образца должен составлять 50—100 см³. Образцы выпи-ливают карборундовой дисковой пилой из изделий, отоб-ранных в качестве средней пробы. Водопоглощение об-разцов может быть проведено путем кипячения их в воде в течение 1 ч или с помощью вакуум-эксикатора.

Объемный вес материала, из которого состоят изде-лия химически стойкой керамики, определяют методом гидростатического взвешивания на образцах объемом 50—100 см³, выпиленных из отобранных в качестве сред-ней пробы изделий. На основании полученных данных

рассчитывают кажущуюся пористость черепка по формуле

$$P = \frac{G_1 - G}{G_1 - G_2} \cdot 100\%,$$

где G — вес образца до испытания, г;

G_1 — вес образца, насыщенного водой, г;

G_2 — вес образца в воде, г.

Прочностные характеристики изделий химически стойкой керамики выражают величиной предела прочности при сжатии и величиной предела прочности при изгибе.

Для определения величины предела прочности при сжатии образцы выпиливают из испытуемых изделий корундовыми или карборундовыми кругами не менее пяти образцов в форме куба. Величина ребра выпиленного образца должна быть равна толщине испытуемых изделий, но не менее 30 и не более 100 мм. При толщине изделий, превышающей 100 мм, образцы изготавливают в виде кубов размером 100×100×100 мм одновременно с изготовлением изделий из тех же масс и по тому же самому технологическому режиму, что в изделия. Отклонения в размерах куба допускают в пределах ±3 мм при обязательной строгой параллельности тех граней, которые предназначены к восприятию сжимающих нагрузок во время испытания. Эти грани образцов перед испытанием тщательно шлифуют на шлифовальном круге шлифпорошком № 150—200 до полной взаимной параллельности их.

Величину предела прочности при изгибе определяют на пяти образцах призматической формы длиной 175 мм с поперечным сечением 30×30 мм по принципу изгиба с сосредоточенной нагрузкой по середине пролета балки, свободно лежащей на двух опорах. Образцы изготавливают одновременно с изделиями из тех же масс и по тому же технологическому режиму производства. Для этого их вытачивают или вырезают из высушенного полуфабриката или из подвяленной заготовки массы. Все последующие производственные операции (сушку и обжиг) образцы проходят вместе с изделиями. Пролет между опорами, на которые укладывают образцы для испытания, должен составлять 75% от длины образца.

Методика проведения испытаний, формулы для вы-

числения предела прочности при сжатии и при изгибе и формы записи изложены на стр. 296 и стр. 298.

Модуль упругости определяется при комнатной температуре на специально изготовленных совместно с издателями образцах в форме балочек размером $150 \times 20 \times 10$ мм, уложенных на двух опорах с приложением к образцу сосредоточенной нагрузки в 3—5 кгс в середине пролета между опорами. Стрела прогиба измеряется прогибомерами. Для расчета величины модуля упругости пользуются формулой

$$E = \frac{Pl^3}{4bh^3q} \text{ кгс см}^2,$$

где P — нагрузка, кгс;

l — расстояние между опорами, см;

b — ширина образца, см;

h — высота образца, см;

q — величина прогиба, см.

Величина E вычисляется как среднее арифметическое из результатов измерений, полученных при нагрузках различной величины.

Истираемость кислотоупорных плиток для футеровки целлюлозно-варочных котлов определяется на образцах размером 70×70 мм по методике, изложенной на стр. 323.

§ 9. Определение термической стойкости керамических изделий

Способность изделий выдерживать без разрушения и повреждений резкие смены температур в определенном интервале характеризует термостойкость керамического материала, из которого изготовлены изделия. Термостойкость характеризуется количеством теплосмен, которое способны выдержать образцы до начала появления признаков разрушения их.

Образцами для определения термостойкости изделий химически стойкой керамики служат плитки, специально изготовленные или выпиленные из изделий карборундовыми или корундовыми кругами длиной 150—250 мм, шириной 50—200 мм, толщиной не более 65 мм.

Оборудование и материалы: средняя проба изделий; карборундовый или корундовый круг; сушильный шкаф с термометром; электрическая печь для нагрева образцов; огнеупорные плиты или кирпич; шамотные вкладыши; асбест; ванна с проточной водой; хромель-алюмелевая термопара с гальванометром к ней; термометр.

Ход работы. Из отобранных в качестве средней пробы изделий корундовым или карборундовым диском выпиливают образцы указанных выше размеров. Если же этого сделать нельзя, образцы изготавливают одновременно с изделиями и подвергают вместе с ними всем технологическим операциям. Перед испытанием образцы высушиваются при 110° до постоянства веса.

Перед испытанием включают электропечь с экраным нагревом и доводят ее температуру до 350° . Последняя измеряется термопарой, установленной так, чтобы горячий спай ее был расположен между образцами на расстоянии 10 мм от них. Образцы размещают в печи так, чтобы немаркированные их торцы входили в рабочее пространство нагретой печи на 50 мм. От стенок печи образцы защищают огнеупорными кирпичами. Зазоры между образцами и стенками загрузочного отверстия закладывают огнеупорными вкладышами и заделывают асбестом.

Образцы в печи выдерживают в течение 40 мин при температуре $350 \pm 10^{\circ}$, после чего их погружают нагретым концом на глубину 50 мм в ванну, наполненную проточной водой, температура которой поддерживается в пределах $10-20^{\circ}$. В воде образцы выдерживают в течение 3 мин, после чего их выдерживают на воздухе до 10 мин. Затем образцы осматривают и, если на них не обнаруживают признаков разрушения, подвергают повторному испытанию в том же порядке.

Чтобы обнаружить на поверхности образца волосные трещины, как признак начала разрушения, поверхность его после остывания покрывают чернилами, которые тут же протирают мягким холстом. При наличии

Таблица 98

Результаты определения

Название материала	Количество образцов	Количество теплосмен	Результат осмотра	Результат опыта	Общее заключение

трещин последние четко выступают на поверхности образца в виде окрашенных волокон.

Результаты опыта записывают в журнал по форме, приведенной в табл. 98.

§ 10. Определение химической стойкости керамических изделий

Химическая стойкость керамических изделий в основном зависит от степени сопротивления воздействию различных химических реагентов того материала, из которого состоят эти изделия. Таким материалом является «керамический черепок». Химическую стойкость последнего принято характеризовать кислотостойкостью и щелочеустойчивостью его.

Кислотостойкость определяется отношением веса измельченного материала после обработки его кислотой при строго определенных условиях к весу того же материала до обработки и выражается в процентах.

Оборудование и материалы: образцы изделий; молоток; набор сит; лист белой глянцевой бумаги; обратный шариковый холодильник; эрленмейеровская (коническая) колба емкостью 50 мл; аналитические весы с разновесом; бюкс с пришлифованной крышкой; фарфоровые тигли; песчаная баня; фильтровальная бумага; серная кислота (уд. вес 1,84); метилоранж; стеклянная воронка; химический стакан; горелка; муфельная электропечь.

Ход работы. Чтобы определить кислотостойкость изделий, необходимо от них отколоть несколько кусков. Последние измельчают молотком, а затем просеивают через два сита № 1 и № 05 с сетками, соответствующими требованиям ГОСТ 6613—53. Просеивание продолжают до прекращения появления частичек просеиваемого материала на листе белой бумаги, подложенной под сито № 05. Остаток на сите № 05 промывают в струе воды, высушивают при температуре 110° в сушильном шкафу до постоянного веса, а затем помещают в бюкс с хорошо шлифованной крышкой, где и хранят до испытания.

Из полученного материала на аналитических весах с точностью до 0,0002 г берут граммовую навеску и переносят в коническую колбу емкостью 500 мл. В колбу вливают 25 мл H_2SO_4 и закрывают ее резиновой пробкой, в которую пропущен обратный шариковый холодильник. Колбу ставят на песчаную баню, нагревают и

затем кипятят в течение 1 ч. Эту операцию проводят в вытяжном шкафу под тягой. Затем колбу в течение 30 мин охлаждают на воздухе до полного исчезновения в ней белого дыма. После этого отсоединяют холодильник и в колбу при постоянном помешивании тонкой струей вливают 50 мл дистиллированной воды. Туда же сливают воду от промывки внутренней трубки холодильника. Воду вливают чрезвычайно осторожно во избежание разогревания содержимого колбы. Содержимое колбы фильтруют через плотный фильтр, а колбу промывают кипящей водой, которую сливают через этот же фильтр. Осадок на фильтре промывают также кипящей водой до тех пор, когда последние порции промывных вод показывают нейтральную реакцию по метилоранжу. Осадок на фильтре высушивают, затем вместе с фильтром переносят в предварительно прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель. Фильтр сжигают, а осадок прокаливают до постоянного веса. Кислотостойкость находят по формуле

$$x = \frac{G_1}{G} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес прокаленного остатка, г;

G — исходная навеска испытуемого материала, г.

Окончательную величину кислотостойкости вычисляют как среднее арифметическое из двух определений, полученных от двух навесок, расхождение между результатами которых не превышает 0,5%. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 99.

Таблица 99

Результаты определений

Название партии	Номер опыта	Вес исходной навески, г	Вес прокаленного остатка, г	Кислотостойкость, %	Окончательное выражение кислотостойкости, %

Щелочеустойчивость определяется отношением веса навески, обработанной растворами щелочей к первоначальному весу той же навески до ее обработки, и выражается в процентах. Расчет щелочеустойчивости ведется

по формуле

$$\text{Щ} = \frac{G_1}{G} \cdot 100\%,$$

где G — вес первоначальной навески, г;

G_1 — вес навески, обработанной раствором щелочей, г.

Отбор средней пробы изделий, дробление, измельчение и просев их осуществляют так же, как и для определения кислотостойкости изделий.

Оборудование и материалы: образцы изделий; молоток; набор сит, состоящий из сита № 1 и № 05; лист белой глянцевой бумаги; обратный шариковый холодильник; коническая колба на 500 мл; аналитические весы с разновесом; бюкс с пришлифованной крышкой; фарфоровые тигли; песчаная баня; фильтры или фильтровальная бумага; 35%-ный раствор едкого натрия; 1%-ный раствор азотнокислого серебра; 10%-ный раствор соляной кислоты; стеклянная воронка; химический стакан; горелка; муфельная электропечь.

Ход работы. Из средней пробы измельченного просеянного и высушенного зернистого материала на аналитических весах взвешивают с точностью до 0,0002 г навеску величиной в 1 г и переносят ее в предварительно подогретую коническую колбу емкостью в 500 мл и туда же вливают 100 мл нагретого до кипения 35%-ного раствора едкого натрия. Колбу закрывают пробкой, в которую вставлен обратный холодильник, помещают на песчаную баню, разогретую до 200°, и содержимое колбы кипятят в течение 1 ч. Дав несколько приостыть, в колбу вливают около 250 мл дистиллированной воды, тщательно смешивают и затем содержимое колбы переносят на плотный фильтр. Колбу трижды смывают через фильтр горячей водой (100 мл) с горячим раствором соляной кислоты (30 мл). Осадок на фильтре промывают горячей водой до исчезновения в промывных водах ионов Cl' (контрольная проба на AgNO_3). Промытый осадок вместе с фильтром переносят в предварительно прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель, подсушивают, а затем сжигают и прокаливают в муфельной электропечи при 700—800° до постоянного веса. Результат вычисляют по приведенной выше формуле как среднее арифметическое из двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,5%. Форма записи та же, что и при определении кислотостойкости.

Г. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ТРУБЫ

Канализационные трубы — это керамические изделия, изготовленные из низкоспекающихся тугоплавких или огнеупорных глин и покрытые снаружи и внутри глазурью. Они предназначены для отвода из населенных пунктов отработанных и сточных вод, а также для удаления фекальных масс. Технические требования к канализационным трубам определяются ГОСТ 286—64 и в основном сводятся к следующему:

трубы в изломе должны состоять из плотного малопористого и неостеклованного черепка;

водопоглощаемость труб при кипячении — не выше для 1-го сорта 9, для 2-го — 11 %;

кислотостойкость труб не ниже 90 %;

трубы должны выдерживать гидравлическое давление не менее 2 кгс/см^2 в течение не менее 5 мин;

труба должна выдерживать внешнюю нагрузку 2000—3000 кгс в зависимости от внутреннего диаметра;

глазурь должна равномерно покрывать как снаружи, так и внутри все тело трубы.

В связи с перечисленными выше требованиями при лабораторном контроле канализационные трубы подвергают испытаниям для определения: водопоглощения черепка при кипячении; кислотостойкости; сопротивления гидравлическому давлению; сопротивления внешним нагрузкам. Кроме этого, трубы подвергают визуальному осмотру с целью выявления различных дефектов черепка и глазури. Кислотостойкость канализационных труб определяют по методике, изложенной на стр. 315. Там же указана и форма записи полученных результатов.

§ 11. Определение водопоглощения труб

Водопоглощение канализационных труб определяют по количеству воды, поглощенной черепком трубы при кипячении за определенный промежуток времени.

Оборудование и материалы: средняя проба труб; станок для выпиливания образцов; сушильный шкаф с термометром; ванна для кипячения образцов, весы с разновесом; полотенце.

Ход работы. Чтобы определить водопоглощение труб, из средней пробы в качестве образцов выпиливают три квадратных черепка общей площадью около 100 см^2 каждый: один из раструба, второй по середине трубы и третий с конца ствола. Выпиленные образцы должны быть с двух сторон равномерно покрыты глазурью и не должны иметь явно выраженных трещин и сколов. Образцы высушивают в сушильном шкафу при температуре 110° в течение 3 ч, затем охлаждают на воздухе до $15-20^\circ$, после чего взвешивают с точностью до 0,5 г.

Воздушно-сухие образцы помещают в ванну с водой так, чтобы они полностью были погружены в воду, и кипятят в течение 3 ч. Затем, не вынимая образцов из ванны, охлаждают их до $15-20^\circ$. Охлажденные образцы вынимают из ванны, дав стечь воде, вытирают влажным полотенцем и взвешивают с прежней степенью точности.

Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое из определений трех образцов. Расчетная формула и форма записи те же, что и для водопоглощения других керамических изделий.

§ 12. Определение сопротивления труб гидравлическому давлению

Канализационные трубы в рабочем состоянии испытывают внутреннее гидравлическое давление перекачиваемых в них сточных и отработанных вод. В связи с этим одним из показателей, характеризующих качество труб, является сопротивление их гидравлическому давлению, достигающему до 2 *ати*. При этом давлении труба не только не должна разрушаться, но и не должна фильтровать содержащуюся в ней жидкость.

Оборудование и материалы: образцы проверяемых труб; станок для закрепления труб при испытании; резиновые диски или пробки с манжетами; насос.

Ход работы. Отобранные для испытания трубы с обеих сторон плотно закрывают пробками с резиновыми манжетами, создающими герметичность. Вместо пробок иногда используют плотные резиновые диски. Закрытую трубу помещают в вертикальном положении раструбом вверх в станок (рис. 84), состоящий из двух металлических или деревянных пластин 4, прижимающих

к трубе закрывающие ее пробки или резиновые диски. Эти пластины соединены между собой четырьмя металлическими или деревянными штангами 5. Через верхнюю пробку или верхний резиновый диск пропущены три

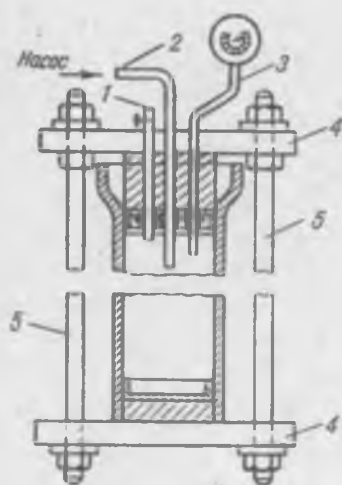


Рис. 84. Схема определения величины гидравлического давления в трубах

металлические трубки. Трубка 3 соединена с манометром, показывающим величину гидравлического давления в трубе во время испытания. Через трубку 2 внутрь трубы нагнетается вода. Трубка 1, снабженная краном, служит для выпуска воздуха во время наполнения трубы * водой.

Установив трубу в станок, открывают кран для выпуска воздуха и наполняют трубу водой. Когда вода потечет через кран, последний закрывают. Подачу воды в трубу продолжают до тех пор, пока давление в ней достигнет 2 ати. Под таким давлением трубу вы-

держивают не менее 5 мин. Труба считается выдержавшей испытание, если на ней нигде не будет обнаружено просачивание воды. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 100.

Т а б л и ц а 100

Результаты определений

Название партии	Номер образца	Гидравлическое давление, ати	Состояние трубы

* В некоторых установках испытываемая труба укладывается горизонтально между двумя планшайбами. Последние заменяют собой пластины, прижимающие к трубе резиновые диски.

§ 13. Определение механической прочности по отношению к внешним нагрузкам

Канализационные трубы в рабочем состоянии, будучи уложены в землю, испытывают внешние нагрузки (не менее 2000 кгс/м), которым они должны противостоять.

Оборудование и материалы: испытываемые трубы; гидравлический пресс, оборудованный двутавровыми балками и деревянными брусками; резиновые ленты.

Ход работы. Механическую прочность труб по отношению к внешним нагрузкам определяют на гидравлических прессах. Так как опорные плиты пресса по своим размерам меньше трубы, то к каждой из них прямо противоположно друг к другу крепят по одной двутавровой балке 2, длина которой соответствует длине трубы (рис. 85). К каждой из этих балок прикрепляют по деревянному бруску 3 (из твердых древесных пород) сечением 100×60 мм. Нижний брусок покрывают резиновой лентой 1 толщиной 8—10 мм и шириной 100 мм. На этот брусок укладывают трубу. Сверху на трубу (вдоль ее) накладывают такую же резиновую ленту 1, чтобы она образовала прокладку между стволом трубы по всей ее длине и верхним деревянным бруском пресса. После этого трубу подвергают внешнему постепенно возрастающему давлению (из расчета 500 кгс на 1 м длины трубы в 1 мин) вплоть до полного разрушения образца. Разрушающую нагрузку отсчитывают по показаниям манометра. Окончательную величину механической прочности трубы выражают в кгс/м ствола трубы. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 101.



Рис. 85. Схема определения механической прочности трубы по отношению к внешним нагрузкам

Результаты определений

Название партии	Номер образца	Суммарная разрушающая нагрузка, кгс	Длина ствола трубы, м	Механическая прочность трубы, кгс/м	Примечание

Д. плитки для полов

Керамические плитки для полов предназначаются для настила полов в промышленных, гражданских и жилых зданиях с влажным режимом помещения и с большим движением пешеходов (ГОСТ 6787—53). Плитки для полов должны иметь:

правильную форму без всяких внешних дефектов; водопоглощаемость плиток для полов не выше 4%, потерю в весе при истирании плиток не выше 0,1 г/см²; одноцветные плитки — однотонные с эталонными образцами.

