

691
М-24

МЕТОДЫ
ЛАБОРАТОРНЫХ
ИСПЫТАНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ
ДЕТАЛЕЙ

691
М-24

Л. А. Мануйлов, Г. И. Ключковский,
Г. Г. Ульянова

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

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

66346



БИБЛИОТЕКА
Бух. ТИП и ЛП
№ 66346

Москва
«Высшая школа»
1973

6СЗ
М24
УДК 691 : 620.1(075)

Мануйлов Л. А. и др.

М24 Методы лабораторных испытаний строительных материалов и строительных деталей. Изд. 3-е, переработ. Учеб. пособие для техникумов. М., «Высшая школа», 1973.

368 с. с илл.

Представленное третье издание является наиболее полным и включает, кроме методов лабораторных испытаний физико-механических свойств строительных материалов, описание методов химических анализов сырьевых материалов и вяжущих веществ, испытаний железобетонных конструкций.

Предназначается в качестве учебного пособия для учащихся строительных техникумов.

6СЗ

М 0329—332
001(01)—73 247—73

Рецензент:

предметная комиссия химико-технологических дисциплин Люберецкого индустриального вечернего техникума.

Мануйлов Лев Александрович,
Клюковский Георгий Ипполитович,
Ульянова Галина Георгиевна

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Редактор Н. Н. Полова
Художник А. И. Шааард
Худож. редактор В. П. Бабинова
Техн. редактор Л. А. Муравьева
Корректор М. М. Малиновская

Сдано в набор 12/X—72 г. Подп. и печати 17/VII—73 г.
Формат 84X108/32 Объем 11,5 печ. л. Усл. п. л. 19,32 Уч.-изд. л. 18,92
Изд. № Стр.-202 Тираж 17 000 экз. Цена 73 коп.

План выпуска литературы для вузов и техникумов
издательства «Высшая школа» на 1973 год. Позиция № 247,
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательства, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7. Зак. 1920.

© Издательство «Высшая школа», 1973 г.

Средняя проба

§ 1. МЕТОДЫ ОТБОРА СРЕДНЕЙ ПРОБЫ

Строительные материалы, поступающие в лабораторию, подвергаются испытанию. При этом проверяют соответствие их характеристик требованиям ГОСТа или технических условий (ТУ).

Для правильной характеристики материала необходимо отобрать от него среднюю пробу. **Средней пробой** называют небольшое количество материала (например, гравия, песка, цемента, строительных изделий и т. д.), соответствующее по своему химическому составу, физическим и механическим свойствам и другим показателям всей партии. **Партией** материала обычно считают определенное количество однородного материала или изделий, поступившее на склад или производство либо отпущенное одновременно со склада. Величины партии и средней пробы определяют соответствующими ГОСТами или ТУ. Например, размер партий кирпича устанавливают в 100 тыс. шт., извести — 50 т и т. д. Материал, полученный производством в меньшем количестве, также считают партией.

Отбор средней пробы должен проводиться 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 большом количестве материала). Среднюю пробу молотых и сыпучих материалов (цемента, песка) отбирают специальными щупами (рис. 2).

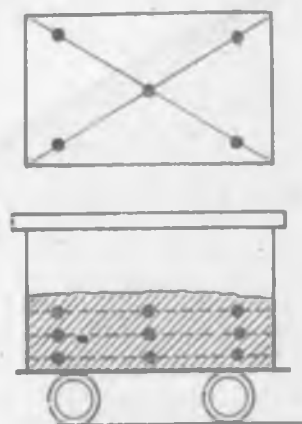


Рис. 1. Места отбора пробы из вагона

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 исходящую 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.

При отборе средней пробы составляют акт или заполняют соответствующую учетную карточку, где указывают: регистрационный номер, наименование материала или изделия, месторождение или марку, номер



Рис. 2. Пробоотборник для сыпучих материалов (щуп):

1 — продольная щель для извлечения пробы

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.

Среднюю пробу жидких и полужидких материалов отбирают пипеткой, стеклянной трубкой или специальными пробоотборниками.

Для отбора шлама на цементных заводах применяют специальные кружки (рис. 3). Кружку опускают на определенную глубину, а бечевку, прикрепленную к верхней ее крышке, тянут вверх. Крышка поднимается и кружка заполняется шламом. При ослаблении бечевки крышка под действием собственного веса падает вниз, закрывая отверстие.

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

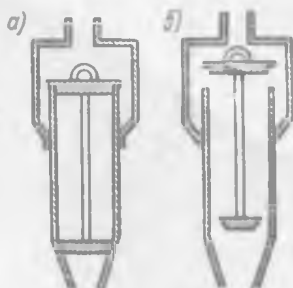


Рис. 3. Кружки для отбора шлама:

а — закрытая, б — открытая

§ 2. ПОДГОТОВКА СРЕДНЕЙ ПРОБЫ К ИСПЫТАНИЯМ

Среднюю пробу кусковых и сыпучих материалов подвергают сокращению и измельчению. Сокращение средней пробы производят на специальных приборах-делителях, а также путем квартования или вычерпывания, причем на делителях значительно быстрее, чем путем квартования или вычерпывания.

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 перпенди-

кулярными линиями на четыре равные части — сектора (рис. 4), две противоположные части откидывают, а две оставшиеся снова подвергают квартованию. Эту операцию продолжают до тех пор, пока средняя проба не достигнет необходимой величины.

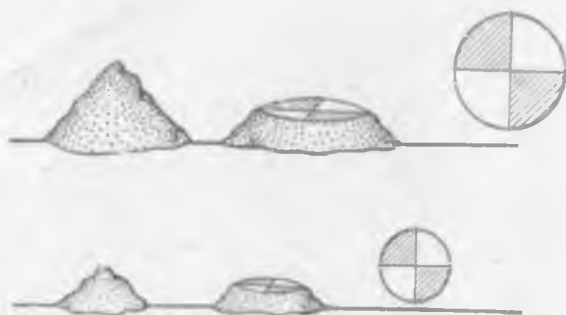


Рис. 4. Сокращение средней пробы методом квартования

Метод **вычерпывания** состоит в том, что небольшую по величине среднюю пробу разравнивают невысоким слоем в виде квадрата или прямоугольника на железном

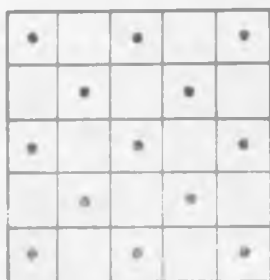


Рис. 5. Сокращение средней пробы методом вычерпывания

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. 5). Отобранные порции ссыпают 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.

Если величина частиц больше, чем это требуется для испытания, одновременно с сокращением производится измельчение средней пробы. Для этого пробу кусковых материалов просеивают через грохот с ячейками около

25 мм. Крупные куски подвергают измельчению на дробилках или вальцах; более мелкое дробление осуществляют 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 берут пробу крупного заполнителя (гравия, щебня) в количестве 10 кг, песка — 1 кг, глины — 200 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.

Для химического анализа берут пробу весом 200 г, которую измельчают и доводят до 10—15 г с частицами, проходящими через сито № 0063.

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

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

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

Средние данные параллельных химических анализов*

[illegible]

*

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ

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 влажность 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 № 0063.

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

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°С до постоянного веса.

Процентное содержание влаги определяют по формуле

$$w = \frac{(g - g_1)}{g} \cdot 100\%$$

где g и g_1 — вес пробы до и после высушивания, г.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ УСКОРЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Спиртовой метод. В заранее взвешенную фарфоровую чашку помещают около 10 г исследуемого материала и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем наливают 15 мл 95%-ного этилового спирта. Навеску перемешивают в спирте стеклянной палочкой и зажигают. После выгорания спирта чашку с навеской несколько охлаждают (до 40°С), добавляют еще 10 мл спирта, перемешивают и зажигают вторично. Если материал имеет значительную влажность (15—25%), то три раза прибавляют спирт 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. Влагомер МХТИ (рис. 6) состоит из весов 1 типа ВИД-2 с градуированной шкалой (до 200 г) и инфракрасной лампы 2 мощностью 500 вт, которая укреплена на штативе 3 и установлена в отражателе 4. Положение лампы

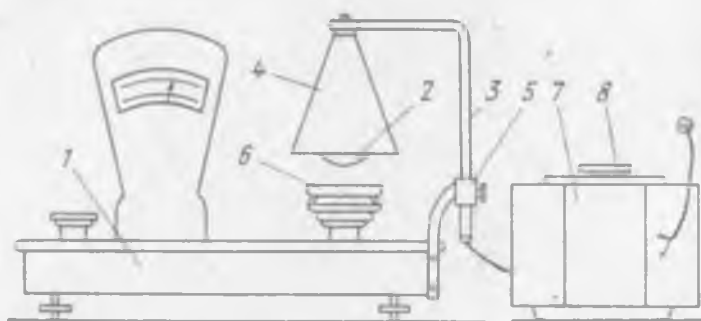


Рис. 6. Влагомер МХТИ

фиксируется зажимом 5. На корысло весов устанавливают чашку 6 с испытуемым материалом. Накал лампы регулируют трансформатором 7, включаемым в электросеть, который дает возможностью рукояткой 8 плавно изменять напряжение вторичного переменного тока от 0 до 250 в. Шкала весов имеет две градуировки: верхняя указывает количество испарившейся влаги (%), а нижняя — абсолютную убыль в весе материала (г).

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

Ход работы. Навеску предварительно измельченного до небольших комочков материала в количестве 20 г помещают на чашку 6 прибора (см. рис. 6) под инфракрасную лампу. Затем рукояткой 8 включают трансформатор, постепенно увеличивая накал лампы так, чтобы поверхность материала нагревалась до температуры 110° С. Последнюю измеряют термометром, ртутный шарик которого периодически помещают на материал, находящийся в чашке. По мере высыхания навески материала стрелка прибора перемещается по шкалам, указы-

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

Ход работы. 1 г измельченной воздушно сухой пробы выдерживают в лаборатории при комнатной температуре в течение 24 ч, помещают в прокаленный до постоянного веса при температуре 1000°С фарфоровый или платиновый тигель. Взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г и помещают в сушильный шкаф при температуре 105—110°С. Высушивание ведут 1—3 ч (стекла, песка — 1 ч; глины — 2 ч; цемента — 3 ч). После высушивания тигель с навеской охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Затем снова высушивают 30 мин и опять взвешивают. Пробу в тигле высушивают до постоянного веса. В дальнейшем эту навеску используют для определения потерь при прокаливании.

Содержание гигроскопической влаги определяют по формуле

$$w = \frac{(g - g_1)}{g} \cdot 100\%$$

где g и g_1 — вес пробы материала до и после высушивания, г.

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ПРОКАЛИВАНИИ

Потерями при прокаливании (п.п.п.) называют убыль в весе прокаливаемой при 1000°С навески материала, выраженную в процентах.

В процессе нагревания сырьевых материалов происходит разложение ряда веществ с выделением газообразной фазы. Прежде всего удаляется гигроскопическая влага — 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: муфельная печь; аналитические весы с разновесом; платиновый или фарфоровый тигель; тигельные эксикатор и щипцы.

Ход работы. Тигель с навеской после определения гигроскопической влаги помещают в муфельную печь и прокаливают в течение 40—60 мин при температуре 1000°C . Затем его охлаждают сначала на воздухе, а затем в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Тигель с навеской прокаливают до постоянного веса.

Расчет производят по формуле

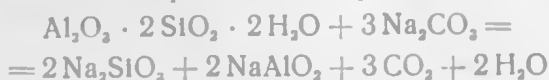
$$\text{п. п. п.} = \frac{(g - g_1) \cdot 100}{g} \%$$

где g — вес пробы материала после высушивания при $105\text{—}110^\circ\text{C}$ и g_1 — вес пробы материала после прокаливания, г.

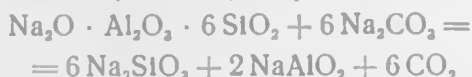
§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДВУОКИСИ КРЕМНИЯ

Подавляющее число силикатных материалов и природных силикатов не растворимы в воде и кислотах.

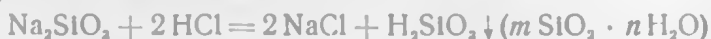
К числу водо- и кислоторастворимых силикатов относятся небольшая группа минералов; в воде растворяются только силикаты щелочных металлов («жидкое стекло»); в кислотах — нефелин, анортит, форстерит (в HCl), каолинит (в концентрированной H₂SO₄) и некоторые др. Из несиликатных материалов в кислотах растворяются известняки и доломит. При анализе силикатов их сплавляют со щелочами, чаще с углекислыми. 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 силикаты щелочных металлов разлагаются, образуя осадок кремневой кислоты



а алюминаты образуют хлориды



Оксиды железа, титана, кальция и магния (в виде соответствующих соединений, входящих в состав материала) также образуют хлориды FeCl₂; FeCl₃; AlCl₃; TiCl₄; CaCl₂; MgCl₂.

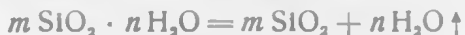
Избыток соды или поташа при взаимодействии с соляной кислотой образует хлориды щелочных металлов и углекислый газ



В результате сплава соляной кислотой все оксиды 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, высушивают досуха на во-

дяной бане, снова обрабатывают HCl и опять высушивают.

Кремневая кислота $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, кроме студенистого осадка, образует небольшое количество коллоидов растворимой фазы — золя, который не задерживается фильтром. Последовательная обработка соляной кислотой и высушивание досуха на водяной бане переводит соль 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 оксидов 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 удаляются SiF_4 , H_2O и избыток серной и плавиковой кислот, 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 H_2SiF_6



Кроме того, наличие серной кислоты препятствует образованию летучего TiF_4



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

Оборудование и материалы: аналитические весы с разновесом; технические весы; платиновый тигель с крышкой; фарфоровый тигель; платиновая проволока или шпатель; муфельная печь; тигельные щипцы; агатовая ступка; фарфоровая ступка; водяная баня; штатив Бунзена; градуированные пипетки; промывалка; эксикатор; стеклянные палочки; стеклянные воронки; мерный цилиндр; асбестовая сетка; беззольные фильтры; соляная кислота ($\rho=1,19$), серная ($\rho=1,835$), плавиковая (40%), азотная ($\rho=1,4$); безводная сода; 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 № 0063.

Конец растирания пробы в агатовой ступке можно определить органолептическим путем, без просева на сите. Измельченную пробу растирают пальцем на тыльной стороне руки. Если при этом не будут ощущаться отдельные крупинки материала, то проба растерта достаточно тонко.

В платиновый тигель, предварительно прокаленный и взвешенный, помещают навеску материала в 0,5—1 г и взвешивают на аналитических весах. К навеске в тигель добавляют 4—6 г смеси (1 : 1) безводной соды с поташом (для понижения температуры плавления) и хорошо перемешивают платиновой проволокой, после чего засыпают сверху 1—2 г соды. Тигель с навеской закрытый крышкой помещают в муфельную печь, разогретую до 300—400° С, и равномерно нагревают в течение 40—60 мин, поднимая температуру в печи до 800—900° С. При нагревании необходимо следить, чтобы сплав не разбрызгивался выделяющимся углекислым газом. Если выделение CO_2 идет бурно, температуру печи снижают. Плавление считают 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 помещают в большую фарфоровую чашку с раствором HCl (1 : 3) и закрывают часовым стеклом. Следят за тем, чтобы тигель хотя бы наполовину был погружен в раствор. Лучше платиновый тигель поместить в чистую фарфоровую чашку и влить в него 20 мл горячей воды и при помешивании стеклянной палочкой выщелачивать полученный сплав. Затем содержимое тигля выливают в другую чистую фарфоровую чашку диаметром 12—13 мм и туда же небольшими порциями приливают 30 мл HCl (1 : 1), 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). Кислотность среды можно определить небольшим кусочком синей лакмусовой бумажки, которую опускают в раствор и фильтруют вместе с осадком SiO_2 . Часовое стекло ополаскивают дистиллированной водой из промывалки в фарфоровую чашку.

После выщелачивания сплава раствор 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°С. Прокаливание в муфеле ведут в течение 1 ч, после чего тигель с SiO_2 охлаждают 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

$$\text{SiO}_2 = \frac{g_1 \cdot 100}{g} \%,$$

где g_1 — вес прокаленного SiO_2 , г; g — навеска абсолютно сухого материала, г

$$g = g_0 \frac{100 - w}{100},$$

* Для более точного определения фильтрат снова переносят в фарфоровую чашку, вторично выпаривают и фильтруют. Оба осадка соединяют вместе.

где g_0 — вес воздушно сухой навески; 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 прокаливают на пламени газовой горелки, а затем — в муфельной печи.

После удаления SiO_2 (в виде SiF_4) тигель охлаждают и взвешивают на аналитических весах. Прокаливание ведут до постоянного веса. Содержание чистого SiO_2 находят по формуле

$$\text{SiO}_2 \text{ (чистый)} = \frac{(g_1 - g_2) \cdot 100}{g} \%$$

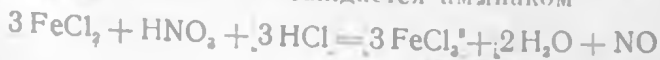
где g_1 — вес тигля с прокаленным SiO_2 , г; g_2 — вес тигля после обработки HF и прокаливания, г; g — вес абсолютно сухой навески материала, г.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУММЫ ПОЛУТОРНЫХ ОКИСЛОВ И ДВУОКИСИ ТИТАНА

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



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



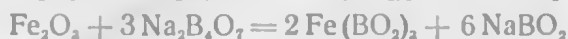
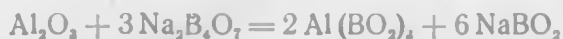
БИБЛИОТЕКА 17

Бух. тип и ЛП

№ 663 46

Выделяющийся SO_3 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 при охлаждении выщелачивается 10%-ной H_2SO_4 во избежание образования метатитановой кислоты H_2TiO_3 .

Из полученного раствора окись железа определяют трилонометрическим или колориметрическим методом.

Оборудование и материалы: технические весы; муфельная печь; мерная колба (250 мл); платиновый тигель; стеклянная воронка; химические стаканы; безводная бора; безводная сода; серная кислота ($\gamma_{\text{уд}} = 1,84$).

Ход работы. В платиновый тигель с прокаленным остатком полуторных окислов и двуокиси титана добавляют 2—4 г смеси буры с содой (1:1) и сплавляют в муфельной печи при температуре 800—900°С до получения однородного сплава. Сплав охлаждают и выщелачивают 10%-ным раствором серной кислоты. Полученный раствор переносят из платинового тигля в мерную колбу емкостью в 250 мл. Тигель ополаскивают раствором серной кислоты, который также выливают в мерную колбу. Колбу доливают дистиллированной водой до метки.

Колориметрический метод определения окиси железа применяется при незначительном содержании (1—2%) железа в материале. Он основан на зависимости интенсивности окраски соединений железа от его концентрации в растворе. В качестве окрашенных соединений железа для колориметрирования применяют сульфосалицилатный комплексный ион $(\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_3\text{Fe}'''$, окрашенный в желтый цвет. Колориметрическое определение железа основано на том, что два одинаковых пучка лучей от одного источника света проходят через слой окрашенного раствора, находящегося в двух стаканчиках колориметра. В один стаканчик колориметра наливают раствор

окрашенного соединения железа известной концентрации c_1 , в другой — испытуемый раствор, концентрацию c_2 которого надо определить. Поднятием и опусканием стаканчиков добиваются такой толщины h_1 и h_2 слоев растворов, при которой 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 слоя в обоих стаканчиках есть величина постоянная, т. е. $h_1 c_1 = h_2 c_2$, или $c_1/c_2 = h_2/h_1$.

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

$$c_2 = c_1 h_1 / h_2$$

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

Ход работы. Для определения окиси железа колориметрическим методом прежде всего следует приготовить стандартный раствор. Для этого 0,604 г свежеперекристаллизованных железоаммиачных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ растворяют в воде, подкисленной 5 мл H_2SO_4 ($\rho = 1,84$) и разбавляют до объема 1 л. Затем 10 мл раствора разбавляют до объема 100 мл. В 1 мл такого раствора содержится 0,011 мг Fe_2O_3 .

Аликвотную часть* раствора, например 100 мл, полученного растворением полуторных 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 железоаммо-

* Аликвотная — это определенная, заранее отмеренная часть.

нийных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ до образования почти одинаковой с испытуемым раствором окраски. 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

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{Th_{\text{ст}}Vk100}{h_{\text{исп}}g} \%$$

где T — титр разведенного стандартного раствора; V — объем раствора (разведенного), взятый для определения, мл; $h_{\text{ст}}$ и $h_{\text{исп}}$ — высота столба стандартного и испытуемого раствора, см; k — поправка к аликвотной части раствора; g — навеска абсолютно сухого вещества, г.

Титр разведенного стандартного раствора определяют по формулам:

$$T_1 = V_2T_2/V_1 \text{ или } T_1 = V_2T_2/100,$$

где V_2 — объем стандартного раствора (отмеренный по бюретке), мл; T_2 — титр стандартного (первоначального) раствора; 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 применяют при большом количестве однотипных анализов, требующих значительной точности. Определения ведут на приборах — фотоколориметрах.

Ниже дается описание определения Fe_2O_3 на отечественном фотоколориметре ФЭК-М, принцип действия которого состоит в том, что два одинаковых световых луча от осветителя 1 (рис. 7), проходя через растворитель 2 в первом случае и через окрашенный раствор 3 во втором случае, попадают на два фотоэлемента 4 и 5.

Пучок света, проходя через окрашенный раствор, частично поглощается, поэтому второй фотоэлемент дает меньшее количество электрического тока, чем первый. Вследствие этого соединенный с фотоэлементами гальванометр отклоняется от нулевого положения. Для уравнивания интенсивности двух световых пучков между кюветой с растворителем и 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.

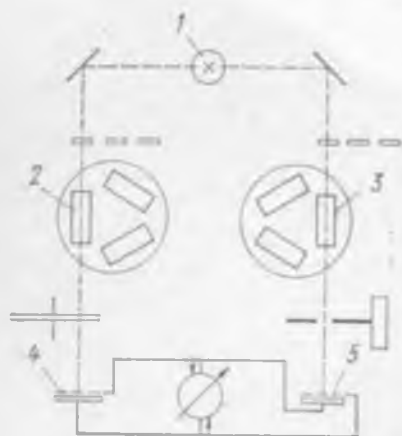


Рис. 7. Оптическая схема фотолориметра ФЭК-М

ФЭК-М (рис. 8) состоит из: светителя 1, держателей кювет с тремя гнездами каждый 2, 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 4 и 5 (см. рис. 7); 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 освещения; набор кювет разной толщины (с расстояниями между рабочими гранями от 50 до 1 мм); кюветы малой

толщины — для интенсивно окрашенных растворов и большой толщины — 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 производят следующим способом. По ходу правого пуч-

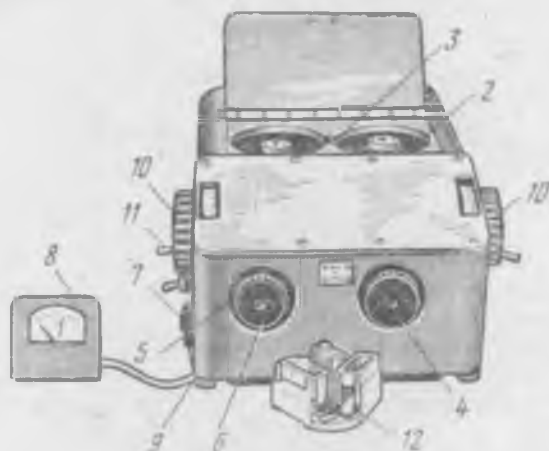


Рис. 8. Фотоколориметр ФЭК-М

ка света (см. рис. 7) устанавливают кювету с окрашенным испытуемым раствором 12 (см. рис. 8), а по ходу левого пучка — такую же кювету с растворителем. Индекс левого барабана устанавливают на левом делении (красная шкала). Затем включают переключатель фотометрических клиньев на грубую настройку. При этом стрелка гальванометра отклоняется и вращением рукоятки 5 устанавливают ее на нулевое деление. Затем переключатель переводят на точную настройку 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 на грубую настройку. Стрелка гальванометра при этом отклоняется.

Затем вращением измерительных барабанов *16* стрелка гальванометра устанавливается на нулевое положение, переключатель переводят на точную настройку и снова вращением барабанов стрелку гальванометра устанавливают на деление 0.

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 лучок света помещают кювету с испытуемым раствором и вращением измерительных барабанов снова устанавливают стрелку гальванометра на нулевое деление. Величину оптической плотности отсчитывают по правому барабану. Концентрацию раствора определяют 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 переводя его стрелку на нулевое деление посредством грубой настройки. Для большей точности определения подбирают соответствующие светофильтры.

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

Ход работы. Перед испытанием готовят стандартные растворы железосаммонийных квасцов. Для этого в мерную колбу на 100 мл помещают отвешенную на аналитических весах навеску чистых железосаммонийных квасцов ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) в количестве 0,6039 г, добавляют 3 мл 10%-ной HCl и доливают водой до метки. 10 мл этого раствора (А), содержащего в 1 мл 1 мг Fe_2O_3 , переносят в мерную колбу емкостью 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 1 н. 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, для чего на оси ординат откладывают оптическую плотность через интервалы в 0,1, а 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 1 н. 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 1 н. 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.

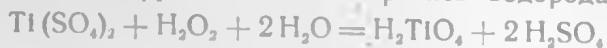
Содержание окиси железа вычисляют по формуле

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{c \cdot 150 \cdot 100}{Vg} \%$$

где c — найденная концентрация Fe_2O_3 по калибровочной таблице, мг/мл ; V — объем аликвотной части раствора, взятого в колбе емкостью 100 мл, мл; g — навеска абсолютно сухого материала, г.

§ 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДВУОКИСИ ТИТАНА И ОКИСИ АЛЮМИНИЯ

Определение содержания двуокиси титана 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: муфельная печь; аналитические весы с разновесом; платиновый тигель; колориметр; мерные ци-

линдры; градуированные пипетки; бюретки; стеклянная воронка; мерные колбы до 1000 мл; беззольные фильтры; серная кислота ($\rho=1,935$); титанофтористоводороднокислый калий; 5%-ный раствор перекиси водорода; 25%-ный аммиак и ортофосфорная кислота ($\rho=1,75$).

Ход работы. Чтобы приготовить стандартный раствор серноокислого титана, необходимо отвесить на аналитических весах в платиновой чашке (предварительно взвешенной) 1 г свежеперекристаллизованного $K_2TiF_6 \cdot H_2O$. 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 выливают 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 серноокислого 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, высушивают и переносят вместе с фильтром в предварительно взвешенный платиновый тигель, прокаливают и снова взвешивают. Титр стандартного раствора по TiO_2 определяют по формуле

$$T_{TiO_2} = g/100,$$

где g — вес прокаленного осадка TiO_2 .

Для определения содержания двуокиси титана из мерной колбы, где находится раствор серноокислых 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 и 3 мл 3%-ного раствора H_2O_2 ; из бюретки добавляют стандартный раствор соли титана до тех пор, пока цвет раствора в обоих цилиндрах не станет примерно одинаковым, и отмечают количество (мл) прилитого стандартного раствора $Ti(SO_4)_2$. Растворы разводят дистиллированной водой до объема 100 мл и вычисляют

титр уже разведенного стандартного раствора по формуле

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

где V — объем стандартного раствора (отмеренный по бюретке); T_{TiO_2} — первоначальный титр стандартного раствора.

Из обоих цилиндров берут пипеткой по 10 мл раствора и наливают в стаканчик колориметра. Дальнейшее испытание и анализ ведут так же, как и при определении содержания железа колориметрическим методом (см. гл. II, § 7).

Процентное содержание TiO_2 определяют по формуле

$$\text{TiO}_2 = \frac{T_{\text{TiO}_2, \text{разв}} h_{\text{ст}} V k 100}{h_{\text{исп}} g} \cdot \%,$$

где $T_{\text{TiO}_2, \text{разв}}$ — титр стандартного разведенного раствора по TiO_2 ; $h_{\text{ст}}$ и $h_{\text{исп}}$ — высота столба жидкости стандартного и испытуемого растворов; V — объем раствора, взятый для колориметрирования (разведенного до 100 мл), мл; k — поправка к аликвотной части раствора; g — навеска материала, г.

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

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = (\text{R}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$$

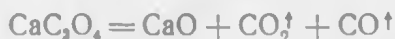
§ 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ КАЛЬЦИЯ И ОКИСИ ЖЕЛЕЗА

Содержание окиси кальция определяют из фильтра 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 прокаливают, при этом образуется окись кальция



Так как окись 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 $800\text{--}890^\circ\text{C}$ 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: аналитические весы с разновесом; муфельная печь; фарфоровый тигель; стеклянный бюкс; бюретка; мерная пипетка; химические стаканы; стеклянные воронки; фильтраты; серная кислота ($\gamma_{\text{уд}}=1,835$); щавелевокислый аммоний; уксуснокислый аммоний; 0,1 н. (или 0,05 н.) 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 слабокислой 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 температуре 800°C . 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.

Содержание CaO определяют по формуле

$$\text{CaO} = \frac{g_1 \cdot 100}{g} \%,$$

где g_1 — вес CaO в тигле, г; g — навеска силиката, г; w — содержание гигроскопической влаги, %.

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

$$\text{CaO} = \frac{g \cdot 0,4117 \cdot 100}{g_1} \%$$

где g — вес CaSO_4 , г; 0,4117 — коэффициент пересчета; g_1 — вес абсолютно сухой навески, г.

Объемный метод. Осадок щавелевокислого кальция, образующийся после прибавления щавелевокислого аммония, промывают 5—6 раз 1%-ным раствором уксуснокислого аммония, а затем небольшим количеством теплой дистиллированной воды. Фильтр с промытым осадком разворачивают на стенке стакана и медленно смывают из промывалки 50 мл раствора H_2SO_4 (1:4). Серная кислота растворяет оксалат кальция, после чего фильтр разворачивают и на стенке стакана обмывают несколько раз горячей водой. Полученный раствор разбавляют дистиллированной водой до 100 мл, нагревают до температуры 70°C и титруют 0,1 н. раствором перманганата калия до появления слабого розового окрашивания.

Содержание CaO определяют по формуле

$$\text{CaO} = \frac{VT_{\text{CaO}} \cdot 100}{g} \%$$

где V — объем 0,1 н. раствора KMnO_4 ; T_{CaO} — титр 0,1 н. KMnO_4 по CaO; g — абсолютно сухая навеска силиката, г.

Трилонометрический метод.

Трилонометрическое определение окиси кальция проводят в щелочной среде. При этом магний выделяется в виде осадка $\text{Mg}(\text{OH})_2$, а алюминий находится в рас-

боре в виде алюминатов, что не мешает определению кальция. В качестве индикаторов лучше использовать мурексид и нафтоловый зеленый Б.

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

Ход работы.