В связи с перечисленными требованиями лабораторным методом определяют: водопоглощение, потерю в весе при истирании и однотонность плиток. Однотонность плиток определяется по методике, изложенной на стр. 309, при этом щит, на котором укладываются эталонные и испытуемые плитки, ставится на открытом месте в слегка наклонном положении на 1,7 м от глаза наблюдателя.

§ 14. Определение водопоглощения плиток

Водопоглощение плиток для полов принято характеризовать тем количеством воды, какое способна поглотить плитка, находясь в водной среде. Водопоглощение выражается в процентах к весу сухой плитки.

Оборудование и материалы: средняя проба плиток, молоток; дистиллированная вода; сушильный шкаф с термометром, технические весы с разновесом; полотенце; ванна с проточной водой.

Ход работы. Для определения водопоглощения используют либо целые плитки из средней пробы в количестве 5 шт., либо отломанные от целых плиток куски размерами 3×5 см в том же количестве. Образцы плиток промывают дистиллированной водой и высушивают в сушильном шкафу при температуре $105-110^\circ$ до постоянного веса. После охлаждения образцы взвешивают, затем полностью погружают в ванну с водой, в которой кипятят 1 ч. Прокипяченные образцы охлаждают в проточной воде в течение 20 мин, затем вынимают из воды, протирают влажным полотенцем и взвешивают. Расчетную формулу и форму записи см. на стр. 300.

Окончательный результат определения водопоглощения вычисляют как среднее арифметическое из пяти параллельных определений.

§ 15. Определение истираемости плиток

Наиболее активно действующим механическим фактором в рабочем состоянии плиток для полов является истирание (ГОСТ 6787—53). Сопротивление истиранию характеризуется потерей в весе плитки после шлифования ее под нагрузкой в 600 гс/см^2 на горизонтальном шлифовальном металлическом круге. Средняя скорость вращения круга должна быть не более 35 м/мин . В качестве прибора для этого испытания используют обычный горизонтальный шлифовальный станок с диаметром диска $0,5-0,6 \text{ м}$. К станку прикреплен полый металлический держатель.

Оборудование и материалы: средняя проба плиток; пила для распиловки плиток; шлифовальный станок; песок кварцевый; весы с разновесом; штангенциркуль.

Ход работы. Из средней пробы плиток отбирают или выпиливают пять образцов размерами $50 \times 50 \text{ мм}$ или $70 \times 70 \text{ мм}$. Каждый образец сначала взвешивают с точностью до $0,1 \text{ г}$, а затем поочередно испытывают. Для этого образец помещают в держатель, на образец накладывают металлический груз из расчета 600 гс/см^2 (15 кгс на образец размером $50 \times 50 \text{ мм}$ и $29,4 \text{ кгс}$ на образец $70 \times 70 \text{ мм}$). В качестве абразива используют чистый кварцевый песок, соответствующий требованиям ГОСТ

тую этажерку в сушильный шкаф так, чтобы ртутный шарик термометра находился против средней части плитки. В сушильном шкафу плитки постепенно нагревают до температуры 100° , а затем каждую плитку быстро погружают в ванну с водой, начальная температура которой должна быть в пределах $18-20^{\circ}$. После полного охлаждения плитку вынимают из воды и протирают сухой тканью. Глазурный слой плитки смачивают чернилами или разведенной в воде краской и, выдержав его в таком положении примерно 30 сек, снимают краску ватным тампоном. Наличие «цека» устанавливают по появлению в глазурном слое тонких окрашенных нитевидных трещин.

Плитки считаются годными, если после испытания на их поверхности не будет обнаружено появление «цека», а тем более трещин, отколов, посечек и других дефектов. Результаты определения записывают в табл. 103.

Таблица 103

Результаты определений

Название партии	Номер образца	Характеристика поверхности образца после испытания	Выводы

§ 17. Определение однотонности плиток

Оборудование и материалы: образцы плиток, характеризующие испытываемую партию их; деревянный щит площадью 1 м^2 .

Ход работы. На деревянном равномерно освещенном щите, установленном вертикально вплотную друг к другу, крепят квадратные или прямоугольные плитки площадью в 1 м^2 , фасонные плитки или детали крепят в ряд длиной в 1 м. Закрепленные на щите плитки при равномерном освещении их рассматривают с расстояния 3 м от щита и визуально устанавливают однородность окраски

и соответствие их эталонным плиткам. Замеченные отклонения от эталона выражают в % к основному тону эталонной плитки. Результат осмотра записывают в журнал по форме, приведенной в табл. 104.

Т а б л и ц а 104

Результат определений

Название партии	Количество образцов	Характер отклонения от эталона	% отклонения	Примечание

ГЛАВА X

ДРЕВЕСНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Древесину используют в строительстве для несущих конструкций (балок, стоек, стропил и т. д.); для производства столярных изделий (полотна дверей, оконных переплетов, наличников, плинтусов и т. п.); для подсобных работ и временныхстроек (опалубку, лесов, временных креплений, оград, сараев и т. д.).

Для изготовления несущих конструкций применяют древесину хвойных пород, а для мелких деталей таких конструкций допускается применение дуба. Древесину лиственных пород применяют для временных сооружений и подсобных работ и наряду с хвойными породами — для изготовления некоторых столярных изделий, находящихся в помещениях с нормальным температурным режимом и влажностью.

Качество лесоматериалов определяется рядом физико-механических испытаний и наличием пороков в древесине.

§ 1. Пороки древесины

Пороками древесины являются: сучки (твердые, рыхлые, табачные); пасынки, косослой (спиральное строение продольных волокон); трещины (метик, отлуп и т. д.); сердцевина; гниль и червоточина.

В табл. 105 указаны допустимые нормы содержания пороков в пиломатериалах.

§ 2. Отбор средней пробы

Для отбора средней пробы из кряжей выпиливают середовые доски (рис. 86). Для чего кряж разрезают на два отрезка — комлевой и вершинный. Из вершинного

Нормы пороков пиломатериалов

Наименование пороков	Допустимые пороки по категориям элементов		
	I	II	III
Гниль	не допускаются	не допускается	допускается только поверхностная
Червоточина	не допускаются	не допускается	допускается только поверхностная
Сучки, кроме рыхлых и табачных, допускаются при условии, если:			
а) расстояние в свету между мутовками не менее	50 см	40 см	не нормируются
б) на длине 20 см сумма размеров всех сучков на пласте или кромке не более	$\frac{1}{4}$ соответствующей стороны элемента	$\frac{1}{3}$ соответствующей стороны элемента	$\frac{1}{2}$ ширины пласта
в) в зонах соединений, кроме требований, удовлетворяющих п. а) и б); размер каждого сучка без выхода на ребро не более	$\frac{1}{8}$ стороны элемента	$\frac{1}{4}$ стороны элемента	не нормируются
Сучки табачные и рыхлые допускаются в элементах II и III категорий по норме сучков п. в), но при условии, если:			
а) размер сучка не превышает	не допускаются	20 мм	50 мм
б) количество сучков на длине 1 м не более	не допускаются	1 шт.	2 шт.
Пасынки	не допускаются	не допускаются	не допускаются
	7 см	10 см	15 см
Косослой на 1 м длины допускается не более			
Трещины вне зоны сопряжений допускаются:			
а) глубиной (трещины симметрично расположенные на противоположных сторонах элемента — суммарной глубиной) не более	$\frac{1}{4}$ толщины элемента	$\frac{1}{3}$ толщины элемента	не нормируются

Наименование пороков	Допустимые пороки по категориям элементов		
	I	II	III
б) протяжением (в брусках — каждая в отдельности, а в досках — общим протяжением на одной стороне доски) не более $\frac{1}{4}$ длины элемента	не допускаются	не допускаются	не нормируются
Трещины по плоскостям скалывания в зонах соединений	не допускаются	не допускаются	не допускаются
Сердцевина	не допускаются в досках с толщиной 6 см и менее	не допускаются в досках с толщиной 6 см и менее	не допускаются в балках из досок на ребро при толщине досок 6 см и менее

выпиливают сердцевые доски толщиной 80 мм, которые разрезают на две части — верхнюю и нижнюю — длиной в 900 мм. На верхней части сердцевой доски делают отметки через 55 мм, а на нижней — через 35 мм (часть доски у сердцевины выкидывают).

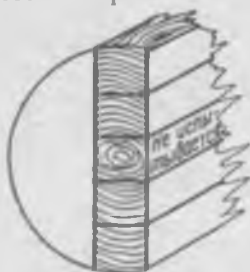


Рис. 86. Распиловка образца древесины

По отметкам через 55 мм для верхней доски и 35 мм для нижней выпиливают рейки. Рейки верхней части доски должны иметь сечение 80×55 мм, а нижней — 80×35 мм. Рейки выдерживают в лаборатории 10—15 дней. Влажность их не должна превышать 8—20%. Из реек верхней и нижней частей сердцевой доски выпиливают образцы для испытаний (на рис. 87 и 88).

Из комлевой части также выпиливают сердцевые доски и разделяют на рейки сечением 120×120 мм. Из

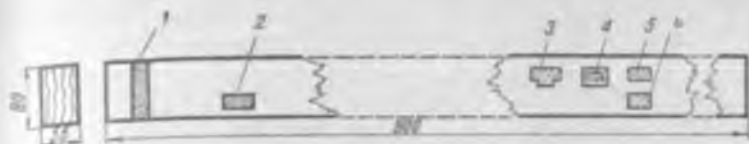


Рис. 87. Разделка рейки на образцы из нижней части доски:

1 — образец для испытания на растяжения поперек волокон в тангенциальном направлении; 2 — образец для испытания на растяжение поперек волокон в радиальном направлении; 3 — образец для испытания на скалывание поперек волокон в радиальном направлении; 4 — образец для испытания на скалывание поперек волокон в тангенциальном направлении; 5 — образец для испытания на сжатие поперек волокон в радиальном направлении; 6 — образец для испытания на сжатие поперек волокон в тангенциальном направлении

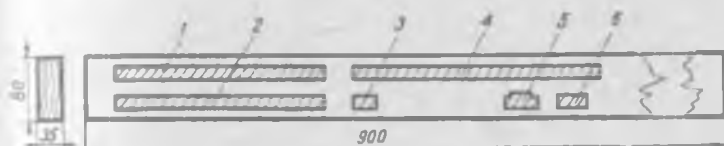


Рис. 88. Разделка рейки на образцы из верхней части:

1 — образец на испытание на статический изгиб в тангенциальном направлении; 2 — образец для испытания на статический изгиб в радиальном направлении; 3 — образец для испытания на растяжение вдоль волокон; 4 — образец для испытания на сжатие вдоль волокон; 5 — образец для испытания на скалывание вдоль волокон в радиальной плоскости; 6 — образец для испытания вдоль волокон в тангенциальной плоскости

последних выпиливают образцы для определения модуля упругости при сжатии и растяжении и ряда других показателей.

Образцы для испытаний не должны содержать пороков, грани должны быть гладко выструганы, а торцовые поверхности строго параллельны между собой и перпендикулярны боковым поверхностям. Образцы для испытаний (рис. 89) должны иметь одну грань перпендикулярную оси ствола (торцовая поверхность 1), другая грань должна быть разрезом по радиусу ствола через сердцевину (радиальная плоскость 3) и третья грань перпендикулярна торцовой поверхности, но она не должна проходить через сердцевину (тангенциальная плоскость 2).

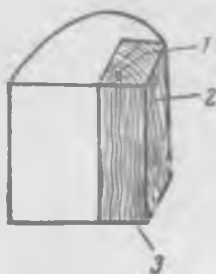


Рис. 89. Основные направления грани образца

§ 3. Определение влажности древесины

Влажность древесины определяют почти при всех испытаниях древесины. При физико-механических испытаниях практически определенную влажность пересчитывают на стандартную, которая составляет 15 %.

Так как влажность определяют почти при всех испытаниях, то форму и размер образца для определения влажности определяют характером того или иного испытания. Влажность рассчитывают по отношению к высушенной навеске (абсолютная влажность).

Оборудование и материалы: весы технические и аналитические; стаканчик с притертой крышкой; шкаф сушильный; эксикатор; металлический или фарфоровый стаканчик; песчаная баня.

Ход работы. Образец древесины взвешивают на весах с точностью до 0,001 г (при весе образца более 50 г — с точностью до 0,01 г), а затем в стаканчике помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре 100—105° в течение 6 ч — мягкие породы дерева или 10 ч — твердые породы дерева, а потом взвешивают. Каждое последующее взвешивание производят после двухчасовой сушки. Сушку навески заканчивают, если разница между двумя последующими взвешиваниями не будет превышать 0,002 г. Взвешивание производят в стаканчиках, охлажденных в эксикаторе. Во время взвешивания стаканчики должны быть закрыты крышками.

Абсолютную влажность вычисляют по формуле

$$W = \frac{G - G_1}{G_1} \cdot 100\%,$$

где G — навеска древесины до высушивания, г;

G_1 — навеска древесины после высушивания, г.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 106.

Иногда пользуются ускоренным методом определения влажности. Для этого либо в фарфоровый или металлический стаканчик, либо в банку, емкость которой зависит от веса образца, наливают нагретое до 150° подсолнечное масло (30—80 мл в зависимости от величины образца). Сосуд с маслом взвешивают. Затем в него помещают образец древесины и снова взвешивают.

Результаты определений

Материал	Вес образца до сушки, г	Первое взвешивание, г	Второе взвешивание, г	Третье взвешивание, г	Оконча- тельный вес, г	Влаж- ность, %

после чего нагревают на песчаной бане. При выделении большого количества пены нагревание уменьшают. Когда перестанут выделяться пузырьки, древесина погрузится на дно сосуда. После этого сосуд снимают с песчаной бани, охлаждают и взвешивают. Влажность вычисляют по приведенной выше формуле.

§ 4. Определение объемного веса древесины

Оборудование и материалы: весы технические; пила одноручная для выпиливания образцов; угольник; рубанок; измеритель.

Ход работы. Из древесины без пороков выпиляют образцы размером $20 \times 20 \times 30$ мм, взвешивают на технических весах с точностью до 0,001 г, а затем измеряют в трех местах согласно ГОСТу (см. стр. 71). Одновременно определяют влажность образца. Объемный вес вычисляют сначала при данной влажности по формуле

$$\gamma_w = \frac{G_w}{V_w} \text{ г/см}^3,$$

где G_w — вес образца при данной влажности, г;

V_w — объем образца при данной влажности, см^3 .

Объем образца при данной влажности составляет

$$V_w = \frac{abc}{1000},$$

где a , b и c — размеры образца, мм.

После этого приводят объемный вес к стандартной влажности (15%) по формуле

$$\gamma_{15} = \gamma_w [1 + 0,01 (1 - K_0)(15 - W)] \text{ г/см}^3,$$

где γ_w — объемный вес при влажности W , г/см³;
 W — влажность;

K_0 — коэффициент пересчета, равный для березы, бука, лиственница 0,6, а для остальных пород — 0,5.

Среднее значение объемного веса находят по несколькими определениями и результаты записывают по форме, приведенной в табл. 107.

Таблица 107

Результаты определений

Материал	Размеры образца, мм	Влажность W %	Объем V см ³	Объемный вес γ_w , г/см ³
	a, b, c			

§ 5. Определение линейной и объемной усушки древесины

Оборудование и материалы: весы технические; шкаф сушильный; измеритель.

Ход работы. Линейную и объемную усушку определяют на тех же образцах, что и объемный вес. На полированной поверхности торца наносят две перпендикулярные линии, делящие торцовую часть на четыре одинаковых квадрата. По направлению этих линий на половине высоты образца измеряют размер a по тангенциальному направлению и размер b — по радиальному; высоту измеряют с точностью до 0,01 мм. После этого образец помещают в предварительно взвешенный металлический стаканчик и взвешивают с точностью до

0,001 г. Затем стаканчик помещают в сушильный шкаф и высушивают образец до постоянного веса сначала при температуре 30° во избежание растрескивания образца, а затем постепенно повышают температуру до 105°. По достижении постоянного веса вычисляют влажность (см. стр. 332) и быстро производят измерение размеров a , b и c .

Линейную усушку в процентах по тангенциальному направлению определяют по формуле

$$\gamma_T = \frac{a - a_1}{a_1} \cdot 100\%,$$

по радиальному

$$\gamma_R = \frac{b - b_1}{b_1} \cdot 100\%.$$

Объемную усушку определяют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100\%,$$

где V_1 — объем образца до сушки, равный $\frac{abc}{1000}$;

V_2 — объем образца после сушки, равный $\frac{a_1 b_1 c_1}{1000}$.

Коэффициент линейной и объемной усушки равны соответственно:

$$K_T = \frac{\gamma_T}{W}; \quad K_P = \frac{\gamma_P}{W}; \quad K_{об} = \frac{\gamma_{об}}{W}.$$

§ 6. Определение механической прочности древесины по внешним признакам

На недостаточную механическую прочность древесины указывают:

измененная окраска, отличающаяся от нормальной окраски данной породы;

тупой, без зацепов, излом тонкой лучины;

хрупкость стружки.

Изменение окраски древесины определяют по свеже-соструганному срезу вдоль волокон, сравнивая его со стандартным образцом. Излом определяют путем получения от образца тонкой лучины, которую ломают. Тупой излом без зацепов указывает на некачественную

древесину. Одновременно надламывают лучину из заведомо качественного образца и сравнивают с испытуемым.

Для определения хрупкости стружки рубанком со- стругивают стружку со стандартного (качественного) образца и испытуемого. Стружку ломают между пальцами. Легко ломающаяся хрупкая стружка испытуемого образца указывает на недостаточную прочность древесины.

§ 7. Определение числа годовичных слоев и процента поздней древесины

Число годовичных слоев приблизительно характеризует нормальные механические свойства древесины. Нормальной механической прочностью обладает древесина, имеющая на одном погонном сантиметре от 2 до 10 годовичных слоев.