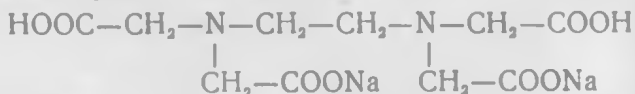
Фильтрат после отделения полуторных окислов выпаривают до объема 150 мл и помещают в мерную колбу объемом 250 мл. Посуду ополаскивают в ту же колбу, в которой проводилось выпаривание, и охлажденный раствор доливают дистиллированной водой до метки. 100 мл раствора помещают в коническую колбу, нейтрализуют NaOH или NH_4OH до pH 7, приливают 10 мл 20%-ного раствора NaOH, затем 0,05 г смеси индикаторов и титруют. Последнее ведут 0,1 н. 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

$$\text{CaO} = \frac{VT_{\text{CaO}} k 100}{g} \%$$

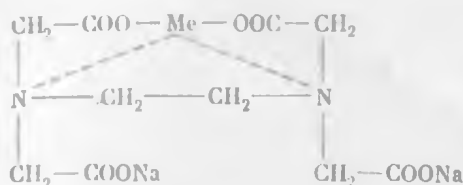
где V — объем трилона Б, пошедший на титрование, мл; T_{CaO} — титр 0,1 н. трилона Б по CaO; k — коэффициент пересчета на 250 мл раствора, $k = 2,5$; g — навеска абсолютно сухого силиката, г.

Комплексонометрический метод. В настоящее время все большее значение приобретает группа органических реактивов, объединенных под общим названием «комплексоны», образующие с ионами металлов внутрикомплексные соединения. Широкое применение нашел комплексон под названием трилон Б, который используют в качестве рабочего раствора в комплексонометрическом методе. Трилон Б — кислая двунариевая соль этилендиаминотетрауксусной кислоты $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2\text{Na}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

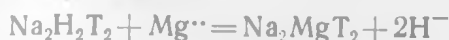


Трилон Б образует прочные растворимые в воде комплексные соединения с целым рядом металлов (железом, алюминием, кальцием, магнием и др.). В этих

соединениях металл замещает атомы водорода карбоксильной группы COOH и координационными (побочными) валентностями связывается с азотом. Например:



Сокращенно трилон Б изображают следующим образом $\text{Na}_2\text{H}_2\text{T}_2$, а взаимодействие его с катионами можно представить в виде реакций



Образующиеся комплексные соединения при соответствующем рН раствора почти не диссоциируют на ионы.

При добавлении раствора комплексона к раствору, содержащему катионы, последние полностью поглощаются комплексом. На этом основан метод титрования испытуемого раствора раствором комплексона, содержащего те или иные катионы. Конец реакции комплексообразования, т. е. полного поглощения комплексом катионов металла из раствора, определяют с помощью так называемых металл-индикаторов-красителей, изменяющих свой цвет в зависимости от концентрации катионов металла в растворе (при определенном рН раствора). Такими индикаторами являются: кислотный хромоген-черный, мурексид и др.

При определении железа применяют в качестве индикатора сульфасалициловую кислоту (точнее сульфасалицилат натрия).

Для того чтобы другие катионы не мешали комплексообразованию определенного катиона с трилоном, определение каждого катиона ведут в строгом значении интервала рН. Например: Fe^{+++} определяют при рН 1—2, Al^{+++} — при 5,5, Ca^{++} при рН 12—13, Mg^{++} — при рН—9—10.

Определение железа трилоном Б проводят в кислой среде при рН от 1—2, катионы, Al^{+++} , Ca^{++} и Mg^{++} не мешают определению железа.

Предварительно готовят: сульфосалициловый индикатор; буферный раствор; титрованный раствор железоз-

аммонийных квасцов; 0,1 н. раствор трилона Б, а затем определяют титр 0,1 н. раствор трилона Б по Fe_2O_3 .

Сульфосалициловый индикатор готовят следующим образом: 10 г сульфосалициловой кислоты растворяют в 50 мл воды, нейтрализуют 10%-ным раствором щелочи до изменения окраски бумажки конго из синей в сиреневую и разбавляют водой до 100 мл.

Титрованный раствор железоаммонийных квасцов готовят следующим образом: 24,1 г $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 300 мл дистиллированной воды. Раствор отфильтровывают, подкисляют 5—10 мл соляной кислоты, разбавляют водой до 1 л и хорошо перемешивают. Титр этого раствора устанавливают весовым методом в параллельных пробах осаждением 10%-ным раствором аммиака из 25 мл раствора в виде гидроокиси с последующим прокаливанием осадка.

Титр раствора железоаммонийных квасцов вычисляют по формуле

$$T = g/25,$$

где g — вес прокаленного осадка, г.

0,1 н. раствор трилона Б готовят растворением в дистиллированной воде в мерной колбе 18,6 сухого реактива и доводят объем раствора до метки.

Титр 0,1 н. раствора трилона Б по Fe_2O_3 устанавливают по раствору железоаммонийных квасцов. Из бюретки в коническую колбу наливают 20 мл раствора $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$, прибавляют из другой бюретки 80 мл дистиллированной воды, нагревают до 50°C , добавляют 6—8 капель сульфосалицилового индикатора и титруют раствором трилона Б до исчезновения фиолетовой окраски сульфосалицилата железа. Титр трилона по Fe_2O_3 определяют трижды и вычисляют по формуле

$$T_{\text{Тр}/\text{Fe}_2\text{O}_3} = 20T/V,$$

где T — титр железоаммонийных квасцов, г Fe_2O_3 ; V — объем 0,1 н. раствора трилона Б, пошедшего на титрование, мл.

Оборудование и материалы: колба коническая; пипетки мерные; бюретка; кислота серная (1:8); трилон Б 0,1 н. раствор; сульфосалициловая кислота; универсальный индикатор.

Ход работы. После установления титра трилона Б по Fe_2O_3 приступают к определению окиси железа. 50 мл из мерной колбы, где находится сернокислый раствор солей

железа, алюминия и титана, переносят в коническую колбу 200—250 мл, нагревают до кипения, разбавляют дистиллированной водой до объема 100—150 мл и нейтрализуют аммиаком до красного окрашивания бумажки конго. Затем добавляют в раствор соляной (1:4) или серной (1:8) кислоты до перехода красного цвета конго-бумажки в сиреневый цвет, потом добавляют еще 10 капель серной или соляной кислоты. Это обеспечивает значение pH 1—2. Раствор нагревают до 50° С и титруют горячим 0,1 н. раствором трилона Б в присутствии 6—7 капель сульфосалицилового индикатора до перехода фиолетовой окраски раствора от одной капли трилона Б в соломенно-желтую.

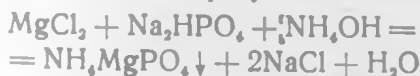
Содержание окиси железа вычисляют по формуле

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{VT_{\text{Тр/Fe}_2\text{O}_3} \cdot k}{g_0} \cdot 100\%,$$

где V — объем раствора трилона Б, пошедшего на титрование, мл; $T_{\text{Тр/Fe}_2\text{O}_3}$ — титр 0,1 н. трилона Б по Fe_2O_3 ; k — коэффициент пересчета на 250 мл раствора; g_0 — абсолютно сухая навеска силиката, г.

§ 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ МАГНИЯ

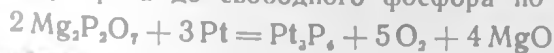
Весовой метод. Окись магния осаждают в виде двойной соли двухзамещенным кислым фосфорнокислым натрием или аммонием в присутствии аммиака



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



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; применяют также раствор двухзамещенного кислого натрия и 25%-ный раствор аммиака.

Ход работы. Фильтрат после определения СаО 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 раствора 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 щавелевокислого 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°C в течение 30 мин, взвешивают и снова прокаливают до постоянного веса. Содержание магния определяют по формуле

$$\text{MgO} = \frac{g_1 \cdot 0,3621 \cdot 100}{g} \%$$

где g_1 — вес прокаленного осадка, г; 0,3621 — отношение молекулярного веса MgO к молекулярному весу $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (переводный коэффициент к MgO); g — абсолютно сухая навеска силиката, г.

Трилонометрический метод основан на титровании трилоном Б (комплексон III) раствора, содержащего ионы Mg^{2+} . 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 pH 9—10.

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

Ход работы. Предварительно готовят 0,1 н раствор трилона Б. Нормальность раствора определяют

титруя 20 мл 0,1 н. 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° С. 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 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 рН 10.

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

Фильтрат после осаждения оксалата кальция нейтрализуют до рН 7 NH_4OH и нагревают до температуры 60—70° С, 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

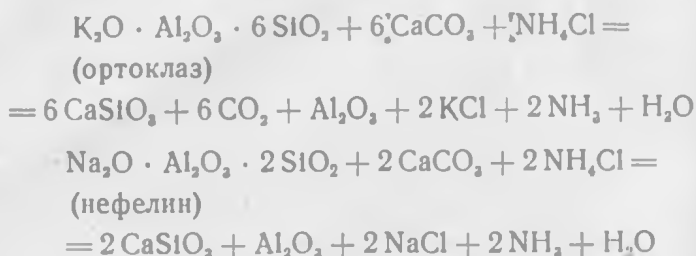
$$MgO = \frac{kV 0,002015 \cdot 100}{g} \%$$

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 — абсолютно сухая навеска силиката, г.

§ 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 $CaCl_2 \cdot 6H_2O$; разложением силиката в платиновом тигле смесью серной и плавиковой кислот,

При спекании навески с карбонатом кальция и хлоридом аммония содержащиеся 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.

Разложение силиката HF сопровождается удалением кремния в виде



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

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

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

Ход работы. Примерно 0,5 г силиката взвешивают на аналитических весах в предварительно взвешенном платиновом тигле и высыпают 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 кар-

боната кальция, который присоединяют к смеси в платиновом тигле. Смесь нагревают вначале на слабом пламени газовой горелки до исчезновения запаха аммиака, а затем прокаливают в муфельной печи в течение 1 ч 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 горячей водой промывают основной фильтрат. Для более точного определения осадок CaCO_3 снова растворяют на фильтре соляной кислотой (1:1), опять нейтрализуют NH_4OH и вторично осаждают углекислым аммонием. Фильтруют и промывают осадок горячей водой — дополнительный фильтрат. Последний присоединяют к 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

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

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

$$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = \frac{g_1 - 0,58 \cdot 100}{g} \% ,$$

где g_1 — вес хлоридов калия и натрия, г; 0,58 — коэффициент пересчета хлоридов калия и натрия на их окислы; g — абсолютно сухая навеска силиката, г.

§ 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДА КАЛИЯ

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

Содержание оксида 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: аналитические весы с разновесом; сушильный шкаф; платиновый тигель; химические стаканы; стеклянные воронки, фильтры; тигель-фильтр стеклянный; бюретки; мерные пипетки; эксикатор; кислоты соляная ($\rho=1,19$), серная ($\rho=1,833$) 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 мл 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 готовый 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 6 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 оттитровывают 0,1 н. раствором KMnO_4 . Количество KCl находят по формуле

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

Количество K_2O определяют по формуле

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{Vk \cdot 0,000856 \cdot 100}{g} \%,$$

где k — поправка на нормальность KMnO_4 ; 0,000856 — коэффициент пересчета от 0,1 н. KMnO_4 на K_2O ; g — навеска абсолютно сухого вещества, г; V — количество 0,1 н. раствора KMnO_4 , израсходованного на окисление, мл,

$$V = k_1(V_1 + V_2) - k_2V_3,$$

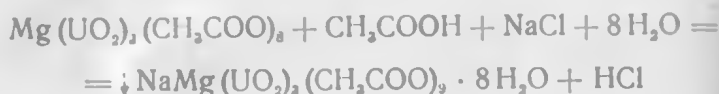
где k_1 — поправка к 0,1 н. раствору KMnO_4 ; V_1 — количество 0,1 н. раствора KMnO_4 , влитых в колбу, мл; V_2 — количество 0,1 н. раствора KMnO_4 , израсходованных на титрование избытка $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, мл; k_2 — поправка к 0,1 н. раствору $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; V_3 — количество 0,1 н. раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, мл.

По разности между суммой хлоридов щелочных металлов и хлоридов калия определяют количество хлорида натрия, а затем рассчитывают содержание окиси натрия.

§ 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ НАТРИЯ

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

При действии магнийуранилацетата в присутствии уксусной кислоты образуется осадок, который взвешивают



Более точные результаты можно получить, если пользоваться цинкуранилацетатом. Он дает возможность определить содержание Na_2O при концентрации его до 0,004%. При добавлении к раствору спирта чувствительность 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. Магнийуранилацетат дает возможность определять Na_2O при содержании его не менее 0,08%. Наличие NH_4^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Fe^{++} и Al^{+++} не мешает определению окиси натрия в обоих случаях.

Оборудование и материалы: аналитические весы с разновесом; сушильный шкаф; водоструйный насос; колба Бунзена; химические стаканы; стеклянная палочка; тигель-фильтр; 96%-ный спирт; раствор магнийуранилацетата 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 3—4 раза раствором магнийуранилацетата, а затем 5—6 раз — 96%-ным спиртом. Промытый осадок сушат отсасыванием влаги в течение 10 мин, а затем в течение 15 мин при температуре 100°С в сушильном шкафу до постоянного веса. Содержание окиси натрия определяют по формуле

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{g_1 \cdot 0,0201 \cdot 100}{g} \%_{\text{м}}$$

где g_1 — вес осадка, г; 0,0201 — коэффициент пересчета на Na_2O ; g — абсолютно сухая навеска силиката, г.

§ 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТНОЙ СЕРЫ

Весовой метод. В ходе систематического анализа сульфатную серу определяют сравнительно редко (в основном в породах, содержащих гипс и другие сульфаты). SO_3 определяют из отдельной навески, которую сплавляют с содой. Сплав выщелачивают не HCl , а водой. Ион SO_4^{2-} 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 ее сливают 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, HCl нейтрализуют 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 отстояться 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, озолотят при температуре 400°C 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 $400\text{—}450^\circ\text{C}$ прокаливают до удаления H_2SO_4 . Прокаливание продол-

жают до постоянного веса. Содержание SO_3 определяют по формуле

$$\text{SO}_3 = \frac{g_1 \cdot 0,343 \cdot 100}{g} \%$$

где g_1 — вес BaSO_4 , г; 0,343 — коэффициент пересчета BaSO_4 на SO_3 ; g — абсолютно сухая навеска силиката, г.

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

Сульфатная сера может быть определена ионообменным методом.

Б. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И НЕСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕМЕНТА

При химическом анализе цемента определяют содержание: гигроскопической влаги (см. гл. II, § 3), потерь при прокаливании (см. гл. II, § 4), SiO_2 (см. гл. II, § 5), полуторных окислов $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (см. гл. II, § 6), Fe_2O_3 , общего количества CaO (см. гл. II, § 9), свободной CaO ; MgO (см. гл. II, § 10). 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.

Ниже приводится 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: муфельная печь; аналитические весы; химические стаканы; часовое стекло; стеклянная воронка; фарфоровый тигель; соляная кислота ($\rho=1,19$) и сода.

Ход работы. В стакан емкостью 150—200 мл помещают 1 г цемента и смачивают 25 мл воды. Далее добавляют 5 мл раствора HCl . Смесь перемешивают стеклянной палочкой и добавляют еще 20 мл воды. Затем стакан со смесью закрывают часовым стеклом и помещают на кипящую водяную баню. После нагревания в течение 15 мин 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 прокаливают в муфельной печи до постоянного веса.

Содержание нерастворимого осадка *Н. О.* вычисляют по формуле

$$\text{Н. О.} = \frac{g_1 \cdot 100}{g} \%$$

где g_1 — вес осадка после прокаливания, г; g — вес абсолютно сухой пробы цемента, г.

§ 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ КРЕМНИЯ

Солянокислый фильтрат и промывные воды, оставшиеся после определения нерастворимого осадка, смешивают с содовым фильтратом, выпаривают в фарфоровой чашке досуха, после чего 10 мл HCl ($\rho=1,19$) снова выпаривают досуха и добавляют 10 мл HCl ($\rho=1,19$). После охлаждения остаток смачивают 3—4 мл HCl ($\rho=1,19$), 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, после чего при температуре $1050\text{--}1100^\circ\text{C}$ прокаливают в течение 30 мин. Прокаливание ведут до получения постоянного веса. Описание дальнейшего анализа приведено в гл. II, § 5.

Определение содержания суммы полуторных окислов дается в гл. II, § 6.

§ 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДИ ЖЕЛЕЗА

Остаток прокаленных полуторных окислов сплавляют с KHSO_4 и затем растворяют в HCl . Fe определяют трилоном Б или иодометрическим методом.

Оборудование и материалы: платиновый тигель; муфельная печь; химические стаканы; стеклянная воронка; коническая колба; соляная кислота ($\rho=1,19$); иодистый калий; 25%-ный аммиак; бисульфат калия; 0,05 н. раствор тиосульфата; крахмал и сода.

Ход работы. Прокаленный осадок полуторных окислов сплавляют в платиновом тигле с 14-кратным количеством KHSO_4^* , заканчивая процесс сплавления при появлении густых паров SO_3 .

Охлажденный сплав, подкисленный 2—3 мл концентрированной соляной кислотой, выщелачивают 100 мл воды, прибавляют 3—5 капель азотной кислоты и полуторные окислы осаждают аммиаком. Осадок гидроокисей алюминия и железа фильтруют и промывают горячей водой. Осадок гидроокисей растворяют на фильтре горячим раствором HCl (1:1). Фильтрат собирают в коническую колбу емкостью 250 мл и нейтрализуют аммиаком до появления слабой мутности, которую растворяют несколькими каплями соляной кислоты. После этого добавляют еще 1 мл HCl и охлаждают. К охлажденному раствору добавляют 2 г KI , взбалтывают для его растворения, накрывают стакан часовым стеклом и ставят на 5 мин в темное место во избежание разложения KI на свету и титруют 0,01 н. раствором тиосульфата. Содержание Fe_2O_3 находят по формуле

* Можно сплавлять со смесью буры и соды.

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{V \cdot 0,0008 \cdot 100}{g} \%,$$

где V — объем 0,01 н. раствора тиосульфата, мл; g — вес абсолютно сухой пробы, г; 0,008 — коэффициент пересчета на Fe_2O_3 .

§ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРНОГО АНГИДРИДА

Оборудование и материалы: см. гл. II, § 14.

Ход работы. В фарфоровую чашку помещают 1 г цемента и смачивают 10 мл воды. Затем при непрерывном помешивании приливают в чашку 15 мл HCl ($\rho=1,19$), выпаривают содержимое чашки досуха на водяной бане и продолжают нагревать на бане до полного удаления запаха хлористого водорода. После охлаждения сухой остаток смачивают 5 мл HCl ($\rho=1,19$). Через 10—15 мин приливают 30 мл горячей дистиллированной воды. Выпавший осадок кремнекислоты фильтруют и промывают до полного удаления ионов хлора. Осадок с фильтром выбрасывают, а фильтрат нагревают до кипения и осаждают ион SO_4^{2-} 10 мл 10%-ного раствора BaCl_2 .

Раствор отстаивают в течение 6—12 ч, после чего его фильтруют и промывают горячей водой до удаления иона хлора. Осадок BaSO_4 с фильтратом высушивают и озоляют в муфельной печи до постоянного веса.

Содержание серного ангидрида определяют по формуле

$$\text{SO}_2 = \frac{g_1 \cdot 0,343 \cdot 100}{g} \%$$

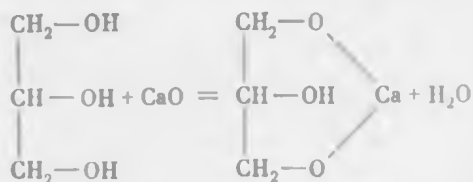
где g_1 — вес BaSO_4 , г; 0,343 — коэффициент пересчета BaSO_4 на SO_2 ; g — абсолютно сухая навеска цемента, г.

§ 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОЙ ОКИСИ КАЛЬЦИЯ

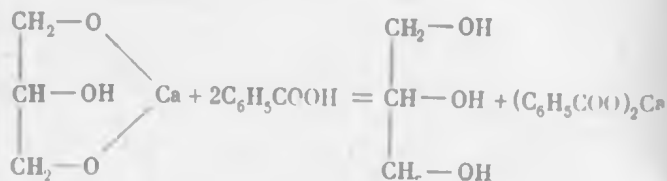
При обжиге смесей (содержащих избыточное количество окиси кальция) для производства портландцемента последняя не полностью вступает в реакцию в процессе

обжига и остается в свободном состоянии. Свободная окись кальция может содержаться в цементном клинкере в результате неполного обжига и грубого помола сырья. Количество свободной СаО в портландцементе не должно превышать 1—2%. В противном случае она частично уменьшает прочность цемента. При определении свободной СаО нельзя пользоваться водными растворами, так как за счет гидролиза силикатов кальция образуется дополнительно свободная СаО.

Наиболее распространенным методом является метод определения свободной СаО при помощи смеси безводного глицерина со спиртом. Окись кальция при взаимодействии с глицерином образует глицерат кальция



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



Оборудование и материалы: аналитические весы с разновесом; стеклянный бюкс; бюретка; пипетки; конические колбы; спирто-глицериновый растворитель; 0,1 н. раствор бензойной кислоты; чистый спирт и безводный глицерин.

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°C 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 добавляют 2—3 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 слабо-розовое 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 розового окраски и снова титруют раствор. Титрование и нагревание прекращают, как только навеска полностью растворится.

Титр раствора бензойной кислоты вычисляют по формуле

$$T_{C_6H_5COOH/CaO} = g/V,$$

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 высыплют 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 до полного исчезновения розовой

окраски. Окраска не должна появляться при нагревании в течение 20 мин.

Содержание свободной окиси кальция находят по формуле

$$\text{CaO}_{\text{св}} = \frac{VT_{\text{CaO}} \cdot 100}{g} \%$$

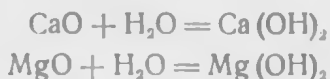
где V — объем 0,1 н. раствора бензойной кислоты, израсходованной на титрование, мл; T_{CaO} — титр бензойной кислоты по CaO ; g — абсолютно сухая навеска цемента, г.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ИЗВЕСТИ

§ 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ АКТИВНЫХ ОКИСИ КАЛЬЦИЯ И ОКИСИ 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:



Оборудование и материалы: агатовая ступка; аналитические весы с разновесом; бюретка; пипетка; коническая колба; стеклянные бюксы; 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 HCl до полного обесцвечивания раствора. Титрование считает-

ся законченным, если по прошествии 5 мин окраска не появится.

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

$$\text{CaO} + \text{MgO} = \frac{kV0,02804 \cdot 100}{g} \%$$

а для извести-пушонки

$$\text{CaO} + \text{MgO} = \frac{kV0,02804 \cdot 100^2}{g(100 - w)} \%$$

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%. Определение ведут 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: аналитические весы с разновесом; бюретки; пипетки; конические колбы; 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 .

Содержание активной окиси кальция находят по формуле

$$\text{CaO}_{\text{акт}} = \frac{kV0,02804 \cdot 100}{g} \%$$

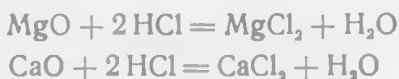
где k — поправка к 1 н. раствору HCl ; V — объем 1 н.

раствора HCl; 0,02804 — титр 1 н. раствора HCl по CaO;
g — навеска извести, г.

§ 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКТИВНОЙ ОКСИ МАГНИЯ

Содержание активной окиси магния может быть определено двумя методами: трилонометрическим (см. гл. II, § 10) и ускоренным методом с применением тимолфталейната 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: аналитические весы с разновесом; часовое стекло; коническая колба; 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 2 сут., затем фильтруют и определяют его титр.

Навеску около 2 г свежепрокаленной окиси магния отвешивают на аналитических весах и растворяют в конической колбе в 15 мл 1 н. раствора HCl. 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

$$T_{MgO} = g/V,$$

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 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 содержимое колбы нейтрализуют 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.

Содержимое активной MgO определяют по формуле

$$MgO_{\text{акт}} = \frac{T_{MgO} V \cdot 100}{g} \%$$

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.

§ 23. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ДОБАВОК

К активным минеральным гидравлическим добавкам относятся природные или искусственно полученные вещества, тонкоизмельченная смесь которых с воздушной известью, затворенная водой, образует тесто, которое после затвердения на воздухе продолжает твердеть под водой.

Природными гидравлическими добавками являются туфы, пеплы, трассы, пемзы, перлиты, диатоматы, трепелы, опоки, глиежи и т. д. К искусственным гидравлическим добавкам относятся металлургические и топливные шлаки, обожженные глинистые и углистые сланцы, отходы кремнезема при извлечении из глин окиси алюминия (глинозема).

Гидравлические добавки содержат в основном активный кремнезем SiO_2 , который в водной среде реагирует с CaO и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и образует сначала силикаты, а затем и гидросиликаты кальция, превращающие смесь воздушной извести с гидравлическими добавками в массу, способную твердеть не только на воздухе, но и продолжающую твердеть в водной среде. При взаимодействии кислых гидравлических добавок с портландцементом добавки реагируют с образующейся во время гидролиза клинкерных минералов гидроокисью кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуя гидросиликаты кальция, повышающие антикоррозионные свойства цементного камня. Прибавление гидравлических добавок к портландцементу значительно удешевляет его стоимость, не снижая свойств вяжущего вещества.

Основной характеристикой гидравлических добавок является их химическая активность. Активность добавок характеризуется количеством CaO (мг), поглощенным из известкового раствора 1 г добавки в течение 30 сут. В табл. 2 приведена минимально допустимая активность некоторых гидравлических добавок.

Сущность метода определения активности гидравлических добавок заключается в следующем. Если в строго определенное количество титрованного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ поместить на определенный промежуток времени навеску гидравлической добавки, то она, реагируя с гидроокисью кальция, поглотит из раствора некоторое количество последнего, в результате чего концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в растворе уменьшится. Определив оставшееся в растворе количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и установив разность между первоначальным и конечным содержанием его в растворе, можно подсчитать количество гидрата окиси кальция, поглощенного введенной в раствор навеской гидравлической добавки за время пребывания ее в растворе. Изменение концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в растворе определяют титрованием этого раствора титрованным раствором соляной кислоты.

Таблица 2

Активность минеральных гидравлических добавок

Группа добавок	Наименование добавок	Активность добавок по поглощению извести из известкового раствора в течение 30 сут., не менее, $мг\ CaO$ на 1 л добавки
Природные добавки осадочного происхождения	Диатомиты, трепелы, опоки	150
	Глинежи	30
Природные добавки вулканического происхождения	Песлы, туфы вулканические, пемзы	50
	Трассы	60
Искусственные добавки	Кремнеземистые отходы	200
	Обожженная глина, топливные золы и шлаки	50

Оборудование и материалы: аналитические весы с разновесом; весы технические с разновесом; сушильный шкаф с термометром; фарфоровая ступка с пестиком; сито с сеткой № 008; агатовая ступка с пестиком; стеклянные банки с притертыми пробками емкостью 100—200 см³; градуированный мерный цилиндр емкостью 150 мл с притертой пробкой; стеклянные бутылки емкостью 20—25 л; хлоркальциевые трубки, натронная известь; вата; бюретка; соединительные стеклянные трубки; лабораторные штативы; капельница; склянки емкостью 100—150 мл, коническая колба емкостью 250 мл; пипетка емкостью 50 мл; часовое стекло; мягкая кисточка; глянцевая бумага; соляная кислота ($\rho=1,19$); окись кальция; деревянный молоток; плоскодонная керамическая чашка; метилоранж.

Ход работы. Для приготовления насыщенного титрованного раствора гидроокиси кальция 50 г CaO помещают в бутылку емкостью 20—25 л; последнюю наполняют дистиллированной водой, закрывают плотно пробкой, в которую вставлена наполненная натронной известью хлоркальциевая трубка. Содержимое бутылки тщательно взбалтывают не менее 2—3 раз в сутки и через 3 сут. определяют титр этого раствора, для чего от общего количества приготовленного раствора отфильтровывают около 150 мл. Затем 50 мл фильтрата переносят в коническую колбу и титруют 0,15 н. 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 пригоден для работы. Его

фильтруют в чистую бутылку, плотно закрывают резиновой пробкой с наполненной натронной известью хлоркальцевой трубкой. Перенеся раствор в чистую бутылку, повторно определяют титр этого раствора 0,05 н. раствором HCl . Титр этого раствора выражают в количестве CaO , содержащемся в 1 мл раствора. Титр раствора записывают на этикетке, приклеенной к бутылке с раствором.

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

Среднюю пробу испытуемой гидравлической добавки измельчают на куски величиной примерно 1 см в диаметре, отбирают 50—100 г измельченного материала, высушивают в сушильном шкафу при 105—110° С, и 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 и помещают в стеклянную банку с хорошо притертой пробкой, в которой и хранят до испытания.

Для определения навеску высыпают на глянцевую бумагу, с которой переносят в сухой градуированный цилиндр емкостью 100 мл с притертой пробкой. Затем в цилиндр, пользуясь бюреткой, присоединенной к бутылке с раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$, наливают 100 мл титрованного раствора извести. Цилиндр закрывают пробкой и сильно взбалтывают так, чтобы вся навеска была хорошо смочена раствором извести. Через 1 сут. содержимое цилиндра повторно энергично взбалтывают. Первое титрование известкового раствора проводят через 2 сут.

Из мерного цилиндра, где находится навеска добавки и раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$, осторожно отбирают мерной пипеткой, чтобы не взмутить осадок, 50 мл известкового раствора и переносят его в коническую колбу емкостью 250 мл. В колбу добавляют 2—3 капли раствора метилоранжа и титруют раствором HCl . Результаты титрования записывают в журнал.

В цилиндр с осадком из бюретки опять добавляют 50 мл титрованного известкового раствора и затем на

1 сут. оставляют в покое. После этого раствор повторно взбалтывают и через 2 сут. с момента прибавления в цилиндр 50 мл раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ отбирают пипеткой 50 мл раствора и снова титруют HCl . Затем снова добавляют 50 мл свежего раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, хорошо взбалтывают, через 1 сут. опять взбалтывают, а через 2 сут. отбирают пробу и титруют HCl . Каждое следующее титрование раствора повторяют через 2 сут. в течение 30 сут., т. е. в общем проделывают 15 титрований.

Одновременно с титрованием следят за количеством осадка в цилиндре (его объемом), что также записывают в журнал испытаний. Если осадок в цилиндре набухает так сильно, что препятствует отбору 50 мл раствора, определение повторяют заново с уменьшенной наполовину навеской исследуемого вещества (равной 1 г) и последующим перерасчетом результатов определения.

Результаты определения записывают по форме табл. 3.

Таблица 3

Наименование гидравлической добавки
Титр соляной кислоты по CaO^*
Содержание CaO в 50 мл известкового раствора

№ титрования	Месяц и число	Количество HCl на 50 мл раствора, мл	Количество CaO , оставшееся в 50 мл раствора, мг	Количество CaO , оставшееся в 50 мл раствора после добавления раствора извести, мг	Количество CaO , поглощенное 1 г добавки за 2 сут., мг	Объем осадка, мл
1	3	3	4	5	6	7
1		V	A	B	B	
2		V_1	A_1	B_1	B_1	
3		V_2	A_2	B_2	B_2	
...	...	...	...	...	...	...
15		V_{14}	A_{14}	B_{14}	B_{14}	

* Титр HCl выражается в мг CaO , соответствующих 1 мл раствора HCl ; титр известкового раствора — в мг CaO .

При первом титровании количество 0,05 н. HCl , израсходованного на титрование первой отобранной из цилиндра пробы, записывают в гр. 3. Умножая это количество титрованного раствора HCl на его титр, выраженный в мг CaO , получают количество мг CaO , заключающихся в 50 мл раствора A, отобранного из цилиндра,

т. е. половина оставшегося, не поглощенного добавкой $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Этот результат записывают в гр. 4:

$$A = VT_{\text{CaO}},$$

где T_{CaO} — титр 0,05 н. HCl по CaO .

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 (B). Это количество CaO представляет собой среднее арифметическое из количества CaO , прилитого с новой порцией раствора (y) и того количества CaO , которое было установлено титрованием (A) в отобранном из цилиндра растворе

$$B = \frac{A + y}{2}; \quad B = \frac{A_1 + y}{2} \text{ и т. д.}$$

В гр. 6 записывают количество mg CaO (B), которое было поглощено 1 г гидравлической добавки за 2 сут. Это количество при первом титровании составит разницу между содержанием CaO в 50 мл титрованного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — y и содержанием того количества CaO , которое оттитровывается в 50 мл раствора, отобранного из цилиндра и записанного в гр. 4,

$$B = y - A.$$

Расчет ведут на 1 г, так как титруется только 50 мл из 100 мл раствора.

При последующих титрованиях, например втором, в гр. 6 заносят разность между значением гр. 6 предыдущего определения (B) и значением гр. 4 данного титрования (A_1)

$$B_1 = B - A_1$$

для третьего титрования

$$B_2 = B_1 - A_2 \text{ и т. д.}$$

$$\sum B = B + B_1 + B_2 + \dots + B_n,$$

где B — активность добавки.

При одинаковой величине активности за 30 сут. испытаний более активной добавкой считается та, которая в первое время испытаний поглощает большее количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из раствора.

Температура растворов при испытании должна быть $20 \pm 1^\circ \text{C}$.

Определение общих физико-механических свойств

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ, УДЕЛЬНОГО И ОБЪЕМНОГО ВЕСОВ

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

Плотностью называют отношение массы вещества к занимаемому им объему

$$\rho = m/V \text{ г/см}^3,$$

где m — масса, г; V — объем, см^3 .

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

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

где g — вес материала, г; V — истинный объем, см^3 .

В существующей литературе и ГОСТах при характеристике жидких материалов — нефтепродуктов, смазочных масел и т. д., обычно указывают их плотность; при характеристике твердых и сыпучих материалов — их удельный вес. 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. Так, в системе СИ плотность имеет размерность кг/м^3 , а удельный вес н/м^3 (ньютон на метр кубический): $1 \text{ кгс/м}^3 = 9,8066 \text{ н/м}^3$.

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

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

где g — вес материала, г; V — естественный объем, см^3 .

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. 4 приведены удельные веса некоторых строительных материалов. Чем больше пористость материала, тем меньше объемный вес.

Таблица 4

Удельный и объемный веса некоторых строительных материалов

Материал	Удельный вес, g/cm^3	Объемный вес, g/cm^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
Мипора (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

При практическом определении объемного веса приходится сталкиваться с двумя видами пористости — 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 величины плотности (точнее уплотненности) материала, т. е. степени заполнения материалом его объема. Плотность

(уплотненность) находится путем деления объемного веса на удельный:

$$\rho' = \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{уд}} \cdot 100\%$$

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ

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

Определение плотности денсиметрами. Денсиметр (ареометр) представляет собой стеклянный, запаянный с двух концов полый цилиндр, один конец которого вытянут в виде трубки (рис. 9). В конце запаянного цилиндра находится груз, а в удлиненном конце помещена шкала с делениями, указывающими абсолютное значение плотности.

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° С, к плотности воды при температуре 4° С. Если плотность измеряется при другой температуре, то ее находят по формуле

$$\rho_4^{20} = \rho_t^t + \gamma(t^\circ - 20),$$

где ρ_t^t — плотность при t° ; γ — температурная поправка, определяемая по таблицам для соответствующих жидкостей.

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

Определение плотности на весах Вестфalia. Весы Вестфalia (рис. 10) 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. К каждому поплавку прилагается набор, состоящий из двух одинаковых больших разновесов, любая из которых по весу равна весу вытесняемой поплавком воды при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и из нескольких грузиков в 10, 100 и 1000 раз легче большой разновески.

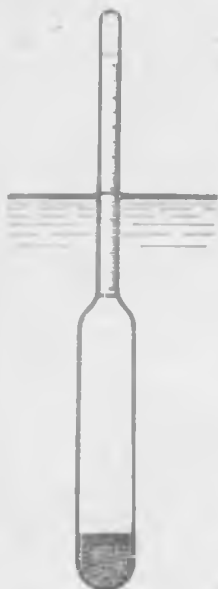


Рис. 9. Денсиметр

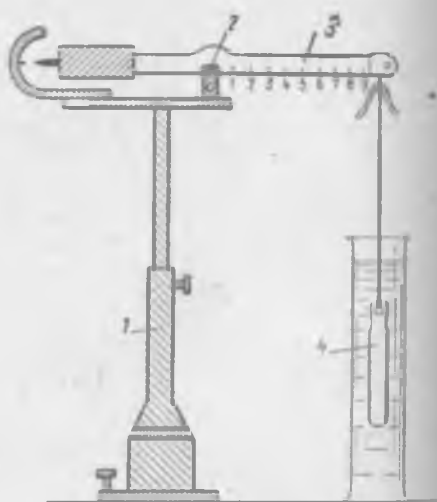


Рис. 10. Весы Вестфалья

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°C) 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, последние приводят в состояние равновесия: первая гиря — 1 — показывает десятки долей, 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°C ; $\rho_{возд}$ — плотность воздуха при температуре 20°C ; ρ — плотность жидкости, определенная на весах; $\Delta\rho$ — поправка для перевода ρ_4^{20} ; γ — температурная поправка (находят по таблице).

Определение плотности пикнометром.

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, численно равный объему пикнометра при температуре 20°C . После этого пикнометр сушат и заполняют испытуемой жидкостью немного выше метки. Пикнометр с жидкостью ставят в термостат, нагретый до температуры 20°C , закрывают пробкой, выдерживают до тех пор, пока уровень жидкости не перестанет изменяться. Далее кусочком фильтровальной бумаги отбирают избыток жидкости, причем верхний конец мениска должен находиться над чертой пикнометра. Пикнометр, наполненный жид-

костью, взвешивают на аналитических весах. Плотность вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{g_2 - g_1}{g} \text{ г/см}^3,$$

где g_2 — вес пикнометра с исследуемой жидкостью, г;
 g_1 — вес пустого пикнометра, г; g — водное число, см^3

§ 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. Последнее производится в том случае, когда испытуемый материал взаимодействует с водой (магнезит, доломит и др.). Само определение в этом случае ведут в жидкости, инертной по отношению к данному материалу (бензоле, толуоле, ксилоле, бензине и керосине).

Для определения удельного веса пробу испытуемого материала отбирают 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°C 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; сушильный шкаф; аналитические весы; технические весы; агатовая ступка; 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.

тических весах. Затем через воронку или специальным совочком помещают в пикнометр примерно 4—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.

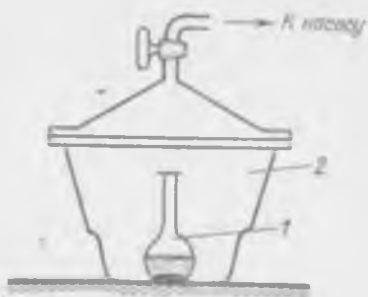


Рис. 11. Удаление воздуха из образца

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 1 помещают под колокол вакуум-установки или на дно эксикатора 2 (рис. 11), имеющего в крышке кран для откачки воздуха. 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 выливают, хорошо промывают, высушивают и наполняют соответствующей жидкостью до метки. Пикнометр с жидкостью снова взвешивают.

Удельный вес вычисляют по формуле

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

где g_0 — вес пустого пикнометра, г; g_1 — вес пикнометра с навеской, г; $\rho_{ж}$ — плотность жидкости, г/см³; g_2 — вес пикнометра с жидкостью, г; g_3 — вес пикнометра с жидкостью и навеской, г.

Результаты опыта записывают по форме, приведенной в табл. 5.

Таблица 5

Определение удельного веса

Температура, град	Материал	Вес пустого пикнометра G_1 , г	Вес пикнометра с жидкостью G_2 , г	Вес пикнометра с жидкостью G_3 , г	Вес пикнометра с жидкостью и образцом G_4 , г	Плотность жидкости $\rho_{ж}$, г/см ³	Вес образца $G_1 - G_2$, г	Вес жидкости, вытесняемой образцом материала $G_3 - G_2 - G_4$, г	Объем вытесненной жидкости $V = \frac{G_3 - G_2 - G_4}{\rho_{ж}}$, см ³	Удельный вес материала $\gamma = \frac{G_1 - G_2}{V}$
-------------------	----------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---	---	-----------------------------	--	---	---

Удельный вес многих строительных материалов, вяжущих веществ и цемента определяют при помощи специального пикнометра (гл. IV, § 11).

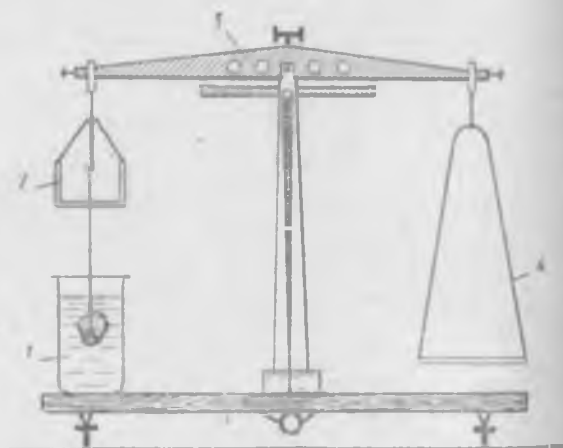


Рис. 12. Весы Архимеда

Для определения удельного веса методом гидростатического взвешивания пользуются весами Архимеда (рис. 12), состоящими из коромысла 3, чашки весов для разновеса 4 и приспособления 2 для гидростатического

взвешивания с крючком для подвешивания испытуемого образца. Под приспособление 2 ставят стакан 1 с водой или какой-либо другой жидкостью. Данным способом определяют удельный вес только тех материалов, которые обладают совершенной плотностью (стекла, фарфора, естественных горных пород 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; аналитические весы с разновесом (взвешивание можно производить и на весах Архимеда); стакан; вода или соответствующая жидкость; нить для подвешивания образца.

Ход работы. При определении удельного веса от испытуемого материала откалывают кусочек объемом примерно $5-20 \text{ см}^3$ 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

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

где g — вес образца в воздухе, g ; $g_{\text{ж}}$ — вес образца в жидкости, g ; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, г/см^3 .

Нить, на которой подвешен образец, должна быть достаточно тонкой, чтобы весом ее можно было пренебречь. Определение удельного веса производят на нескольких образцах и далее находят среднее значение. Результаты испытаний записывают по форме табл. 6.

Таблица 6

Определение удельного веса

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

§ 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: чашечные или технические весы с разновесом; пила для металла; штангенциркуль.

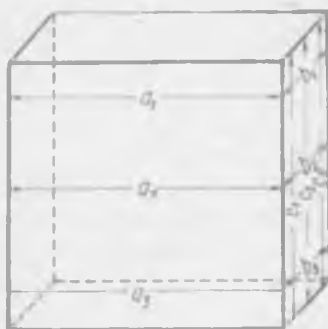


Рис. 14. Измерение образца в форме параллелепипеда или куба

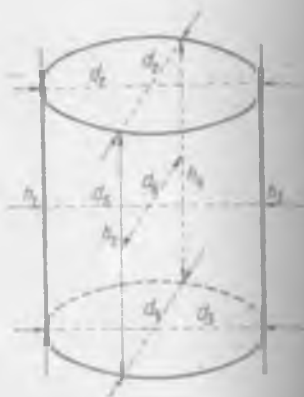


Рис. 14. Измерение образца цилиндрической формы

Ход работы. Определение объема образцов правильной геометрической формы производят путем замера. В противном случае из них вырезают пилой для металла кубы размером $50 \times 50 \times 50$ мм, а для пористых материалов — $70 \times 70 \times 70$ мм. Размеры образца измеряют штангенциркулем. Если образец имеет форму параллелепипеда или куба, то производят три измерения с точностью до 0,1 мм: длины, ширины и высоты, причем каждую грань измеряют в трех местах (рис. 13) и находят среднее значение. Перемножив значение высоты, длины и ширины, вычисляют объем образца. После этого образец взвешивают. Если образец весит менее 500 г, то точность взвешивания 0,1 г; более 500 г — точность взвешивания 1 г.

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. 14). 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 веса производят на нескольких образцах, из которых затем находят среднее значение. Результаты испытаний записывают по форме табл. 7.

Таблица 7

Определение объемного веса

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 геометрической формы производят так же, как и удельного веса, путем измерения (или вычисления) объема жидкости, вытесненной образцом или путем гидростатического взвешивания.

Оборудование и материалы: теххимические весы с разновесом; объемомер; вакуум-насос или эксикатор для вакуума; парафин; химические стаканы; 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 парафин застыть, снова взвешивают и вычисляют объем парафина по формуле

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

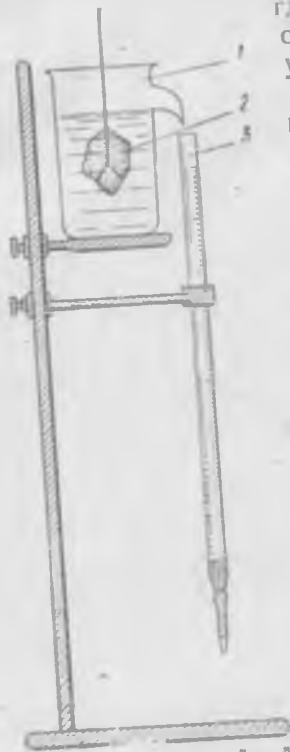


Рис. 15. Простейший объеммер

бирки можно использовать обычную бюретку, наполнив ее водой до нижнего деления).

На рис. 16 изображен объеммер, представляющий собой цилиндрический стеклянный сосуд 1 с краном 2. Сосуд закрывают шлифованной крышкой 3 с воронкой 4, в нижнем конце которой нанесена черта 5. 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.

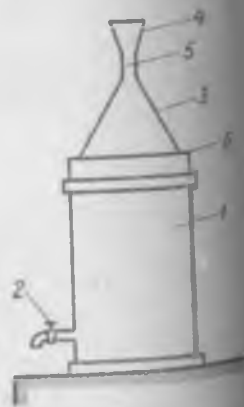


Рис. 16. Объеммер

где g — вес образца, г; V — объем 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

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

где g — вес образца без парафина, г; V — объем образца с парафином, см³; V_n — объем парафина, см³.

Для определения объема можно пользоваться любым объеммером. Наиболее простой объеммер представлен на рис. 15. 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 заранее взвешенный образец 2. Вытесненная жидкость стекает в мерную пробирку 3 (вместо мерной про-

Сняв крышку, в жидкость помещают взвешенный образец. Закрывают крышку, накладывая на нее металлическое кольцо 6, и из взвешенного стакана через воронку доливают жидкость до метки 5. Остаток жидкости взвешивают со стаканом.

Объем жидкости находят по формуле

$$V_{ж} = \frac{g_1 - g_2}{\rho_{ж}} \text{ см}^3,$$

где g_1 — вес стакана с жидкостью, г; g_2 — вес стакана с жидкостью после долива ее в прибор, г; $\rho_{ж}$ — плотность жидкости, г/см³.

Объемный вес определяют по формуле

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

где g — вес образца, г; $V_{ж}$ — объем вытесненной жидкости, см³.

Образцы, имеющие открытые поры небольшого размера, насыщают водой или путем кипячения в течение 2 ч, или под вакуумом. Объемный вес находят либо при помощи гидростатического взвешивания (см. гл. III, § 3), либо определения объема вытесненной жидкости объеммером.

Определение объемного веса сыпучих материалов.

Оборудование и материалы: весы, взвешивающие до 40 кг; цилиндрический сосуд емкостью в 2, 10 или 20 л; совок или наклонный лоток; металлическая линейка и вибратор.

Ход работы. Объемный вес сыпучих материалов определяют путем взвешивания определенного объема материала. При определении объемного веса мелкозернистых материалов (песка) берут цилиндрический сосуд объемом 2 л и взвешивают на чашечных весах. Из специальной воронки по наклонному лотку или просто совком насыпают в сосуд материал. Расстояние от наклонного лотка до сосуда должно быть 50 мм (рис. 17). Избыток материала снимают линейкой. Сосуд с материалом взвешивают и определяют вес 2 л материала. Разделив вес на объем, находят объемный вес. Для крупнозернистых материалов (гравия, гальки, щебня и т. д.) берут цилиндрический сосуд емкостью 10 л при величине зерен до 40 мм и 20 л при величине зерен более 40 мм.

Объемный вес сыпучих материалов определяют таким же путем и в уплотненном состоянии. В этом случае сосуд с материалом устанавливают на вибратор. По мере утрямывания материала добавляют новые порции материала до тех пор, пока сосуд полностью не наполнится.

Объемный насыпной вес находят по формуле

$$\gamma_{об.н} = \frac{g_2 - g_1}{V} \text{ г/см}^3,$$

где g_2 — вес сосуда с материалом, г; g_1 — вес пустого сосуда, г; V — объем сосуда, см³.

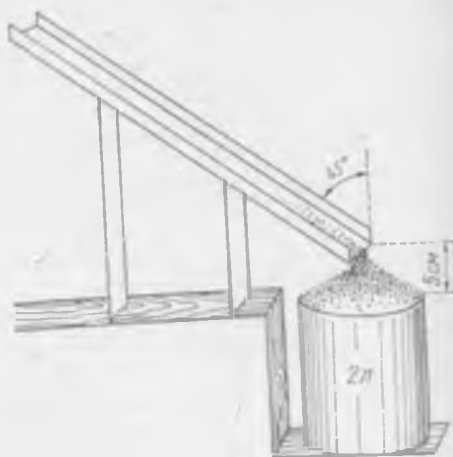


Рис. 17. Определение объемного веса сыпучих материалов

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Водопоглощением называют отношение веса воды, поглощенного образцом материала, к его весу (весовое водопоглощение w_v) или объему (объемное водопоглощение $w_{об}$), выраженное в процентах

$$w_v = \frac{g_1}{g} \cdot 100\%, \quad w_{об} = \frac{g_1}{V} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес поглощенной воды, г; g — вес образца, г; V — объем образца, см³.

Водопоглощение зависит от наличия в материале открытых пор.

Для большинства строительных материалов определяют весовое водопоглощение (табл. 8).

Таблица 8

Величина весового водопоглощения некоторых строительных материалов

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

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; технические весы; ванна для воды; химические стаканы и фильтровальная бумага.

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

1. Из природных камней, сплошных бетонных изделий и фасадных бетонных плит вырезают кубики размером $5 \times 5 \times 5$ см или $10 \times 10 \times 10$ см, а из фасадных керамических 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°C , 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 в течение 24 ч. Затем образцы вы-

нимают из воды, вытирают тканью и взвешивают на технических весах.

2. Определение водопоглощения облицовочных плиток производят 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°С 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. гл. III, § 3). Если образец реагирует с водой, то его вакуумируют в кerosине.

Водопоглощение определяют по формуле

$$w_w = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%$$

где g — вес сухого образца, г; g_1 — вес образца после водопоглощения, г; w_w — водопоглощение, %.

Результаты испытаний записывают по форме табл. 9.

Таблица 9

Определение песового водопоглощения

Материал	Вес сухого образца g , г	Вес образца после водопоглощения g_1 , г	Водопоглощение w_w , %
----------	----------------------------	--	--------------------------

Одновременно с водопоглощением определяют «кажущуюся» пористость по формуле

$$P_k = \frac{g_1 - g}{g_1 - g_2} \cdot 100\%$$

где g — вес сухого образца в воздухе, г; g_1 — вес насыщенного водой образца, г; g_2 — вес насыщенного водой образца в воде, г.

При практическом определении «кажущейся» пористости образец, насыщенный водой, сначала взвешивают в воздухе на технических весах, а затем в воде, пользуясь весами Архимеда.

Истинную (общую) пористость вычисляют по формуле

$$P_{\text{ист}} = \frac{\gamma_{\text{уд}} - \gamma_{\text{об}}}{\gamma_{\text{уд}}} \cdot 100\%$$

где $\gamma_{\text{уд}}$ — удельный вес образца, г/см³; $\gamma_{\text{об}}$ — объемный вес образца, г/см³.

Закрытую пористость вычисляют по формуле

$$P_z = P_{\text{ист}} - P_k \%$$

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ

Наиболее универсальным испытанием для большинства строительных материалов является определение предела прочности при сжатии, для чего используют прессы различных систем и мощности. Выбор прессы зависит от свойств того или иного материала и указаний ГОСТа. Методика определения не зависит от типа прессы.

Форма и размеры образцов указываются в ГОСТе на испытание соответствующих материалов. Так, кубики для испытания цемента должны иметь размеры 70 × 70 × 70 мм; кубики для испытания бетона в зависимости от наполнителя — 100 × 100 × 100; 150 × 150 × 150; 200 × 200 × 200 и 300 × 300 × 300 мм. При испытании строительного кирпича последний распиливают пополам и склеивают слоем цемента в 5 мм (поверхность образца также выравнивают цементным раствором). Керамические блоки, пустотелый, лицевой и другие виды кирпича испытывают целиком без распиловки. Поверхность их также выравнивают цементным раствором. Чаще испытание ведут на войлочной прокладке толщиной 10 мм.

При определении предела прочности при сжатии записывают показания манометра в момент разрушения образца $P_{\text{об}}$ и умножают на площадь поршня (плунжера) $S_{\text{об}}$, получая величину максимальной нагрузки

$$P_{\text{мах}} = P_{\text{об}} S_{\text{об}} \text{ кгс},$$

где $P_{\text{мах}}$ — максимальная нагрузка. Предел прочности при сжатии определяют по формуле

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

ка начнет двигаться по шкале, сокращают скорость подачи масла до величины 1 тс/сек (вращением вентиля вправо).

После разрушения образца выключают электродвигатель, снимают показания контрольной стрелки и открывают вентиль «сброс» 13, выпуская масло из гидросистемы в резервуар насосной установки, после чего закрывают вентиль регулятора скорости и снимают образец с нижней плиты пресса.

После испытания рассчитывают предел прочности при сжатии. Силовой измерительная головка (шкала) тарирована непосредственно на величину нагрузки (кгс), поэтому умножать показание стрелки на площадь поршня (плунжера), как это имеет место в прессах многих других систем, не нужно.

Если максимальная нагрузка (показания контрольной стрелки) при разрушении образца равна 33 000 кгс, а площадь поперечного сечения образца — 300 см², то предел прочности при сжатии будет $33000:300 = 110 \text{ кгс/см}^2$.

§ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ

Для определения предела прочности при изгибе можно пользоваться прессами армавирского завода РСУ-2,5 или РСУ-10 с величиной максимальной нагрузки соответственно 2,5 и 10 т. Устройство этих прессов и принцип действия такой же, как пресса РСУ-50.

Для определения предела прочности при изгибе используют опорную плиту (нижнюю) с двумя катками, находящимися друг от друга на соответствующем расстоянии, на противоположной плите имеется «нож» изгиба (или два ножа).

Оборудование и материалы: пресс, плита с опорами и ножом изгиба, образцы для испытаний, масло и ветошь.

Ход работы. Образцы изготовляют согласно ГОСТ Кирпич, например, при испытании укладывают плашмя на две опоры, расположенные на расстоянии 200 мм. На кирпиче перед испытанием за 3—4 сут. по уровню наносят три полосы из цементного теста: одну — в месте приложения нагрузки и две — в местах, где образец опирается на катки. Чаше кирпич кладут на войлок.

толщиной 100 мм и сверху также накрывают войлоком. Перед испытанием точно измеряют ширину и толщину испытуемого образца и устанавливают необходимое расстояние между опорами. Это расстояние при испытании кирпича равно 200 мм; при испытании балочек из бетона размером $150 \times 150 \times 150$ мм — 450 мм (балочки из бетона испытывают двумя сосредоточенными грузами с расстоянием между точками приложения грузов в 150 мм).

При испытании балочек, изготовленных из древесины размером $20 \times 20 \times 300$ 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 ноже) находят по формуле

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

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

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

где P — разрушающая 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 древесины, строительные стали, пластические массы, рулонные кровельные материалы и цемент. Испытание производят на разрывных машинах различных конструкций (за исключением испытания гипса).

Нагрузка на образец на разрывной машине Р-5 (рис. 19) 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 силовой измеритель 3 нагрузку, действующую на испытуемый образец. Кроме электродвигателя, машина имеет ручной

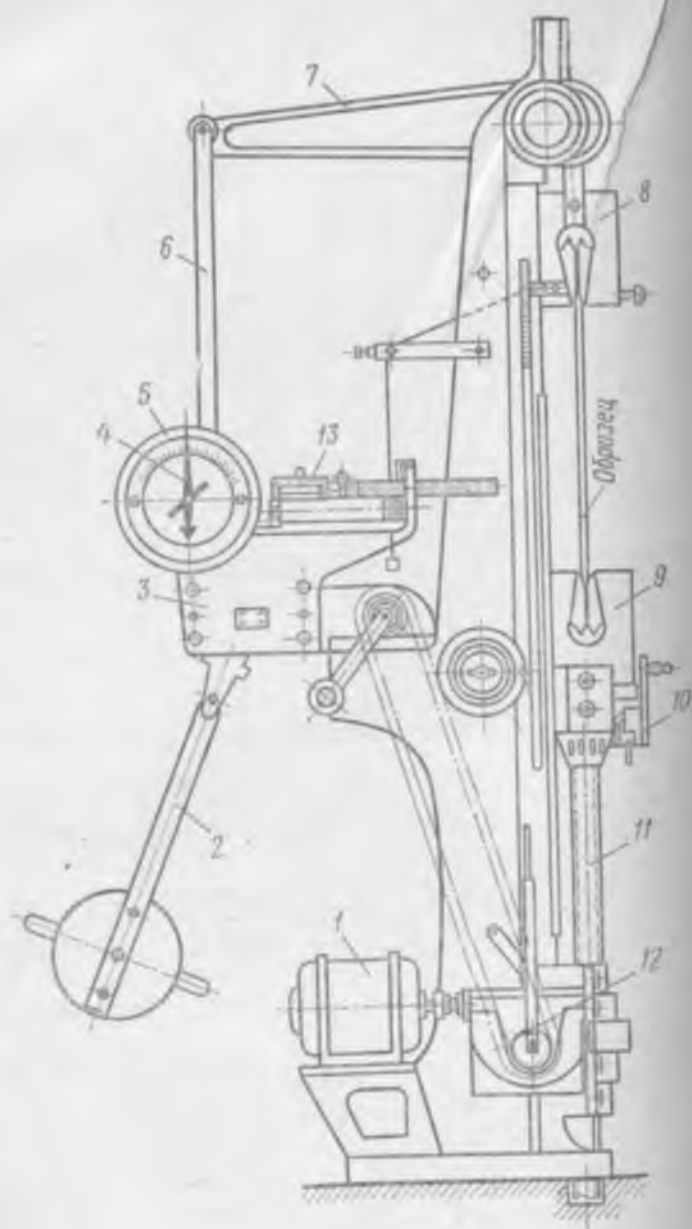


Рис. 19. Разрывная машина марки Р-5

привод 10, посредством которого можно также осуществлять нагрузку на образец с необходимой скоростью. Силоизмеритель состоит из маятника 2, циферблата 5 и указательной стрелки 4. На машине можно испытывать образцы под нагрузкой 250—500, 500—1000, 1000—2500 и 2500—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 испытываемые материалы). Образцы изготовляют 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 разрушения образца или до момента, когда стрелка силоизмерителя начнет двигаться в обратную сторону. Скорость нарастания нагрузки или движения зажима определяют соответствующим ГОСТом на испытываемый материал.

На циферблате силоизмерителя фиксируют максимальную нагрузку и вычисляют предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) по формуле

$$\sigma_{\text{раст}} = \frac{P_{\text{max}}}{S_0},$$

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

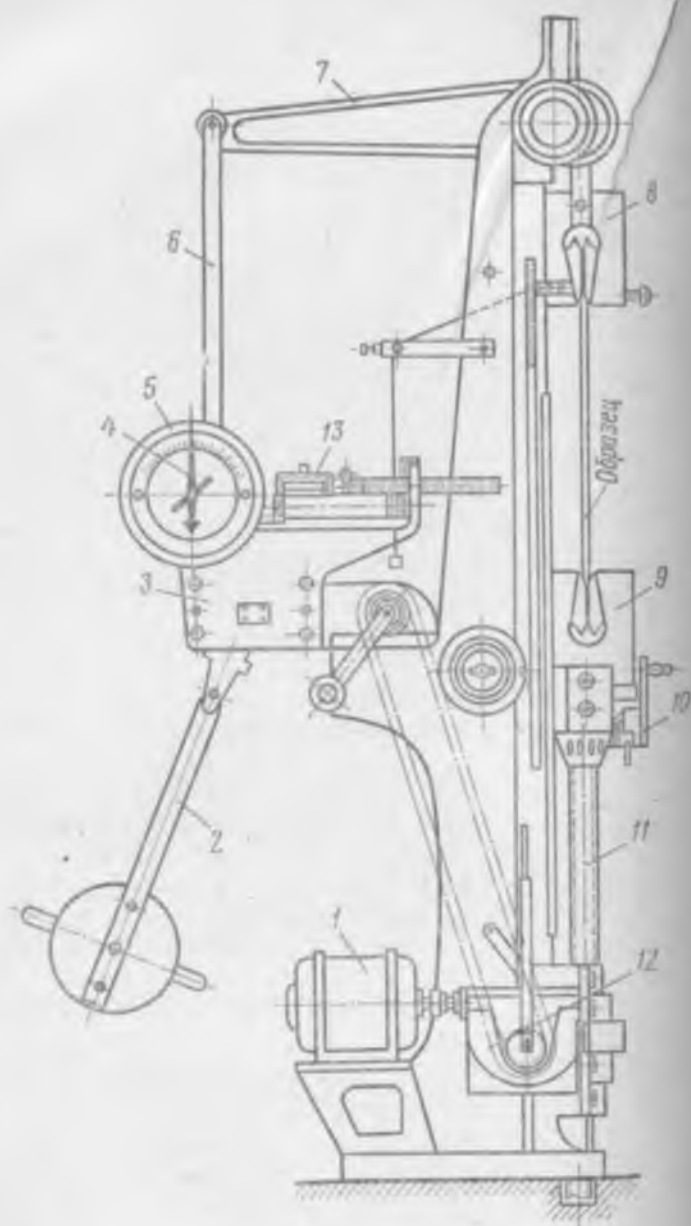


Рис. 19. Разрывная машина марки Р-5

привод 10, посредством которого можно также осуществлять нагрузку на образец с необходимой скоростью. Силоизмеритель состоит из маятника 2, циферблата 5 и указательной стрелки 4. На машине можно испытывать образцы под нагрузкой 250—500, 500—1000, 1000—2500 и 2500—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 испытываемые материалы). Образцы изготовляют 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 разрушения образца или до момента, когда стрелка силоизмерителя начнет двигаться в обратную сторону. Скорость нарастания нагрузки или движения зажима определяют соответствующим ГОСТом на испытываемый материал.