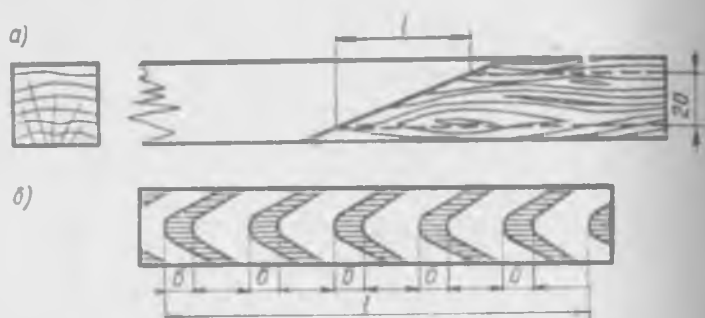


Рис. 90. Определение числа годовых колец и процента поздней древесины

Процент поздней (осенней) древесины, т. е. процент более темных и плотных слоев, также характеризует механическую прочность. Содержание поздней древесины свыше 20% указывает на хорошие механические свойства.

Оборудование и материалы: пила одноручная; рубанок; измеритель; масштабная линейка.

Ход работы. Определение можно проводить на стандартном образце $20 \times 20 \times 30$ мм. Для чего на образце с торца острым рубанком выстругивают косой

срез длиной 3—4 см по касательной к годовым слоям. На торце или радиальной прямой берут участок примерно в 20 мм по торцовой поверхности (рис. 90, а) с таким расчетом, чтобы в нем содержалось целое число годовых слоев. Длину участка на радиальной прямой измеряют с точностью до 0,5 мм. На отмеренном участке подсчитывают число годовых слоев на 1 см по формуле

$$n = \frac{N}{l},$$

где N — число слоев в отрезке длины;

l — длина отрезка по торцовой поверхности, см.

Процент поздней древесины определяют или на полированном торце при помощи лупы или на косом срезе, как в предыдущем определении. На косом срезе по радиальному направлению (на торце) отмечают точками участок, соответствующий 2 см (рис. 90, а). На отрезке l измеряют ширину поздней зоны с точностью до 0,1 мм (рис. 90, б). Складывают ширину каждого слоя (кольца) поздней древесины на участке l . Процент поздней древесины определяют по формуле

$$m = \frac{\sum \delta}{l} \cdot 100\%,$$

где $\sum \delta$ — сумма ширины слоев поздней древесины на участке l ;

l — длина участка на косом срезе, см.

§ 8. Определение прочности при сжатии древесины вдоль волокон

Для механических испытаний древесины на прочность при сжатии и статический изгиб может быть применен пресс любой системы, обладающий необходимой нагрузкой и точностью. Чаще всего для испытаний древесины применяют 5-тонную универсальную разрывную машину ГЗИП и 4-тонную разрывную машину. Для первой требуются специальные дополнительные приспособления при испытании древесины, без применения которых можно проводить лишь испытание предела прочности при растяжении вдоль волокон.

Универсальная 4-тонная разрывная машина сконструирована специально для механических испытаний древесины. Недостатком ее является отсутствие шаровой опоры и невозможность проведения испытания на определение предела прочности при растяжении вдоль волокон.

Оборудование и материалы: пресс с шаровой опорой (может быть применен пресс с переносной шаровой опорой); измеритель.

Ход работы. Стандартный образец размером $20 \times 20 \times 30$ мм измеряют перед испытанием с точностью

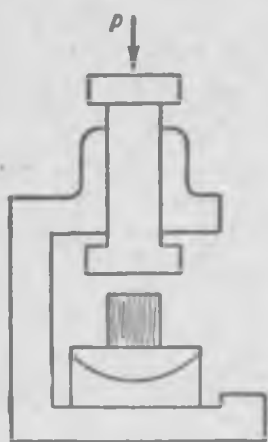


Рис. 91. Испытание на сжатие вдоль волокон

до 0,1 мм и устанавливают торцевой поверхностью на опорную плиту прессы под головку машины. Давление на головку машины производится или рычагом, или масляным приводом (рис. 91). Скорость увеличения давления должна быть равномерной и равна в начальный момент 4000 кг в 1 мин (с отклонением $\pm 25\%$) на весь образец. Испытание производится до разрушения образца, т. е. до момента, когда стрелка силоизмерителя начнет двигаться в обратную сторону. Линия разрушения образца обычно направлена перпендикулярно волокнам в радиальном направлении и под углом — в тангенциальном. Сразу после испытания определяют влажность образца.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон (при данной влажности) определяют по формуле

$$\sigma_w = \frac{P}{ab} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — максимальная нагрузка, кгс;

ab — площадь поперечного сечения, см².

Предел прочности при стандартной влажности определяют по формуле

$$\sigma_{15,t} = \sigma_w [1 + \alpha(W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где α — поправочный коэффициент, равный для сосны, кедра, бука и березы 0,05; для ели, лиственницы, дуба и других лиственных пород — 0,04;

W — влажность в момент испытаний.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон должен быть для качественной древесины не менее 300 кгс/см^2 .

Результаты определения записываю по форме, приведенной в табл. 108.

Таблица 108

Результаты определений

Материал	Размеры поперечного сечения, мм	Площадь поперечного сечения $ab \text{ см}^2$	Максимальная нагрузка $P \text{ кгс}$	Влажность, %	Предел прочности $R_{с15} \text{ кгс/см}^2$

§ 9. Определение предела прочности при сжатии древесины поперек волокон

Оборудование и материалы: пресс с шаровой опорой; индикатор для измерения деформации.

Ход работы. Для испытаний применяют образцы размером $20 \times 20 \times 30 \text{ мм}$. При испытании в радиальном направлении ширину образца измеряют в тангенциальном направлении, и наоборот, при испытании в тангенциальном направлении ширину измеряют в радиальном с точностью до $0,1 \text{ мм}$. Один образец испытывают в радиальном направлении, другой — в тангенциальном.

При испытании образец кладут на опорную плиту пресса (рис. 92) и включают давление. Скорость увеличения нагрузки дается в среднем 100 кгс/мин (с отклонением $\pm 20\%$). Одновременно с испытанием производится измерение деформации образца индикатором без прекращения нагрузки с точностью до $0,005 \text{ мм}$. Измерение деформации индикатором производится через

каждые 20 кгс нагрузки — для мягких пород и через 40 кгс нагрузки — для твердых пород. Испытание ведут до явного перехода условного предела прочности. Одновременно определяют величину условного предела прочности при данной влажности. По форме табл. 108

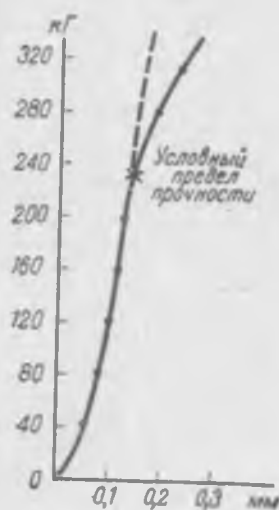


Рис. 92. Графическая зависимость деформации от нагрузки

для твердых пород записывают показания индикатора при нагрузках 40, 80, 120, 160, 200, 240 кгс и т. д. И при ширине образца 20 мм и нагрузках 20, 40, 80, 100, 120, 140, 160 кгс и т. д. — для мягких пород.

При испытании твердых пород первую запись отсчета по индикатору делают тогда, когда стрелка силоизмерителя покажет нагрузку в 40 кгс, затем вторую — при нагрузке в 80 кгс; третью — при нагрузке в 120 кгс и т. д. Запись ведут отдельно при испытании в тангенциальном и радиальном направлениях (табл. 109).

По данным этой записи вычерчивают диаграмму зависимости деформации от нагрузки, откладывая на оси ординат величину нагрузки (показание силоизмерителя), а по оси абсцисс — показания индикатора. Точки пересечения отсчетов соединяют линией. Точка, в которой прямая линия, соединяющая точки, переходит в кривую (отклоняется вправо), считается условным пределом прочности (рис. 92).

Таблица 109

Деформация при нагрузках для твердых пород

Нагрузка, кгс	40	80	120	160	200	240	280	320	360
Деформация, мм	0,070	0,080	0,0850	0,105	0,120	0,140	0,190	0,210	0,265

§ 10. Определение предела прочности при растяжении древесины вдоль волокон

Оборудование и материалы: пила ручная; разрывная машина; рубанок; нож для вырезки; измеритель — линейка.

Ход работы. Из рейки (рис. 93) изготовляют образцы длиной 350 мм и толщиной 20 мм; в середине образца с двух сторон делают выемку длиной 150 мм;

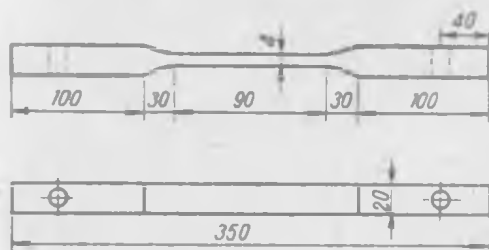


Рис. 93. Форма образцов для испытания на разрыв

толщина выемки (рабочей части) должна быть 4 мм. Переход от головок к рабочей части должен быть плавным и строго симметричным с обеих сторон. Перед испытанием точно измеряют толщину рабочей части в трех местах — в середине и у обеих головок на расстоянии 35 мм от середины. Образец закрепляют между зажимами универсальной разрывной машины так, чтобы головки образца выходили из зажимов на 20—25 мм. Между щеками зажимов вставляют стальную пробку (цилиндр) высотой 18 мм, а затем зажимают образец. Скорость увеличения нагрузки, равная 1500 кгс/мин, должна оставаться равномерной в течение всего испытания. Нагрузку увеличивают до тех пор, пока стрелка силовизмерителя не начнет двигаться в обратную сторону. После испытания из рабочей части вырезают образец для определения влажности.

Предел прочности при растяжении вдоль волокон вычисляют по формуле

$$\sigma_w = \frac{P}{ab} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — максимальная нагрузка, кгс;
 ab — площадь поперечного сечения рабочей части, см².

Для листовых пород предел прочности при стандартной влажности вычисляют по формуле

$$\sigma_{15} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где $\alpha = 0,015$ — поправочный коэффициент.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 110.

Таблица 110

Результаты определений

Материал	Размеры поперечного сечения, мм	Площадь поперечного сечения ab см ²	Максимальная нагрузка P кгс	Влажность, %	Предел прочности $\sigma_{пр}^{15}$ (15) кгс/см ²

§ 11. Определение предела прочности при растяжении древесины поперек волокон

Оборудование и материалы: разрывная машина или набор столярных инструментов для вырезки образцов; измеритель — линейка.

Ход работы: из рейки вырезают образцы размерами, указанными на рис. 94. Один образец берут в тангенциальном направлении, другой в радиальном и измеряют ширину a и толщину b в трех местах сначала в середине рабочей части, а затем на расстоянии 15 мм вправо и влево от середины. Из трех промеров выводят среднее арифметическое значение a и b . Сначала испытывают образец в одном направлении, например в радиальном, при этом разрывное усилие направлено по сердцевидным лучам, затем в тангенциальном — разрыв-

ное усилие направлено по касательной к годовым слоям. Образец устанавливают в специальные захваты разрывной машины так, чтобы щеки захватов плотно прилегали к торцовым поверхностям головок образца (часть головки от закругления должна быть свободной на расстоянии 10 мм).

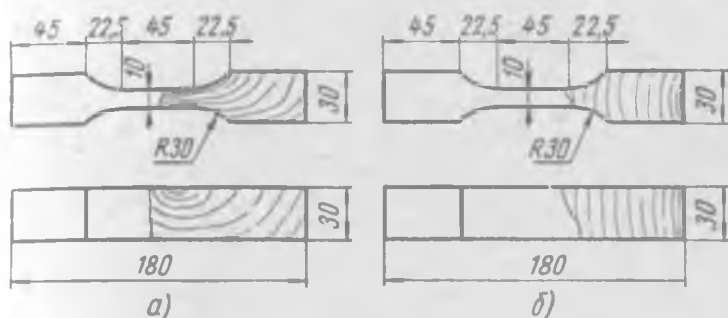


Рис. 94. Образцы для испытания на растяжение поперек волокон:

а — в тангенциальном направлении; *б* — в радиальном направлении

Перемещение нагружающей головки машины должно производиться равномерно в течение всего времени испытания со средней скоростью, соответствующей 250 ± 50 кгс/мин на весь образец или при испытании в машинах с механическим приводом при скорости перемещения головки 4 мм в минуту. Испытание доводят до разрушения образца. По шкале силогмерителя машины отсчитывают максимальную нагрузку P .

Результаты испытаний образцов, разрушившихся в нерабочей части, во внимание не принимают. После испытания производят определение влажности W каждого образца.

Предел прочности при растяжении поперек волокон вычисляют с точностью до 1 кгс/см² по формуле

$$\sigma = \frac{P_{\text{макс}}}{ab} \text{ кгс/см}^2,$$

где $P_{\text{макс}}$ — максимальная нагрузка, кгс;

a — средняя ширина рабочей части образца, см;

b — средняя толщина рабочей части образца, см.

Для приведения к стальной влажности (15%) σ_w умножают на $[1 + \alpha (W - 15)]$, где W — влажность, α — поправочный коэффициент, равный для радиального направления 0,01, для тангенциального 0,029.

§ 12. Определение прочности при статическом изгибе древесины

Оборудование и материалы: пресс или универсальная разрывная машина; измеритель.

Ход работы. Образцы для испытаний вырезают из рейки в форме балочек квадратного сечения размером $20 \times 20 \times 300$ мм и измеряют по середине длины с

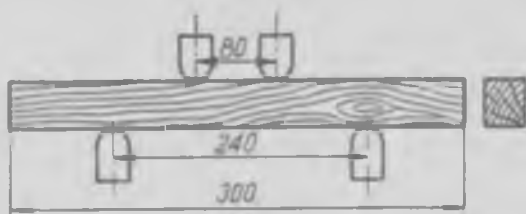


Рис. 95. Испытание на изгиб

точностью до 0,1 мм, определяя ширину по тангенциальному направлению и высоту — по радиальному. Рекомендуется производить испытания по радиальному направлению, так как при этом получают минимальные значения предела прочности. Образец-балочку укладывают симметрично на двух опорах, расстояние между которыми 240 мм. Усиление осуществляют двумя «ножами» по середине образца с расстояниями между ними 80 мм (рис. 95). Скорость увеличения нагрузки равномерная и равна 700 кгс/мин. Испытание проводят до разрушения образца и отмечают нагрузку в момент разрушения.

Из срединной части вырезают кубик размером $20 \times 20 \times 20$ мм и определяют влажность.

Предел прочности при статическом изгибе находят по формуле

$$\sigma_w = \frac{P \cdot 24}{bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — разрушающая нагрузка, кгс;
 b — ширина образца, см;
 h — высота образца, см;
24 — расстояние между опорами, см.

При стандартной влажности предел прочности составляет

$$\sigma_{15} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где α — поперечный коэффициент, равный 0,4 для всех древесных пород.

Предел прочности при статическом изгибе древесины должен быть не менее 500 кгс/см².

§ 13. Определение прочности при скалывании древесины вдоль волокон

Оборудование и материалы: пресс с шаровой опорой; измеритель; столярный инструмент для вырезки образцов; приспособление для зажима образца.

Ход работы. Из рейки выпиливают образцы по форме и размерам, указанным на рис. 96. При этом гладкая вертикальная плоскость образца должна плотно прилегать к неподвижной опорной стенке приспособления, а плоскости нижнего выреза — к плоскости подвижной опоры приспособления. Это достигается вращением установочного винта. Образец вместе с приспособлением устанавливают на опору пресса таким образом, чтобы верхняя торцовая поверхность находилась под центром приложения нагрузки. На верхнюю торцовую часть кладут стальной брусок. После установки образца пресс приводят в действие, скорость увеличения нагрузки в среднем должна быть 1250 кгс/мин. Испытание проводят до разрушения образца. Одновременно определяют влажность образца.

Предел прочности при скалывании вычисляют по формуле

$$\tau_w = \frac{P}{bl} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — разрушающая нагрузка, кгс;
 b — ширина образца, см;
 l — длина площадки скалывания, см.

Предел прочности при скалывании при стандартной влажности

$$\tau_{10} = \tau_W [1 + \alpha (W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где W — влажность,

 α — коэффициент, равный 0,05.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. III.

Таблица III

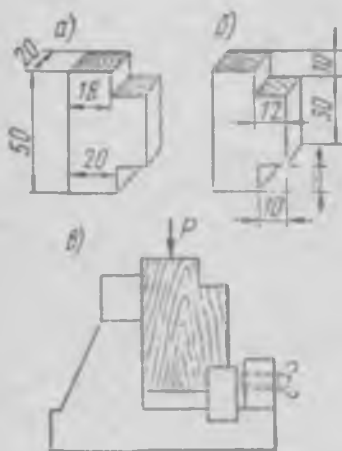


Рис. 96. Образцы для испытания на скалывание:

а — в радиальном направлении;
б — в тангенциальном направ-
лении; в — прибор для испыта-
ния

Результаты определений

[illegible]

ГЛАВА XI

БИТУМЫ, КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. БИТУМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Битумы представляют собой твердые или полутвердые вещества черного цвета. Наибольшее применение имеют нефтяные битумы, полученные из нефти как остаток после отгонки масел и вазелина. Битумы получают также при крекинг-процессе или окислении нефтяных остатков. Значительно меньшее значение имеют ископаемые битумные материалы.

Битумы применяют для производства дорожных покрытий, кровельных и гидроизоляционных материалов, склеивающих и антикоррозионных битумных составов, а также при гидроизоляционных и кровельных работах. Значительно реже для этих целей употребляют каменноугольный пек — остаточный продукт разгонки каменноугольной смолы. Последний менее долговечен в эксплуатации, чем нефтяной битум, имеет большую плотность ($1,20—1,27 \text{ г/см}^3$) по сравнению с нефтяными битумами ($1,02—1,06 \text{ г/см}^3$). Каменноугольный деготь используют для изготовления толя, а пек совместно с дегтем — также и для склеивающих мастик.

В зависимости от твердости, температуры размягчения и растяжимости (пластичности) существует несколько основных марок битума, приведенных в табл. 111.

Для производства гидроизоляционных и кровельных материалов применяют битумы специальных марок БНК-2 и БНК-5 с температурой размягчения первый 40° , второй 90° . Если битумы поступают в таре, то в среднюю пробу отбирают в количестве 2% от всей массы бочек, ящиков и т. д. Из каждой бочки нагретым ножом вырезают кусок весом в 1 кг и разбивают на куски. Куски смешивают и отбирают пробу в количестве 2—3 кг. Среднюю пробу обезвоживают на песчаной бане при помешивании,

пропускают через сито № 07 и перемешивают до удаления пузырьков воздуха.

Таблица 112

Основные марки битума

Основные показатели	Марки битума**					
	БН-0	БН-I	БН-II	БН-III	БН-IV	БН-V
Температура размягчения	Ниже 25° (ненормированная)	25°	40°	45°	70°	90°
Твердость (глубины проникновения иглы) при 25°	200*	200—121	120—81	80—41	40—21	20—5
Растяжимость при 25°	не нормируется	150	66	40	3	1

* В условных единицах 200—20 мм.

** Битумы марок БН-0, БН-I, БН-II и БН-III применяются в основном для дорожных покрытий; БН-IV и БН-V — в строительном деле.

§ 1. Определение твердости битума

Твердость определяют по глубине и времени проникновения металлической иглы в битум при определенной нагрузке. Нагрузка должна составлять 100 г, время действия нагрузки 5 сек. Испытание ведут на приборе — пенетрометре при температуре 25° (иногда определение ведут еще при $\pm 0^\circ$).

Пенетрометр, представленный на рис. 97, состоит из металлического штатива 10 с подставкой 12. На металлическом штативе помещается кронштейн, нижняя часть которого имеет зажимное устройство 3. Верхняя часть кронштейна 9 снабжена циферблатом 5 со стрелкой 6, которая передвигается в зависимости от движения штанги 8 вверх и вниз. Между штангой и циферблатом имеется кремальера — зубчатая рейка 7. Концы штанги упираются в верхнюю часть иглодержателя 4. В нижней части иглодержателя укреплена игла 2. Иглодержатель с грузом и иглой весит 100 г. Внизу штатива имеется зеркало 11, позволяющее точно установить конец иглы над поверхностью битума. На подставке 12 имеется столик 1, куда устанавливают в металлической чашечке испытуемый образец.

Циферблат градуирован таким образом, что погружение иглы на 0,1 мм дает отсчет в 1° на циферблате. Соответственно погружение иглы на 2 мм дает отсчет в 20° по циферблату. Иглу пенетromетра изготовляют длиной 50,8 мм и диаметром 1 мм из зеркальной стали и тщательно полируют. Конеч иглы тупой (диаметр 0,15 мм) и имеет форму конуса.

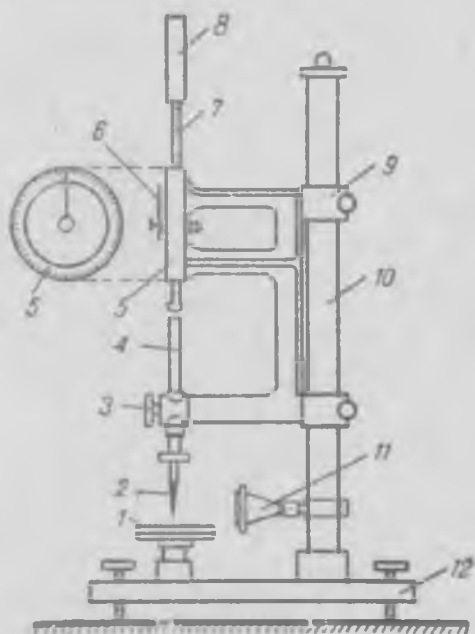


Рис. 97. Пенетрометр

Оборудование и материалы: пенетрометр; песчаная баня; термостат; кристаллизатор; нож металлический; чашка фарфоровая.

Ход работы. Пенетрометр устанавливают строго горизонтально. Обезвоженную среднюю пробу расплавляют в фарфоровой чашке на песчаной бане и выливают в медную или латунную чашечку; слой сплава должен быть толщиной в 30 мм. Металлическую чашечку с битумом охлаждают, а потом помещают в термостат с температурой $+25^\circ$, где выдерживают в течение 1 ч до начала испытания. Затем чашечку с битумом помещают в плоский сосуд (кристаллизатор) с водой при $+25^\circ$ и

последние устанавливают на столик прибора. Острые иглы подводят к поверхности битума, доводят кремальерой до верхнего конца иглодержателя и устанавливают стрелку циферблата на делении 0. Далее, держа в одной руке секундомер, нажимают кнопку зажимного устройства, одновременно пуская секундомер. Через 5 сек кнопку опускают и выключают секундомер. Затем кремальеру доводят до верхней части иглодержателя (при этом происходит движение стрелки по циферблату) и отмечают величину погружения иглы в слой битума. Определение повторяют три раза в различных частях образца и находят среднее значение глубины погружения. Иглу после каждого погружения промывают бензином и насухо вытирают. Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 113.

Таблица 113

Результаты определений

Определение битума	Отсчет на циферблате до опыта	Отсчет на циферблате после опыта	Глубина проникновения иглы

§ 2. Определение температуры размягчения битума

Битумы являются гетерогенными системами, состоящими из смеси целого ряда органических веществ, в основном высокомолекулярных углеводов. Переход из жидкого состояния в твердое происходит у них в большом интервале температур, в результате чего постепенно битумы размягчаются. Если битум применяют как склеивающий гидроизоляционный материал, то его склеивающая способность теряется в случае его размягчения и приобретает текучесть. В этом случае должны применять битум той марки, температура размягчения которого была бы примерно на 20° выше, чем максимальная температура нагрева данной строительной конструкции. Температуру размягчения битума определяют методом «кольцо и шар» на приборе (рис. 98), состоящем из трех

дисков, скрепленных между собой металлическими стержнями. Нижний и средний диски находятся на расстоянии 2,55 мм друг от друга. Средний диск имеет два или четыре отверстия, в которые вставляют латунные ступенчатые кольца с внутренним верхним диаметром 17,7 мм и нижним 15,7 мм. Высота кольца 6,35 мм (рис. 99).

В середине верхнего диска имеется отверстие, куда помещают термометр, ртутный шарик которого устанавливается на уровне среднего кольца. Латунные кольца

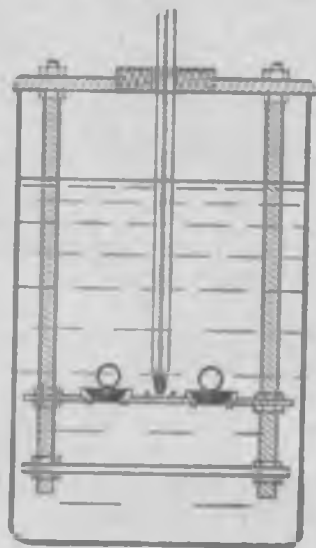


Рис. 98. Схема прибора «кольцо и шар»



Рис. 99. Кольцо и шар

заливают битумом. На них помещают стальной шарик диаметром 9,5 мм и весом 3,55 г. Прибор нагревают в водяной бане (стакане) до температуры размягчения битума. Последний вместе с шариком под действием его веса проходит через кольца и «стекает» на нижний диск. Температуру, при которой шарик с битумом касается нижнего диска, считают температурой размягчения.

Оборудование и материалы: прибор для определения по методу «кольцо и шар»; стакан стеклянный диаметром не менее

90 мм и высотой 115 мм; шарик стальной диаметром 9,5 мм; латунные ступенчатые кольца с внутренними диаметрами 17,7 и 15,7 мм и высотой 6,35 мм; сетка асбестовая; нож железный; термометр ртутный на 160°; чашка фарфоровая и вода дистиллированная или глицерин.

Ход работы. Латунные кольца помещают на металлическую пластинку, смазанную смесью глицерина с толченым тальком. Испытуемый битум нагревают при перемешивании в фарфоровой чашке в течение 15 мин при температуре 120° и выливают в металлические кольца так, чтобы над отверстием кольца находился избыток битума. По охлаждении избыток битума срезают слегка нагретым лезвием ножа. Кольцо с испытуемым битумом вставляют в отверстие среднего диска. На поверхности битума в центре кольца помещают стальной шарик. Прибор устанавливают в стеклянный стакан с температурой +5° и выдерживают в течение 5 мин. Затем стакан с прибором нагревают на асбестовой сетке со скоростью нагрева 5° в 1 мин.

При размягчении шарик с битумом проходит в отверстие кольца. В момент, когда шарик с битумом коснется нижнего диска, фиксируют температуру размягчения битума. Если она более 80°, вместо дистиллированной воды применяют глицерин. Образец при этом выдерживают 15 мин при температуре 32°.

§ 3. Определение растяжимости битума

Величина растяжимости битума характеризует его пластичность. Это особенно важно в строительных конструкциях, где битум испытывает растягивающие усилия. Определяют растяжимость на приборе — дуктилометре, представляющем собой деревянный ящик, покрытый жестью и снабженный по бокам двумя кремальерами. На них установлены «салазки»,двигающиеся при помощи маховичка. В правой части ящика находится шкала с указателем, присоединенным к салазкам. Для изготовления образца при испытании на растяжение употребляется латунная форма со съемными боковыми стенками (рис. 100). При помощи этой формы получают образец битума длиной 7,5 см, шириной в наименьшем сечении 1 см и толщиной 1 см.

Оборудование и материалы: дуктилометр; форма для изготовления образцов; сито № 05; баня водяная; чашка фарфоровая; металлическая пластинка; смесь талька с глицерином.

Ход работы. Пробу битума расплавляют в фарфоровой чашке, затем пропускают через сито № 05 и хорошо перемешивают. Металлическую пластинку, на которую ставят латунную форму, а также внутреннюю и боковую поверхности формы (съемные части) покрывают смесью глицерина с тальком, для того чтобы битум не прилипал. Расплавленный битум наливают до краев в формы. Затем охлаждают в течение 30 мин при комнатной температуре и избыток битума срезают нагретым

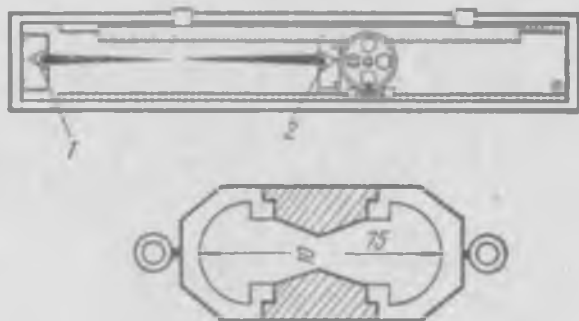


Рис. 100. Дуктилометр

ножом. Охлажденный образец вместе с формой и пластинкой помещают в водяную баню с температурой $+25^{\circ}$ на 1,5 ч. Затем форму снимают с пластинки и закрепляют в приборе, надевая кольца формы на штифты неподвижной 1 и подвижной 2 салазок. После этого снимают боковые части формы. В прибор наливают воду, нагретую до $+25^{\circ}$, до уровня выше формы с образцом на 2,5 см. Во время испытаний температура воды в приборе должна поддерживаться постоянной ($+25^{\circ}$).

Образец выдерживают в дуктилометре 1 ч 30 мин, а затем начинают вращать маховичок, растягивая битум со скоростью 5 см/сек, пока образец не разорвется.

Длину образца в момент разрыва (отмечаемую стрелкой на шкале) принимают за величину растяжимости битума. Определение проводят на трех образцах и за окончательный результат принимают среднее арифметическое из трех измерений.

§ 4. Определение плотности битума

Плотность битума может быть определена любым методом (см. стр. 66) при температуре 20°. Если плотность определена при другой температуре, то следует произвести пересчет на d_4^{20} по формуле $\rho_1^{20} = \rho_1 + \gamma(t - 20)$. Величину γ находим по табл. 114.

Таблица 114

Температурная поправка к плотности

Плотность $\rho_4^{t^\circ}$	Температурная поправка γ на 1°	Плотность ρ_4^{20}	Температурная поправка на 1° (γ)
0,700—0,710	0,000897	0,830—0,840	0,000725
0,710—0,720	0,000884	0,840—0,850	0,000712
0,720—0,730	0,000870	0,850—0,860	0,000699
0,730—0,740	0,000857	0,860—0,870	0,000686
0,740—0,750	0,000844	0,870—0,880	0,000673
0,750—0,760	0,000831	0,880—0,890	0,000660
0,760—0,770	0,000818	0,890—0,900	0,000647
0,770—0,780	0,000805	0,900—0,910	0,000633
0,780—0,790	0,000792	0,910—0,920	0,000620
0,790—0,800	0,000778	0,920—0,930	0,000607
0,800—0,810	0,000765	0,930—0,940	0,000594
0,810—0,820	0,000752	0,940—0,950	0,000581
0,820—0,830	0,000738	0,950—0,960	0,000567

§ 5. Определение температуры вспышки битума

Температурой вспышки называют ту наименьшую температуру, при которой пары битума в смеси с воздухом загораются (вспыхивают) и сразу гаснут. Температура вспышки характеризует испаряемость битума при нагревании и, следовательно, его огнеопасность и определяют ее по методу Бренкина на приборе (рис. 101), состоящем из металлического тигля с битумом, который помещен в другой тигель большего размера, наполненный песком. Тигель с песком устанавливают в кольцо штатива и подогревают на горелке.

Оборудование и материалы: полушаровидная песочная баня высотой 50 мм или металлический тигель; железный щит высотой 60 см; железный тигель размером 65×47 мм; термометр с

делениями от 0 до 360° (химический); штатив с кольцами и лапками; горелка.

Ход работы. Обезвоженную пробу битума расплавляют и наливают в металлический тигель так, чтобы уровень битума не доходил до краев тигля на 18 мм. Тигель с битумом устанавливают в песочную баню так, чтобы песок в бане и битум в тигле находились на одном уровне. Тигель с баней ставят на кольцо штатива и опускают в битум термометр, закрепленный также на штативе. Определение ведут при полном отсутствии движения воздуха, для чего собранный аппарат закрывают деревянным или железным щитом.

Песочную баню нагревают пламенем газовой горелки со скоростью нагрева 10° в 1 мин. Примерно за 40° до ожидаемой температуры вспышки, нагрев несколько замедляют (4° в 1 мин). За 10—15° до температуры вспышки подносят пламя к тиглю на расстояние 12 мм и начинают водить им над тиглем. При этом все время следят за температурой. Появление синего пламени над частью или над всей поверхностью испытуемого мазута свидетельствует о том, что температура вспышки достигнута. Определение проводят два раза и находят среднее значение.

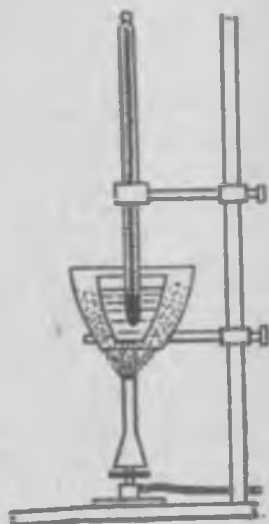


Рис. 101. Прибор для определения температуры вспышки битумов

Б. КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К кровельным и гидроизоляционным битуминозным материалам относятся как рулонные, так и листовые материалы и мастики. Рулонные и листовые материалы изготавливают на картонной основе, пропитанной битумами или каменноугольным дегтем — это пергамин, руберойд и листовые кровельные материалы. Как пергамин, так и руберойд, представляют собой кровельный картон, про-

питанный мягкими нефтяными битумами. Руберойд, кроме того, с одной или двух сторон покрывают тугоплавким битумом с последующей посыпкой чешуйчатыми (слюда) или мелкодисперсными минеральными материалами (тальк, асбест).

Листовые кровельные материалы по свойствам и типу пропитки схожи с руберойдом. К дегтевым кровельным материалам относится толь. При изготовлении толя кровельный картон пропитывают каменноугольным дегтем. Различают толь без наружной посыпки (толь-кожа) и с наружной песочной посыпкой. Для оклеечной гидроизоляции применяют такие рулонные материалы, как гидроизол, изол и др. Гидроизол представляет собой асбестовый или асбестоцеллюлозный картон, пропитанный битумом.

Для склеивания рулонных материалов применяют мастики. Их изготовляют из битума, пека, дегтя и т. д. с добавкой наполнителя (горячие мастики) или из тех же материалов, но с добавкой растворителя (зеленого масла) — холодные мастики.

Марка рулонных материалов определяется весом 1 м^2 картона при стандартной влажности 5%. Например, марка РЧ-350 означает руберойд с чешуйчатой посыпкой, вес 1 м^2 картона которого равен 350 г.

Отбор средней пробы производится в количестве 1% от партии, но не менее двух рулонов (в партии обычно 500 рулонов). На расстоянии 3 м от обрез рулона берут участок материала — «срыв» по всей ширине рулона длиной в 1 м. На расстоянии 20 см от кромки вырезают три образца размером $30 \times 30 \text{ см}$. Из листовых кровельных материалов вырезают также три образца, но размером $22 \times 22 \text{ см}$.

§ 6. Определение веса 1 м^2 основы и содержания пропиточной массы

Определение веса 1 м^2 основы проводят на любом экстракционном аппарате, лучше всего на аппарате Сокслета (рис. 102). Он состоит из экстрактора 3 с сифоном 4, обратного шарикового холодильника 1, трубки 2 и колбы 5. Шариковый холодильник соединен с экстрактором пришлифованной стеклянной пробкой. Такой же пробкой соединен и экстрактор с колбой.

Оборудование и материалы: экстрактор Сокслета; баня водяная или песчаная; трубки резиновые; весы технические с разновесом; бумага фильтровальная; шкаф сушильный; бензол; хлороформ или четыреххлористый углерод.

Ход работы. Собирают на штативе аппарат Сокслета. Из образца кровельного материала вырезают образец размером 10×5 см. Если испытывают материал с покровной массой (руберойд или толь с песочной посыпкой), то образец предварительно нагревают в течение 20 мин в сушильном шкафу при температуре $50-55^\circ$. Затем горячим ножом тщательно снимают покровный слой вместе с посыпкой. Образец взвешивают с точностью до 0,01 г, сгибают или связывают в виде цилиндра и помещают в экстрактор аппарата. При испытании дегтевых материалов (толь) образец помещают в цилиндрическую гильзу, приготовленную из фильтровальной бумаги, задерживающей взвешенные в дегте частицы.

Холодильник вынимают из экстрактора, переворачивают и наполняют водой, верхнее отверстие холодильника соединяют шлангом с водопроводным краном, на нижнее отверстие холодильника надевают резиновый шланг, конец которого помещают в сливное отверстие или раковину. Наполненный водой холодильник вставляют в экстрактор. В колбу экстрактора наливают бензин или другой растворитель в количестве в полтора или два раза большем, чем рабочий объем экстрактора. При рабочем объеме экстрактора в 100 мл растворитель наливают в количестве 150—200 мл.