На циферблате силоизмерителя фиксируют максимальную нагрузку и вычисляют предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) по формуле

$$\sigma_{\text{раст}} = \frac{P_{\text{max}}}{S_0},$$

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

Вяжущие вещества

Вяжущими веществами в строительном деле принято называть такие тонкомолотые вещества, которые служат для скрепления строительных камней, отдельных деталей и целых конструкций и которые используют в бетонах и строительных растворах для цементации в одно целое зерен крупного и мелкого заполнителя.

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 всевозможные цементы, гипсовые, известковые и магнезиальные вяжущие вещества. Ко вторым относятся смолы, битумы, клен 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, и их смесей, взятых 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 относят вещества, которые при затворении водой способны схватываться, твердеть 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, магниезиальные и известковые. Из них в строительстве чаще всего используются гипсовые и известковые и значительно реже магниезиальные.

ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Гипсовые вяжущие вещества получают путем частичной или полной дегидратации природного двуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В результате неполной дегидратации двуводного гипса, осуществляемой за счет нагревания $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в температурном интервале $120-170^\circ\text{C}$ (но не свыше 200°C), 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 быстросхватывающееся и быстротвердеющее вещество, называемое в строительстве алебастром, или строительным гипсом, а в технике и медицине — соответственно формовочным и медицинским гипсом.

Во время обжига свыше 200°C природный двуводный гипс сначала полностью дегидратируется, а затем частично разлагается на окись кальция и серный ангидрид. Продукт, полученный таким образом в температурном интервале $600-700^\circ\text{C}$, представляет собой гипсоангидритовый цемент CaSO_4 . При обжиге сульфата кальция при температуре свыше 900°C получают эстрих-гипс (CaSO_4 и CaO). Гипсоангидритовый цемент и эстрих-гипс относятся к медленно схватывающимся и медленно твердеющим воздушным вяжущим веществам.

Из гипсовых вяжущих веществ наиболее широкое распространение в строительстве и технике получил строительный гипс (ГОСТ 125—70). Начало схватывания строительного гипса должно наступать не раньше 4 мин, а конец — не раньше 6 и не позже 30 мин. Тонкость помола по остатку № 02 (918 отверстий на 1 см^2) должна составлять по весу в % для I сорта не более 15%, для II — 20% и для III — не более 30%. Предел прочности при сжатии образцов (кубов гипса водой должен составлять для гипса I сорта не менее 55 кгс/см^2 , для II — не менее 45 кгс/см^2 и для

III — не менее 35 кгс/см², а предел прочности при изгибе стандартных образцов, изготовленных в виде балочек размером 4 × 4 × 16 см, через 1,5 ч с момента изготовления должен составлять для I сорта не менее 27, для II — 22 и для III — 17 кгс/см².

Качество строительного гипса устанавливают на основании данных, полученных в результате определения: тонкости помола; нормальной густоты гипсового теста; времени от начала затворения до начала схватывания его; и на основании определения предела прочности при изгибе и предела прочности при сжатии образцов, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты.

Эти определения проводятся при температуре 20 ± 5° С. Затворителем служит пресная питьевая вода.

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ГИПСА

Тонкость помола гипса характеризуется 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 шкаф с термометром; весы с разновесом; совок; стандартный набор лабораторных сит; часовое стекло; вибростол или качающийся столик.

Ход работы. Среднюю пробу гипса помещают ровным слоем на дно плоскодонной фарфоровой чашки, которую затем ставят в сушильный шкаф, где выдерживают в течение 1 ч при температуре 50—55° С. Высушенную пробу высыпают в стеклянную банку с притертой пробкой и хранят до начала испытания. Из стандартного набора сит отбирают поддон, крышку и сито с сеткой № 02. Все это тщательно чистят, моют и высушивают в сушильном шкафу. После охлаждения сито взвешивают на технических весах с точностью до 0,1 г и вставляют в сухой поддон.

На предварительно взвешенном сухом часовом стекле берут навеску гипса в количестве 50 г (точность взвешивания 0,1 г) и переносят ее на сито, сметая со стекла мягкой кисточкой. Сито с навеской закрывают крышкой и вместе с поддоном закрепляют зажимами

на вибраторе (или столике), после чего встряхивают примерно в течение 5—7 мин. При отсутствии вибраторов или качающегося столика навеску просеивают вручную. По окончании просеивания крышку снимают, отделяют от сита поддон, а сито с остатком взвешивают на тех же весах с прежней степенью точности. Отнимая от веса сита с остатком вес сита, получают вес остатка, который и выражают в процентах по отношению к весу исходной навески гипса.

Правильность просеивания контролируют повторным просеиванием остатка на сите в течение 1 мин. При этом через сетку не должно пройти более 0,05 г гипса. Результаты испытания записывают с точностью до 0,1% по форме табл. 10.

Таблица 10

Определение тонкости помола гипса

Сител с навеской	Сител	Навеска	Вес, г		Сита	Остаток	Вес остатка на сите, %	Прошло через сито	
			Сита с остатком					г	%
			первое взвешивание	второе взвешивание					

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

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ГИПСОВОГО ТЕСТА

Гипсовым тестом называют пластичную тестообразную массу, состоящую 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 растекаясь на горизонтальной плоской поверхности, образует лепешку диаметром 12 см. Количественное соотношение между гипсом и водой в гипсовом тесте характеризуется водогипсовым отношением. Водогипсовым отношением на-

зывают 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.

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 мл; технические весы с разновесом; плоский шпатель или нож; мягкая ткань или тампон; уровень; мягкая волосная 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 шкалу — ряд концентрических 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 концентрических окружностей кладут по уровню строго горизонтально на стол. Зеркальную поверхность стекла смачивают влажным тампоном из мягкой ткани. В центре стекла устанавливают латунный цилиндр, предварительно увлажненный с внутренней стороны.

Из средней пробы гипса берут навеску 300 г. 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.

тунный 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 тесто, которое 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 будет получена нормальная густота теста. Затраченное на эту операцию количество воды выражают в % по отношению к навеске гипса или в мл 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. Результаты опыта записывают по форме табл. 11.

Таблица 11

Определение нормальной густоты гипсового теста

Порядковый № опыта	Навеска гипса, г	Количество воды, мл	Показание прибора	Выпол
-----------------------	---------------------	------------------------	----------------------	-------

§ 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 насы-

щенного раствора по отношению к этому соединению и превращается в двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, растворимость которого меньше растворимости полугидрата. Благодаря этому двухводный гипс выделяется из раствора в виде геля. В связи с этим концентрация последнего в воде понижается, новые порции полугидрата переходят в раствор, превращаются в двухгидрат и выпадают из

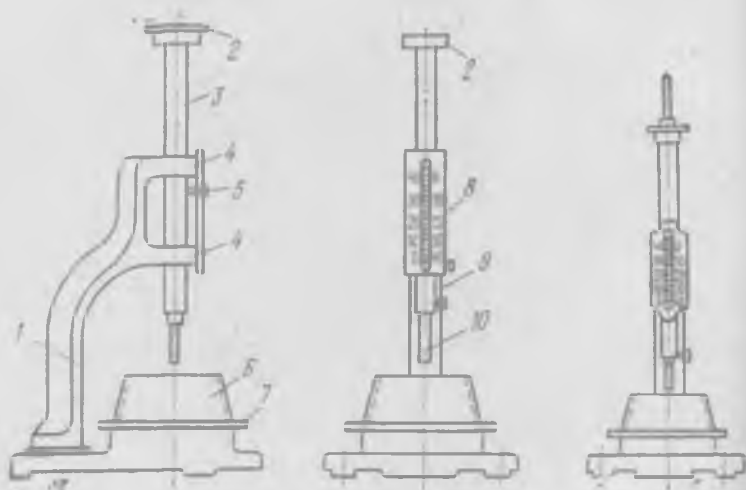


Рис. 20. Игла Вика

раствора в виде геля. Тесто схватывается. В дальнейшем гель двухгидрата кристаллизуется, вследствие чего гипсовая масса твердеет и образует искусственный камень. По ГОСТ 125—70 начало схватывания должно наступить не ранее 4 мин, конец не ранее — 6 мин, но не позже чем через 30 мин с момента затворения гипса водой.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого гипса; полный комплект аппаратуры и материалов, применяемых при определении нормальной густоты гипсового теста (см. гл. IV, § 2); прибор Вика; секундомер.

Сроки схватывания гипсового теста определяют с помощью иглы Вика (рис. 20). Этот прибор состоит из металлического штатива 1, в нижней части которого находится площадка 7, а в верхней — два параллельно выступающих кронштейна 4, в 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 которой может быть помещен добавочный груз. В соответствии с требованиями ГОСТ 125—70 суммарный вес стержня вместе с закрепленной в нем иглой должен составлять 120 гс. Стержень при помощи винта 9 может быть неподвижно закреплен в кронштейнах прибора на любой высоте. На площадке штатива 7 помещается стеклянная полированная пластинка из зеркального или утолщенного стекла, а на ней — металлическое или эбонитовое коническое кольцо 6 для гипсового теста. На выступающих концах кронштейнов прикреплены 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 8 против ее делений, указывая глубину погружения иглы или пестика в тесто.

Ход работы. Определение срока 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 9 и плавно опускают до прикосновения иглы со стеклянной пластинкой. В таком положении стрелка-указатель должна находиться против нижнего нулевого деления. Если положение стрелки не совпадает с нулевым делением, шкалу передвигают до совмещения стрелки с нулевым делением шкалы, последнюю прочно закрепляют соответствующим винтом. Одновременно проверяют, насколько свободно и легко передвигается стержень в отверстиях кронштейнов и, если нужно, смазывают его машинным маслом. Пред каждым определением стеклянную пластинку и внутреннюю поверхность кольца тщательно моют и смазывают тонким слоем машинного масла.

Гипсовое тесто нормальной густоты готовят с водо-гипсовым отношением, какое было установлено предыду-

щим опытом. Для этого 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 затем вливают в кольцо. Избыток массы срезают по верхнему краю влажным ножом, сглаживая в то же время ее поверхность. Кольцо, заполненное тестом, помещают на площадку штатива так, чтобы игла находилась в центре кольца. Далее, придерживая левой рукой стержень с иглой, правой ослабляют зажимающий винт и осторожно опускают стержень вниз так, чтобы кончик иглы коснулся поверхности теста, после чего в таком положении его закрепляют винтом. Испытание начинают с того, что винт, зажимающий стержень, быстро отпускают. Благодаря этому под действием силы тяжести стержень с иглой опускается вниз, и игла погружается в тесто. Глубину погружения отмечают по шкале, 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 проводят в таком же порядке через 30 сек.

Из полученных таким образом отсчетов глубины погружения иглы отмечают два момента: начало и конец схватывания. Началом схватывания считается время, прошедшее от 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 табл. 12.

Таблица 12

Определение начала и конца схватывания

Порядковый номер опыта	Нормальная густота теста, %	Время от затворения гипса водой, сек	Глубина погружения иглы в тесто, мм
------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

Время начала и конца схватывания подчеркивают.

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ ГИПСОВЫХ ОБРАЗЦОВ

Величину предела прочности при сжатии определяют, раздавливая стандартные кубы размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см, изготовленные из гипсового теста нормальной густоты и достигшие в процессе схватывания и твердения технической прочности.

Последовательность испытания состоит из: подготовки форм для изготовления стандартных образцов (кубов); приготовления гипсового теста нормальной густоты; приготовления образцов и выдерживания их в соответствующих условиях до приобретения ими технической прочности; подготовки пресса для раздавливания кубов; процесса испытания кубов на прессе с последующим подсчетом полученных результатов.

Оборудование и материалы: средняя проба гипса; полный комплект материалов и аппаратуры для определения нормальной густоты гипсового теста (см. гл. IV, § 2); гидравлический пресс; комплект форм для кубов; пластины под формы; машинное масло; чашки для приготовления гипсового теста; мерные цилиндры; лопатка; сушильный шкаф; технические весы с разновесом.

Ход работы. Для изготовления кубов берут до 6 форм, 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 кубов отвешивают 1,2 кг гипса и отмеривают такое количество воды, которое соответствует водогипсовому отношению. Смешивание гипса с водой должно длиться не более 30 сек; последующее перемешивание гипсовой массы — 1 мин. 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 заглаживают влажным шпателем или ножом вровень с краями форм. 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, исправляют дефекты, протирают сухой тканью и испытывают на сжатие через 1,5 ч с момента затворения гипса водой.

линдра к поршню насоса — 200:1, площадь поперечного сечения куба — 50 см², тогда

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

В соответствии с требованиями ГОСТ 125—70 предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое из наибольших значений трех испытанных образцов. Результат испытания записывают по форме табл. 13. (ГОСТ 125—70 испытание высушенных образцов не предусматривает.)

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ И СЖАТИИ ОБРАЗЦОВ-БАЛОЧЕК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ГИПСОВОГО ТЕСТА

По ГОСТ 125—70 величина предела прочности при изгибе гипсовых образцов производится на балочках размером 4 × 4 × 16 см, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты и выражается в кгс/см². На полученных в результате этого испытания половинках балочек определяют предел прочности образцов на сжатие.

Оборудование и материалы: средняя проба гипса; полный комплект материалов и аппаратуры для определения нормальной густоты гипсового теста, комплект форм для изготовления балочек; пластины под формы; машинное масло, чашки для приготовления гипсового теста, мерные цилиндры, лопатка, весы с разновесом, лабораторная гипсомешалка; гидравлический пресс или прибор МИИ-100, стальные пластинки по ГОСТ 310—60.

Ход работы. Формы для изготовления образцов предварительно очищают, смазывают машинным маслом и укладывают вплотную в ряд на предварительно смазанное маслом стекло. Стекло вместе с формами помещают на стол строго горизонтально. Затем в специальной гипсомешалке или за неимением таковой в чашке, как указано в § 4, готовят гипсовое тесто нормальной густоты из навески гипса в количестве, примерно равном 1 кг. Через 1 мин с момента затворения гипса первыми порциями воды гипсовое тесто выливают непрерывной струей в формы, передвигая чашку от одной формы к другой, пока все формы не будут наполнены. Лицевую поверхность вровень с краями формы сглаживают влажным шпателем или ножом. Через 1 ч образцы вынимают из форм, осматривают. Балочки с явными дефектами или с непараллельными гранями (отклоняющимися более

0,5 мм) бракуют. Качественные балочки в количестве 3 шт. испытывают на изгиб через 1,5 ч с момента затворения гипса водой. Полученные в результате испытания шесть половинок используются для определения величины предела прочности при сжатии по методике, изложенной в ГОСТ 310—60, и на приборе МИИ-100.

Величину предела прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое из двух образцов, показавших наибольшие результаты.

Расчет ведут по формуле

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

где P — величина разрушающего усилия, кгс; l — расстояние между опорами, см; b — ширина образца, см; h — толщина образца, см; K — коэффициент прибора.

Величину предела прочности при сжатии определяют на половинках балочек по ГОСТ 310—60 (см. § 17) и вычисляют по формуле

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

где P — разрушающая нагрузка, кгс; S — рабочая площадь пластинки, $S = 25 \text{ см}^2$, откуда приведенная формула принимает такое выражение:

$$\sigma = P/25 \text{ кгс/см}^2.$$

Форма записи результатов испытаний дана в табл. 14.

Таблица 14

Результаты испытания гипса на сжатие и на изгиб

Название материала	Нормальная густота	Предел прочности при сжатии				Предел прочности при изгибе			
		Номер образца	K прибора	Разрушающая нагрузка, кгс	$\sigma_{\text{сж}}$, кгс/см ²	Номер образца	K прибора	Разрушающая нагрузка, кгс	$\sigma_{\text{изг}}$, кгс/см ²

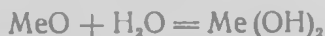
СТРОИТЕЛЬНАЯ ИЗВЕСТЬ

В соответствии с определением ГОСТ 9179—70 строительная известь представляет собой не доведенный до спекания продукт обжига кальцево-магниевого карбоната горных пород. Она выпускается в комовом или

тонкоизмельченном виде. Сырьем для получения строительной извести служат мел, известняки, доломитированные известняки, доломиты, реже — мергелистые известняки и мергелистый мел.

Во время обжига эти карбонатные породы щелочноземельных металлов декарбонизируют, т. е. диссоциируют на MeO и CO_2 по уравнению $\text{MeCO}_3 = \text{MeO} + \text{CO}_2 \uparrow$; MeO представляет собой CaO или MgO . Таким образом, вместо карбонатов щелочноземельных металлов имеются окись металла в виде комьев, откуда этот продукт получил название комовой извести. При помоле комовой извести получают молотую негашеную строительную известь.

Если комовую или молотую известь затворить водой, то она «гасится», т. е. образует гидрат окиси щелочноземельного металла по уравнению



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: воздушную и гидравлическую. Воздушная известь при затворении водой схватывается, твердеет и на воздухе превращается в искусственный камень. Гидравлическая известь способна твердеть и сохранять прочность не только на воздухе, но и под водой.

Гидравлическая известь представляет собой тонкомолотый продукт обожженной мергелистой породы, содержащей 5—20% глинистого вещества.

Воздушная известь может быть в виде: комовой; негашеной молотой; гидратной, представляющей собой продукт гидратации комовой извести в виде смеси порошкообразной гидратной извести с тонкомолотыми минеральными добавками, а также в виде молотой карбонатной извести, 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 изготовления строительных деталей, строительных растворов, камней, плит, штукатурок, побелок и т. д.

Превращение известковых вяжущих веществ в строительный камень происходит благодаря тому, что образующееся в конечном итоге (при затворении любой извести водой) известковое тесто, состоящее из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и воды, теряя последнюю, превращается сначала 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 , образуя монолитную кристаллическую массу, придающую изделию высокую прочность.

Технические требования ко всем видам строительной извести в соответствии с ГОСТ 9179—70 приведены в табл. 15.

Таблица 15

Технические требования, предъявляемые к строительной извести

Наименование показателей	Негашеная комовая и молотая известь		Гидратная известь		Слабогидратная известь	Слабогидратная известь
	Сорт 1	Сорт 2	Сорт 1	Сорт 2		
Содержание активных на сухое вещество, не менее, %:						
в извести без добавок	90	80	67	60	15	1
в извести с добавками	64	52	50	40	60	15
Содержание непогасившихся зерен, не более, %	7	10	—	—	—	—
Скорость гашения, мин:						
быстрогасящейся, менее . .	8	8	—	—	—	—
медленногасящейся, более	25	25	—	—	—	—
Тонкость помола в виде остатка на ситах с сеткой не более, %:						
№ 02	1	1	2	2	1	1
№ 008	10	10	10	10	10	10

Характеристику свойств строительной извести и определение степени пригодности ее для строительных целей устанавливают на основании данных, полученных при техническом анализе средней пробы, отобранной в количестве 20 кг от каждой партии весом 100 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.

§ 6. ОТБОР СРЕДНЕЙ ПРОБЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИЗВЕСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕПОГАСИВШИХСЯ ЗЕРЕН

От каждой партии отбирают равными порциями 20 кг извести из 10 различных мест или из 10 мешков (если она транспортируется в мешках). Отобранную среднюю пробу квартуют, 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 квартованием отбирают 500 г. Эту порцию измельчают так, чтобы она вся прошла через сито № 09 (ГОСТ 3584—53). Просеянную пробу хранят в герметически закрываемых сосудах, откуда в дальнейшем берут навески для соответствующих испытаний. Определение суммарного содержания активных CaO и MgO производят по методике, изложенной в гл. II, § 20.

В процессе гашения комовой извести в «пушонку» или в известковое тесто некоторая часть ее может либо вообще не гаситься, либо если и гасится, то настолько медленно, что процесс гашения заканчивается в строительном растворе или даже в кладке.

Непогасившиеся зерна представляют собой различные примеси, присутствующие в исходном сырье (например, кварцевый песок, кремнь, мелкая галька и т. д.), или оплавленные в процессе обжига сырья зерна известняка и некоторых силикатов. Если первые совершенно не гасятся, так как они с водой химически не соединяются, то последние гасятся чрезвычайно медленно, т. е. через некоторый промежуток времени после затворения водой, когда силикатная пленка, обволакивающая комочки извести, разрушится и этим облегчит доступ воды к содержимому комочка. Наличие таких зерен в извести приводит к разрушению известкового слоя в кладке и штукатурке. Количество непогасившихся зерен определяют

сразу же после гашения извести. Если содержание их превышает 7% для первого сорта и 10% для второго, то известь бракуют.

Оборудование и материалы: негашеная известь или известковое тесто в возрасте 24 ч; круглодонная чашка; сито с сеткой № 063; технические весы с разновесом; сушильный шкаф с термометром; кисточки; бюкс.

Ход работы. В емкой круглодонной чашке на технических весах отвешивают такое количество негашеной извести, какое соответствует 1 кг ее по сухому весу. Из этой извести готовят известковое тесто, которое выдерживают в течение 24 ч. Затем тесто разбавляют водой, тщательно перемешивают и постепенно, небольшими порциями переносят на предварительно высушенное и взвешенное сито № 063. Тесто на сите непрерывно промывают водой до тех пор, пока вся известь не пройдет через сетку, а на сетке останутся лишь хорошо промытые непогасившиеся зерна. Сито вместе с остатком непогасившихся зерен высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110° С до постоянного веса. Вес сита с остатком минус вес сита дает вес непогасившихся зерен. Последний выражают в процентах по отношению к исходной навеске сухого вещества.

Количество непогасившихся зерен можно определить также и из известкового теста в возрасте 24 ч с момента затворения извести водой. В этом случае исходную навеску теста берут из расчета 1 кг сухого вещества. Для этого предварительно определяют влажность теста обычным высушиванием. Остальные операции по отмывке непогасившихся зерен и определению их веса проводят так, как указано выше.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 16.

Таблица 16

Определение содержания непогасившихся зерен

Количество извести или известкового теста, %	Наименование материала	Количество известкового теста на 1 кг негашеной извести, г	Вес					
			чашки, г	чашки с навеской, г	навески на 1 кг сухого вещества, г	сита, г	сита с остатком, г	остатка, г
								остатка, %

§ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА СТРОИТЕЛЬНОЙ ИЗВЕСТИ

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой извести; часовое стекло; технические весы с разновесом; кисточка; сушильный шкаф; совок; лист глянцевой бумаги; комплект сит, состоящий из сит № 063 и № 009, крышки и донышка; стеклянная банка с пришлифованной пробкой.

Ход работы. Тонкость помола строительной извести или определение остатка на ситах осуществляют путем просеивания навески молотой извести в количестве 50 г на двух ситах — № 02 и № 008, которые собирают в комплект вместе с донышком и крышкой. Сита тщательно промывают, высушивают в сушильном шкафу и по охлаждению взвешивают с точностью до 0,01 г. На технических весах отвешивают на часовом стекле 50 г испытуемой извести и осторожно переносят на сито № 02, которое вставлено в сито № 008, а последнее в донышко комплекта. Остаток навески извести сметают с часового стекла мягкой кисточкой в сито № 02. Закрыв весь комплект крышкой, известь просеивают либо вручную, или при помощи вибраторов (см. гл. IV, § 1). Просеивание можно считать законченным, если при повторном просеивании остатка в течение 1 мин через каждое из сит не проходит более 0,1 г.

Остатки на ситах взвешивают и выражают в процентах по отношению к исходной навеске. Результаты испытания записывают по форме табл. 17.

Таблица 17

Определение тонкости помола строительной извести

Название материала	Вес									
	стекла к навеске, г	стекла, г	навески, г	сита № 02 с остатком, г	сита № 02, г	остатка на сите № 02, г	сита № 008 с остатком, г	сита № 008, г	остатка на сите № 008, г	остатка на сите № 008, %

§ 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГИДРАТНОЙ ИЗВЕСТИ

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемой извести; бюкс; сушильный шкаф; эксикатор; аналитические весы с разновесом; воронка; совок.

Ход работы. Влажность гидратной извести (пушонки) или известкового теста обычно определяют в бюксе или в малом химическом стаканчике. Широкодонный бюкс предварительно высушивают в сушильном шкафу, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. В этом бюксе берут навеску гидратной извести в количестве 10 г или 20 г известкового теста. Бюкс с навеской помещают в сушильный шкаф, покрывают опрокинутой воронкой и высушивают при температуре 105—110° С в течение 2 ч, после чего закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Каждое повторное взвешивание производят после высушивания (в течение 40 мин) до тех пор, пока будет достигнут постоянный вес. Разность между весом бюкса с влажной навеской и весом бюкса с сухой навеской составляет влажность материала

$$w = \frac{g_2 - g_1}{g_2 - g} \cdot 100\%$$

где g_2 — вес бюкса с навеской испытуемого вещества, г;
 g_1 — наименьший вес бюкса с высушенной навеской, г;
 g — вес бюкса, г.

Результаты определения влажности записывают по форме табл. 18.

Таблица 18

Определение влажности гидратной извести

Название 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-е взвешивание	2-е взвешивание	3-е 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 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ выделяется тепло, которое повышает температуру гасящейся массы до определенного максимума. С окончанием реакции выделение тепла прекращается, 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°C ; секундомер; весы с разновесом; миллиметровая бумага.

Ход работы. Скорость гашения извести определяют в сосуде Дюара. При отсутствии его берут калориметр простейшего типа, изготовленный самим экспериментатором (рис. 21). Для этого берут два обыкновенных химических лабораторных 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 укладывают 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°C и ценой каждого деления не менее 1°C . Термометр должен быть вставлен так, чтобы ртутный шарик находился от дна прибора на расстоянии примерно 15—20 мм.

Перед каждым испытанием проверяют плотность пробки и крышки к сосуду и к термометру.

Из предварительно измельченной средней пробы извести берут навеску 10 г, помещают в прибор, туда же вливают 20 мл воды, нагретой до температуры 20°C , и

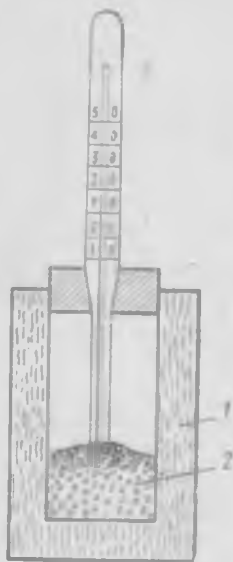


Рис. 21. Прибор для определения скорости гашения извести

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 определения записывают по форме табл. 19.

Таблица 19

Определение скорости гашения извести

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 кубической формы, изготовленных из известковых растворов пластической консистенции (после твердения в течении 28 дн.). Образцы изготовляют из известковой растворной смеси, состоящей из 1 вес. ч. извести, 3 вес. ч. нормального кварцевого песка и воды в количестве, необходимом для получения смеси нормальной густоты пластической консистенции.

Нормальным кварцевым песком называют отмытый от глины песок Вольских карьеров, крупность зерен которого колеблется в пределах от 0,50 до 0,85 мм; песок содержит не более 3% зерен величиной 0,85 мм и не более 8% зерен менее 0,5 мм.

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.

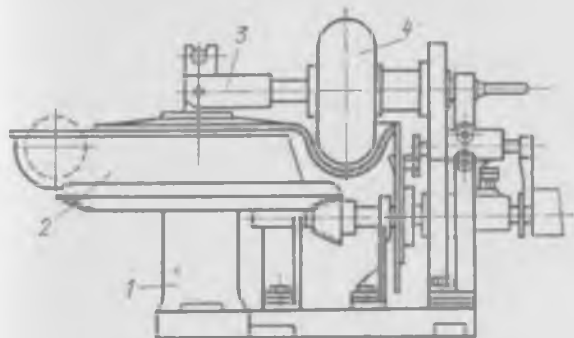


Рис. 22. Механическая мешалка

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 в сухом виде в круглодонной чаше перемешивают стандартной лопаткой в течение 1 мин. Учитывая, что водоизвестковое отношение для пластических известковых 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 в течение 2,5 мин.

Механическая мешалка (рис. 22) состоит из смесительной чаши 2, вращающейся на вертикальном валу со скоростью 8 об/мин; массивного 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) перемешивать растворную смесь, а также включать мешалку на холостой ход только тогда, когда все зубчатые передачи закрыты соответствующими ограждающими щитками; 3) чтобы выгрузить растворную смесь, необходимо: поднять траверзу со скребками; снять щиток, закрывающий и ограждающий зубчатую передачу; поднять и отодвинуть до отказа валик; 4) после загрузки в чашу новой порции смеси следует осторожно и плавно опустить на свое место валик, закрыть щитком зубчатые передачи и опустить траверзу так, чтобы закрепленные на ней скребки попали на свое место.

Приготовленную таким образом смесь подвергают испытанию — растекание конуса является показателем степени пластичности смеси. Для этого на середину встряхивающего столика устанавливают полый металлический сосуд, представляющий собой форму усеченного конуса. Встряхивающий столик (рис. 23) состоит из металлической станины, установленной на горизонтальном фундаменте. В станине вращается вал 1, который приводит 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 направлении на 10 мм, а затем резко падает с этой же высоты, чем и осуществляется встряхивание. Общий вес перемещающейся части столика составляет 3,4—3,5 кг.

Полый сосуд в два приема наполняют известковопесчаной смесью. Первый слой уплотняют цилиндрическим шпателем, нажимая им 25 раз в разных местах на поверхность смеси (трамбовать смесь запрещается). Во

время уплотнения форму придерживают левой рукой. За первым слоем в форму накладывают второй слой смеси, который уплотняют нажимами шпателя 15 раз. Избыток смеси снимают по верхнему краю формы мокрым ножом. Через 5 сек после уплотнения смеси форму конуса поднимают строго вертикально вверх, таким образом освобождая смесь от формы. Затем на 30 сек включают мотор встряхивающего столика. Конус смеси деформи-

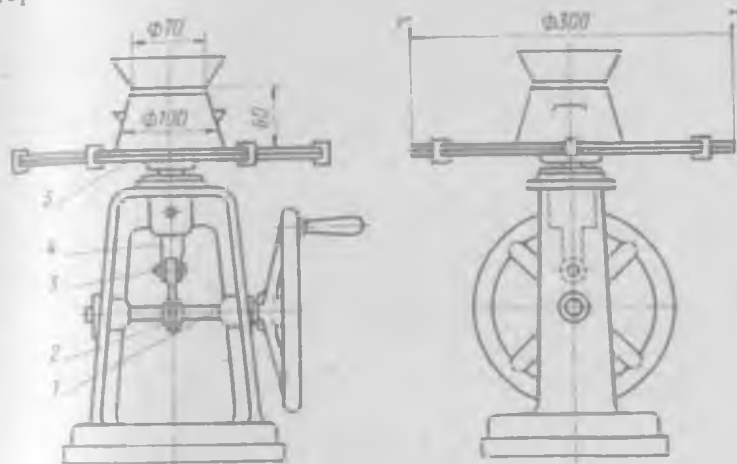


Рис. 23. Встряхивающий столик

руется и растекается. Величину растяжения 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 означает, что количество воды взято неверно и его нужно изменить. В этом случае опыт повторяют заново, изменив соответствующим образом количество воды. Так поступают до тех пор, пока будет подобрана смесь нормальной консистенции.