Под колбу устанавливают песочную или водяную баню. При нагревании растворитель испаряется, и пары через трубку попадают в холодильник, охлаждаются и конденсируются в жидкость, которая стекает в экстрактор, растворяя и извлекая битум или де-



Рис. 102. Аппарат Сокслета

готь, пропитывающий образец картона. Как только уровень растворителя дойдет до верхнего конца сифона, растворитель вместе с извлеченной пропиткой переливается обратно в колбу. Пары растворителя снова попадают в холодильник, конденсируют и стекают в экстрактор. Процесс периодически повторяется. Извлечение продолжают до тех пор, пока стекающий в колбу раствор не будет бесцветным или светло-желтым. После этого экстрагирование продолжают еще 30 мин.

Затем извлекают образец из экстрактора, высушивают на воздухе, а потом 20 мин в сушильном шкафу при температуре 120°. Высушенный образец взвешивают на весах с точностью до 0,01 г.

Содержание пропиточной массы вычисляют по формуле

$$M = \frac{(G - G_1) K}{K_1 G_1} \cdot 100\%,$$

где G — вес образца до экстракции, г;

G_1 — вес образца после экстракции, г;

K — поправочный коэффициент на содержание в битуме нерастворимых веществ (устанавливается опытным путем или принимается по ГОСТу);

K_1 — поправочный коэффициент на нерастворимые вещества, задерживаемые парами картона (например, при 3% нерастворимых веществ в битуме K_1 принимается равным 1,03).

Для толя содержание пропиточной массы находят по формуле

$$M_1 = \frac{(G - G_1) K_2}{0,90 G_2} \cdot 100\%,$$

где G — вес гильзы до экстракции, г;

G_1 — вес гильзы после экстракции, г;

G_2 — вес сухого картона с удалением частиц углерода, налипших на картон, г;

0,90 — поправочный коэффициент на свободный углерод, удержанный в порах картона.

Вес 1 м² основы для битумных материалов равен

$$\frac{G}{K_2} \cdot 100;$$

вес 1 м² основы для дегтевых материалов равен

$$\frac{G-0,90}{K_2} \cdot 100,$$

где G — вес высушенного образца размером 10×2 см, г;

$K_2 = 0,95$ — поправочный коэффициент на стандартную влажность для 5%-ной влажности.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 115.

Таблица 115

Результаты определений

Материал	Вес образца до экстракции, г	Вес образца после экстракции, г	Коэффициент K	Содержание пропиточной массы, %

§ 7. Определение количества покровной массы, наполнителя и посыпочногo материала

Оборудование и материалы: весы с разновесом технические; термостат; экстракционный аппарат; нож; щетка; сито № 05; растворитель.

Ход работы. Из испытуемого материала вырезают образец размером 10×5 см. Если материал имеет пылевидную посыпку, то последнюю удаляют щеткой. Затем образец взвешивают с точностью до 0,01 г и помещают на 20 мин в термостат с температурой $50-55^\circ$. С теплого образца снимают покровную массу, соскабливая ее горячим ножом, и опять взвешивают.

Количество покровной массы определяют по формуле

$$M = (G - G_1) \cdot 200 \text{ г/м}^2,$$

где G — вес образца с покровной массой, г;

G_1 — вес образца без покровной массы, г;

200 — множитель перехода к квадратному метру.

Если материал имеет крупнозернистую или чешуйчатую посыпку, то образец взвешивают, затем снимают покровную массу с присыпкой, помещают в предварительно взвешенную гильзу и опять взвешивают. Гильзу с про-

питочной массой экстрагируют в аппарате Сокслета, после этого сушат в течение 20 мин при температуре 120° и взвешивают.

Количество покровной массы определяют по формулам:

для битумных материалов

$$M_1 = (G - G_1) \cdot 1,01 \cdot 200 \text{ г/м}^2;$$

для дегтевых материалов

$$M_2 = (G - G_1) \cdot 1,15 \cdot 200 \text{ г/м}^2,$$

где G — вес гильзы с покровной массой и посыпкой до экстракции, г;

G_1 — вес гильзы после экстрагирования, г;

1,15 — поправка на свободный углерод, извлеченный из покровной массы (дегтевые материалы);

1,01 — поправка на содержание нерастворимых веществ в битуме.

Содержание наполнителя N определяют по формуле

$$N = \frac{(G - G_1) \cdot 100}{(G - G_0) \cdot 1,01} \%,$$

где G_0 — вес пустой сухой гильзы, г.

Остаток в гильзе после экстрагирования просеивают через сито № 05 и взвешивают остаток на сите — посыпочный материал.

Количество посыпочного материала M определяют по формуле

$$M = G_1 \cdot 200 \text{ г/м}^2,$$

где G_1 — вес материала, не прошедшего через сито, г.

§ 8. Определение водопроницаемости материалов

Водопроницаемость рулонных кровельных материалов можно определять двумя способами: по измерению давления, при котором образец начинает пропускать воду за определенный промежуток времени и по времени, через которое образец начнет пропускать воду при постоянном гидростатическом давлении.

Гидростатическое давление определяют на приборе системы Шопера или на аппарате Лахтина. Последний прибор дает возможность создать давление больше 1 м вод. ст., что необходимо для испытания материалов

песочной засыпкой или руберойда с крупнозернистой посыпкой. Для измерения гидростатического давления можно также пользоваться более простым прибором (рис. 103), состоящим из цилиндрической камеры с внутренним диаметром 100 мм, на верхней части которой имеется резиновое кольцо. На последнее кладется образец 2 в виде круга с диаметром, равным внешнему диаметру камеры. Образец сверху закрывают редкой проволочной сеткой (№ 05) 3, вырезанной по форме образца. Камеру с образцом заворачивают крышкой с отверстием 4. Между крышкой и образцом прокладывают металлическую шайбу или резиновое кольцо 5. В нижней части камеры укреплена металлическая трубка с кранами 1 и 7 для подвода и удаления воды. Она соединена при помощи резиновой трубки 8 со стеклянной трубкой 9 длиной 1100 мм, которая укреплена на миллиметровой шкале 11. Сверху трубка оканчивается воронкой 10. Камеру с образцом закрепляют в штативе.

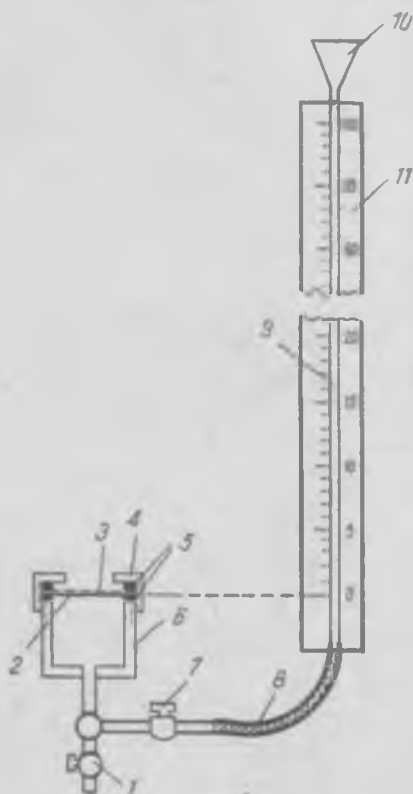


Рис. 103. Схема прибора для определения водопроницаемости

Оборудование и материалы: прибор для определения водопроницаемости; штатив; подкрашенная вода.

Определение водопроницаемости по измерению гидростатического давления.

Ход работы. Прибор устанавливают строго горизонтально и проверяют совпадение уровня образца с ну-

левым делением шкалы. В трубку наливают покрашенную воду до нулевого деления. Вырезают образец материала по внешнему диаметру цилиндрической камеры и помещают на резиновое кольцо так, чтобы нижняя сторона образца смачивалась водой и между ними не было бы пузырьков воздуха. После этого на образец накладывают сетку (с тем же диаметром, что и образец). Камеру с образцом плотно завинчивают крышкой и следят за полной герметичностью прибора (вода не должна просачиваться с краев образца). После этого в стеклянную трубку наливают воду до уровня 100 мм и выдерживают в течение 5 мин, далее наливают до уровня 300 мм, 400 мм и т. д., каждый раз выдерживая в течение 5 мин. Отмечают то давление, при котором образец начинает пропускать воду (на поверхности образца появляются капельки жидкости).

Водопроницаемость материала указывается в соответствующих ГОСТах. Например, пергамин марки П-300 считается водонепроницаемым, если он в течение 5 мин не пропускает воду при давлении 0,5 м вод. ст.

Определение водопроницаемости по времени пропускания воды образцом при постоянном гидравлическом давлении.

Ход работы. Образец материала размером 300×300 мм осторожно сгибают, придавая ему форму коробки с плоским основанием размером 100×100 мм и высотой 100 мм. При изготовлении коробки надо следить за тем, чтобы в местах сгибов не было трещин. Лучше изготовить коробку из образца, нагретого в сушильном шкафу. Коробку помещают на металлический или фанерный лист, сверху которого наложена фильтровальная бумага, пропитанная раствором лакмуса или метилкрасного. В коробку наливают воду (температурой 16—20° до уровня 50 мм), подкисленную соляной (или серной) кислотой, и выдерживают ее столько времени (суток), пока индикаторная бумага не изменит цвета под действием просочившейся через материал кислоты. В процессе испытания поддерживают постоянный уровень воды в коробке, доливая ее, если она испаряется.

Время в сутках от начала испытаний до изменения цвета индикаторной бумаги принимают за характеристику водопроницаемости. Например, толь-кожа (беспок-

ровная) марки ТК-350 считается водонепроницаемой, если, индикаторная бумажка не изменяет цвета в течение 6 суток.

§ 9. Определение гибкости материалов

Оборудование и материалы: стержни диаметром 10, 20 и 30 мм и длиной 30 мм; ванна с водой.

Ход работы. Образец размером 20×50 мм вырезают в продольном направлении рулона и помещают в воду на 10—15 мин при температуре $16-20^{\circ}$. После этого образец медленно изгибают на полуокружности стержня. Диаметр стержня указывается в ГОСТе на соответствующий материал. После изгиба отмечают появление трещин или отслаивание посыпчного материала. Диаметр стержня для пергамина и толя беспокровного берется равным 10 мм; для толя (с песочной посыпкой) и руберойда — 20 мм, для руберойда и толя с крупнозернистой посыпкой — 30 мм.

§ 10. Определение предела прочности материалов при растяжении

Оборудование и материалы: разрывная машина УДМ-250 (или другой системы); сушильный шкаф; эксикатор.

Ход работы. От испытуемого образца вырезают две полоски размером 250×50 мм; одну в продольном, другую в поперечном направлениях; помещают их в сушильный шкаф или термостат и выдерживают при температуре 20° в течение 2 ч (для дегтевых при 40°). Затем полоски вынимают из термостата и помещают на 30 мин в эксикатор. Далее полоски материала закрепляют в зажиме разрывной машины при расстоянии между зажимами 180 мм и разрывают при равномерной скорости подвижного зажима. Скорость увеличения нагрузки должна быть равна 1 кгс/сек. Если разрыв полоски произошел менее чем в 2 см от зажима, то испытание бракуют. Разрывной груз определяют как среднее арифметическое из результатов испытания всех полосок от данного образца.

§ 11. Определение теплостойкости мастик

Оборудование и материалы: термостат; фанерная подставка с уклоном 45° ; кисточка для нанесения мастики; образцы толь-кожи, пергамина и руберойда.

Ход работы. При определении теплостойкости горячих мастик, изготовленных из пергамина, битумных мастик, толь-кожи и дегтевых мастик, вырезают два образца размером 5×10 см. На один образец, покрытый расплавленной мастикой слоем толщиной около 2 мм, накладывают второй образец. На сложенные вместе образцы помещают равномерно распределенный груз весом 2 кг сроком на 1 ч. После этого образцы вынимают из-под груза, охлаждают при комнатной температуре в течение 1 ч и помещают на подставку с уклоном в 45° в термостат с определенной температурой. Битумные горячие мастики выдерживают в термостате при температурах 65, 75, 85 и 90° , а дегтевые — при 50, 60 и 70° в течение 5 ч.

При испытании холодных мастик два образца размером 5×10 см вырезают из руберойда. На один образец наносят раствор мастики слоем 0,6 мм и покрывают вторым образцом. Образцы помещают под равномерно распределенный груз в 2 кгс сроком на 1 ч. Через 24 ч после снятия груза устанавливают образцы на наклонную подставку под углом 45° и помещают на 5 ч в термостат, нагретый до 70° . Мастики считаются теплостойкими, если при испытании не образуется подтеков, сползаний или других изменений.

§ 12. Определение гибкости мастик

Образцы мастик для испытания наносят на соответствующий рулонный материал, как при определении теплостойкости (см. стр. 364). После выдерживания под грузом образцы охлаждают при температуре 18° в течение 2 ч, а холодные мастики — 5 ч.

§ 13. Определение склеивающей способности мастик

Ход работы. Из толь-кожи или пергамина вырезают два образца размером 10×5 см. На каждый обра-

зец наносят расплавленную и нагретую до температуры 100—160° мастику на площади 8×5 см слоем 2 мм (края образцов не должны смазываться мастикой).

Образцы склеивают мастикой и помещают на 1 ч под равномерный груз в 2 кгс. Через 2 ч охлажденные образцы медленно расщепляют вручную. Мастика считается качественной, если не менее чем на половине образца расщепление происходит по картону или пергаменту, но не по мастике.

ГЛАВА XII

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочные материалы служат для защиты изделий от вредных воздействий окружающей среды и получения определенного архитектурно-художественного эффекта. Красочные составы состоят из:

пленкообразующих веществ (олифы, лаков);

пигментов, мелкодисперсных окрашенных или белых порошков, которые придают цвет краске и увеличивают стойкость и плотность пленки;

растворителей (разбавителей), добавляемых к пленкообразующим материалам для увеличения их текучести.

В результате нанесения краски на поверхность материала образуется пленка или ряд пленок, которые придают соответствующую окраску материалу и предохраняют его от разрушения.

§ 1. Определение тонкости помола пигмента

Тонкость помола пигмента определяют в основном следующим набором сит (табл. 116).

В зависимости от технических условий на пигмент

Таблица 116

Набор сит

Номера сит	Количество отверстий на 1 см ²	Номера сит	Количество отверстий на 1 см ²
02	918	0071	6400
015	1600	0063	8270
012	2630	006	10000
01	3460	0056	10085
0085	4450	0043	15000
008	5476		

определение ведут на трех, двух или одном номере сит. Чаще всего употребляют сита № 015, 0085, 006 и 0056. Так, пигмент желтый просеивают только через сито № 0056, ультрамарин — через сита № 0085 и № 006, лазурь и цинковую зелень — через сита № 015 и № 0085, сурик железный — через сита № 015 и № 0056.

Определение ведется методом мокрого просеивания, кроме сурика свинцового, который просеивают сухим.

Оборудование и материалы: набор сит; чашка фарфоровая; шкаф сушильный; весы аналитические или технические; спирт; кисточка.

Ход работы. Отвешивают навеску пигмента в количестве 10 г (для сажи 2 г) с точностью до 0,001 г, помещают в фарфоровую чашку, смачивают 10 мл этилового спирта и размешивают, прибавляя постепенно 250 мл дистиллированной воды. Остаток (крупные и мелкие комки) на дне чашки растирают пальцем или кисточкой. По мере растирания суспензию пигмента переносят на предварительно взвешенное и смоченное водой сито с более крупными ячейками. Когда все комочки на дне чашечки будут растерты, весь остаток сливают в сито и чашку ополаскивают водой. Сито устанавливают в чашку с 250 мл воды и, проводя кисточкой по сити, промывают пигмент водой. Воду несколько раз меняют, повторяя операцию до тех пор, пока вода в чашке не будет совершенно прозрачной.

Суспензию, прошедшую через данное сито из поддона, и промывные воды собирают в отдельный сосуд. Сито с остатком смачивают спиртом, а затем высушивают в сушильном шкафу при температуре 100—105° до постоянного веса.

Если испытание проводят на двух ситах, то суспензию и промывные воды пропускают через второе сито с меньшим диаметром отверстий, повторяя вышеизложенную операцию. Остаток в каждом сите вычисляют по формуле

$$X = \frac{(G_2 - G_1)}{G} \cdot 100\%,$$

где G — навеска пигмента, г;

G_1 — вес пустого сита, г;

G_2 — вес сита с остатком после высушивания, г.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 117.

Результаты определений

Материал	Навеска пигмента, г	Вес пустой пробирки, г	Вес отфильтрованного на сите № 10, г	Плотность	Фракция пигмента, %

**§ 2. Определение количества
твердого вещества (пигмента)
и пленкообразующего вещества
в красках**

Метод определения основан на отделении пигмента в центрифуге из раствора краски в растворителе под действием центробежной силы. Этот метод занимает значительно меньше времени, чем экстракция в аппарате Сокслета, где на отделение пигмента затрачивается 5—6 ч.

Оборудование и материалы: центрифуга со скоростью вращения 1500—3000 об/мин; пробирки конусные к центрифуге; круглодонная колба на 250—300 мл; эксикатор; холодильник; водяная баня; весы технические; растворитель (ацетон для натуральных и уплотненных олиф); фильтровальная бумага.

Ход работы. Тарированную пробирку для центрифугирования взвешивают с точностью до 0,01 г. В пробирку помещают 2—5 г краски и снова взвешивают. Затем в нее вливают 10—20 мл растворителя и хорошо размешивают стеклянной палочкой. Последнюю обмывают небольшим количеством растворителя и сливают жидкость в пробирку, которую устанавливают в гильзу центрифуги, закрывают крышку и включают электродвигатель.

Центрифугирование продолжают 5—10 мин, пока над осадком не образуется прозрачный слой жидкости. Последний сливают в заранее взвешенную круглодонную колбу. К осадку в пробирке снова добавляют 10—20 мл растворителя и центрифугируют, сливая прозрачную жидкость в ту же колбу. Эту операцию повторяют 4—5 раз до тех пор, пока капля прозрачной жидкости над осадком, нанесенная на фильтровальную бумагу, не бу-

дет оставлять масляного пятна. Далее остаток пигмента в пробирке сушат в сушильном шкафу до постоянного веса.

Для определения количества пленкообразующего вещества (олифы) колбу с прозрачным раствором соединяют с холодильником и отгоняют растворитель на водяной бане (рис. 104). После этого колбу с пленкообра-

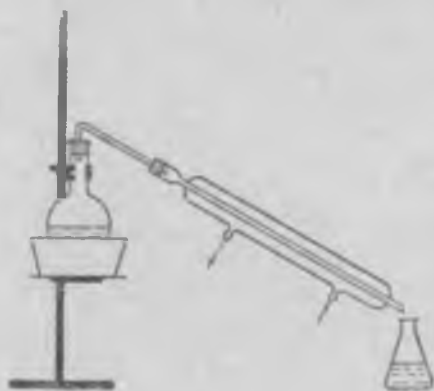


Рис. 104. Отгонка растворителя

зующим веществом высушивают в сушильном шкафу при температуре $100-105^\circ$ до постоянного веса и взвешивают.

Содержание твердого вещества X_1 определяют по формуле

$$X_1 = \frac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \cdot 100\%,$$

а пленкообразующего вещества X_2 — по формуле

$$X_2 = \frac{G_5 - G_4}{G_2 - G_1} \cdot 100\%,$$

где G_1 — вес пробирки, г;

G_2 — вес пробирки с краской, г;

G_3 — вес пробирки с высушенным пигментом, г;

G_4 — вес колбы, г;

G_5 — вес колбы с пленкообразующим веществом, г.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 118.

Результаты определений

Материал	Вес пустой пробирки, г	Вес пробирки с краской, г	Вес пробирки с высушенным пигментом, г	Вес холма пустой, г	Вес холма с равномерно образующим веществом, г	Содержание, %	
						твердого материала	пластичного вещества

§ 3. Определение укрывистости лакокрасочных материалов

Укрывистостью называют способность краски при равномерном нанесении ее на одноцветную поверхность делать эту поверхность невидимой (поверхность, на которую наносится краска, не должна просвечивать). Укрывистость определяют тремя методами:

1) по коэффициенту контрастности, определяемому фотоэлектрическим блескомером ФБ-1;

2) по черно-белой шахматной доске, которую изготовляют из ватманской бумаги; на нее краска наносится до тех пор, пока черные квадраты не перестанут просвечивать;

3) на стеклянной пластине.

Если краска наносится краскопультом, то удобнее пользоваться первым или вторым способом. При нанесении краски кистью определение лучше вести на стеклянной пластине с нанесенными на ней черными и белой полосами.

Остановимся на способе определения укрывистости на стеклянной пластине.

Оборудование и материалы: весы технические; кисть щетинная; стеклянная пластина 100×300 мм; плита с курантом или ступка фарфоровая с пестиком; пипетка мерная.

Ход работы. Для определения укрывистости заранее изготовляют эталонную стеклянную пластинку (100×300 мм), на которую наносят три цветных полосы

(шириной по 15 мм) — две черные газовой сажей с края пластинки и одну белую цинковыми белилами М-1 посередине. Пластинку сушат и затем взвешивают с точностью до 0,01 г. Испытуемый пигмент или густотертую краску доводят до малярной консистенции добавлением олифы, т. е. до такой консистенции, при которой краска не стекала бы быстро с кисти, но свободно бы сходила с нее при нажиме на окрашиваемую поверхность. Для этого на технических весах отвешивают 5 г испытуемого пигмента или густотертой краски и растирают ее на плите или в ступке, прибавляя из пипетки определенное количество натуральной олифы до получения краски малярной консистенции. Точно отмечают количество олифы, пошедшее на разведение пигмента или густотертой краски; по удельному весу находят вес прибавленной олифы и вычисляют ее процент к весу всей краски малярной консистенции. Затем берутся левой рукой за край стеклянной пластинки, на обратной стороне которой имеются полосы, и кистью наносят краску площадью 100×250 мм, сначала водят кисть вдоль полос, а затем поперек, все время добавляя краску до тех пор, пока на пластине, которую периодически кладут на белую бумагу, перестанут просвечивать в отраженном свете полосы.

Пластину после нанесения краски взвешивают и по разности между весом пластины до нанесения краски и после находят вес краски, пошедшей на укрывание пластины.

Укрывистость N вычисляют по формулам:

для пигментов и масляных красок в пересчете на малярную консистенцию

$$N = \frac{G \cdot 100^2}{S} \text{ г/см}^2,$$

для масляных красок в пересчете на густотертую краску

$$N = \frac{G (100 - G_1)}{S} \cdot 100 \text{ г/см}^2,$$

для масляных красок в пересчете на сухой пигмент

$$N = \frac{G (100 - G_2)}{S} \cdot 100 \text{ г/см}^2,$$

где G — вес краски малярной консистенции, г;

G_1 — количество олифы, пошедшей на получение краски малярной консистенции из густотертой краски, %;

G_2 — содержание олифы в краске малярной консистенции, %;

S — площадь укрыва на стеклянной пластинке (250 см^2).

§ 4. Определение условной вязкости лакокрасочных материалов

Вязкость материала характеризует удобонаносимость его на окрашиваемую поверхность. При малой вязкости происходит стекание краски с вертикальной или наклонной поверхности, большая вязкость препятствует нанесению тонкого слоя краски (в особенности краскопультом).

Условная вязкость выражается временем истечения определенного объема жидкости из вискозиметра. Для определения условной вязкости применяют три вида вискозиметров: ВЗ-1 (схожий по типу с вискозиметром Энглера); ВЗ-4 и шариковый вискозиметр. Поскольку вискозиметры ВЗ-1 и ВЗ-4 имеют строго определенные размеры сопла, то при измерении вязкости водное число вискозиметра не определяют. «Рабочей частью» шарикового вискозиметра является стальной шарик диаметром 7,938 мм и весом 2,033 г. Вискозиметр Энглера и воронку ЦНИИЛК для определения условной вязкости применяют в том случае, если они указаны в ГОСТах на тот или иной материал.

Вискозиметр ВЗ-1 используют при измерении вязкости тех лакокрасочных материалов, время истечения 50 мл которых при диаметре сопла 2,5 мм равно не более 150 сек, а при сопле диаметром 5,4 мм — не менее 10 сек. Вискозиметром ВЗ-4 пользуются в том случае, если время истечения 100 мл жидкости составляет 20—150 сек. Для определения вязкости лакокрасочных материалов густой консистенции употребляют шариковый вискозиметр.

Определение вязкости вискозиметром ВЗ-4.

Оборудование и материалы: вискозиметр ВЗ-4 (объемом 100 мл, диаметром сопла 4 мм и высотой 4 мм); штатив для вискозиметра; сосуд для слива материала; термометр; секундомер.

Ход работы. Тщательно промытый растворителем и высушенный вискозиметр (рис. 105) устанавливают на штатив строго горизонтально. Испытуемый материал тщательно перемешивают шпателем или стеклянной палочкой и дают стоять в течение 5—10 мин для удаления пузырьков воздуха. Под вискозиметр подставляют сосуд емкостью не менее 110 мл для стока испытуемой жидкости. Затем зажимают снизу пальцем отверстия вискозиметра и наливают в него до уровня краев испытуемый материал. Быстро отнимают палец от отверстия, одновременно пуская секундомер, который останавливают при появлении прерывающейся струи жидкого материала. Определение ведут при температуре 20°.

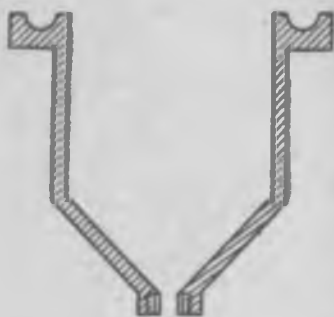


Рис. 105. Вискозиметр ВЗ-4

Время истечения 100 мл жидкого материала из вискозиметра ВЗ-4 и составляет его условную вязкость.

Определение условной вязкости шариковым вискозиметром. Метод основан на зависимости между скоростью падения круглой частицы под действием силы тяжести (шарика) (закон Стокса) и вязкостью среды

$$\eta_1 = \frac{2r^2g(d - d_1)}{u},$$

где r — радиус шарика;
 g — ускорение силы тяжести;
 d — удельный вес материала шарика;
 d_1 — удельный вес среды;
 u — скорость падения.

Из уравнения видно, что скорость падения u обратно пропорциональна вязкости.

Оборудование и материалы: трубка стеклянная диаметром 20 мм и длиной 350 мм; штатив Бунзена; пробка корковая или резиновая диаметром 20 мм; шарик стальной диаметром 7,938 мм и весом 2,033 г; глицерин; секундомер.

Ход работы. Стеклнную трубку закрывают снизу корковой или резиновой пробкой и закрепляют в штативе (рис. 106). От верхнего и от нижнего краев трубки на расстоянии 50 мм наносят метки. Прозрачный испыту-

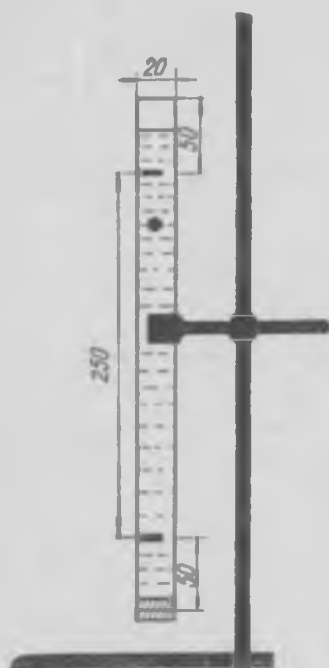


Рис. 106. Шариковый вискозиметр

емый материал наливают в трубку на 20—30 мм выше верхней метки. Затем свободно опускают стальной шарик в центр трубки. В момент прохождения шарика через верхнюю метку пускают секундомер и останавливают его при прохождении шарика через нижнюю метку. Время прохождения шарика от верхней метки до нижней составляет условную вязкость данного материала.

Если испытуемый материал непрозрачен, то поступают следующим образом. В трубку сначала наливают до нижней метки глицерин. Потом до верхней метки осторожно наливают испытуемый материал, а затем снова слой глицерина высотой в 30 мм и отмечают

время от начала погружения шарика в непрозрачную жидкость (верхняя метка) до выхода шарика из непрозрачной жидкости (нижняя метка). Определение ведут при температуре жидкости в 20°.

§ 5. Определение скорости высыхания лакокрасочных материалов

В процессе высыхания лакокрасочного материала сначала образуется на поверхности тонкая поверхностная пленка, на которой не задерживаются пылевидные частицы (высыхание «от пыли»), а затем в процессе сушки — пленка по всей толщине нанесенного слоя краски, лака

или олифы (полное высыхание). При полном высыхании пленка способна выдерживать механическое воздействие.

Оборудование и материалы: шкаф сушильный со стеклянными стенками и полками площадью 100×600 см и высотой 100 см с отверстиями диаметром 1,5 см — по два отверстия на 5 см длины и ширины (можно пользоваться хорошо вентилируемым сушильным шкафом любой конструкции); стеклянные пластинки для определения укрывистости; термометр; кисть щетинная; фленц.

Ход работы. Отверстия в сушильном шкафу затягивают марлей во избежание проникновения пыли и по углам шкафа устанавливают поглотители с безводным CaCl_2 . Испытуемую краску доводят прибавлением олифы до малярной консистенции и покрывают кистью до полной укрывистости. Лаки и олифы наносят слоем такой толщины, при которой пластинка в горизонтальном положении не давала бы «подтеков». Нанесенная на пластинку краска обычно разравнивается фленцем.

После этого пластинку помещают под углом 45° в шкаф с температурой 20° и периодически вынимают и дышат на нее, держа на расстоянии 10 см от рта. При образовании на пластинке тончайшей поверхностной пленки от дыхания образуется матовое пятно, появление которого указывает на момент высыхания «от пыли». Время, прошедшее от начала сушки до появления матового пятна, определяет скорость высыхания «от пыли».

Для определения скорости полного высыхания эту же пластинку снова помещают в сушильный шкаф и периодически проверяют на полное высыхание, для чего на пластинку кладут тампон из ваты и прижимают его дощечкой с грузом весом 200 г. Через 30 сек дощечку с грузом снимают и осматривают пластинку. Операцию повторяют до тех пор, пока на поверхности окрашенной пластинки будут полностью отсутствовать прилипшие волокна или следы от тампонов. Время, прошедшее от начала сушки до момента, когда на поверхности краски будут отсутствовать прилипшие волокна или следы, определяет скорость полного высыхания.

§ 6. Определение прочности пленки на изгиб

Прочность пленки на изгиб характеризует ее эластичность и прочность прилипания к нанесенной поверхности.

Оборудование и материалы: шкала гибкости «ШГ» (представляет собой набор из шести стальных стержней, укрепленных на металлической подставке; в верхнем ряду помещены стержни круглого сечения диаметром 20, 15 и 10 мм, в нижнем — стержни высотой 10 мм и шириной 5,3 и 1 мм; стержни закруглены сверху и снизу по дуге соответствующих окружностей); пластинки из жести толщиной 0,2 мм и площадью 20×100 мм; лупа; уайтспирт; краска.

Ход работы. На сухую промытую уайтспиртом пластинку наносят кистью слой краски малярной консистенции до полной укрывистости и сушат ее. После высыхания краски пластинку изгибают пленкой вверх на 180° сначала вокруг стержня диаметром в 20 мм, затем в другом месте пластинки на стержне диаметром 15 мм, 10 мм и т. д., пока не будут обнаружены на изгибе трещины или отслаивание пленки.

Прочность пленки на изгиб определяют диаметром предыдущего стержня, на котором пленка еще не обнаружила признаков разрушения. Например, при изгибе на стержне с диаметром 15 мм пленка не обнаружила признаков разрушения, а при изгибе на стержне диаметром 10 мм произошло растрескивание пленки. Прочность пленки в данном случае будет равна 15 мм.

§ 7. Определение устойчивости лакокрасочных материалов к атмосферным условиям

Для определения атмосфероустойчивости лакокрасочных материалов устраивают специальные атмосферные станции, состоящие из стеллажей, расположенных обычно на крыше здания лаборатории под углом 45° к горизонту. Для испытания изготовляют щиты из металла, дерева, оштукатуренной поверхности и т. д.

На щит без грунтовки или с грунтовкой наносят слой испытуемого лакокрасочного материала, который длительное время подвергают атмосферным воздействиям (в течение весеннего, летнего и осеннего времени). Щиты с нанесенным материалом осматривают три раза в год и выявляют виды разрушений того или иного покрытия, например, изменение цвета, выветривание, растрескивание, отслаивание, появление пузырей и т. д. Подробная методика испытания на устойчивость к атмосферным условиям дана в ГОСТ 6992—60.

ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ПЛАСТМАССЫ)

Пластмассы получают в результате полимеризации и поликонденсации ряда органических соединений, при этом образуются высокомолекулярные вещества (смолы), обладающие целым рядом ценных свойств.

По отношению к нагреванию все пластмассы делятся на две группы:

термопластичные, т. е. такие, которые при нагревании размягчаются, а при охлаждении твердеют, например, полиэтилен, полистирол, полиакрилат; свойства этих материалов при нагревании и охлаждении меняются обратимо;

термореактивные, которые при нагревании переходят в неплавкое состояние, например, фенолформальдегидные смолы, мочевиноформальдегидные и т. д.

Пластмассы как строительный материал обладают рядом ценных свойств по сравнению с другими материалами — малым удельным весом, высокой стойкостью к агрессивным средам (воде, кислотам, щелочам и др.), малой теплопроводностью, возможностью получения красиво окрашенных изделий, простотой изготовления и т. д. Недостатком их является низкая теплостойкость и сравнительно небольшая твердость. Пластмассы легко «стареют» под действием солнечного света и атмосферных воздействий. Наименьшей теплостойкостью обладают термопластичные материалы. Несколько большей — термореактивные. Теплостойкость пластмасс зависит от вида наполнителя. Пластмассы могут состоять полностью из полимера, например, полистирол, полиакрилат. Большинство же пластмасс имеет сложный состав и содержат: связующее вещество — полимер; наполнители — древесную муку, металлический порошок, ткань стекловолокна и др.; пластификаторы — вещества, уменьшаю-

щие хрупкость продукта; стабилизаторы — повышающие химическую и термическую устойчивость пластмасс; отвердители и красящие пигменты. К числу таких пластических масс относятся, например, пластмассы, полученные на основе фенолальдегидных смол. Характеристика некоторых полимерных материалов приведена в табл. 119.

Таблица 119

Характеристика некоторых полимерных материалов

Показатели	Полиамиды	Поливинилхлорид	Полистирол	Полиакрилат	Полиэтилен	Фенолформальдегидные смолы		
						наполнитель — мука органическая	наполнитель — мука минеральная	наполнитель — стекловолокно
Удельный вес	1,12—1,13	1,3—1,4	1,05	1,80	0,92—0,96	1,25—1,40	1,40—1,90	1,70—1,80
Теплостойкость .	60—115	—	70—80	52—60	80	100—130	110—145	280
Твердость по Бринеллю	4—15	около 13	15—20	7—26	—	20—40	30—40	130—140

Пластические материалы в строительстве имеют довольно широкое применение. Для производства облицовочных плиток употребляются главным образом полистирол, полихлорвинил с винилиденхлоридом; для изготовления линолеума и половых плиток применяется полихлорвинил, глифталевые смолы, нитроцеллюлоза, а также натуральные продукты — олифы.

Из полихлорвинила, фенолформальдегидных, карбамидных и глифталевых смол получают пористые тепло- и звукоизоляционные материалы (поропласт, пенопласт, мипору). Кроме того, на основе вышеуказанных смол изготавливают древесноволокнистые плиты, слоистые пластики (слоистые пластики на основе стекловолокна и стеклоткани обладают большой механической прочностью и легкостью), погонажные изделия, фурнитуру, лаки, клеи и т. д.

Полиэтилен в основном идет для изготовления сантехнических изделий, гидро- и пароизоляционных пленок. Полиакрилат употребляется для производства органического стекла.

§ 1. Определение теплостойкости пластмасс

Определение теплостойкости по Мартенсу. Теплостойкостью по Мартенсу называют температуру, при которой образец под действием изгибающего момента дает определенной величины деформацию. Определение теплостойкости производится на приборе Мартенса (рис. 107),

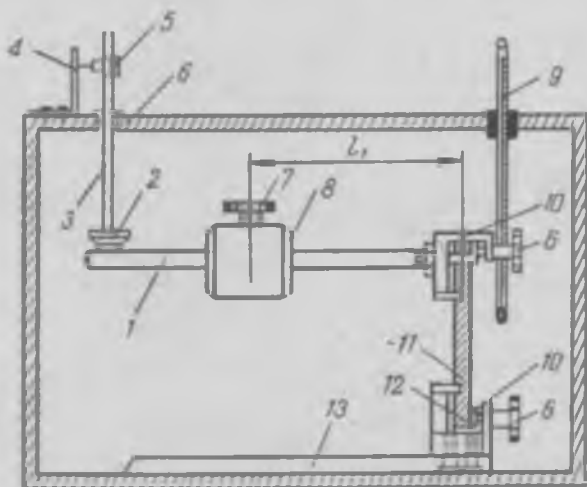


Рис. 107. Прибор Мартенса

состоящего из металлической плиты 13, на которой жестко закреплены три одинаковых зажима 12. В зажиме закрепляется образец 11 путем передвижения планок 10 винтом 6. Верхние зажимы жестко связаны со стержнем 1, на котором закреплен подвижной груз 8 винтом 7. Положение и вес груза подбирают таким образом, чтобы в образце 11 толщиной 10 мм и шириной 15 мм возникло напряжение 1, равное 50 кгс/см². На расстоянии 240 мм от оси образца находится площадка 2, на которую опирается тонкий стержень 3. Прибор устанавливают на металлической плите в термостат, в крышке которого имеются два отверстия: для стержня 3 и для термометра 9. Наверху стержня закреплен указатель деформации 5,

а на термостате — миллиметровая шкала 4. Термостат должен быть снабжен устройством, повышающим температуру в термостате со скоростью 50 град/ч.