Для изготовления образцов (кубов) используют стандартные металлические разборные формы с внутренними размерами $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см. Формы предварительно смазывают внутри и в стыках вазелином или машинным

маслом, затем собирают на ровной гладкой металлической пластине, также слегка смазанной машинным маслом. Толщина пластины должна быть не менее 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 шпателем так, чтобы этот шпатель при штыковании своим концом производил шесть нажимов по всей площади. Затем форму полностью заполняют смесью; последнюю штыкуют тем же шпателем, повернутым на 90°. Штыкование смеси в формах может быть заменено вибрированием на лабораторных виброплощадках, что значительно упрощает и ускоряет уплотнение смесей.

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 затор гидравлического затвора. В таком положении образцы выдерживают в течение 24 ч, после чего их освобождают от форм и помещают на 6 сут. в ванну над водой, а затем на 21 сут. — в воду так, чтобы уровень воды в ванне был на 2 см выше уровня образцов. Через 28 сут. образцы испытывают на гидравлическом прессе при сжатии. Результаты испытаний записывают по форме табл. 20.

Таблица 20

Определение предела прочности при сжатии
гидравлической извести

Количество воды на . . . извести и . . . песка, мм	Название материала	Количество воды для нормальной густоты, мм	Расстояние конуса, мм	Номера образцов	Показание манометра, кгс/см ²	Площадь поперечного сечения образца, см ²	Разрушающая на- грузка, кгс	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²

Б. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

К гидравлическим относят такие вяжущие вещества, которые, будучи затворены водой, способны схватывать-

ся, твердеть и превращаться в искусственный камень не только на воздухе, но, начав твердеть на воздухе, продолжают твердеть в водной среде. К ним относятся: гидравлическая известь, романцемент, портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый цемент и ряд других цементов, полученных в результате совместного помола вяжущего вещества с гидравлической добавкой.

Активными минеральными или гидравлическими добавками (ГОСТ 6269—63) называют такие тонкомолотые минеральные вещества, которые в чистом виде свойствами вяжущих веществ не обладают, но, будучи смешаны с воздушными вяжущими веществами (воздушной известью), 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. 21).

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 известны и практически используются в строительстве различные цементы, каждый из которых обладает некоторой своеобразной специфичностью как физических, так и химических свойств. Однако процессы схватывания и твердения цементов 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 3CaOSiO_2 , двухкальциевый силикат 2CaOSiO_2 , трехкальциевый алюминат $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ и четырехкальциевый алюмоферрит $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$. 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, кото-

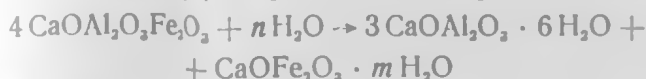
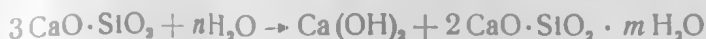
рой подвергалась сырьевая смесь при получении клинкера, перечисленные выше соединения могут быть либо в кристаллическом, либо в стекловидном состоянии. Чаще всего они бывают частично в кристаллическом состоянии, частично в виде твердых растворов, окруженных стекловидной массой.

Таблица 21

Технические требования к гидравлическим вяжущим веществам

Вид цемента	ГОСТ	Точность показаний по осадку на сите 0,075 мм, %	Сроки схватывания		Предел прочности при сжатии через, кгс/см ²		Предел прочности при растяжении через 28 суток (кгс/см ²)
			начало, не ранее, мин	конец, не позднее, ч	1 сут.	28 сут.	
Портландцемент	10178—62	15	45	12	—	300	45
						400	55
						500	60
						600	65
Белый портландцемент	965—66	12	45	10	—	300	45
						400	55
						500	60
Пластифицированный портландцемент	10178—62	15	45	12	—	300	45
						400	55
						500	60
						600	65
Пуццолановый портландцемент	10178—62	15	45	12	—	200	35
						300	45
						400	55
						500	60
Шлакопортландцемент	10178—62	15	45	12	—	200	35
						300	45
						400	55
						500	60
Глиноземистый цемент	969—66	10	30	12	200 275 350	Через 3 сут. 400	Через 1 сут. 35
						500	Через 3 сут. 55
						600	Через 3 сут. 60
							Через 3 сут. 65

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 насыщенного раствора, 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 пластического характера. В дальнейшем коллоидная часть этого теста сравнительно медленно кристаллизуется. Образующиеся при этом мелкие кристаллики пронизывают основную гелеобразную массу, 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

Удельный вес цемента определяют по формуле

$$\gamma_{уд} = g/V \text{ г/см}^3,$$

где g — вес вещества, г; V — объем, см^3 .

В лаборатории удельный вес цементов с достаточной точностью определяют пикнометрическим методом. Известно, что вода химически реагирует с минеральными вяжущими веществами, поэтому для определения удельного веса этих веществ используют такие жидкости, ко-

торые 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. 24) или пикнометр обычного типа; жидкость к цементу; термометр; водяной термостат.

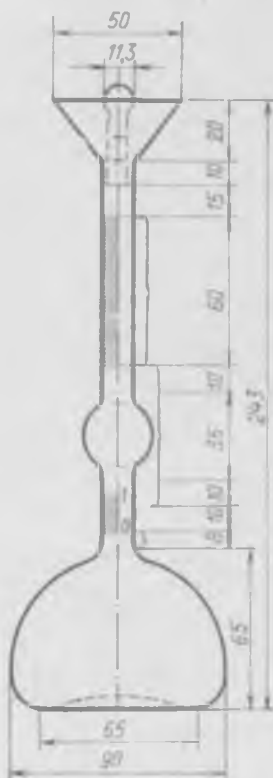


Рис. 24. Пикнометр Ле Шателье — Кандло

Ход работы. Предварительно промытый и просушенный пикнометр Ле Шателье — Кандло помещают в сосуд с водой, температура которой равна 20°C (при этой температуре производят градуировку пикнометра) и выдерживают в течение 20 мин. После этого пикнометр наполняют инертной 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 не 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 $105\text{—}110^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса и охлажден в эксикаторе до нормальной комнатной температуры). Часть этой навески совком осторожно всыпают в пикнометр так, чтобы цемент не задерживался на его внутренних стенках.

Когда жидкость в пикнометре установится на 20-м делении шкалы, 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.

Величину удельного веса подсчитывают по формуле

$$\gamma_{\text{уа}} = \frac{g - g_1}{V_1 - V} \text{ г/см}^3,$$

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, см³; V — объем, который был занят в пикнометре только инертной жидкостью, см³.

Для каждой пробы цемента проводят три определения и находят среднее арифметическое значение. Результаты записывают по форме табл. 22.

Таблица 22

Определение удельного веса цемента
(на пикнометре Ле Шателье—Кандло)

Название цемента	Вес, г			Объем, см ³			
	первоначальной навески g	остатка g_1	цемента в пикнометре $g - g_1$	жидкости и цемента в пикнометре V_1	жидкости в пикнометре V	цемента в пикнометре $V_1 - V$	удельный вес цемента $\gamma_{\text{уд}}$ г/см ³

При отсутствии пикнометра Ле Шателье—Кандло удельный вес цемента можно определить в обычных пикнометрах (см. гл. III, § 3). В этом случае для наполнения пикнометра используют инертную жидкость, плотность которой должна быть либо известна, либо ее необходимо предварительно определить.

Величину удельного веса цемента вычисляют по формуле

$$\gamma_{\text{уа}} = \frac{(g_1 - g)\rho}{g_2 + (g_1 - g) - g_2} \text{ г/см}^3,$$

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 записывают по форме табл. 23.

Таблица 23

Определение удельного веса цемента
(на обычном пикнометре)

Цемент	Вес, г					Плотность жидкости ρ , г/см ³	Удельный вес цемента $\gamma_{уд}$, г/см ³
	пикно-метра с навеской g_1	пустого пикно-метра g	навески $g_1 - g$	пикно-метра с навеской и жидкостью g_2	пикно-метра с жидкостью g_3		

§ 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА
СИТОВЫМ СПОСОБОМ

Превращение цемента при затворении водой в искусственный камень является результатом ряда физико-химических процессов, среди которых доминируют гидролиз клинкообразующих 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 0,003—0,015 мм достигается лишь через шесть месяцев, а цементный камень наряду с продуктами гидролиза и гидратации содержит в своем составе большое количество почти неизменных 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. Последнюю контролируют ситовым анализом. Нормальной зернистостью цемента считается такая, когда цемент полностью проходит через сито № 002 ($0,2 \times 0,2$ 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 $0,08$ мм могут быть в свою очередь зерна различной величины. В связи с этим тонкость помола цемента и его реагирующая поверхность дополнительно к ситовому анализу характеризуется величиной удельной поверхности цемента.

При ситовом анализе цемента обычно пользуются стандартным цилиндрическим комплектом сит 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 в донышко и закрывают крышкой.

Оборудование и материалы: средняя проба испытуемого цемента; стандартный комплект сит с крышкой и донышком; технические весы 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 высушивают при температуре $105-110^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч. От высушенной и охлажденной в эксикаторе пробы отвешивают на часовом стекле навеску в 50 г и переносят на сито. Остаток цемента сметают со стекла в сито мягкой кисточкой. Сито закрывают крышкой и весь комплект приводят 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 остатком, последний повторно просеивают вручную в течение 1 мин над глянцевой бума-

гой. Просеивание считается законченным, если при контрольном просеивании на глянцевую бумагу пройдет через сетку не более 0,05 г цемента. Сито вместе с содержащимся в нем остатком взвешивают на технических весах. Разность между весом сита с остатком и весом пустого сита показывает вес остатка. Последний выражают в процентах по отношению к весу исходной навески. Количество цемента, прошедшее через сито, составляет разность между 100% и процентом остатка на сите.

В настоящее время ручное просеивание заменено механическим 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 табл. 24

Таблица 24

Определение тонкости помола цемента

Название цемента	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 называют сумму поверхностей всех зерен, содержащихся в 1 г вещества. Для определения удельной поверхности зернистых материалов имеется много методов, одним из наиболее распространенных из них является определение при помощи поверхностемера. В основу метода положено измерение сопротивления, какое оказывает уплотненный слой цемента определенной толщины и площади поперечного сечения воздуху, просасываемому через этот слой под постоянным разрежением.

Поверхностемер (рис. 25) состоит из следующих основных частей: гильзы 1, манометра-аспиратора 2 и гидравлического регулятора разрежения 3. Во время определений используют: плунжер, термометр, водоструйный насос или резиновую грушу, резиновые трубки и т. д.

Гильза (рис. 26) служит для размещения и уплотнения в ней навески испытуемого цемента. Она представляет собой стальную трубку 3 с площадью внутреннего поперечного сечения 5 см^2 . Внутренний диаметр трубки

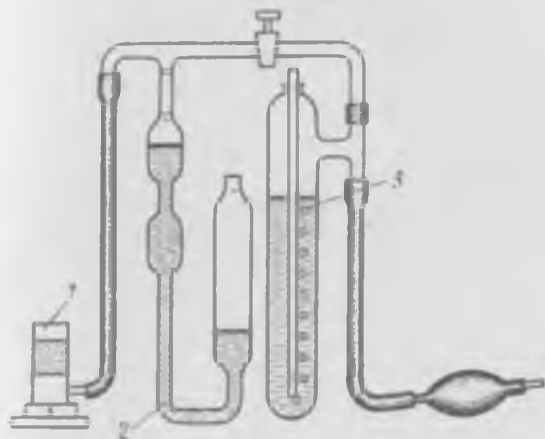


Рис. 25. Поверхностемер

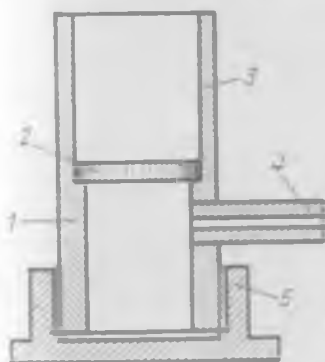


Рис. 26. Гильза

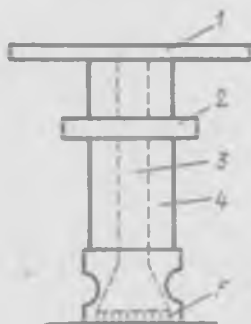


Рис. 27. Плунжер

равен $25,2 \pm 0,1 \text{ мм}$. Нижняя часть гильзы плотно закрывается навинчиваемым на нее доншком 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 заплеики 1, на которые помещается перфорированный диск 2 (металлический кружок толщи-

ной 2 мм и диаметром $25,2 \pm 0,1$ мм). По всей площади кружка равномерно распределено 88 сквозных отверстий диаметром 1,2 мм каждое.

Плунжер (рис. 27) 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

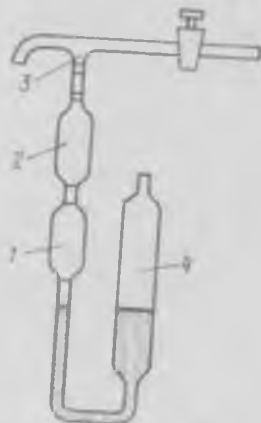


Рис. 28. Манометр-аспиратор



Рис. 29. Гидравлический регулятор разрежения

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

Манометр-аспиратор (рис. 28) 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 ко-

лене манометра-аспиратора, подсоединенного к общей воздухопроводящей трубке 3, имеется два расширенных баллона: верхний 2 используется при измерении удельной поверхности более дисперсных цементов, нижний 1 — для цементов с более крупными зернами. Второе колено манометра-аспиратора 4 расширено в виде продолговатого баллона. Оно служит для размещения в нем жидкости, 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 этих рисков во время опыта опускается уровень воды при просасывании воздуха через навеску испытуемого цемента.

Гидравлический регулятор разрежения (рис. 29) представляет собой стеклянный сосуд 3, в который впаивается не доходящая 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. 25). Начальное разрежение в приборе создается либо при помощи водоструйного насоса, либо при помощи груши, подсоединенной к прибору.

Величину удельной поверхности цемента рассчитывают по формуле

$$s = \frac{K}{\gamma_{уд.ц}} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{t} \text{ см}^2/\text{г},$$

где K — константа прибора, величина которой указывается в паспорте отдельно для работы с верхним и с нижним баллонами манометра-аспиратора; $\gamma_{уд.ц}$ — удельный вес цемента, $\text{г}/\text{см}^3$; m — коэффициент пористости цемента, находящегося в гильзе (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 опытом определяют время, в течение которого через гильзу с уплотненным цементом просасывается определенный объем воздуха, соответ-

ствующий тому объему, на какой опускается вода в манометре-аспираторе. Величину удельного веса цемента определяют отдельным опытом (см. гл. IV, § 11). Вязкость воздуха зависит от температуры, при которой производится испытание, и меняется от 0,0001749 до 0,0001857 лз в интервале температур 8—30° С. При расчете числовое значение этой величины берется из табл. 25.

Коэффициент пористости m вычисляют по формуле

$$m = \frac{V_{\gamma_{уд.ц}} - g}{V_{\gamma_{уд.ц}}}$$

где V — объем навески цемента, $см^3$; $\gamma_{уд.ц}$ — величина удельного веса цемента, $г/см^3$; g — величина навески испытуемой порции цемента, $г$.

Величину навески g 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 гильзу 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, $г/см^3$ (табл. 26).

Затем определяют величину исходной навески цемента (которую необходимо брать для каждого определения) по формуле $g = \gamma_{уд.ц} V (1 - m)$.

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

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 $K/\gamma_{\text{уд. ц.}}$; $\sqrt{m^3/(1-m)^2}$ и $\sqrt{1/\eta}$ можно считать постоянными, а следовательно, вычисление величины s можно проводить по сокращенной формуле

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

где $A = \frac{K}{\gamma_{\text{уд. ц.}}} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}}$ — величина, вычисленная для целой серии опытов.

Оборудование и материалы: испытуемый цемент; поверхностемер (полный комплект); поваренная соль; фильтровальная бумага; ножницы; металлическая ртуть; сушильный шкаф; технические весы с разновесом; водоструйный насос или груша-аспиратор; резиновые трубки; фарфоровая чашка; 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°С. После охлаждения цемента в эксикаторе из него берут с точностью до 0,01 г навеску, равную вычисленной величине g .

Прибор для определения удельной поверхности цемента проверяют на герметичность и устанавливают строго вертикально на массивном столе. 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, в гильзу помещают плунжер и, 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 уровень воды в манометре-аспираторе падает. Когда он достигнет отметки над верхним баллоном, включают секундомер и останавливают его в тот момент, когда падающий уровень воды совпадет с отметкой, расположенной между первым и вторым баллонами. 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, когда уровень воды достигнет отметки, расположенной между верхним и нижним баллонами, и выключают в тот момент, когда он опустится до отметки, расположенной под вторым (нижним) баллоном. Затем опыт повторяют еще два раза и из трех отсчетов времени высчитывают среднее арифметическое, по значению которого производят соответствующий расчет величины удельной поверхности.

Вначале записывают значения постоянных величин для вычисления $A : K = \dots$; $m = \dots$; $\eta = \dots \text{ нз}$; $t = \dots \text{ град}$:
 $g = \dots \text{ г}$; $\gamma_{\text{удц}} = \dots \text{ г/см}^3$; $\sqrt{m^3/(1-m)^2} = \dots$; $\sqrt{1/\eta} = \dots \text{ нз}$.

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

Результаты записывают по форме табл. 25.

Числовые значения $\sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}}$ в зависимости от изменения величины m определяют из табл. 26, а $\sqrt{h}$ и $\sqrt{1/m}$ — из табл. 27.

Таблица 25

Определение удельной поверхности цемента

Цемент	Время просасывания воздуха t , сек	$\lambda = \frac{K}{\gamma_{уд.ц}} \sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}} \sqrt{\frac{1}{\eta}}$	$s = \lambda \sqrt{t} \text{ , } \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$

Таблица 26

Числовые значения $\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$ в зависимости от величины m

m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$	m	$\sqrt{\frac{m^2}{(1-m)^3}}$
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

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

Температура, град	Плотность ртути $\rho_{\text{рт}}^*$ г/см ³	Вязкость воздуха η , лз	$\sqrt{\eta}$	$\sqrt{\frac{1}{\eta}}$
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	75,79
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 около 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 удобоформируемого теста водоцементное отношение приходится увеличить до «нормальной густоты» цементного теста.

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

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; игла Вика (полный комплект); круглодонная чаша; 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. гл. IV, § 2). При этом иглу, которой заканчивается подвижный металлический стержень прибора, заменяют пестиком Тетмайера.

На технических весах отвешивают 400 г цемента и помещают в круглодонную чашу высотой 100 мм и диаметром 400 мм и разравнивают в ней, 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 и вливают в это углубление, а затем засыпают цементом. Через 30 сек смоченный цемент перемешивают сначала медленно, а затем энергично стандартной лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях в течение 5 мин. Захватив лопаткой порцию цементного теста, в один прием наполняют им кольцо. Взяв в руки стеклянную пластинку вместе с наполненным кольцом, встряхивают тесто, постукивая 5—6 раз пластинкой о стол. Избыток теста 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 пестику 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 воды взято мало, а 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 будет достигнута нормальная густота теста. Количе-

ство воды, потраченное на приготовление теста нормальной густоты, выражают в процентах по отношению к весу цемента с точностью до 0,25%. Результаты переписывают по форме табл. 28.

Таблица 28

Определение нормальной густоты цементного теста

Цемент	Номер 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 затворенное водой вяжущее вещество необходимо доставить на место укладки, уложить в опалубку или в форму и соответствующим образом уплотнить. Все эти операции нужно проделать до начала схватывания и твердения вяжущего вещества. При работе с быстросхватывающимися 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 портландцемента, пуццоланового портландцемента и шлакопортландцемента начало схватывания должно наступать не раньше чем через 45 мин, а конец схватывания не позже 12 ч с момента затворения водой; для глиноземистого цемента и гипсошлакового цемента — не раньше 30 мин и не позже 12 ч, а для романцемента — не раньше 15 мин и не позже 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 при замене пестика иглой общий вес стержня (т. е. вес подвижной части прибора, действующий при испытании на цементное тесто) уменьшает-

ся на 27,5 г, на плоскую головку стержня дополнительно накладывают соответствующий пригруз.

Начало схватывания характеризуют временем 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 дойдет до стеклянной пластинки на 1—2 мм. Конец схватывания — это 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 чаша; стандартная лопатка; мерный цилиндр; секундомер; технические весы с разновесом; 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 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 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, а данные исследования записывают по форме табл. 29.

В последние годы в лабораторной практике для определения сроков схватывания цементного теста появился автоматический прибор АПСС-6, изготовленный Топкинским механическим заводом. Прибор питается переменным током 220 в. Работа прибора и запись по-

Таблица 29

Определение сроков схватывания цементного теста

Цемент	Нормальная густота теста	Время от затворения цемента водой, мин	Глубина погружения иглы, мм	Схватывание	
				Начало, мин	Конец, ч

казаний производится автоматически, при этом одновременно ведется 6 анализов с периодичностью уколов через 15 мин. Продолжительность определений до 9 ч, после чего прибор автоматически отключается.

§ 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЦЕМЕНТА

Схватывание и твердение цементного теста сопровождается изменением его первоначального объема. 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 камня и приводят к растрескиванию и разрушению его. 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 конусообразной формы 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 на технических весах отвешивают четыре порции теста по 75 г каждая и вручную формуют шарики. Последние попарно укладывают на стеклянные или металлические пластинки, предварительно

по протертые машинным маслом. Пластины с шариками легко встряхивают для того, чтобы последние, расплываясь, превратились в лепешки диаметром 7—8 см. После этого поверхность лепешек заглаживают 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 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 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. 30), для чего лепешку размещают 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 соединительной трубки 2, снабженной краном 1, сообщается с наполненным водой сосудом 3, в пробку которого вставлена стеклянная или металлическая подвижная трубка. Ванну с лепешками плотно закрывают крышкой, помещают на нагревательный прибор, доводят воду до кипения в течение 30—45 мин и затем продолжают кипячение 4 ч. После этого нагревательный прибор выключают, лепешки охлаждают в ванне, потом извлекают их из воды, осматривают и на основании осмотра делают соответствующее заключение о качестве цемента в отношении равномерности изменения объема. Две лепешки, полностью выдержавшие испытание кипячением, переносят в предварительно наполненный на $\frac{1}{6}$ часть водой автоклав. 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

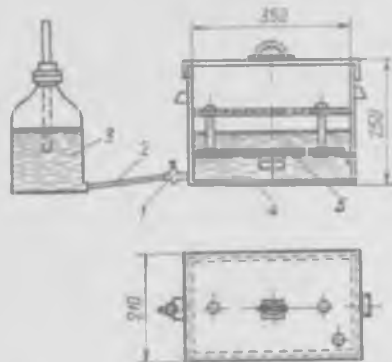


Рис. 30. Ванна для кипячения цементных лепешек

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 поддер-

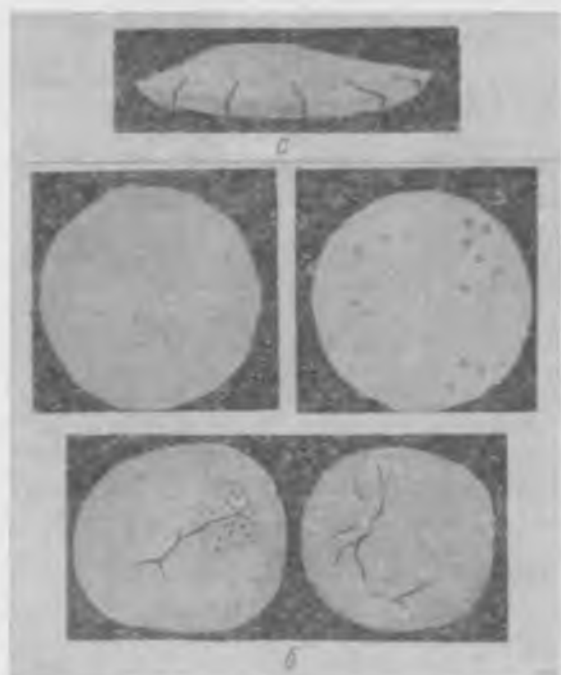


Рис. 31. Лепешки, не выдержавшие *а* и выдержавшие *б* испытание

живают 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.

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

тельным клапаном, исправность работы которого проверяют перед испытанием.

При визуальном осмотре лепешек обращают внимание на: искривление и разбухание их (которые устанавливают с помощью линейки, прикладываемой к плоской поверхности лепешки), на трещины, появляющиеся на поверхности лепешек. Если на лицевой стороне лепешки обнаруживают доходящие до краев радиальные трещины, видимые в лупу или даже невооруженным глазом, сетку мелких трещин, а также изменение объема, то лепешки считаются не выдержавшими испытания. Если всего этого на лицевой стороне лепешек нет, то последние считают выдержавшими испытание, а цемент — доброкачественным (рис. 31).

Результаты испытаний записывают по форме табл. 30.

Таблица 30

Определение равномерности уплотнения объема цемента

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 сжатии. Для определения этих величин из цементного раствора формируют стандартные образцы в виде балочек (1 вес. ч. цемента и 3 вес. ч. нормального песка). 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 водоцементное отношение, растворной смеси и приготовить ее; отформовать из растворной смеси образцы в виде балочек стандартных размеров; выдержать до испытания изготовленные образцы в определенных условиях (ГОСТ 310—60); подвергнуть образцы испытанию на определение величины предела прочности при изгибе; за-

тем испытать на сжатие половинки балочек, получившиеся в результате предыдущего испытания при изгибе.

Определение предела прочности при изгибе.

Оборудование и материалы: пробы испытуемого цемента; комплект форм с насадками для формования балочек; прибор для испытания балочек на изгиб; встряхивающий 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 (см. гл. IV, § 10) 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 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. 22) и в течение 2,5 мин, т. е. за 20 оборотов смесительной чаши, смесь перемешивают. Полученную растворную смесь подвергают испытанию на распыл конуса. Для этого по центру диска встряхивающего столика (см. рис. 23) 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 цементной растворной смесью и каждый слой ее уплотняют штыкованием. Нижний слой уплотняется пятнадцатью нажимами штыковки, верхний — десятью. Во время штыкования растворной смеси форма конуса прижимается к диску рукой. Штыковка (рис. 32) состоит из стального стержня 3 диаметром 20 мм, длиной 110 мм, кольца 2 и деревянной ручки 1 длиной 110 мм.

Уплотненную штыкованием смесь по верхнему краю формы заглаживают влажным ножом. После этого форму снимают строго вертикально, а конус из растворной смеси подвергают встряхиванию (30 раз) при помощи встряхивающего столика. Во время встряхивания конус деформируется и растекается на поверхности сто-

лика. Величину растекания нижнего основания конуса измеряют штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При нормальной консистенции растворной смеси средняя величина нижнего диаметра конуса должна составлять 105—110 мм. Если величина растекания конуса выходит за указанные пределы, то опыт повторяют, увеличив или уменьшив соответственно



Рис. 32.
Стандартная
штыковка

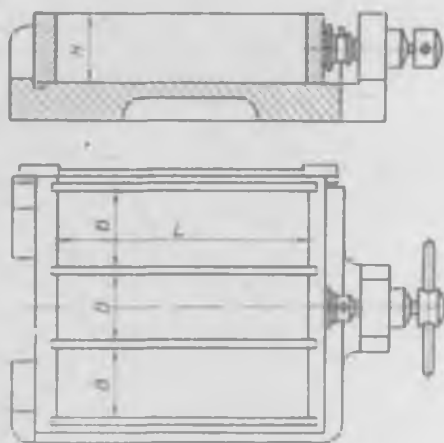


Рис. 33. Трехгнездные формы для изготовления балочек

количество воды для затворения цемента. Так поступают до тех пор, пока будет подобрано такое количество воды, при котором растекание конуса станет нормальным.

Найденное водоцементное отношение записывают в журнал и в дальнейшем пользуются им при приготовлении растворной смеси 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 изготовляют в стальных или чугунных трехгнездных формах (рис. 33). Чтобы продольные и поперечные стороны форм плотно прилегали друг к другу и к поддону, их пришлифовывают. Стенки формы в собранном виде прижимают нажимным винтом к поддону. Угол между продольными и поперечными стенками формы

должен составлять $90 \pm 0,5^\circ \text{C}$. В каждой форме одновременно формуют три образца, для чего перед формированием на каждую форму надевают металлическую насадку, которая служит для правильного наполнения форм растворной смесью. 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 — солидолом.

Подготовленные формы устанавливают на верхнюю плиту лабораторной виброплощадки и плотно крепят

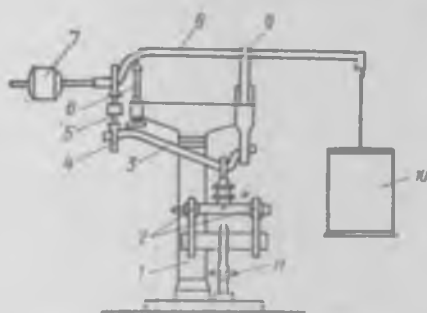


Рис. 34. Прибор для определения прочности балочек при изгибе

к ней. Лабораторная виброплощадка должна удовлетворять следующим требованиям: вибрирующая плита площадки должна колебаться в вертикальном направлении с амплитудой колебания 0,35 мм и частотой 3000 кол/мин.

Цементную растворную смесь помещают в гнезда формы так, чтобы толщина смеси в

каждом гнезде не превышала 1 см. После этого включают мотор. Во время вибрирования все гнезда формы мелкими порциями полностью заполняют растворной смесью и вибрируют в течение 3 мин. Затем форму снимают с площадки, освобождают от насадки, излишек смеси срезают, смесь в формах заглаживают мокрым ножом 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 форм, переносят в ванну, наполненную водой, и укладывают на некотором расстоянии друг от друга в горизонтальном положении. Через каждые 14 сут. воду в ванне меняют. В таком положении образцы хранят до момента испытания их на изгиб.

Величину предела прочности при изгибе определяют на приборе (рис. 34), состоящем из станины 1, двух рычагов 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 прибор необходимо установить на прочностной массивной горизонтальной опоре, проверить правильность навески рычагов и сержек, 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 до испытания балочку вынимают из ванны, насухо вытирают и помещают между опорными валиками 2 так, чтобы грани, которые во время изготовления балочки были обращены к стенкам формы, в приборе располагались горизонтально и воспринимали на себя передаваемую валиками нагрузку (см. рис. 34).

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, вращая маховик, 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 вид $\sigma_{изг} = 11,7 P$ кгс/см².

Из результатов, полученных при испытании трех образцов, вычисляют среднюю арифметическую величину и записывают по форме табл. 31.

Таблица 31
Определение величины предела прочности при изгибе

Цемент	Номер образца	Продолжительность хранения в ванне							
		3 сут.			7 сут.			28 сут.	
		Разрушающая нагрузка P , кгс	Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	Средняя прочность при изгибе $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	P , кгс	$\sigma_{изг}$, кгс/см ²	Средняя $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	P , кгс	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 берут шесть половинок балочек, которые служат образцами для определения величины предела прочности при сжатии. Каждую половинку балочек испытывают на прессе отдельно. Для этого ее помещают между двумя металлическими пластинками (рис. 35), изготовленными из нержавеющей стали. Обе поверхности пластин 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.