Оборудование и материалы: аппарат Мартенса; термостат с нагревателем; термометр.

Ход работы. Из испытуемого материала изготовляют образец в виде бруска длиной 120 мм, шириной 15 мм и толщиной 10 мм. Образец закрепляют в зажиме 10, на свободный конец надевают верхний зажим со стержнем 1 и грузом 8. Образец должен быть установлен строго вертикально, а стержень — горизонтально. Затем укладывают груз на расстоянии l_1 от оси образца так, чтобы изгибающий момент вызвал в образце напряжение 50 кгс/см². Изгибающий момент определяют по формуле

$$\sigma = \frac{6(pl + p_1 l_1 + p_2 l_2)}{bh^2} \text{ кгс/см}^2,$$

где p — вес стержня без груза, кгс;

p_1 — вес груза с винтом, кгс;

p_2 — вес указателя деформации, кгс;

l — расстояние от оси образца до центра тяжести стержня (без верхнего зажима), см;

l_1 — расстояние от оси образца до центра тяжести груза, см;

l_2 — расстояние от оси образца до точки опоры указателя, см;

b — ширина образца, см;

h — толщина образца, см.

Прибор устанавливают в термостат, термометр которого должен располагаться так, чтобы ртутный шарик находился на середине образца. Прибор выдерживают в термостате 5 мин при температуре 25°; указатель деформации должен показывать нулевое деление; после этого регулятор температуры устанавливают на скорость подъема 50 град/ч.

При соответствующей температуре пластмассовый стержень размягчается, вызывая опускание стержня 3 с указателем деформации. Как только указатель опустится по шкале на 6 мм, отмечают температуру, которая определяет величину теплостойкости материала.

Определение теплостойкости по Вику. Теплостойкостью по Вику называют ту температуру, при которой

стальная игла площадью поперечного сечения в 1 мм^2 погружается в материал под действием груза в 5 кг на глубину в 1 мм . Теплостойкость по Вику определяют прибором (рис. 108), принцип действия которого аналогичен принципу действия прибора, употребляемого для определения сроков схватывания гипса и цемента. Прибор состоит из металлического стержня 5, в нижней части которого закреплена стальная игла 4 длиной в $3\text{--}5 \text{ см}$ и диаметром $1,2 \text{ мм}$. Конец стальной иглы отшлифован. В верхней

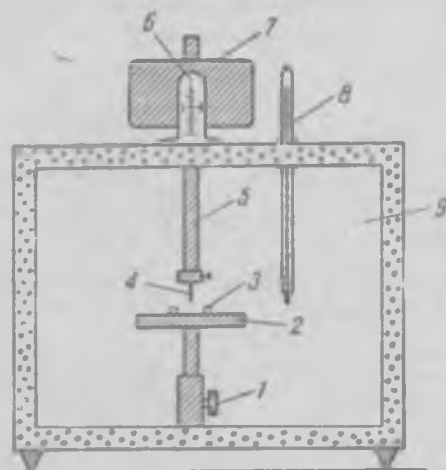


Рис. 108. Схема прибора Вика.

части прибора помещают груз 7, подобранный с таким расчетом, чтобы вес его со стержнем и иглой составлял 5 кгс . Под иглой находится опорная плита 2 с зажимами 3*, в которых закрепляют испытуемый образец. Прибор, за исключением верхней части с грузом, помещают в термостат 9. В последний вставляют термометр 8, ртутный шарик которого находится на уровне расположения испытуемого образца.

Высоту опорной плиты регулируют винтом 1. На верхней крышке термостата закреплена шкала 6 с ценой деления $0,2 \text{ мм}$, по которой двигается стрелка, соединенная с прибором. В термостате находится терморегулятор,

* Образец может быть не закреплен, а непосредственно положен на опорную плиту.

позволяющий регулировать необходимую скорость нагревания.

Для удобства прибор может быть соединен с электрическим звонком, который включается в момент погружения иглы в материал на глубину в 1 мм.

Оборудование и материалы: прибор Вика с термостатом; образцы для испытаний.

Ход работы. Из испытуемого материала вырезают образцы с линейными размерами или диаметром не менее 10 мм и толщиной не менее 3 мм* и помещают на опорную плиту и прижимают зажимами. Иглу с грузом накладывают на образец таким образом, чтобы она находилась в середине образца, а стрелка — на нулевом делении шкалы. Если стрелка не находится на нулевом делении, то при помощи винта 1 опорную плиту поднимают или опускают. При наложении иглы с грузом на образец может произойти незначительное ее погружение в испытуемый материал. При оценке результатов это незначительное погружение не принимают во внимание. После этого включают нагревательное устройство термостата со скоростью подъема температуры 50 град/ч. Как только стрелка на шкале покажет погружение иглы на глубину в 1 мм, фиксируют температуру. Эта температура характеризует теплостойкость по Вика. Опытны испытывают три образца и определяют среднее значение.

§ 2. Определение истираемости пластмасс

На истирание испытывают полимерные и плиточные материалы для полов (кроме линолеума на олифе) на машине (рис. 109), состоящей из площадки 1, совершающей 40 возвратно-поступательных движений в минуту с амплитудой хода 106 мм; диска 2, вращающегося со скоростью 4 об/мин, на котором укрепляется образец 5 испытуемого материала; секторообразного груза 3 весом (17 кгс), шириной в основании 140 мм, с шлифовальной шкуркой 4 (электрокорунд зернистостью 8 на тканевой

* Разрешается плотное складывание нескольких пластинок, если толщина их менее 3 мм. В этом случае верхняя пластинка должна иметь толщину не менее 1,1 мм.

основе), храпового колеса 6; оси 7, на которой вращается груз 3; вилочных стоек 8; шпилек 9.

Шлифовальную шкурку шириной 106 мм крепят на кожаной подкладке основания груза. После испытания каждого образца шкурку перемещают на длину изношенного участка. При движении площадки 1 укрепленные на ней вилочные стойки 8 посредством шпилек 9 перемещают груз 3, нижняя поверхность которого со шкуркой 4 движется по поверхности образца 5 с проскальзыванием.

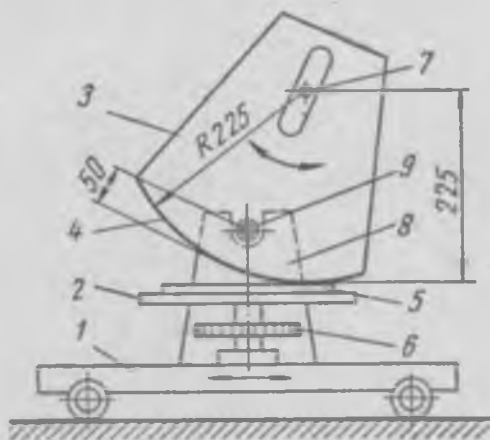


Рис. 109. Машина для истирания

В то время как образец 5 вместе с площадкой 1 пройдет расстояние 106 мм, поверхность груза 3 пройдет по поверхности образца расстояние 142 мм, т. е. проскользнет по образцу на 36 мм. За счет этого проскальзывания и поворота образца происходит истирание последнего на площади в виде круга диаметром 130 мм.

Оборудование и материалы: машина для истирания; индикаторная подставка.

Ход работы. Из рулонного материала или плиток вырезают образцы размером $200 \times 200 \times 20$ мм. Толстые материалы при этом разрезаются, а тонкие наклеиваются на картон или фанеру. Для замера толщины образца применяют индикаторную подставку (рис. 110).

Образец перед испытанием наклеивают на металлическую пластинку размером $200 \times 200 \times 5$ мм, имеющую с

обратной стороны 12 пирамидальных углублений, используемых при определении толщины истертого слоя образца. Наклеенный на пластину образец выдерживают под нагрузкой 30—40 кгс не менее 30 мин. Затем помещают в индикаторную подставку и последовательно в 12 точек снимают показания индикатора (рис. 111). Далее крепят образец на диске 2 испытательной машины, на грузе 3 машины устанавливают участок шкурки со свежей поверхностью и груз 3 опускают на образец, после чего

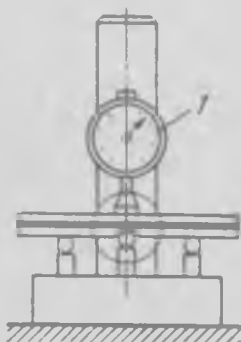


Рис. 110. Индикаторная подставка:
1 — индикатор

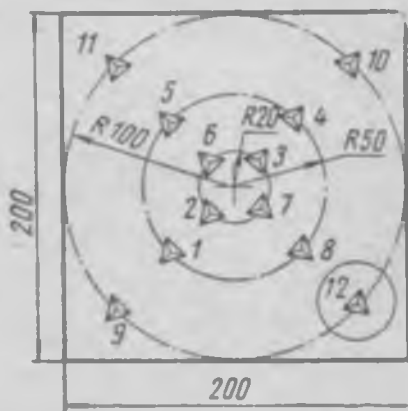


Рис. 111. Точки для замера величины истирания

включают электромотор привода машины. Испытание продолжают до тех пор, пока площадка машины совершит 100 возвратно-поступательных движений, после чего образец извлекают, удаляют с его поверхности волосистой щеткой продукты истирания и снова помещают в индикаторную подставку для снятия показаний индикатора.

Толщину истертого слоя образца вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{\sum t_n}{8} - \frac{\sum t_0}{4} \text{ мк,}$$

где t_n — разность показаний индикатора до и после испытания для центральных точек образца (точки 1—8), мк;

t_0 — разность показаний индикатора до и после испытаний для периферийных точек образца (точки 9—12), мк.

§ 3. Определение ударной вязкости пластмасс

Ударная вязкость представляет собой работу, необходимую для разрушения стандартного образца, лежащего на двух опорах, ударной нагрузкой, отнесенной к единице площади поперечного сечения образца. Эта величина характеризует хрупкость материала.

В табл. 119 приведена ударная вязкость некоторых полимерных материалов.

Таблица 120

Величина ударной вязкости некоторых полимерных материалов, кгс/см²

Полиамиды	Полихлорвинил (винипласт)	Полистирол	Полиакрилат	Стеклопластики	
				Фенол-формальдегиды	СВАМ
150—250	120—180	3,5—18	1—8,5	100 (поперек волокна)	240—270

Определение величины ударной вязкости производится на маятниковом копре (рис. 112), представляющим собой чугунную станину 15, на которой жестко укреплены две литые стойки 12. Маятник, состоящий из двух решетчатых ферм 8 и медведки 6, закреплен на оси 9, которая легко поворачивается в подшипниках 1. Для закрепления маятника в поднятом положении служит собачка 7, которая захватывает маятник за укрепленный между фермами валик 5. Для поворота собачки на ее оси жестко закреплена ручка 4.

На оси маятника укреплен поводок 3, который при проскоке маятника за положение равновесия увлекает за собой стрелку 11. Последняя посажена на втулку с незначительным трением, чтобы удержать стрелку на шкале, когда маятник при проскоке займет наивысшее положение. Отсчет угла проскока производится по шкале 2, имеющей 160 делений, каждое из которых соответствует одному градусу. К нижней части стоек 12 привинчены две опоры 13, на которые укладывают испытываемый образец 14.

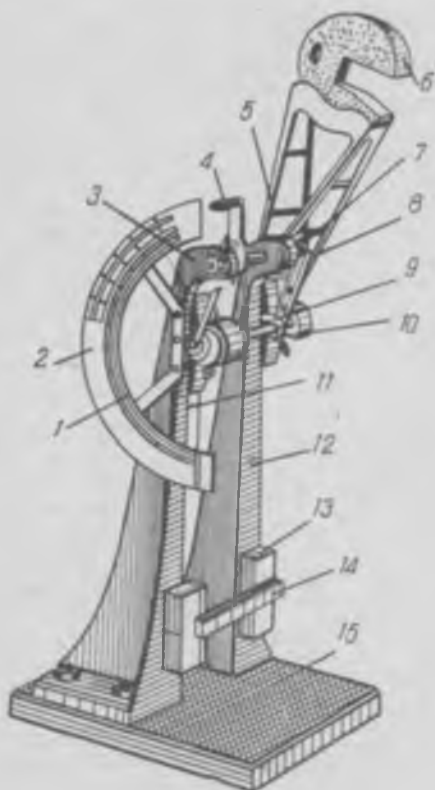


Рис. 112. Маятниковый копер

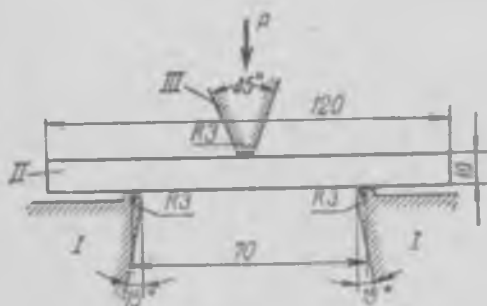


Рис. 113. Схема испытания образца на ударную вязкость

Копры изготовляют со сменными маятниками с запасом энергии 5, 10, 40 и 50 кгс·см и со сменными опорами, позволяющими испытывать образцы разной площади сечения. При смене маятника отвинчивают винты, удерживающие верхние части серег 10, которыми маятник крепится на оси.

Боек III (рис. 113) маятникового рычага скошен под углом 45° и оканчивается закруглением радиусом $R_3 = 3$ мм. Опоры I, на которых лежит испытываемый образец II, имеют скосы под углом в 15° , а кромки опор должны быть с закруглением радиусом $R_3 = 3$ мм.

Маятниковый копер устанавливают строго вертикально. При опущенном маятниковом рычаге стрелка II должна стоять на нулевом делении. Центр удара должен лежать на середине высоты образца, поэтому подбирают соответ-

ствующие опоры. Маятниковый рычаг подбирают такой минимальной мощности, при которой происходит разрушение образца.

Оборудование и материалы: маятниковый копер; набор маятников разной мощности; измеритель.

Ход работы. Образцы в виде брусков для испытаний изготавливают: механической обработкой $120 \times 15 \times 10$ мм; прессованием $120 \times 15 \times 10$ мм и литьем под давлением $55 \times 6 \times 4$ мм. Если материалы анизотропны, например стеклопластики, то образцы изготавливают в двух направлениях — вдоль и поперек листа.

Перед испытанием рычаг копра закрепляют в поднятом на 160° положении. Образец устанавливают на опоры копра при расстоянии между опорами для образцов $120 \times 15 \times 10$ мм в 70 мм и для образцов $55 \times 6 \times 4$ мм — в 40 мм. Затем маятниковый рычаг освобождают от поддерживающей его собачки 7 при помощи поворота ручки 4. И он, вращаясь на оси 9, падает вниз, ломает помещенный на его пути образец и поднимается на некоторую высоту по другую сторону станины копра, при этом поводок 3 захватывает стрелку 11. Последняя фиксирует в градусах угол проскока маятникового рычага.

Удар по образцу производится только один раз. Испытание, при котором образец не разрушился, должно быть повторено на другом образце данного материала маятниковом большей мощности. После разрушения образца его вынимают из опор и дают маятнику свободно падать. Отмечают при этом угол проскока маятника при холостом ходе. Ударную вязкость a_n определяют по формуле

$$a_n = \frac{A}{bh} \text{ кгс} \cdot \text{см} / \text{см}^2,$$

где A — работа разрушения образца, $\text{кгс} \cdot \text{см}^*$;

b — ширина образца см;

h — толщина образца см.

Если шкала прибора имеет деление в градусах, а не в $\text{кгс} \cdot \text{см}$, то a_n вычисляют по формуле

$$a_n = Gr \left[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \gamma - \cos \alpha) \frac{\alpha + \beta}{\alpha + \gamma} \right],$$

* Работа в $\text{кгс} \cdot \text{см}$ в системе (СИ) равна 0,98066 дж.

где G — вес маятника, *кгс*;

l — длина маятника (от оси вращения до центра тяжести), *см*;

α — угол зарядки маятника (160°), *град*;

β — угол проскока маятника после разрушения образца, *град*;

γ — угол проскока маятника при холостом ходе, *град*.

Испытание каждого материала производят на трех образцах.

§ 4. Определение прочности пластмасс при растяжении

Прочность при растяжении определяют на разрывных машинах или динамометрах (см. стр. 83).

Оборудование и материалы: разрывная машина; образцы для испытания.

Ход работы. Образцы для испытания при толщине материала 10 мм и более (рис. 114, а) и при толщине менее 10 мм (рис. 114, б) изготавливают путем механической обработки, прессования или литья под давлением (рис. 114, в). В последнем случае применяют специальные зажимы (см. ГОСТ 4649—55).

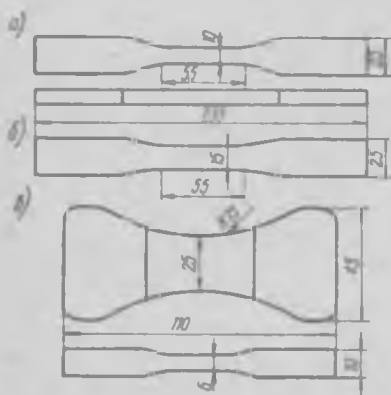


Рис. 114. Образцы для испытания

Образцы закрепляют в зажимы разрывной машины и постепенно увеличивают нагрузку. Скорость движения зажимов должна быть при холостом ходе 10—50 мм/мин для твердых пластиков и 100—500 мм/мин — для эластичных. Испытание проводят до полного раз-

рушения образца и отмечают разрушающую нагрузку. Если при испытании происходит образование шейки, то рост нагрузки или прекращается, или наблюдается некоторое ее падение. В этом случае за разрушающую нагрузку принимают ее максимальное значение.

Предел прочности при растяжении определяют по формуле

$$\sigma_p = \frac{P}{bh} \text{ кгс/см}^2,$$

где P — разрушающая нагрузка, кгс;

b — ширина образца, см;

h — толщина образца, см.

Для материалов, дающих при растяжении шейку без разрушения образца (например, полиэтилен, изобутилен и изопропилен), σ_p является напряжением начала текучести.

§ 5. Определение предела прочности пластмасс при сжатии

Определение проводится на любом прессе, измеряющем нагрузку с точностью до 1%. Методика испытания приведена на стр. 78. Образцы для испытания изготавливают в виде призм основанием 10×10 мм и высотой 15 мм, для пенопластов — в виде кубиков размерами 30×30×30 мм. При испытании хрупких материалов момент разрушения определяют резким уменьшением нагрузки; пластичных материалов — отсутствием заметного нарастания нагрузки.

§ 6. Определение предела прочности пластмасс при изгибе

Методика испытания приведена на стр. 81. Испытание производится одним сосредоточенным грузом по середине образца. Образцы изготавливают механической обработкой (120×15×10 мм), прессованием или методом литья (55×6×4 мм). Испытание ведут до разрушения образца. Если образец не разрушается, то за максимальную принимают ту нагрузку, после действия которой увеличение прогиба происходит уже без увеличения нагрузки. Расчет ведут по формуле

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2} \text{ кгс/см}^2.$$

§ 7. Определение твердости пластмасс по Бринеллю

Твердость по Бринеллю представляет собой отношение силы, с которой вдавливается стальной шарик в испытуемый материал, к поверхности шарового сегмента, глубина которого измеряется соответствующим индикаторным прибором.

Для испытания применяется любой прибор с плавным возрастанием нагрузки до 250 кгс (рис. 115). Прибор состоит из станины 6, на которой свободно двигается рама 7. На станине имеется опора 1 для испытуемого образца 2. На раме закреплен индикаторный прибор 5 с циферблатом 4, указывающим величину погружения шарика, и устройство для закрепления шарика 3. Рама шарнирно соединена с рычагом 8, на конец которого кладется груз 9. Рычаг

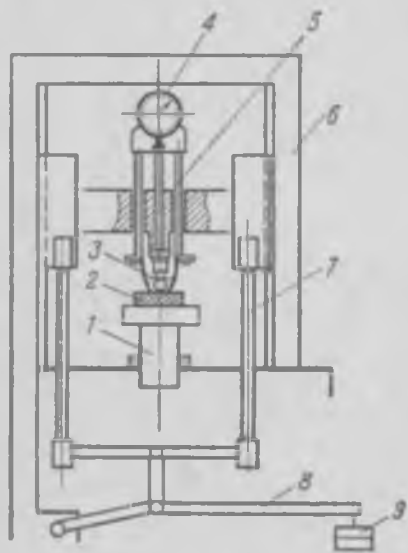


Рис. 115. Схема прибора для определения твердости образца

должен быть снабжен устройством, дающим плавное увеличение нагрузки.

Оборудование и материалы: твердомер; стальной шарик диаметром 5 мм.

Ход работы. Из испытуемого материала изготовляют образцы в форме пластин или брусков толщиной не менее 5 мм и шириной 15 мм. Образец помещают на опору 1 таким образом, чтобы шарик находился в центре ширины бруска. Затем шарик прижимают пружиной к испытуемому материалу и на конец рычага помещают груз, сообщающий давление на шарик: 50 кгс — для пластиков с твердостью до 20 кгс/мм² или 250 кгс — для пластиков с твердостью выше 20 кгс/мм². Стрелку на циферблате индикаторной головки устанавливают на нулевое

деление. Затем включают устройство, плавно высвобождающее рычаг, и доводят нагрузку на шарик до максимальной величины в течение 1 мин, после чего записывают показание стрелки индикаторного прибора. Находят величину погружения h шарика в испытуемый материал с точностью до 0,01 мм.

С рычага снимают груз и переводят его в первоначальное положение; переставляют образец на опоре таким образом, чтобы повторное вдавливание шарика производилось на расстоянии не менее 7,5 мм от первоначального, и снова производят определение твердости.

Число твердости по Бринеллю определяют по формуле

$$HB = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot h} \text{ кгс/мм}^2,$$

где P — нагрузка, кгс;

d — диаметр шарика, мм;

h — глубина отпечатка шарика, мм.

Испытанию подвергают пять образцов, на каждом образце проводят по два определения и находят среднее значение из всех определений.

§ 8. Определение упругости пластмасс

Испытание на упругость линолеума, а также половых плиток производится на приборе упругомере, состоящем из стола с кронштейном или двумя штоками; на кронштейне или на площадке, соединенной со штоками, помещается стержень, нижний конец которого оканчивается шариком диаметром 0,3 мм. Стержень соединен с микрометрическим устройством и в верхней части имеет площадку для груза. На площадку накладывается груз в 1 кгс, который вдавливают шарик в образец.

Оборудование и материалы: упругомер; образцы для испытаний.

Ход работы. Из линолеума вырезают образец размером 20×20 мм и устанавливают стол прибора под нижний конец стержня с шариком, лицевой стороной вверх. После того как стрелка прибора займет устойчивое положение, определяют толщину образца. Затем на

площадку устанавливают груз в 1 кгс. По истечении 1 мин фиксируют новое положение стрелки. Из первого положения стрелки вычитают ее новые показания и определяют величину погружения шарика в образец. После этого снимают груз и через 1 мин определяют по новому положению стрелки величину остаточной деформации (вычитая из первого показания третье).

Упругость E определяют по формуле

$$E = \frac{h_1}{h} \cdot 100\%,$$

где h_1 — величина остаточной деформации, см;

h — глубина погружения стержня с грузом, см.

Испытание на упругость можно определять качественным методом. Для этого берут стержень, заточенный с одного конца в виде полушария диаметром 3,2 мм, и помещают в кольцо, закрепленное в кронштейне. Под закругленный конец стержня кладут образец линолеума в виде кружка диаметром 20 мм. На стержень помещают груз в 4 кг и испытывают под этим давлением образец в течение 30 мин. После снятия груза углубление должно исчезнуть. Если углубление сохраняется или в месте испытания появляются трещины, то образец считается невыдержавшим испытание.

§ 9. Испытание пластмасс на изгиб

Испытание производят аналогично испытанию руберойда, пергамина и лакокрасочных покрытий на гибкость.

Оборудование и материалы: цилиндры металлические диаметром 45, 60 и 75 мм.

Ход работы. Линолеум выдерживают в термостате в течение 2 ч. Из отобранных образцов вырезают две полоски в продольном направлении шириной 30 мм и оборачивают вокруг металлического цилиндра и закрепляют. При толщине линолеума 2; 2,5; 3 мм используют цилиндр диаметром 45 мм, при толщине 4 мм — диаметром 60 мм и при толщине 5 мм — диаметром 75 мм. Через 8 ч осматривают поверхность образцов. Если на них не появляются трещины, то образец считается выдержавшим испытание.

§ 10. Определение водопоглощения пластмасс

Оборудование и материалы: термостат; весы технические с разновесом; бумага фильтровальная.

Ход работы. Для линолеума и плиток для полов образцы изготовляют размером 100×10 мм при толщине материала менее 10 мм и 120×15 мм — при толщине материала более 10 мм, а для остальных пластиков $120 \times 15 \times 10$ мм. При испытании основного линолеума образцы освобождают от основы и со стороны основы зачищают материал до получения гладкой поверхности. Затем помещают в воду сразу или после предварительного высушивания (водопоглощение линолеума определяют без предварительного высушивания). Высушивание производят при температуре $105-110^\circ$ в течение 1 ч до постоянного веса. Если свойства материала при этой температуре изменяются, то сушку производят в течение 24 ч при температуре 50° . Взвешенные образцы (до 5 шт.) помещают в термостат с водой при 20° и выдерживают в течение 24 ч. После этого образцы вынимают из термостата, вытирают фильтровальной бумагой насухо и снова взвешивают. Водопоглощение вычисляют по формуле

$$W = \frac{G - G_0}{G} \cdot 100\%,$$

где G_0 — первоначальный вес образца, г;

G — вес образца, насыщенного водой, г.

Аналогично определяют *маслопоглощение*, погружая образец в веретенное масло на 24 ч, и *бензопоглощение*, помещая в бензин марки «калоша» на то же время.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 121.

Таблица 121

Результат определения

Материал	Вес образца до водопоглощения, г	Вес образца после водопоглощения, г	Водопоглощение, %

ЛИТЕРАТУРА

1. Андельская Р. Б., Ольшанская З. И. «Руководство по испытанию глин для производства керамических строительных материалов». Госстройиздат УССР, 1957.
2. Ботвинкин О. К., Клюковский Г. И., Мануйлов Л. А. «Лабораторный практикум по общей технологии силикатов и техническому анализу строительных материалов». Госстройиздат, 1966.
3. Воробьев В. А. «Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов». Изд-во «Высшая школа», 1964.
4. Зайонц Р. М., Кордонская Р. К. «Керамические химически стойкие изделия». Госстройиздат, 1966.
5. Воробьев В. А. «Строительные материалы и детали». Изд-во «Высшая школа», 1963.
6. Калашук А. Л., Новгородский М. А., Третьяков Л. Д. «Производственный контроль на заводах сборного железобетона». Госстройиздат УССР, 1962.
7. Павлов В. Ф. «Технический анализ и контроль производства теплоизоляционных и гипсовых материалов». Изд-во «Высшая школа», 1966.
8. Справочник по производству строительной керамики. Т. I, II, III. Госстройиздат, 1961.
9. Певзнер Р. Л. «Контроль производства керамических строительных материалов». Промстройиздат, 1957.
10. Справочник по строительным материалам и изделиям. Будивельник, 1966.
11. Справочник по производству цемента. Госстройиздат, 1966.
12. Справочник по строительным материалам для заводских и построечных лабораторий. Госстройиздат, 1961.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава	1. Средняя проба	3
§	1. Методы отбора средней пробы	3
§	2. Подготовка средней пробы к испытаниям	6
Глава	II. Химический анализ сырьевых материалов и вяжущих веществ	9
А.	Анализ силикатных материалов	9
§	1. Определение общей влажности	10
§	2. Определение влажности ускоренными методами	11
§	3. Определение гигроскопической влаги	12
§	4. Определение потерь при прокаливании	13
§	5. Определение содержания окиси кремния	14
§	6. Определение содержания суммы полуторных окислов и двуокиси титана	18
§	7. Определение содержания окиси железа и двуокиси титана	20
§	8. Определение содержания двуокиси титана	30
§	9. Определение содержания окиси кальция	32
§	10. Определение содержания окиси магния	37
§	11. Определение содержания щелочных окислов	39
§	12. Определение содержания окиси калия	42
§	13. Определение содержания окиси натрия	44
§	14. Определение содержания сульфатной серы	45
Б.	Химический анализ вяжущих веществ и несиликатного сырья	49
	Химический анализ цемента	49
§	15. Определение содержания нерастворимого осадка	50
§	16. Определение содержания окиси кремния	51
§	17. Определение содержания окиси железа	51
§	18. Определение содержания серного ангидрида	52
§	19. Определение содержания свободной окиси кальция	53
	Химический анализ известняка и доломита	55
	Химический анализ извести	56
§	20. Определение суммы активных окиси кальция и окиси магния	56
§	21. Определение содержания активной окиси кальция	57
§	22. Определение содержания активной окиси магния	57

Глава	III. Определение общих физико-механических свойств	10
§	1. Плотность, удельный и объемный веса	60
§	2. Определение плотности жидких материалов	63
§	3. Определение удельного веса твердых и сыпучих материалов	66
§	4. Определение объемного веса	70
§	5. Определение водопоглощения	75
§	6. Определение предела прочности при сжатии	78
§	7. Определение предела прочности при изгибе	81
§	8. Определение предела прочности при растяжении	82
Глава	IV. Вяжущие вещества	85
A.	Воздушные вяжущие вещества	87
	Гипсовые вяжущие вещества	87
§	1. Определение тонкости помола гипса	88
§	2. Определение нормальной густоты гипсового теста	90
§	3. Определение сроков схватывания гипсового теста	92
§	4. Определение времени от начала затворения гипсового теста до конца кристаллизации его	95
§	5. Определение предела прочности при сжатии и растяжении гипсовых образцов	97
	Строительная известь	103
§	6. Отбор средней пробы строительной извести и определение содержания непогасившихся зерен	105
§	7. Определение тонкости помола строительной извести	107
§	8. Определение влажности гидратной извести (пушонки)	108
§	9. Определение скорости гашения извести	109
§	10. Определение предела прочности при сжатии гидравлической извести	111
B.	Гидравлические вяжущие вещества	116
§	11. Определение удельного веса цемента	120
§	12. Определение тонкости помола цемента ситовым анализом	123
§	13. Определение удельной поверхности цемента	125
§	14. Определение нормальной густоты цементного теста	134
§	15. Определение сроков схватывания цемента	135
§	16. Определение равномерности изменения объема цемента	138
§	17. Определение механических свойств цементов	142
B.	Активные минеральные добавки к вяжущим веществам	150
§	18. Определение активности гидравлических добавок	152
Глава	V. Заполнители	159
A.	Песок для строительных работ	161
§	1. Определение удельного веса песка	162
§	2. Определение объемного насыпного веса песка	163
§	3. Определение пустотности песка	165
§	4. Определение влажности песка	165

§ 5. Определение зернового состава и модуля крупности песка	167
§ 6. Определение суммарного содержания пылевидных и глинистых частиц в песке	170
§ 7. Определение величины приращения объема песка при насыщении его водой	172
§ 8. Определение содержания органических примесей	174
§ 9. Определение содержания глинистых частиц в песке	175
Б. Щебень и гравий для строительных работ	179
§ 10. Определение удельного веса горной породы, используемой для получения щебня	181
§ 11. Определение объемного веса исходной горной породы, используемой для получения щебня, и объемного веса гравия и щебня	182
§ 12. Определение пористости горной породы	189
§ 13. Определение водопоглощения гравия, щебня или исходной горной породы	189
§ 14. Определение величины предела прочности при сжатии исходной горной породы	190
§ 15. Определение коэффициента размягчения исходной горной породы	193
§ 16. Определение объема пустот в крупном заполнителе	194
§ 17. Определение влажности щебня или гравия	195
§ 18. Определение содержания пылевидных, глинистых и илистых частиц в щебне или гравии	195
§ 19. Определение гранулометрического состава щебня или гравия	197
§ 20. Определение содержания пластинчатых и игольчатых зерен в щебне или гравии	200
§ 21. Определение истираемости щебня или гравия	201
§ 22. Определение сопротивления удару щебня или гравия	204
§ 23. Определение морозостойкости щебня или гравия	206
§ 24. Определение органических примесей	210
§ 25. Определение количества дробленых зерен при получении щебня из гравия	211
§ 26. Технический анализ неорганических пористых заполнителей для легких бетонов	212
Глава VI. Кладочные растворы и бетоны	221
А. Кладочные растворы	221
§ 1. Определение подвижности растворной смеси	222
§ 2. Определение расслаиваемости растворной смеси	225
§ 3. Определение объемного веса растворной смеси	227
§ 4. Определение объема воздуха, вовлеченного в растворную смесь	228
§ 5. Определение предела прочности при сжатии строительного раствора	231
§ 6. Определение вододерживающей способности растворной смеси	233
§ 7. Определение морозостойкости раствора	234

Б. Бетоны	236
§ 8. Определение подвижности бетонной смеси	237
§ 9. Определение жесткости бетонной смеси	240
§ 10. Определение водоотделения бетонной смеси	244
§ 11. Определение объемного веса бетонной смеси	246
§ 12. Определение величины предела прочности бетона при сжатии	247
§ 13. Определение величины предела прочности бетона на растяжение при изгибе	251
§ 14. Определение величины предела прочности бетона на осевое растяжение	254
§ 15. Определение объемного веса бетона	259
§ 16. Определение водонепроницаемости бетона	260
§ 17. Определение морозостойкости бетона	263
Глава VII. Испытание арматуры железобетонных конструкций	266
§ 1. Испытание арматурной стали на растяжение	268
§ 2. Испытание на загиб в холодном состоянии	272
§ 3. Испытание на перегиб	274
Глава VIII. Железобетонные конструкции	277
§ 1. Определение формы и основных размеров конструкции	277
§ 2. Проверка качества поверхности изделий	279
§ 3. Проверка правильности армирования изделий	280
§ 4. Определение механической прочности железобетонных конструкций	282
Глава IX. Строительная керамика	288
А. Обыкновенный глиняный кирпич и эффективные разновидности его	293
§ 1. Определение основных размеров изделия	293
§ 2. Определение величины возможных искривлений поверхности изделий	295
§ 3. Определение механической прочности изделий	295
§ 4. Определение водопоглощения изделий	299
§ 5. Определение морозостойкости изделий	301
§ 6. Определение объемного веса изделий	304
Б. Фасадные плиты	306
§ 7. Определение прочностных характеристик фасадных плит	307
§ 8. Определение одноцветности и однотонности фасадных плит	309
В. Изделия химически стойкой строительной керамики	310

§ 9. Определение термической стойкости керамических изделий	313
§ 10. Определение химической стойкости керамических изделий	315
Г. Канализационные трубы	318
§ 11. Определение водопоглощения труб	318
§ 12. Определение сопротивления труб гидравлическому давлению	319
§ 13. Определение механической прочности по отношению к внешним нагрузкам	321
Д. Плитки для полов	322
§ 14. Определение водопоглощения плиток	322
§ 15. Определение истираемости плиток	323
Е. Глазурованные облицовочные плитки	324
§ 16. Определение термостойкости глазурованных плиток	325
§ 17. Определение однотонности плиток	326
Глава X. Древесные строительные материалы	328
§ 1. Пороки древесины	328
§ 2. Отбор средней пробы	328
§ 3. Определение влажности древесины	332
§ 4. Определение объемного веса древесины	333
§ 5. Определение линейной и объемной усушки древесины	334
§ 6. Определение механической прочности древесины по внешним признакам	335
§ 7. Определение числа годовичных слоев и процента поздней древесины	336
§ 8. Определение прочности при сжатии древесины вдоль волокон	337
§ 9. Определение предела прочности при сжатии древесины поперек волокон	339
§ 10. Определение предела прочности при растяжении древесины вдоль волокон	341
§ 11. Определение предела прочности при растяжении древесины поперек волокон	342
§ 12. Определение прочности при статическом изгибе древесины	344
§ 13. Определение прочности при скалывании древесины вдоль волокон	345
Глава XI. Битумы, кровельные и гидроизоляционные материалы	347
А. Битумные материалы	347
§ 1. Определение твердости битума	348
§ 2. Определение температуры размягчения битума	350
§ 3. Определение растяжимости битума	352