Величину предела прочности на сжатие определяют на гидравлическом прессе. Половинку балочки 2 (см. рис. 35), зажатую между пластинками 3, укладывают в центре нижней опорной плиты 1 гидравлического пресса. Затем опускают верхнюю опорную плиту 4 до соприкосновения с образцом, после чего к образцу прилагают нагрузку, скорость увеличения которой должна составлять 20 ± 5 кгс/см².сек или 0,5 тс/сек, вплоть до пол-

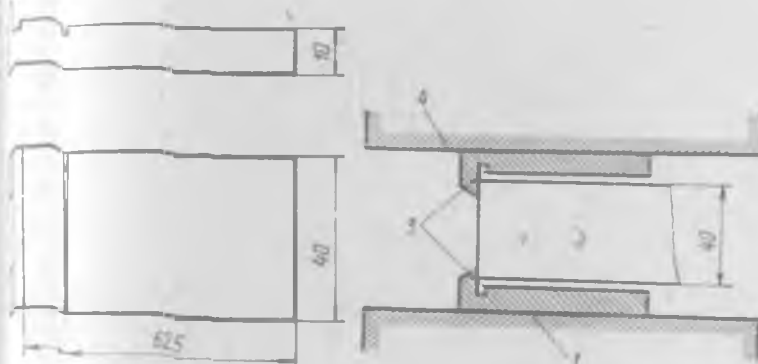


Рис. 35. Схема положения образца при испытании на сжатие

До разрушения образца. Момент разрушения образца с величиной давления в маслопроводе пресса отмечают отклонением стрелки манометра. Разрушающее усилие представляет собой произведение показания манометра в момент разрушения образца на величину, характеризующую соотношение площадей поршней цилиндра пресса и насоса. Величину предела прочности при сжатии каждого образца вычисляют частное от деления разрушающего усилия P на площадь S поперечного сечения испытуемого образца (т. е. 25 см^2).

$$\sigma_{сж} = P/S \text{ кгс/см}^2.$$

Среднюю величину предела прочности при сжатии считывают как среднее арифметическое четырех наибольших значений из шести значений испытанных образцов. Результаты испытаний записывают по форме табл. 32.

Таблица 32

Определение величины предела прочности при сжатии

Результаты испытания образцов после хранения их в течение	
3 сут.	7 сут.
Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$	Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$
Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$	Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$
Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$	Показание микрометра Разрушающее усилие $P, кгс$ Прочность при сжатии $\sigma_{сж}, кгс/см^2$

В. АКТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ

Активными минеральными, или гидравлическими, добавками называют природные или искусственные вещества, которые, будучи смешаны в тонкоизмельченном виде с воздушной известью, при затворении водой придают всей смеси гидравлические свойства, т. е. способность схватываться и твердеть не только на воздухе, но и в воде (ГОСТ 6269—63).

Гидравлические добавки бывают искусственные и естественные. 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. Это металлургические и топливные шлаки, зола, обожженная в процессе самовозгорания угля, глина, пустые породы и углистые сланцы. К искусственным добавкам относят также отходы кремнезема, полученные при изготовлении глинозема из глины и специально обожженные глины.

Использование гидравлических добавок в производстве цементов основано на том, что добавки, содержащие в своем составе главным образом активный кремнезем SiO_2 , химически соединяются с CaO и Ca(OH)_2 и в водной среде образуют 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 гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующейся во время гидратации клинкерных минералов, превращая последнюю в гидросиликат кальция, и таким образом повышают антикоррозионные 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 гидравлических добавках, представляющих собой минеральный остаток, полученный при сжигании всевозможных видов топлива, количество сульфатов (в пересчете на SO_3) допускается не более 3%.

§ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

В производственной практике активность минеральных добавок определяют двумя методами. По первому методу активность добавки характеризуется количеством извести, поглощаемой добавкой из известкового раствора за определенный промежуток времени (см. гл. II, § 23). По второму активность добавки характеризуется временем от начала затворения водой до конца схватывания смеси, состоящей из извести-пушонки и тонкомолотой добавки, взятых в отношении 1:4 по весу, и по водостойкости, приготовленных из этой смеси затвердевших образцов. При этом считается, что добавка является тем активнее, чем быстрее схватится ее смесь с известью и чем более высокой водостойкостью обладают затвердевшие из этой смеси образцы.

Для получения смеси среднюю пробу добавки в количестве около 5 кг высушивают в сушильном шкафу при 105—110°C. Высушенную добавку в количестве 3 кг размалывают в лабораторных шаровых мельницах так, чтобы при контрольном просеве остаток на сите с сеткой № 02 (ГОСТ 3584—53) не превышал 0,5% и

на сите № 008—10%. Размолотую сухую добавку хранят в сухой герметически закрытой таре. Используемая для изготовления образцов пушонка 1-го сорта (ГОСТ 9279—59) должна храниться также в герметически закрытой таре.

Оборудование и материалы: 5 кг активной минеральной добавки; известь-пушонка 1-го сорта; банки с притертыми плотно закрывающимися пробками; шаровая мельница с мелющими телами; сушильный шкаф; комплект сит, состоящий из поддона, сита № 02, сита № 008 и крышки; резиновые пробки; прибор Вика; лопатка; круглодонная чаша; мерный цилиндр; часы; весы с разновесом; водяная баня.

Ход работы. Чтобы приготовить смесь и испытать ее из шаровой мельницы сначала вынимают мелющие тела и вместо них в мельницу помещают либо фарфоровые шарики, либо предварительно окатанные резиновые пробки.

В приборе Вика (см. рис. 20) иглу заменяют металлическим пестиком диаметром $3 \pm 0,05$ мм такой же длины, как и игла. На верхнюю площадку перемещающейся части прибора помещают дополнительный груз с таким расчетом, чтобы суммарный вес этой части вместе с пестиком составлял 300 ± 2 г. Затем из хранящихся в банках предварительно измельченных и просеянных материалов составляют смесь в отношении 4 вес. ч. добавки и 1 вес. ч. пушонки. Эти материалы помещают в шаровую мельницу, где и смешивают их*.

Из сухой смеси готовят тесто нормальной густоты и им наполняют два конических кольца к прибору Вика вровень с краями. Тесто в кольцах с обеих сторон покрывают стеклянными или металлическими пластинками и в таком виде помещают на 24 ч в ванну (при $20 \pm 3^\circ\text{C}$) с гидравлическим затвором (см. рис. 30). По истечении указанного времени одно из колец вынимают из ванны, помещают на площадку прибора Вика, снимают верхнюю пластинку и определяют степень схватывания теста. При этом вместо иглы испытание проводится заменяющим ее металлическим стержнем. Степень схватывания проверяют 1 раз в сутки. Концом схватывания считают такой момент, когда стержень перестает погружаться в тесто.

* При отсутствии шаровой мельницы материалы смешивают в стеклянной банке вручную, встряхивая и вращая ее.

Водостойкость определяют на втором образце, для чего его извлекают из ванны, вынимают из кольца и на 3 сут. полностью погружают в сосуд с водой. Образец считают водостойким, если сохраняется четкость формы и краев и не обнаруживаются признаки размывания. Результаты определения записывают по форме табл. 33.

Таблица 33

Определение водостойкости минеральных добавок

Наименование добавки	Состав смеси, кг		Нормальная густота теста	Скорость затвердевания		Водостойкость	Примечание
	Добавки	Пушонки		Номер замера	Время, сут.		

Заполнители

Заполнители являются составной частью бетона (80—85% его); 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 и тем 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 условно 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 бетона, то крупный и мелкий заполнитель в свою очередь разделяются на фракции, количественно соотношение которых нормируется соответствующими ГОСТами. Определение гранулометрического состава заполнителя, а также рассев по фракциям производится на стандартных ситах с размерами отверстия в свету для песка 0,14; 0,31; 0,63; 1,25; 2,5 и 5,0 мм и для щебня и гравия — 5; 10; 20; 40 и 70 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 генетическом отношении заполнитель бывает **естественного** и **искусственного** происхождения. К естественным относится заполнитель, представляющий собой обломочную горную породу соответствующего грануло-

метрического 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, топливных и металлургических шлаков) или специально изготовленные тем или иным способом зернистые виды материалов, как, например, керамзит, аглопорит, вермикулит, пеностекло и т. д.

На прочность и структуру бетона форма зерен и характер поверхности заполнителя оказывают значительное влияние. При прочих равных условиях бетон, изготовленный на щебне, несколько прочнее бетона, изготовленного на гравии. В то же время бетон, изготовленный на угловатом гравии с шероховатыми гранями, прочнее бетона, изготовленного на гравии с гладкими округлоокатанными зернами.

Те же замечания относятся и к пескам. Овражным пескам и пескам, образующимся во время дробления горных пород при получении щебня и имеющим угловатые зерна и шероховатую поверхность, 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, является одним из основных факторов, предопределяющих прочность бетона.

К вредным примесям, снижающим качество заполнителей, относятся глинистые, землистые, 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 заполнителя и соответствие требованиям ГОСТов и технических условий могут быть составлены лишь после лабораторных испытаний.

А. ПЕСОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Песком обычно принято называть рыхлый зернистый вид различных твердых веществ, состоящих из зерен

величиной 0,15—5 мм. Пески, применяемые в строительных работах, относятся к группе неорганических песков. Они могут быть естественного или искусственного происхождения. Естественные, или минеральные, пески образовались преимущественно из кристаллических, реже 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 используют главным образом пески естественного происхождения.

Минеральные пески широко применяют 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—67, и для определения механических свойств цементов — ГОСТ 6139—70.

Качественную характеристику песка и степень его пригодности для тех или иных работ составляют на основании ряда лабораторных испытаний. При определении общей характеристики песка находят удельный и объемный насыпной веса; 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 $20 \pm 5^\circ \text{C}$. Испытуемый материал высушивают в сушильном шкафу при $105\text{—}110^\circ \text{C}$ до получения постоянного веса. Точность взвешивания

вания 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 отверстиями 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 отверстиями в свету 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 взвешивают. Зная вес навески g , вес пикнометра с навеской и водой g_1 и вес пикнометра только с водой g_2 , вычисляют удельный вес песка по формуле

$$\gamma_{\text{уд.п}} = \frac{g}{g_2 + g - g_1} \text{ г/см}^3.$$

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 двух сходящихся определений. При большем расхождении определение повторяют с новыми навесками. Результаты определения записывают по форме табл. 34.

Таблица 34

Определение удельного веса песка

Название материала	Температура помещения, $^{\circ}\text{C}$	Вес, г					Удельный вес песка, г/см^3	
		часового стекла с навеской	часового стекла	навески	навески с пикнометром и водой	пикнометра с водой	по каждому опыту	средний результат

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО НАСЫПНОГО ВЕСА ПЕСКА

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

Величину насыпного веса песка, определяемого в состоянии естественной влажности, практически используют при пересчетах из весового выражения в объемное и обратно. Такие пересчеты имеют место при разработке 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 кгс, три мерных сосуда по 10 л и три мерных сосуда по 1 л; 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 исполь-

зуют 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

$$\gamma_{об.н} = \frac{g_1 - g}{V} \text{ г/см}^3,$$

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 исследуемого 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 в состоянии естественной влажности.

Результаты определения записывают по форме табл. 35.

Таблица 35
Определение объемного насыпного веса

Исследуемый материал	Температура измерения, град	Номер опыта	Вес, г			Объем мерного сосуда V , см ³	Насыпной вес песка $\gamma_{об.н}$, г/см ³	
			пустого мерного сосуда g	мерного сосуда с песком g_1	навески $g_1 - g$		по каждому опыту	средний результат

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТНОСТИ ПЕСКА

Сравнивая между собой числовые величины удельного и объемного насыпного веса песка, видно, что величина насыпного веса всегда меньше удельного. Если для данного песка величина удельного веса постоянная, то величина насыпного веса может колебаться 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 зернистым материалом между зернами последнего остается пространство, заполненное 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.

Величину пустотности песка по значениям удельного и насыпного веса вычисляют по формуле

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{об.н}}}{\gamma_{\text{ух}} \cdot 1000}\right) \cdot 100\%$$

где $\gamma_{\text{об.н}}$ — объемный насыпной вес материала в сухом состоянии, кг/м^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° С. Влажность рассчитывают по формуле

$$w = \frac{g - g_1}{g} \cdot 100\%$$

где g — вес влажного песка, г; g_1 — вес сухого песка, г.
Методика определения влажности изложена в гл. II, § 1.

§ 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 предъявляют особые и подчас жесткие требования. Так, при составлении бетонных смесей и строительных растворов использование мелкозернистых песков приводит к излишнему перерасходу вяжущего вещества. Для получения 1 м³ удобоукладываемого раствора с применением мелкого песка (по Скрамтаеву) 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 $M_{кр}$ — условному цифровому показателю, вычисленному по данным ситового анализа. **Частным остатком** на том или ином сите называют выраженное в % отношение остатка на этом сите ко всей просеиваемой навеске песка. **Полным остатком** на том или ином сите называют выраженное в % ко всей навеске песка отношение суммы частных остатков на данном сите и на всех предшествующих более крупных ситах. **Модулем крупности** называют частное от деления на 100 суммы всех полных остатков песка, полученных при рассеиве его на стандартном наборе сит.

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

$$M_{кр} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100} \%$$

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 делят на группы (табл. 36).

Таблица 36

Группы исследуемого песка

Группа песка	Модуль крупности, $M_{кр}$	Полный остаток на сите, № 063, %
Крупный	Более 2,5	Более 50
Средний	2,5—2,0	30—50
Мелкий	2,0—1,5	10—30
Очень мелкий	1,5—1,0	Менее 10

Обычно ситовому анализу подвергают среднюю пробу песка, отобранную от общей партии в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 8736—67. Если в анализируемом песке содержится некоторое количество гравия, т. е. зерен величиной свыше 5 мм, то средняя проба должна составлять 10 кг, в остальных случаях — 5 кг.

Оборудование и материалы: средняя проба песка; стандартный набор сит с крышкой и поддоном; вибrostол; технические 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°С 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; 0,315; 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, g — вес всей навески, g .

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 записывают по форме табл. 37.

Таблица 37

Результаты ситового анализа

Название материала	Номер сита	Вес, г			Частный остаток на данном сите, %	Полный остаток на данном сите, %	Модуль крупности песка
		сита с остатком	пустого сита	остатка			

Результаты ситового анализа представляют в виде кривой, нанесенной на график в прямоугольной системе координат (рис. 36). Если кривая, характеризующая гранулометрический состав исследуемого песка, располагается в заштрихованной части графика, то такой песок

считается годным к употреблению. Если кривая располагается выше заштрихованной части, песок считается мелким, если ниже — крупным.



Рис. 36. Кривая просеивания песка

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛЕВИДНЫХ И ГЛИНИСТЫХ ЧАСТИЦ В ПЕСКЕ

В песках, используемых в строительных и штукатурных растворах, в бетонах, глинистые и илстые 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 илстые примеси способствуют излишнему водопоглощению и появлению растительности.

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 и из него берут навеску в количестве 1000 г,

переносят в цилиндрический стеклянный сосуд диаметром 300 мм и высотой 400 мм. В сосуд заливают 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 мутную воду перекачивают сифоном с таким расчетом, чтобы над песком в сосуде остался слой воды толщиной 30 мм. Затем сосуд наполняют чистой водой до первоначального уровня и повторяют вышеописанную операцию до тех пор, пока сливаемая вода станет совершенно прозрачной. Последнее указывает на то, что из песка отмыты глинистые и илистые примеси. Закончив промывку песка, всю избыточную воду сливают, песок переносят в предварительно взвешенную широкую плоскодонную чашку или в эмалированный кювет и помещают в сушильный шкаф, высушивают при температуре 105—110°С до получения постоянного веса, а затем взвешивают.

Количество глинистых и илистых частиц определяют по разности между первоначальной навеской песка и весом ее после промывки. Результат выражают в процентах по отношению к весу первоначальной навески с точностью до 0,1%. Для расчета пользуются формулой

$$O_{г.м} = \frac{g - g_1}{g} \cdot 100\%,$$

где g_1 — вес отмытого песка, г; g — вес первоначальной навески песка, г.

Полученные результаты записывают по форме табл. 38.

Таблица 38

Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Название материала	Вес, г						Содержание илистых и глинистых частиц, %
	сосуда с навеской песка	сосуда	исходной навески	сосуда с промытым песком	сухого сосуда	промывного песка	

§ 7. 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 отталкиванию друг от друга частиц коллоидной величины, глинистые комочки диспергируют 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

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2(\gamma_{уд.ч} - \gamma_{уд.ж})g}} \text{ см,}$$

где η — вязкость жидкости, в которой происходит осаждение, пз ; v — скорость осаждения частиц, см/сек ; $\gamma_{уд.ч}$ — удельный вес осаждающихся частиц, г/см^3 ; $\gamma_{уд.ж}$ — удельный вес жидкости, в которой происходит осаждение, г/см^3 ; g — ускорение силы тяжести, см/сек^2 .

Подставив значение $v = H/t$ (где H — высота осаждения, t — время осаждения) в приведенную выше формулу, получаем

$$r = \sqrt{\frac{9\eta H}{2(\gamma_{уд.ч} - \gamma_{уд.ж})gt}} \text{ см.}$$

Если осаждение одних и тех же частиц происходит в одной и той же жидкости и при постоянной температуре, то выражение $\sqrt{\frac{9\eta}{2(\gamma_{уд.ч} - \gamma_{уд.ж})g}}$ будет постоянной

величиной и может быть обозначено через k . Тогда $r = k\sqrt{\frac{H}{t}}$, а диаметр частиц $D = 2k\sqrt{\frac{H}{t}}$.

Используя этой формулой, можно определить время, необходимое для осаждения $t = \frac{4kH}{17}$ сек.

С изменением температуры, при которой производит-ся осаждение, вязкость жидкости изменяется, в связи с этим изменяется и численное значение величины k . Зависимость между продолжительностью осаждения глинистых частиц размером 0,005 мм на глубину 100 мм и температурой воды дана в табл. 39.

Таблица 39

Зависимость скорости осаждения глинистых частиц от температуры воды

Температура, град	15	17	20	22	25
Время осаждения на глубину 100 мм, мин	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; 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 мерные 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, несколько раз переворачивают его, взбалтывая 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 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 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 колбу (100 мл) точно до метки и колбу с содержимым взвешивают на технических 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 $(g_1 - g)/1,65 \text{ см}^3$. Умножив эту величину 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 цилиндрах емкостью по 1 л), а затем это количество глины выразить в процентах по отношению к первоначальной навеске песка

$$g_{\text{гл}} = \frac{2,65 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 100 (g_1 - g)}{1,65 \cdot 1000} \approx 3,22 (g_1 - g)$$

Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из двух параллельных определений. Результаты исследования записывают по форме табл. 40.

Таблица 40

Определение содержания глинистых частиц в песке

Название материала	Время осаждения по ГОСТу, мин	Проба первого цилиндра			Проба второго цилиндра			Общее содержание глинистых частиц, %
		Вес колбы с суспензией g_1	Вес колбы с водой g_2	Количество глинистых частиц $g_{\text{гл}}$, %	Вес колбы с суспензией g_1 , г	Вес колбы с водой g_2 , г	Количество глинистых частиц $g_{\text{гл}}$, %	

Иногда количество глинистых частиц в песке определяют пипеточным методом. Для этого от средней пробы предварительно высушенного до постоянного веса и просеянного через сито с отверстиями в 5 мм песка берут две навески по 250 г. Каждую навеску помещают

в стеклянный цилиндр емкостью 1000 мл и заливают 500 мл дистиллированной воды, к которой добавлено по 4 мл 25%-ного аммиачного раствора. Содержимое каждого сосуда тщательно перемешивают стеклянными палочками с резиновыми наконечниками, а затем оставляют на 24 ч в покое. Через сутки содержимое сосудов повторно тщательно перемешивают, доливают до 1000 мл дистиллированной водой, опять тщательно смешивают, переворачивая поочередно несколько раз плотно зажатый ладонью каждый цилиндр.

Определив по термометру температуру помещения, оба цилиндра оставляют в покое на время, указанное в табл. 39.

Затем из каждого цилиндра на глубине 100 мм от поверхности жидкости осторожно отбирают пипеткой по 100 мл суспензии. Отобранную суспензию помещают в мерную колбу емкостью в 100 мл и взвешивают с точностью до 0,01 г, получая таким образом вес колбы, наполненной суспензией, g_1 . Затем содержимое колбы выливают, а колбу до метки наполняют дистиллированной водой и опять взвешивают, получая при этом вес колбы только с водой g_2 . Расчет для каждой навески ведут по формуле

$$g_{гг} = \frac{16,67 (g_1 - g_2)}{g} \cdot 100\%$$

где g — вес навески песка, г.

Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из двух параллельных определений (в двух цилиндрах). Запись результатов определения производят по форме табл. 41.

Таблица 41

Определение содержания глинистых частиц в песке

Название песка	Первая навеска				Вторая навеска				Среднее из двух определений, %	Примечание
	Вес навески g , г	Вес колбы с навеской g_1 , г	Вес колбы с водой g_2 , г	Содержание глины $g_{гг}$, %	Вес навески g , г	Вес колбы с навеской g_1 , г	Вес колбы с водой g_2 , г	Содержание глины $g_{гг}$, %		

§ 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Содержание органических примесей, а особенно гумусных 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 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 весы 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; содержимое 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 натра, получают эталонный раствор. Эту смесь готовят за 24 ч до употребления.

Для испытания песков по колориметрической пробе мензурку емкостью 250 мл наполняют песком естественной влажности до деления 130, а затем туда же вливают раствор едкого натра 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 под песком в мензурке мало чем отличается от окраски эталонного раствора, то мензурку с песком и находящимся в ней раствором помещают на водяную баню и подогревают при температуре 60—70°С в течение 2—3 ч. После этого оба раствора (испытываемый и эталонный) сравнивают повторно и затем делают окончательное заключение о качестве песка по форме: «окраска раствора над песком... следовательно, песок... удовлетворяет требованиям ГОСТа».

Б. ЩЕБЕНЬ И ГРАВИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Гравий — это обломочная горная порода, образовавшаяся в результате естественного разрушения изверженных, осадочных и метаморфических горных пород и состоящая 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 строитель-

ного материала при сооружении шоссеиных 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 щебию и гравия 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.

§ 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ГОРНОЙ ПОРОДЫ, ИСПОЛЗУЕМОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕБНЯ

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 раз-

личной величины. 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 ; 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°С; охлаждают в эксикаторе над 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 в гл. III, § 3. При получении сходящихся результатов, т. е. таких, расхождение между которыми не превышает 0,02 г/см³, величину удельного веса рассчитывают как среднеарифметическое из этих двух определений. При большем расхождении определение проводят заново с новыми порциями материала. Запись результатов производят по форме табл. 5.

§ 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ГРАВИЯ И ЩЕБНЯ, А ТАКЖЕ ИСХОДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Горные породы, используемые для приготовления щебня, не являются абсолютно плотными, а содержат

микрощели, микротрещины и газовоздушные включения. 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; технические 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 лабораторной практике предусматривается 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°С до постоянного веса. Затем определяют объем каждого образца.

Для определения объема по первому способу образцы погружают в ванну, которая затем медленно наполняется водой комнатной температуры с таким расчетом, чтобы уровень воды был на 20 мм выше уровня образцов. Образцы в воде выдерживают в течение 2 ч, после чего вынимают из ванны, вытирают влажной тканью и дважды взвешивают сначала на 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, g ; g_1 и g_2 — вес насыщенного водой образца на воздухе и в воде, g ; $g_1 - g_2$ — вес воды, вытесненной образцом, равный весу воды в объеме образца, g .

Объемный вес находят как среднее арифметическое из пяти определений различных образцов.

Результаты определения объемного веса по первому методу записывают по форме табл. 42.

Таблица 42

Определение объемного веса породы путем гидростатического взвешивания

Название материала	Номер образца	Вес образца, g			Объемный вес, g/cm^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 образования 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 лысынами. Эти дефекты дополнительно заделывают парафином, нанесенным на разогретую пластинку. Запарафинированные образцы взвешивают на воздухе, а затем в воде на гидростатических весах. Величину объемного веса каждого образца вычисляют по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{g'}{g_1' - g_2' - \frac{g_1' - g'}{\gamma_{уд.п}}} \quad g/cm^3,$$

где g' — вес сухого образца на воздухе, g ; g_1' — вес запарафинированного образца в воздухе, g ; g_2' — вес запарафинированного образца в воде, g ; $\gamma_{уд.п}$ — удельный

вес парафина, $\gamma_{уд.п} = 0,93 \text{ г/см}^3$; $(g_1' - g')/\gamma_{уд.п}$ — 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 табл. 43.

Таблица 43

Определение объемного веса горной породы с предварительно опарафинированной поверхностью путем гидростатического взвешивания

Название материала	Номер образца	Вес образца, г			Объем, см ³		Объемный вес, г/см ³	
		сухого g_1	опарафинированного g_1'	опарафинированного в воде g_2	парафина	образца	каждого образца	средний

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 каждый образец подвергают обмеру штангенциркулем с точностью до $0,1 \text{ мм}$. Так как выпиленные образцы не всегда обладают точно геометрической формой куба, то для вычисления объема каждого образца площадь его поперечного сечения умножают на среднюю высоту по формуле (рис. 37)

$$V = \frac{[(a + a')(b + b') + (c + c')(d + d')] \cdot (h + h_1 + h_2 + h_3)}{32} \text{ см}^3,$$

где a и a' — величины двух противоположащих ребер верхней грани куба, см; b и b' — величины вторых двух противоположащих ребер той же грани куба, см; c и c' — величины двух противоположащих ребер нижней грани

Определение объема веса образцов горной породы кубической формы

[illegible]

Определение объемного веса образцов цилиндрической формы

[illegible]

куба, см; d и d' — величины вторых двух противоположащих 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 определяют так же, как и объем куба (рис. 37,б)

$$V = \frac{\pi(h + h_1 + h_2 + h_3)[(a + a')^2 + (b + b')^2]}{128} \text{ см}^3,$$

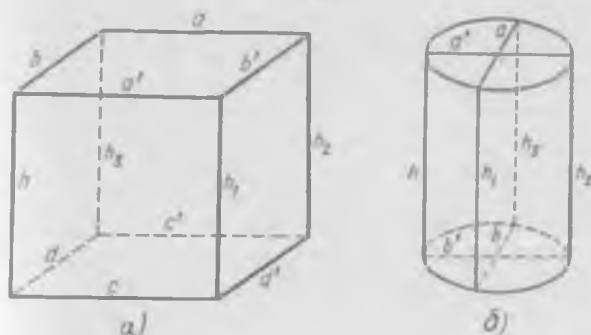


Рис. 37. Измерения при определении объема куба (а) и объема цилиндра (б)

где h ; h_1 ; h_2 ; h_3 — величины четырех измерений высоты, см; a и a' — величины измерений взаимно перпендикулярных диаметров верхнего основания, см; b и b' — величины измерений взаимно перпендикулярных 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 табл. 44, а для образцов цилиндрической формы — по 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 высушивают 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 на воздухе, а затем в воде. Объемный вес материала подсчитывают по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{E}{g_1 - g_2} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес сухой навески, г; g_1 — вес навески, насыщенной водой, г; g_2 — вес навески в воде, г.

Результаты исследования записывают по форме табл. 46.

Таблица 46

**Определение объемного веса щебня или гравия
путем гидростатического взвешивания**

Название материала	Вес, г			Объемный вес, г/см ³		Примечание
	сухой навески, g	навески, насыщенной водой, g_1	навески, насыщенной водой, в воде g_2	отдельной пробы	средний	

Определение объемного насыпного веса щебня или гравия для пересчета весового выражения в объемное и обратно осуществляют взвешиванием 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 краями

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. Объемный насыпной 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.

Результаты определения записывают по форме табл. 47.

Таблица 47

Определение объемного веса щебня или гравия

Название	Вес, г		Объем тары V , л	Объемный вес $\gamma_{об.н}$ г/см ³
	мерной тары g_1	материала с тарой g_2		

§ 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Пористость горной породы можно определить расчетным путем, если известен удельный и объемный вес ее. Величину пористости вычисляют с точностью до 0,5% по формуле

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{уд}}\right) \cdot 100\%$$

где $\gamma_{об}$ — объемный вес породы, г/см³; $\gamma_{уд}$ — удельный вес породы, г/см³.

§ 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ИСХОДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ, ЩЕБНЯ ИЛИ ГРАВИЯ

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 или гравия можно определить либо на куско-

вом 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, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110°С 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 уровня образцов. В воде образцы выдерживают 48 ч, после чего протирают влажной тканью и взвешивают.

Водопоглощение каждого образца подсчитывают с точностью до 0,01 %, пользуясь формулой

$$w = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес образца, насыщенного водой, g ; g — вес сухого образца, g .

Водопоглощение породы определяют одновременно на трех образцах. Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из трех определений.

Результаты испытаний записывают по форме табл. 48.

Таблица 48

Определение водопоглощения

Название материала	Номер образца	Вес, g			Водопоглощение образца, $W_{об}$, %	Водопоглощение породы, W_p , %	Примечание
		образца, насыщенного водой g_1	сухого образца g	воды в порах образца $g_1 - g$			

§ 13. 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 85%. Со-

отношение между крупным и мелким заполнителями, т. е. между щебнем (или гравием) и песком в среднем равно 2:1, а количество крупного заполнителя в бетоне — около 60%. Прочность крупного заполнителя должна быть выше прочности 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 М150 и выше, не подвергающихся замерзанию, — в 1,5 раза больше заданной марки бетона. Для получения щебня М1200, 1000 и 800 используют изверженные горные породы, для щебня М1200, 1000, 800, 600 — метаморфические породы и для щебня М1200, 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. Кубы размером 50×50×50 мм выпиливают из исходной породы на камнерезательном станке (вытесывать образцы не рекомендуется, так как при этом в образце образуются мелкие трещины, снижающие его прочность и искажающие в дальнейшем результаты испытаний). Образцы цилиндрической формы высотой 50 мм и диаметром основания 50 мм изготавливают с помощью бурильного станка.

Размеры цилиндрических образцов, полученных из геологоразведочных кернов породы, могут быть высотой 40—110 мм при условии, что диаметр такого образца равен его высоте.

Если горная порода, подвергающаяся испытанию, имеет слоистое строение, то образцы изготавливают так, чтобы слоистость образца располагалась во время испытания перпендикулярно направлению действия сжимающих усилий. Грани образца, воспринимающие при испытании нагрузку, должны быть плоскими и строго парал-

лельными 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

$$S_k = \frac{1}{8} [(a + a') \cdot (b + b')] + [(c + c') \cdot (d + d')] \text{ см}^2,$$

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 других двух противоположащих ребер нижней грани куба, см.

Площадь поперечного сечения цилиндра

$$S_k = \frac{\pi}{32} [(a + a')^2 + (b + b')^2] \text{ см}^2,$$

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 изготавливают пять образцов, которые очищают от пыли и загрязнений, затем насыщают водой, 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

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

Таблица 49

Определение предела прочности при сжатии

Название материала	Номер образца	Основные размеры, см								Площадь поперечного сечения S , см ²	Наступающая нагрузка P , кгс	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, кгс/см ²
		a	a'	b	b'	c	c'	d	d'			

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 $\sigma_{сж}$, которые в три и более раз отличаются от среднего значения величины $\sigma_{сж}$). Результаты испытаний записывают по форме табл. 49.

§ 14. 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 ее, частично 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 $\sigma'_{сж}$ к величине предела прочности при сжатии ее в совершенно сухом состоянии $\sigma_{сж}$. Коэффициент размягчения вычисляют с точностью до 0,01 по формуле

$$k_p = \frac{\sigma'_{сж}}{\sigma_{сж}}.$$

Определение величины $\sigma'_{сж}$ и $\sigma_{сж}$ производят по методике, изложенной в гл. III, § 6. Предварительное высушивание образцов перед испытанием их в сухом состоянии проводится в обычных сушильных шкафах при температуре 105—110° С.

§ 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСТОТНОСТИ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Пустотностью рыхлозернистого материала принято называть отношение суммарного объема межзерновых

пустот ко всему объему исследуемой порции заполнителя.

Пустотность крупного заполнителя при проектировании и составлении бетонных смесей имеет важное техническое значение и служит основанием для количественного определения мелкого заполнителя. Если известны объемный и насыпной вес 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%.

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{об.н}}}{\gamma_{\text{об}} - 1000}\right) \cdot 100\%$$

где $\gamma_{\text{об.н}}$ — величина объемного насыпного веса заполнителя, кг/м^3 ; $\gamma_{\text{об}}$ — величина объемного веса заполнителя, г/см^3 .

Определение $\gamma_{\text{об.н}}$ и $\gamma_{\text{об}}$ производят по методике, описанной в гл. III, § 4, запись результатов — по форме табл. 50.

Таблица 50

Определение пустотности

Название материала	Вес, г/см^3		Пустотность $V_{\text{пуст}}$, %	Примечание
	объемный $\gamma_{\text{об}}$	насыпной $\gamma_{\text{об.н}}$		

§ 16. 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—60 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

$$w = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%$$

§ 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛЕВИДНЫХ, ГЛИНИСТЫХ И ИЛИСТЫХ ЧАСТИЦ В ЩЕБНЕ ИЛИ ГРАВИИ

Пылевидные глинистые 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—64 количество пылевидных и глинистых частиц в щебне может быть не более 3% при щебне М200—400 и не более 2% при щебне М600—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; 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 в сушильном шкафу до постоянства веса. 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 промывного материала. Все это энергично перемешивают, затем на 2 мин оставляют в покое, после чего при помощи сифона мутную воду сливают 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 том же порядке до тех пор, пока вода над щебнем после от-

стаивания в течение 2 мин не станет совершенно прозрачной. Промытый таким образом материал извлекают из 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 пылевидных и глинистых частиц и вычисляется с точностью до 0,1 % по формуле

$$O_{\text{отм}} = \frac{g - g_1}{g} \cdot 100\%$$

где g — вес исходной навески, г; g_1 — вес той же навески после отмучивания, г.

Результаты испытаний записывают по форме табл. 51.

Таблица 51

Определение содержания пылевидных, глинистых и илистых частиц

Название материала	Вес, г			Количество пылевидных и глинистых примесей $O_{\text{отм}}$, %	Примечание
	исходной навески g	промытой навески g_1	пылевидной, глинистой и илистой фракции $g - g_1$		

Промытый и высушенный материал следует сохранить для определения зернового состава.

§ 18. 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, при котором в бетонах сохраняется принцип плотнейшей укладки, т. е. когда между крупными зернами заполнителя 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—64 и 5578—65 предусматриваются следующие фракции зернистости щебня или гравия: первая фракция от 3—5 до 10 мм, вторая — от 10 до 20 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; 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 в 10 мм; 10 кг — до 20 мм; 20 кг — до 40 мм; 30 кг — до 70 мм и 50 кг — свыше 70 мм. Если отобранная проба 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 в один комплект. На верхнее сито собранного комплекта переносят среднюю пробу и, приводя комп-

лект сит в колебательное состояние, просеивают ее при непрерывном промывании водой.

Во время просеивания толщина слоя, просеиваемого на сите материала, не должна превышать наибольший размер зерен отсеиваемой на данном сите фракции. 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.). Складывая 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 ко всей навеске, откуда $a_n = (g_n / \Sigma G) \cdot 100\%$, и

полные остатки на каждом сите, из которых каждый остаток равен сумме всех частных остатков на всех предшествующих ситах с большим размером отверстий.

Если на сите с величиной отверстия 70 мм в свету имеется остаток, наибольшую величину его зерен определяют с помощью калибров.

На основании данных, полученных при ситовом анализе в прямоугольной системе координат, строят кривую просеивания, которая характеризует зерновой состав нефракционированного заполнителя (рис. 38).

При построении графика 0% соответствует предельной величине зерна, найденной с помощью калибров, или размеру отверстия того сита, на котором остаток равен нулю. 100% соответствует ситу с отверстиями в 0,14 мм. Найденные на графике точки соединяют между собой линией, которая и представляет собой кривую просеивания. Чтобы найти $D_{\text{павиб}}$ и $D_{\text{пним}}$, на графике параллельно оси абсцисс проводят две прямые через

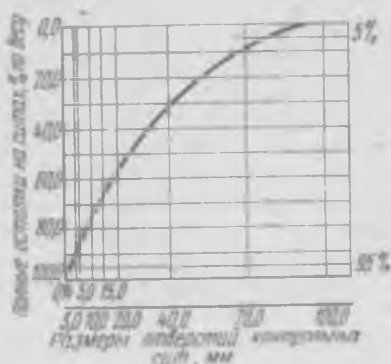


Рис. 38. Кривая просеивания крупного заполнителя

точки, соответствующие 5 и 95%. Пересечение этих прямых с кривой просеивания определяет точки, соответствующие $D_{\text{наиб}}$ и $D_{\text{наим}}$ зерен, содержащихся в исследуемом заполнителе. $D_{\text{наиб}}$ представляет собой такую зернистость материала, которая соответствует 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 записывают по форме табл. 52.

Таблица 52

Определение гранулометрического состава

Название материала	Величина исходной навески, г	Номер сита или величина отверстия	Вес, г			Частный остаток, %	Полный остаток, %
			сита с остатком	сита без остатка	остаток		

§ 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ И ИГЛОВАТЫХ ЗЕРЕН В ЩЕБНЕ ИЛИ ГРАВИИ

Пластинчатыми (лещадными) и игловатыми называют такие зерна, длина которых в три с лишним 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—64 содержание пластинчатых и игловатых зерен в щебне и гравии не должно превышать 15%. Для определения 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 к толщине или ширине их.

Все отобранные зерна игловатой и пластинчатой формы взвешивают, а затем взвешивают 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. 53.

Таблица 53

Определение содержания пластинчатых и игловатых зерен в щебне или гравии

Название материала	Вес, г		Количество пластинчатых и игловатых зерен $П$, %	Примечание
	пластинчатых и игловатых зерен g_1	оставшихся зерен g_2		

§ 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ ЩЕБНЯ ИЛИ ГРАВИЯ

ГОСТ 8268—62 предъявляет к щебню и гравиям, используемому в дорожном строительстве, ряд требований в отношении прочности на истирание (табл. 54).

Таблица 54

Требования, предъявляемые к гравиям и щебню

Марка щебня или гравия	Потеря в весе после испытания, %	Марка щебня или гравия	Потеря в весе после испытания, %
И 20	До 20	И 55	46—55
И 30	21—30	И 70	56—70
И 45	31—45		

Истираемость щебня и гравия определяется в полочном барабане (рис. 39), представляющем собой полый стальной цилиндр диаметром 700 мм и длиной 500 мм, вращающийся вокруг горизонтальной оси со скоростью 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 диамет-

ром около 48 мм и весом от 405 до 450 г каждый. Эти шары при вращении барабана истирают испытуемый материал.

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.

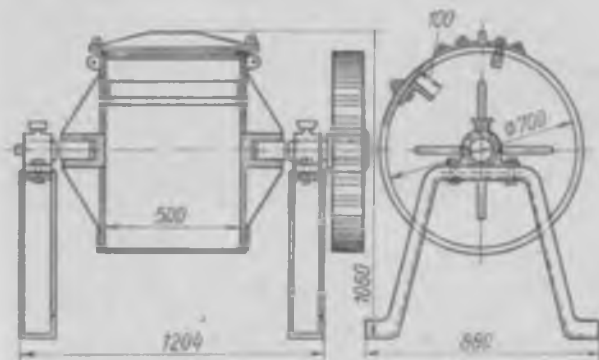


Рис. 39. Полочный барабан

Ход работы. Процесс определения истираемости состоит из подготовки навески щебня или гравия, истирания ее во вращающемся полочном барабане, отделения испытуемого материала от мелочи зернистостью меньше 1,25 мм и взвешивания остатка.

Если подлежащий испытанию материал содержит более 1% глинистых и илистых примесей, его предварительно промывают и высушивают. Чистый материал в состоянии естественной влажности рассеивают на фракции 5—10; 10—20 и 20—40 мм. Просев на сите 5 мм отбрасывают, остаток на сите 40 мм дробят и повторно рассеивают на фракции. Рассев по фракциям ведут до получения навесок величиной в 5 кг для фракций 5—10 и 10—20 мм и 10 кг для фракции 20—40 мм. Каждую из трех полученных таким образом навесок загружают в барабан одновременно с 8 шарами для фракции 5—10 мм; 11 шарами для фракции 10—20 мм и 12 шарами для фракции 20—40 мм. Количество оборотов барабана при испытании должно составлять 500 для щебня фракций 5—10 и 10—20 мм и 1000 для фракции 20—40 мм, что по времени соответственно составит 15 и 30 мин.

Затем испытуемый материал извлекают из барабана и последовательно просеивают через два сита — первое с отверстиями в 5 мм, второе в 1,25 мм. Остатки на ситах соединяют вместе и взвешивают. Показатель истираемости определяют по формуле с точностью до 0,1%

$$И = \frac{g - g_1}{g} \cdot 100\%$$

где g — величина исходной навески, подвергаемой испытанию, г; g_1 — сумма весов обоих остатков на ситах, г.

Общий показатель истираемости для данного материала определяют как среднее арифметическое из двух отдельных навесок. Результаты определения записывают по форме табл. 55.

Таблица 55

Определение истираемости щебня или гравия

Название материала	Первая навеска					Вторая навеска					Среднее значение истираемости, %
	исходная, г	остаток на первом сите, г	остаток на втором сите, г	остаток на двух ситах, г	истираемость, %	исходная, г	остаток на первом сите, г	остаток на втором сите, г	остаток на двух ситах, г	истираемость, %	

§ 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЩЕБНЯ ИЛИ ГРАВИЯ УДАРУ

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 копре ПМ. Для марки У75 она составляет 75 и выше, для марки У50—50—74, для марки У40—40—49 и для марки У30—30—39. Величину показателя сопротивления удару на копре ПМ рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{н}} = \frac{25}{4 - A},$$

где A — показатель крупности материала после испытания на удар, представляющий 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 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 подвергают щебень или гравий, который не содержит более 1% глинистых илистых загрязнений. Загрязненный материал предварительно промывают и высушивают. Подготовленный таким образом 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 навески весом

$$g = 500 \gamma_{об.п.}$$

где 500 — объем ступки, $см^3$;
 $\gamma_{об.п.}$ — насыпной вес, $г/см^3$
 (см. гл. III § 4).

Каждую навеску подвергают испытанию на удар на однобойковом копре (рис. 40). Копер ПМ состоит из

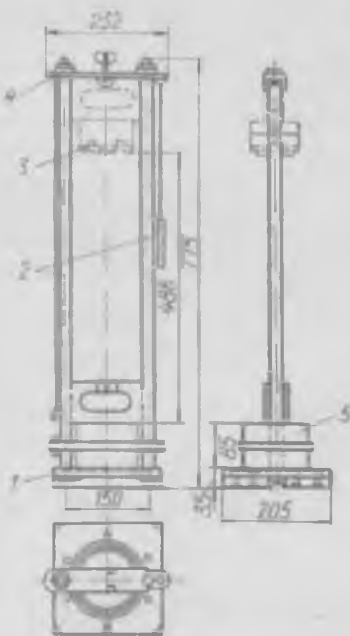


Рис. 40. Однобойковый копер ПМ.

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 остальная ступка 5 емкостью 500 см³, которая свободно может поворачиваться вокруг вертикальной 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 с величиной отверстий 5, 3, 1 и 0,5 мм. Остатки на ситах взвешивают, а затем определяют величину полных остатков на каждом сите. По этим данным, пользуясь формулой $A = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4)/g$, определяют величину показателя крупности A. Подставив значение этой величины в формулу $У_{уд} = 25/(4 - A)$, 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 табл. 56.

Таблица 56

Определение сопротивления щебня или гравия удару

Название материала	Номер опыта	Величина исходной навески, г	Вес (г) остатков на ситах, мм				Показатель		Средняя величина показателя сопротивления удару
			5	3	1	0,5	крупности	сопротивления удару	

§ 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ЩЕБНЯ ИЛИ ГРАВИЯ

Одним из факторов, способствующих разрушению бетона 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 объясняется тем, что кристаллы льда по объему на 8—10% больше воды, из которой они образовались.

Морозостойкостью называется то количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое достаточно для того, чтобы испытуемый материал потерял в своем весе 10% для М15 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 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; 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: при крупности материала не более 10 мм 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 интенсив-

ном 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, во втором — 5 мм.

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.

Определение морозостойкости методом замораживания и оттаивания. Подготовленный материал помещают в предварительно оттарированный широкодонный перфорированный сосуд и разравнивают по дну так, чтобы толщина слоя не превышала размер поперечного сечения наиболее крупных зерен. После этого сосуд с навеской на 48 ч помещают в ванну с водой (температуру воды поддерживают в пределах $20 \pm 5^\circ \text{C}$) 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 от -17 до -25°C . Время пребывания материала в холодильнике отсчитывают с того момента, когда температура в нем достигнет -17°C . Затем сосуд с испытуемым материалом переносят в ванну с проточной водой (температурой $20 \pm 5^\circ \text{C}$) до полного оттаивания, но не менее чем на 2 ч. Поочередное замораживание и оттаивание повторяют столько раз, сколько предусматривается в соответствующих ТУ. После последнего цикла замораживания и оттаивания материал высушивают при температуре $105-110^\circ \text{C}$ 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 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 %, не превысит нормы, предусмотренной ГОСТ 8268—62 и 8267—64 (табл. 57).

Таблица 57

Показатели морозоустойчивости по ГОСТ 8268—62 и 8267—64

Наименование	Морозостойкость для марок					
	Мрз 15	Мрз 25	Мрз 50	Мрз 100	Мрз 150	Мрз 200
Количество циклов	3	5	10	10	15	15
Потери 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 на-

веской помещают в сушильный шкаф, где и высушивают при температуре 105—110° С 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-и циклов выдерживания в растворе образец при интенсивном перемешивании промывают горячей водой до полного вымывания из него сульфата натрия, затем высушивают при температуре 105—110° С 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%

$$Mrз = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \cdot 100\%,$$

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 % по отношению к исходной навеске. Результаты определения записывают по форме табл. 58.

Таблица 58

Определение морозостойкости щебня или гравия

Название материала и размер фракции, мм	Вес исходной навески, г	Количество циклов испытаний	Вес навески после испытаний, г	Потеря в весе во время испытания, г	Морозостойкость по данной фракции, %	Средняя величина морозостойкости по навеске, %	Примечание

§ 23. КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Колориметрической пробе подвергают гравий, у которого максимальная крупность зерна в поперечнике не

превышает 20 мм. Для испытания отбирают среднюю пробу весом в 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 натра 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 в гл. V, § 8.

§ 24. 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 измельчают 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. Взвешивая каждую фракцию, определяют весовое содержание в средней пробе, затем ее рассыпают тонким слоем на лист бумаги или на плоское стекло и визуально или с помощью лупы находят дробление зерен гравия, поверхность которых отколота не менее, чем на половину. Эти зерна отбирают вручную

и затем взвешивают. Количество дробленых зерен определяют по формуле с точностью до 1%

$$Щ = \frac{g_1}{g} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес дробленых зерен, г; g — вес исходной навески, г.

Полученные результаты записывают по форме табл. 59.

Таблица 59

Определение количества дробленых зерен при получении щебня из гравия

Название материала	Размер исследуемой фракции, мм	Вес дробленых зерен g_1 , г	Вес исходной навески g , г	Количество щебня $Щ$, %

§ 25. ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Удельный вес пористых заполнителей определяют из средней пробы, предварительно измельченной до крупности 2,5 мм. Для этого квартованием отбирают навеску в количестве примерно 200 г, которую измельчают до полного прохождения через сито, затем высушивают до получения постоянного веса при температуре 105—110°С. 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 производят в сосуде емкостью 1 л, при зернистости заполнителя 5—10 мм — в сосуде 2 л; при зернистости 10—20 мм — 5 л и при зернистости 20—40 мм — в сосуде 10 л.

Объемный насыпной вес заполнителя для перевода количества поставляемой партии его из весовых выражений в объемные определяют путем взвешивания его в состоянии естественной влажности в мерных сосудах емкостью 10 л при наибольшей крупности заполнителя 10 мм и менее, в сосудах емкостью 20 л при наибольшей крупности зерен в 20 мм и в сосудах емкостью 50 л при максимальной крупности зерен в 40 мм. Окончательный результат получают как среднее арифметическое из трех определений.

Пустотность пористого заполнителя 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.

Если заполнитель способен в воде разлагаться, то сосуд наполняют инертной по отношению к заполнителю жидкостью (керосином и т. д.). По истечении указанного времени сосуд опрокидывают решетчатой крышкой вниз и в таком положении выдерживают не менее 30 мин. Затем сосуд вместе с влажным заполнителем взвешивают, после чего вторично наполняют жидкостью до краев и вторично взвешивают. Вес вторично долитой воды характеризует объем межзерновых пустот. Пустотность заполнителя определяют по формуле

$$V_{\text{пуст}} = \frac{(g_2 - g_1) \rho_{\text{ж}}}{V} \cdot 100\%$$

где g_2 — вес сосуда с заполнителем и жидкостью, кг; g_1 — вес сосуда с влажным заполнителем, кг; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, кг/л; V — объем сосуда, л.

Оборудование и материалы: испытуемый заполнитель; набор мерных сосудов; весы с разновесом; инертная жидкость.

Результаты определения записывают по форме табл. 60.

Объемный вес пористого материала в кусках подсчитывают по формуле

$$\gamma_{\text{об.п}} = \frac{\gamma_{\text{об.н}}}{1000 - 10 V_{\text{пуст}}} \text{ кг/м}^3,$$

где $\gamma_{\text{об.н}}$ — объемный насыпной вес, кг/м³; $V_{\text{пуст}}$ — пустотность, %.

Таблица 60

**Определение пустотности неорганических пористых
заполнителей**

Название материала	Вес сосуда, <i>ка</i>		Объем сосуда <i>V</i> , <i>з</i>	Плотность жидкости, <i>ρ_ж</i> , <i>з</i>	Пустотность, <i>V_{пуст}</i> , %
	с заполни- телем и водой <i>g₂</i>	с заполни- телем <i>g₁</i>			

Пористость кускового щебня или гравия вычисляют по формуле

$$П = \left(1 - \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{уд}}\right) \cdot 100\%$$

где $\gamma_{об}$ — объемный вес материала, *г/см³*; $\gamma_{уд}$ — удельный вес материала, *г/см³*.

Влажность заполнителя определяют путем высушивания навески заполнителя при температуре 105—110°С до постоянного веса. Водопоглощение щебня или гравия определяют так, как это описано в гл. V § 12.

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 5—10 мм — 5 л, при зернистости 10—20 мм — 10 л, при зернистости 20—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 табл. 61.

Таблица 61

Определение зернового состава заполнителя

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 характеризуется тем усилием, какое нужно приложить к стальному пуансону, установленному на свободной поверхности насыпанного в стальной цилиндр заполнителя, чтобы сжать его на 20 мм.

Оборудование и материалы: испытуемый заполнитель; стандартный набор сит; гидравлический пресс; стальной цилиндр с пуансоном к нему.

Ход работы. Пробу заполнителя, отсеянную от зерен, выходящих своими размерами за пределы испытуемой фракции, 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 совпала 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, записывают показания манометра. Результат испытания подсчитывают по формуле

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

где P — нагрузка, под действием 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 табл. 62.

Величину предела прочности при сжатии исходной горной породы, из которой изготовляют щебень, определяют по методике, рассмотренной в гл. V, § 13.

Таблица 62

Определение прочности заполнителя

Название материала	Показания манометра	Коэффициент пересчета	Площадь поперечного сечения цилиндра S , см^2	Прочность заполнителя $\sigma_{\text{сж}}$, кгс/см^2	Примечание

Коэффициент размягчения исходной породы или пористого щебня (гравия) определяют по методике, изложенной в гл. V, § 14.

Потерю в весе при прокаливании пористого заполнителя определяют из предварительно измельченной до 2,5 мм средней пробы его.

Оборудование и материалы: заполнитель; весы с разновесом; совок; фарфоровая ступка с пестиком; фарфоровые тигли; муфельная печь; эксикатор; тигельные щипцы.

Ход работы. Из средней пробы заполнителя (2 л) 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. Отобранную 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 $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ до постоянного веса. Тигель с навеской охлаждают в эксикаторе, после чего взвешивают. Величину потерь при прокаливании находят по формуле

$$\text{п. п. п.} = \frac{g - g_1}{g - g_2} \cdot 100\%$$

где g — вес порошка вместе с тиглем до прокаливания, г; g_1 — вес порошка вместе с тиглем после прокаливания, г; g_2 — вес прокаленного тигля, г.

Результаты определения записывают по форме табл. 63.

Равномерность изменения объема определяют по методике, принятой для испытания цементов. Среднюю пробу измельчают до прохождения через сито с отвер-

сался 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.

Иногда для пропаривания вместо ванны используют автоклав. В этом случае пропаривание длится 2 ч под давлением 2 ат. Подъем давления до 2 ат осуществляют в течение 30 мин, снижение давления до нормального — в течение 20 мин. Расчет ведут по формуле

$$C_{с.р} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес исходной навески, г; g_2 — вес остатка после пропаривания, г.

Результаты определения записывают по форме табл. 64.

Таблица 64

Результаты определений

Название материала	Вес, г		Потеря в весе от пропаривания, г	Примечание
	исходной навески g_1	остатка после пропаривания g_2		

Стойкость пористого заполнителя в отношении железистого распада определяют по потере в весе навески испытуемого 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.

да. Затем ее высушивают до постоянного веса и помещают на 30 дней в сосуд с дистиллированной водой, после чего повторно высушивают, просеивают через то же сито и остаток на нем взвешивают. Расчет ведут по формуле

$$C_{ж.р} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \cdot 100\%$$

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 стекло-видных зерен материала. Отобранные зерна взвешивают. Количество их выражают в процентах по отношению к величине исходной навески по формуле

$$Об = \frac{g_1}{g} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес отобранных зерен обсидиана, г; g — вес исходной навески материала, г.

Результаты определения записывают по форме табл. 65.

Таблица 65

Определение содержания обсидиана

Название материала	Вес исходной навески g , г	Вес зерен обсидиана g_1 , г	Количество обсидиана $Об$, %	Примечание

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 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 более 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, строительных деталей и конструкций. Кладочные растворы в основном служат для скрепления и цементации различных строительных конструкций, 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 прочным, морозостойким.

Качество растворных смесей и затвердевших растворов нормируется соответствующими техническими условиями. Свойства их контролируются лабораторными методами. Из лабораторных испытаний чаще всего определяют подвижность, раскисляемость, объемный вес, объем воздуха, вовлеченного в растворную смесь, и вододерживающую способность. Для затвердевших рас-

творов определяют предел прочности при сжатии и морозостойкость.

Методика основных определений по растворам и растворным смесям унифицирована ГОСТ 5802—66.

§ 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 строительных деталей 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 называют способность ее растекаться до определенного предела под действием приложенных к ней внешних сил или даже под действием собственного веса. Подвижность растворных смесей характеризуется глубиной погружения в смесь стандартного конуса. В зависимости от того, для какой цели готовится растворная смесь, к ней предъявляются соответствующие требования в отношении степени подвижности ее. Так, в растворные смеси для кирпичной кладки конус должен погружаться на глубину 7—10 см, для бутовой невибрированной кладки — 4—7 см, а для вибрированной — всего 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.

Основной частью прибора (рис. 41) 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 5. Послед-

ний свободно перемещается в вертикальном направлении в отверстии кронштейна 1, который закреплен на вертикальной стойке 2, установленной на массивной металлической плите 8. При помощи винта или пружинной кнопки 6 подвижный стержень 5, а вместе с ним и конус могут быть закреплены на требуемой высоте. К стойке прикреплены подвижная штанга и циферблат со шкалой 4. 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 сосуды; прибор для определения подвижности растворной смеси — полный комплект; стержень для штыкования смеси; лопатки для перемешивания смеси; круглодонная чаша; секундомер.

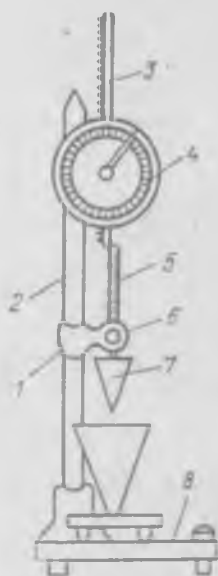


Рис. 41. Конус Строй-цикла

Ход работы. Подвижность смеси определяют тотчас же после ее приготовления. Для этого из трех мест, какие указаны в технических условиях на испытуемый раствор, отбирают в стеклянный сосуд среднюю пробу в количестве не менее 1 л. До момента испытания пробу хранят при $20 \pm 5^\circ \text{C}$. Перед испытанием пробу интенсивно перемешивают лопаткой 30 сек, после чего переносят в стальной сосуд конической формы (высотой 180 мм, диаметром основания 150 мм) так, чтобы уровень смеси в сосуде после штыкования 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 5—6 раз.

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.

Сосуд с растворной смесью устанавливают на плиту прибора так, чтобы острый конус 7 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 шкале так, чтобы показания ее совпали с нулевым делением шкалы. Затем нажимают кнопку 6, при этом конус свободно погружается в растворную смесь в течение 10 сек (секундомер включают в момент нажатия кнопки 6). Чтобы определить глубину погружения конуса, опускают штангу 3 до соприкосновения со стержнем 5. При этом соединенная со штангой стрелка, скользя по циферблату, указывает глубину погружения конуса по двум шкалам как в линейных единицах измерения (см), так и в объемных (см³). Подвижность растворных смесей определяют как среднее арифметическое из двух испытаний одной и той же пробы. Результат записывают по форме табл. 66.

• Таблица 66

Определение подвижности смеси

Название материала	Подвижность смеси, см			Примечание
	Первое определение	Второе определение	Среднее из двух определений	

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССЛАИВАЕМОСТИ РАСТВОРНОЙ СМЕСИ

Подвижные растворные смеси при транспортировке, хранении и вибрации склонны к расслаиванию. В результате этого смесь становится неоднородной. Это снижает прочность строительного раствора. Склонность той или иной смеси к расслаиванию выясняется соответствующим испытанием.

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. 42), 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.

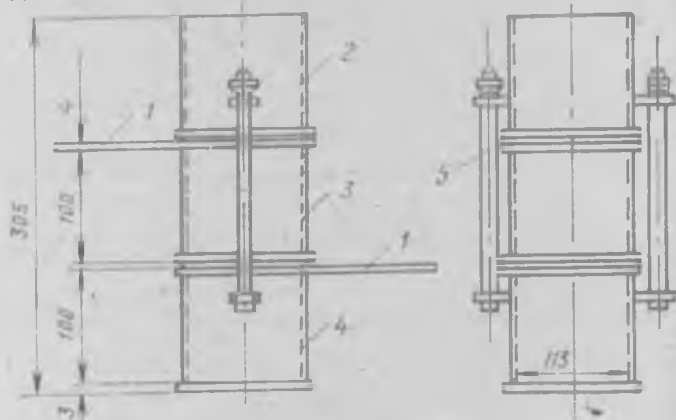


Рис. 42. Прибор для определения расслаиваемости растворной смеси

ны 1, служащие 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, а затем смесь делят на три равные 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) 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. Верхнюю и нижнюю части смеси интенсивно перемешивают в течение 30 сек и каждую подвергают испытанию на степень подвижности. При этом глубину погружения конуса выражают не в линейных, а в объемных единицах.

Средняя величина расслоения испытуемой растворной смеси представляет собой среднее арифметическое двух определений. Результаты записывают по форме табл. 66.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА РАСТВОРНОЙ СМЕСИ

Оборудование и материалы: средняя проба растворной смеси; технические весы с разновесом; лабораторная виброплощадка или встряхивающий столик; стержень для штыкования смеси; сосуд емкостью 1 л с насадкой; нож; секундомер.

Ход работы. Для определения объемного веса растворной смеси пользуются металлическим сосудом (рис. 43) цилиндрической формы 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. Смесь уплотняют штыкованием 25 раз металлическим стержнем диаметром 10—12 мм и 5—6-кратным встряхиванием, постукивая прибором о стол. Уплотнив смесь, насадку снимают, избыток смеси срезают вровень с краями сосуда, после чего сосуд

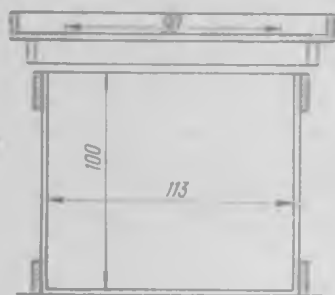


Рис. 43. Объеммер для растворной смеси

вместе со смесью взвешивают на технических весах с

точностью до 5 г. Разность весов сосуда со смесью и пустого составляет вес растворной смеси в объеме 1 л. Окончательный результат получают как среднее арифметическое из двух параллельно проведенных определений. Объемный вес смеси определяют по формуле

$$\gamma_{06} = g/1000 \text{ г/см}^3,$$

где g — вес растворной смеси в объеме 1 л, г.

Результаты определения записывают по форме табл. 47.

§ 4. 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 против 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 растворных смесей характеризуется соответствующим показателем водоудерживающей способности $P_{в.с.}$, представляющим собой выраженное в % отношение подвижности провакуумированной растворной смеси к первоначальному ее состоянию. Вакуумирование растворной смеси производят при разрежении 50 мм рт. ст. в течение 1 мин.

Оборудование и материалы: растворная смесь; прибор для определения степени подвижности растворной смеси; прибор для вакуумирования растворной смеси (полный комплект); фильтровальная бумага; секундомер; круглодонная чаша; лопатка; штыковка.

Ход работы. Водоудерживающую способность растворов смесей определяют с помощью прибора (рис. 44), состоящего из эрленмейеровской колбы 1 с отводной трубкой 2, соединяющей колбу с насосом разрежения и вакуумметром 3. Колба плотно закрыта резиновой пробкой 4, в которую вставлена бюхнеровская воронка 5. Диаметр отверстий фильтрующей пластины должен быть в пределах от 1,4 до 1,6 мм. Собранный прибор перед испытанием проверяется на герметичность. Для этого, закрыв кран 6, включают вакуум-насос. Наличие в приборе требуемого разрежения устанавливается по отклонению стрелки вакуумметра. Недостаточный вакуум в приборе указывает на негерметичность его. Последняя должна быть найдена и устранена.

Перед испытанием на фильтровальную поверхность воронки помещают кружок фильтровальной бумаги. Затем определяют подвижность испытуемой растворной смеси, как показано в гл. VI, § 1. После этого порцию испытуемой растворной смеси переносят в воронку и помещают на фильтровальную бумагу ровным слоем толщиной 3 см. Открыв кран, включают на 1 мин вакуум-насос, создавая в приборе разрежение в 50 мм рт. ст. Отвакуумированную растворную смесь переносят в круглодонную чашу. Затем вакуумируют вторую и третью порции испытуемой смеси, все три порции растворной смеси тщательно перемешивают вместе и затем определяют ее подвижность.

Показатель водоудерживающей способности определяют по формуле

$$П_{в.с} = s_1/s \cdot 100\%$$

где s_1 — подвижность вакуумированной смеси, см; s — подвижность смеси до вакуумирования, см.

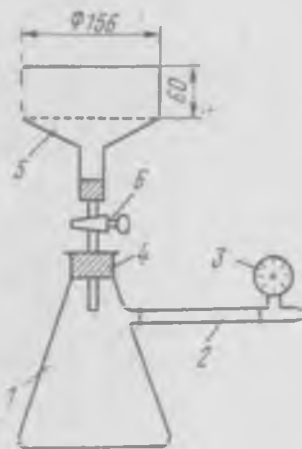


Рис. 44. Прибор для определения водоудерживающей способности растворной смеси

Результат записывают по форме табл. 67.

Таблица 67

Определение водоудерживающей способности

Название материала	Подвижность до вакуумирования z , см	Подвижность вакуумированной смеси z_1 , см	Водоудерживающая способность $P_{в.с.}$, %	Примечание

§ 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; при подвижности менее 4 см используют металлические формы, 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 198); стержень для штыкования раствора; стандартный шпатель для уплотнения смеси; обыкновенный глиняный кирпич; бумага; полотенце; ванна для выдерживания образцов в воде; машинное масло; нож; щетка; гидравлический пресс.

Ход работы. Образцы из растворных смесей подвижностью более 4 см изготовляют следующим образом: бездонную трехгнездную металлическую форму предварительно смазывают по внутренней поверхности машинным маслом, устанавливают на обыкновенный глиняный кирпич, поверхность которого покрыта мокрой бумагой (влажность кирпича не должна превышать 2%, а водопоглощаемость — 10%). Формы в один прием с некоторым избытком наполняют испытуемой растворной смесью. Смесь в каждой форме уплотняют 25-кратным штыкованием стержнем диаметром 10—12 мм. После этого избыток растворной смеси срезают влажным ножом вровень с краями формы. Уплотненную смесь выдерживают в формах в течение 24 ч, затем распалубливают. Кубы хранят при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$ до испытания на гидравлическом прессе.

Образцы из растворных смесей подвижностью менее 4 см изготовляют в металлических формах, снабженных

металлическим поддоном. Формы промазывают с внутренней стороны машинным маслом и наполняют испытуемой растворной смесью в два приема. В первый прием в формы помещают растворную смесь высотой не более 4 см. Уплотняют смесь призматическим концом стандартного шпателя (12 нажимов). Методика и последовательность уплотнения смеси шпателем изложена в гл. VI, § 14. После уплотнения первого слоя в форму помещают второй слой смеси, который уплотняют таким же способом. Всего для уплотнения обоих слоев в каждой форме делают 24 нажима шпателем. Затем избыток смеси срезают вровень с краями формы влажным ножом, одновременно заглаживая смесь.

Образцы, изготовленные на гидравлических вяжущих веществах, выдерживают в формах до распалубки при температуре $20 \pm 3^\circ \text{C}$ и относительной влажности 90% в течение 24 ± 2 ч. Образцы, изготовленные на воздушных вяжущих веществах, хранят в формах при той же температуре и в течение такого же времени в помещении с относительной влажностью $65 \pm 10\%$.

После распалубки образцы, изготовленные на гидравлических вяжущих веществах, хранят в течение 3 сут при относительной влажности выше 90%, а затем до испытания в воде. Образцы же, твердеющие на воздухе, а также образцы, изготовленные из воздушных вяжущих веществ, хранят в помещении с относительной влажностью $65 \pm 10\%$. 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. Каждый образец измеряют и определяют его объем с точностью до 1 см^3 , потом взвешивают на технических весах и далее вычисляют объемный вес с точностью до 10 кг/м^3 раствора.

Испытывают образцы на гидравлических прессах любой конструкции, относительная погрешность которых не превышает 2%. Для испытания образец помещают на опорные плиты пресса гранями, которые при формовании были обращены к стенкам формы. Скорость нарастания нагрузки в секунду не должна превышать 3% от предполагаемой разрушающей силы.

Окончательную величину предела прочности при сжатии определяют как среднее арифметическое из

трех образцов, показавших наиболее высокие результаты.

Для расчета предела прочности при сжатии используют формулу

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

где P — величина разрушающей нагрузки, кгс; S — площадь поперечного сечения образца, см².

Результат испытания записывают по форме табл. 68.

Таблица 68

Определение предела прочности при сжатии

Название раствора	Номер образца	Вес образца, г	Объем образца, см ³	Объемный вес, кг/м ³	Показания манометра, кгс	Разрушающая нагрузка P , кгс	Площадь поперечного сечения S , см ²	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, кгс/см ²	Примечание

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Для определения величины предела прочности при изгибе из растворных смесей в металлических формах формуют не менее трех образцов в виде балочек размером $4 \times 4 \times 16$ см. Отформованные балочки до испытания хранят в условиях, предусмотренных ТУ для испытываемого раствора. Величину предела прочности при изгибе определяют с помощью приборов любой конструкции с относительной погрешностью не более 2%.

Оборудование и материалы: растворная смесь или полный комплект оборудования для приготовления ее (см. гл. VI, § 5); трехгнездные металлические формы с насадками к ним и металлическим дном; бездонные металлические формы с насадками к ним; встряхивающийся столик; шпатель; штыковка; ванны с гидравлическим затвором; нож; холст; бумага; металлические пластины — прибор для испытания на изгиб; весы; штангенциркуль; прибор для испытания на сжатие.

Ход работы. Процесс изготовления балочек зависит от того, какова подвижность растворной смеси. Если она меньше 4 см, то балочки формуют в формах с металлическим поддоном, если подвижность смеси превы-

шает 4 см, то для формирования балочек используют бездонные формы. В первом случае, т. е. когда подвижность растворной смеси меньше 4 см, предварительно смазанные машинным маслом металлические формы с металлическим поддоном и насадками устанавливают на плиту встряхивающегося столика, подвижная часть которого перемещается в вертикальном направлении на 15 мм и весит от 3,4 до 3,5 кг. Форму заполняют до половины предварительно перемешанной растворной смесью, разравнивают и уплотняют 30-кратным встряхиванием в течение 30 сек. После этого в форму с некоторым избытком переносят вторую порцию растворной смеси и после разравнивания ее в форме вторично уплотняют 30-кратным встряхиванием столика. Затем форму снимают со столика, удаляют насадку; избыток растворной смеси срезают вровень с краями формы влажным ножом, сглаживая в то же время поверхность смеси.

Во втором случае, т. е. когда подвижность смеси больше 4 см, балочки формуют в бездонных формах. Для этого собранную и смазанную маслом форму вместе с насадкой устанавливают на мокрую непроклеенную бумагу, уложенную на поверхности двух рядом расположенных глиняных кирпичей (ГОСТ 530—71), обладающих до испытания влажностью не более 2% и водопоглощением не менее 10%. Формы заполняют растворной смесью с некоторым избытком в один прием. В каждом гнезде растворную смесь уплотняют 25-кратным штыкованием стальной штыковкой диаметром 10—12 мм. После этого насадку снимают, излишек растворной смеси срезают, а поверхность ее в форме заглаживают влажным ножом.

Хранение балочек до момента испытания на изгиб производят так же, как и кубов.

Перед испытанием каждый образец обмеряют, взвешивают и на основании полученных данных вычисляют объемный вес. Методика испытания образцов на изгиб и описание прибора изложены в гл. IV, § 17. Во время испытания скорость нарастания нагрузки в 1 сек не должна превышать 3% от предполагаемой разрушающей нагрузки.

На основании полученных результатов величину предела прочности при изгибе вычисляют по формуле

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

где P — вес ведра с дробью, кг; l — расстояние между опорами, см; b — ширина образца, см; h — толщина образца, см; k — коэффициент, показывающий соотношение плеч рычагов прибора.

При $l = 10$ и $k = 50$ формула принимает упрощенный вид: $\sigma_{пж} = 11,7P$.

Половинки балочек, полученные в результате разрушения образцов во время испытания на изгиб, используют для определения величины предела прочности при сжатии. Для этого каждую половинку помещают между двумя стальными шлифованными пластинками размером $40 \times 62,5$ мм с таким расчетом, чтобы на пластинки легли те грани образца, которые при формовании его прилегали к боковым стенкам формы. В таком положении каждую половинку балочки испытывают на сжатие. При этом скорость нарастания нагрузки должна быть такой же, как и при испытании на изгиб. Величину предела прочности при сжатии каждого образца выражают в виде частного от деления разрушающей нагрузки на 25 — площадь половинки балочки.

Окончательный результат представляет собой среднее арифметическое из шести определений.

Результаты испытания балочек записывают по форме табл. 69.

Таблица 69

Определение величины предела прочности при изгибе
и сжатии
(при испытании оболочек)

Наименование раствора	Номер образца	Вид образца, з	Объем образца, см ³	Объемный вес, г/см ³	Разрушающая нагрузка P , кгс	Величина z	Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$, кгс/см ²	Показатель манометра, кгс	Разрушающая нагрузка P , кгс	Площадь поперечного сечения S , см ²	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, кгс/см ²
-----------------------	---------------	----------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------	--	---------------------------	--------------------------------	---	---

§ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРА

Водопоглощение раствора по отношению к весу сухого образца выражают в весовых процентах по количеству поглощенной воды и определяют эксперимен-

тально на балочках размером $4 \times 4 \times 16$ см или на кубах размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см, изготовленных по методике, изложенной в гл. VI, § 6.

Оборудование и материалы: образцы раствора — балочки или кубы; сушильный шкаф с термометром; весы с разновесом; ванна; прокладки; мягкая ткань.

Ход работы. Испытуемые образцы сначала высушивают до постоянства веса в сушильном шкафу — гипсовые при $45-55^\circ \text{C}$, остальные при $105-110^\circ \text{C}$. Высушенные образцы размещают на деревянных прокладках в ванне так, чтобы расстояние между ними составляло не менее 20 мм. Затем ванну заливают водой с температурой $20 \pm 5^\circ \text{C}$ с таким расчетом, чтобы уровень ее был выше образцов не менее чем на 20 мм. Через каждые 24 ч образцы вынимают из ванны, протирают влажной тканью и взвешивают, после чего опять погружают в ванну. Так поступают до тех пор, пока не будет достигнуто постоянство веса. Расчет водопоглощения ведут по формуле

$$w = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100\%$$

где g_1 — вес насыщенного водой образца, г; g — вес сухого образца, г.

Водопоглощение вычисляют как среднее арифметическое из данных, полученных при испытании не менее трех образцов. Результат записывают по форме табл. 70.

Таблица 70

Определение водопоглощения раствора

Название раствора	Номер образца	Вес сухого образца g , г	Вес влажного образца g_1 , г				Водопоглощение, %
			1-й	2-й	3-й	постоянный	

§ 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Морозостойкость раствора характеризуется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания до наступления значительного снижения механической

прочности образцов, изготовленных из испытуемой растворной смеси. Мерилем снижения механической прочности является потеря в весе каждого образца свыше 5% и уменьшение величины предела прочности при сжатии свыше 25%.

Оборудование и материалы: растворная смесь; комплект форм и аппаратуры для изготовления образцов; холодильная камера, ванна для водонасыщения образцов; гидравлический пресс; цемент-весы с разновесом.

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°C и оттаивают в воде в течение 4 ч при температуре $15 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Повторное замораживание и оттаивание образцов проводят в таком же порядке столько раз, сколько предусмотрено техническими условиями для данного раствора. После пяти циклов замораживания и оттаивания каждый из образцов взвешивают. Потерю в весе выражают в % 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 прессы грани образцов, потерявших в весе более 2%, выравнивают густым цементным тестом.

Таблица 71

Определение морозостойкости строительных растворов

Название растворов смеси	Потеря в весе образцов после										Величина предела проч- ности при сжатии $\sigma_{сж}$ кгс/см ²	Средняя величина проч- ности при сжатии, кгс/см ²	Снижение прочности при сжатии, %	
	5 циклов		10 циклов		15 циклов		20 циклов		25 циклов					
	Вес, г	Потеря веса, %	Вес, г	Потеря веса, %	Вес, г	Потеря веса, %	Вес, г	Потеря веса, %	Вес, г	Потеря веса, %				

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 табл. 71.

§ 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ШТУКАТУРКИ С ОСНОВАНИЕМ

Особый практический интерес в строительном деле представляет прочность сцепления декоративно-облицовочных материалов и в частности всевозможных штукатурок с тем основным материалом, на который они нанесены. Недостаточная прочность сцепления штукатурок, как правило, приводит в лучшем случае только к частичному отслаиванию их от основного материала, а в массе — к обвалу. Последнее сопряжено с несчастными случаями, а также с оголением и обезображиванием внешнего вида строения.

Прочность сцепления штукатурки с основанием определяется на специально изготовленных для этой цели образцах из тех материалов, которые предназначаются под штукатурку.

Оборудование и материалы: образцы основного материала и подлежащего оштукатуриванию; ванна; холст; растворная смесь или сырьевые материалы для ее приготовления с полным комплектом оборудования для этой цели; прибор для определения прочности сцепления штукатурки — сверло-коронка; смола или клей.

Ход работы. Определение прочности сцепления штукатурки с основным материалом состоит из подготовки основного материала, приготовления штукатурной растворной смеси, нанесения ее на основной материал, выдерживания штукатурного слоя до испытания при определенных условиях на поверхности основного материала, обрезывания сверлом-коронкой части штукатурки, приклеивания к обрезанной части штукатурки диска прибора и, наконец, из определения величины силы и характера отрыва штукатурки от основания.

Образцы из основного слоя предварительно увлажняют в ванне, наполненной водой в течение 10—15 сек, затем насухо вытирают сухим холстом. Ту поверхность образца, на которую предполагается нанести штукатур-

где P — максимальная нагрузка, кгс;

ab — площадь поперечного сечения рабочей части, см^2

Для лиственных 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 попереч- ного сечения <i>ab см²</i>	Макси- мальная нагрузка <i>P кгс</i>	Влаж- ность, %	Предел прочности <i>$\sigma_{пр}^{II}$ (15) кгс/см²</i>

§ 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).

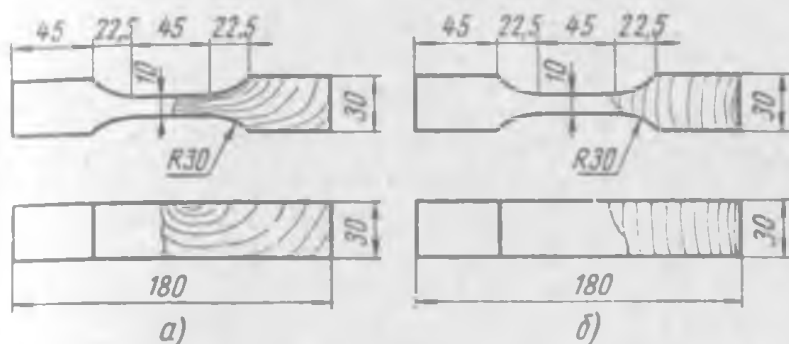


Рис. 94. Образцы для испытания на растяжение поперек волокон:

a — в тангенциальном направлении; *b* — 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 силоизмерителя 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

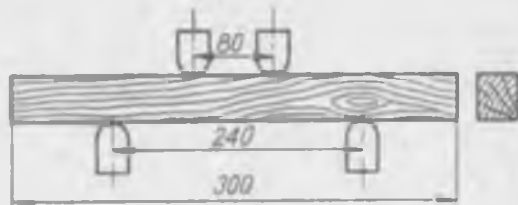


Рис. 95. Испытание на изгиб

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

$$\sigma_{15} = \sigma_w [1 + a (W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где a — 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 прессы 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

$$\tau_{15} = \tau_w [1 + \alpha (W - 15)] \text{ кгс/см}^2,$$

где W — влажность,

α — коэффициент, равный 0,05.

Результаты определения записывают по форме, приведенной в табл. 111.

Таблица III

Результаты определений

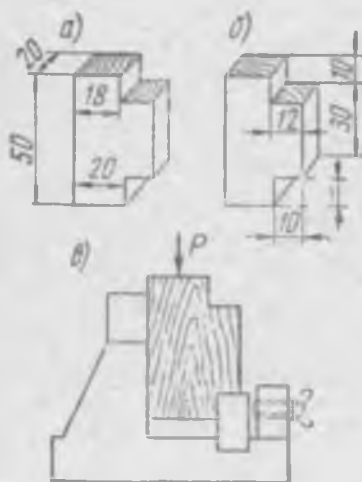


Рис. 96. Образцы для испытания на скалывание:

а — в радиальном направлении;
б — в тангенциальном направ-
лении; в — прибор для испыта-
ния

[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. Конец штанги упирается 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. Конец иглы тупой (диаметр 0,15 мм) и имеет форму конуса.

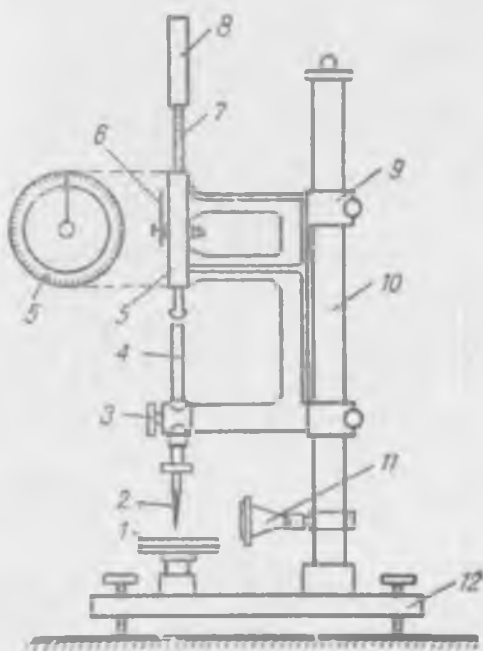


Рис. 97. Пенетрометр

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

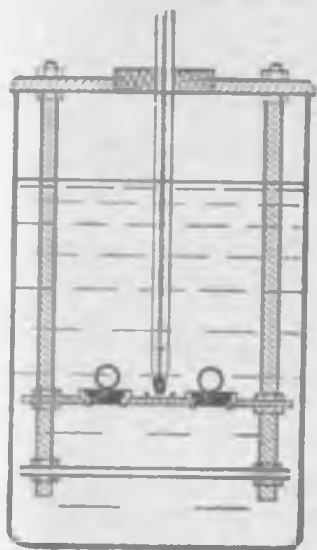


Рис. 98. Схема прибора «кольцо и шар»



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 жстью 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

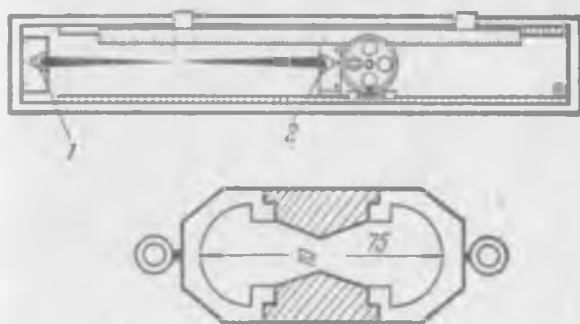


Рис. 100. Дуктилометр

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 $\rho_4^{20} = \rho_4 + \gamma(t - 20)$. Величину γ находим по табл. 114.

Таблица 114

Температурная поправка к плотности

Плотность ρ_4^{20}	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. Определения 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.

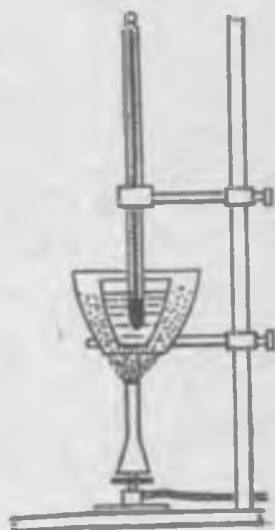


Рис. 101. Прибор для определения температуры вспышки битумов

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 обреза 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 $10 \times 5 \text{ см}$. 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

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.

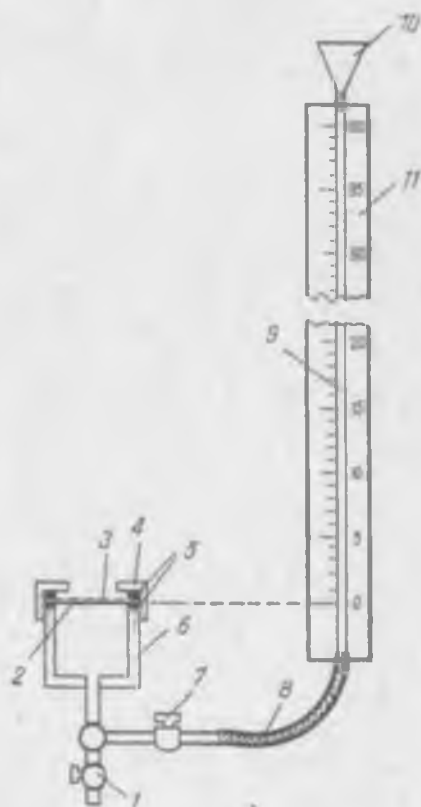


Рис. 103. Схема прибора для определения водопроницаемости

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 заворачивают 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 соответствии 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, толькожа (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°. 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	Вес пустой пробирки, г	Вес пробирки с краской, г	Вес пробирки с известным пигментом, г	Вес колбы пустой, г	Вес колбы с пленкообразующим веществом, г	Содержание, %	
						твердого материала	пленкообразующего 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° .

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

$$\eta = \frac{2r^2g(d - d_1)}{9u},$$

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.

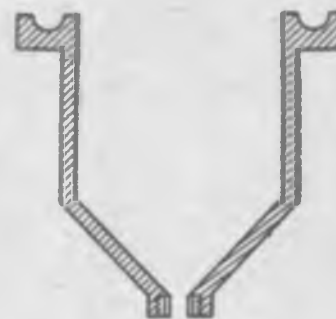


Рис. 105. Вискозиметр ВЗ-4

Ход работы. Стеклянную 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-

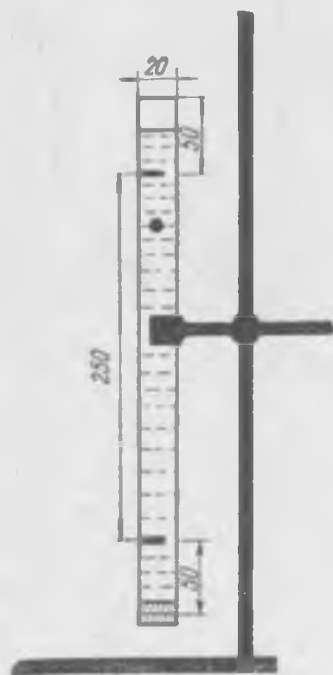


Рис. 106. Шариковый вискозиметр

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 жид-

§ 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; фленец.

Ход работы. Отверстия в сушильном шкафу закрывают 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 изготавливают 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.

ГЛАВА XIII

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-

шие 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 изготовляют 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),

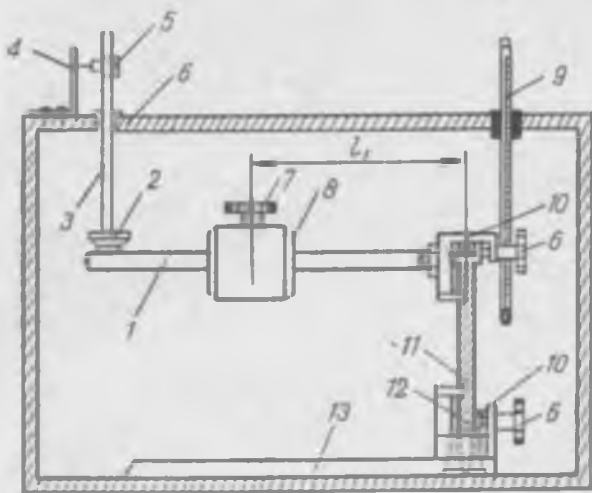


Рис. 107. Прибор Мартенса

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/см^2 . 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

$$\sigma = \frac{6(p l + p_1 l_1 + p_2 l_2)}{b h^2} \text{ кгс/см}^2,$$

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 Виду 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 Вика 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

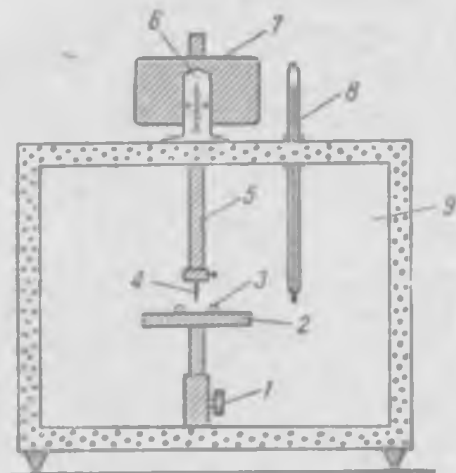


Рис. 108. Схема прибора Вика

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. Опытно 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 не 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.

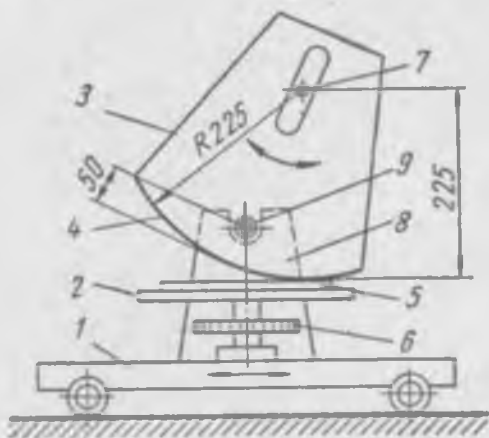


Рис. 109. Машина для истирания

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 точках 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

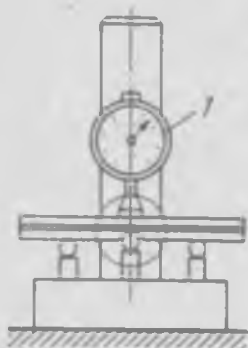


Рис. 110. Индикаторная подставка:
1 — индикатор

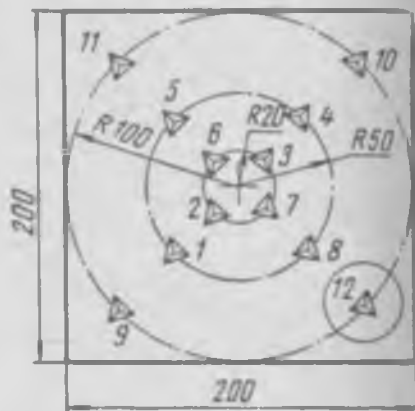


Рис. 111. Точки для замера величины истирания

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 волосяной щеткой продукты истирания и снова помещают в индикаторную подставку для снятия показаний индикатора.

Толщину истертого слоя образца вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{\sum t_n}{8} - \frac{\sum t_n}{4} \text{ мк,}$$

где t_n — разность показаний индикатора до и после испытания для центральных точек образца (точки 1—8), мк;

t_n — 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/см^2

Полиамиды	Полихлорвинил (винипласт)	Полистирол	Полиакрилат	Стеклопластики	
				Фенолформальдегиды	СВАМ
150—250	120—180	3,5—18	1—8,5	100 (поперек волокон)	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.

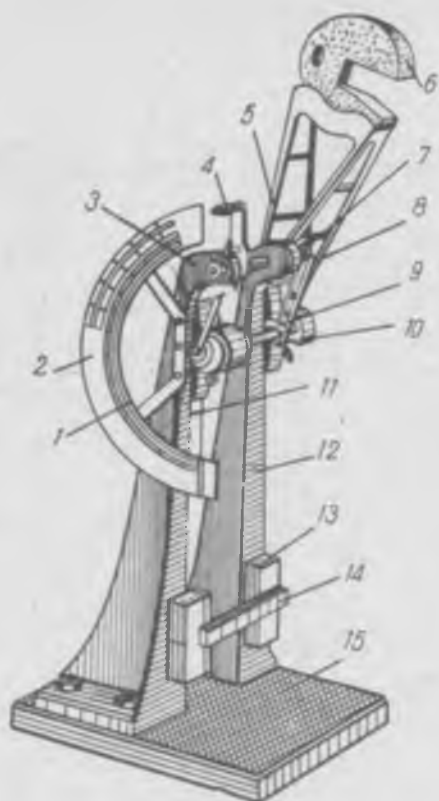


Рис. 112. Маятниковый копёр

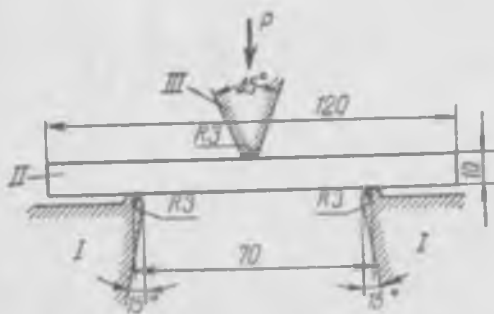


Рис. 113. Схема испытания образца на ударную вязкость

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 копёр 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;

r — 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) изготовляют путем механической обработки, прессования или литья под давлением (рис. 114, в). В последнем случае применяют специальные зажимы (см. ГОСТ 4649—55).

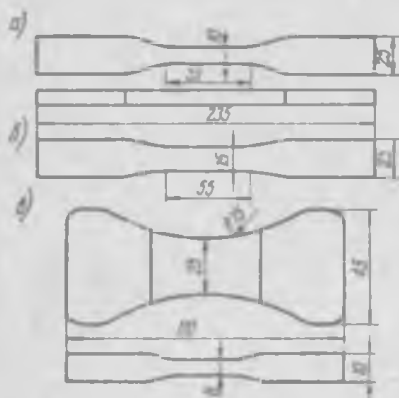


Рис. 114. Образцы для испытания

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

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

§ 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.

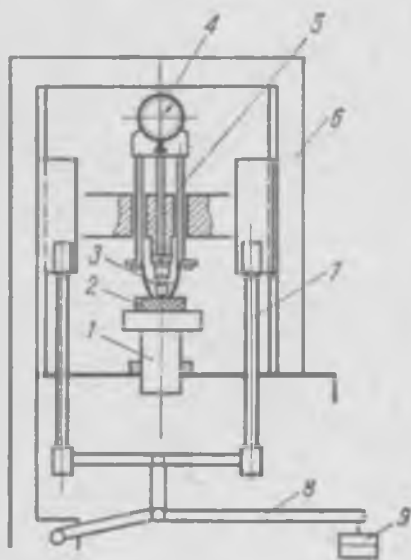


Рис. 115. Схема прибора для определения твердости образца

Для испытания применяется любой прибор с плавным возрастанием нагрузки до 250 кгс (рис. 115). Прибор состоит из станины 6, на которой свободно движется 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

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 пружинной к испытуемому материалу и на конец рычага помещают груз, сообщаящий 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

$$HB = \frac{P}{\pi dh} \text{ кгс/мм}^2,$$

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.

Т а б л и ц а 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. Калишук 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	I. 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

	<i>Стр</i>
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 однородности 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

	<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 кровельной 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