Издание официальное

Всесоюзный Комитет Стандартов при Совете Министров СССР	ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ	ГОСТ 4798—49
	БЕТОН ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ Методы испытаний материалов для его приготовления	Группа Ж19

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Перепечатка воспрещена

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА

1. Настоящим стандартом устанавливаются методы испытаний материалов, предназначенных для приготовления гидротехнического бетона для возведения гидротехнических сооружений I, II и III классов. Технические требования к материалам — по ГОСТ 4797—49 «Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления».

II. ИСПЫТАНИЯ ВОДЫ-СРЕДЫ И ВОДЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ПОЛИВКИ БЕТОНА

Физико-химические испытания воды

2. Отбор проб воды для лабораторного качественного и количественного анализа устанавливается соответствующими стандартами.

3. Определение физических свойств воды производится по ГОСТ 1030—41 «Полевой метод физико-химического анализа питьевой воды».

4. Качественный анализ производится методами аналитической химии.

Качественный анализ должен включать определение реакции воды на лакмус и наличия анионов Cl' и SO_4''.

5. Количественный анализ воды, предназначаемой для приготовления (или поливки) бетона, производится в том случае, если качественный анализ показал присутствие в воде Cl' или SO_4'' или же кислую реакцию на лакмус, а также в случае, если имеются другие основания предполагать загрязненность воды вредными примесями.

Количественный анализ воды-среды для бетона производится во всех случаях без предварительного качественного опробования ее.

6. Количественный анализ воды, предназначаемой для приготовления (или поливки) бетона, должен включать следующие определения:

а) общее содержание солей (сухой плотный остаток);

Внесен Министерством электростанций СССР	Утвержден Всесоюзным Комитетом Стандартов 12/IV 1949 г.	Срок введения 1/VII 1949 г.

gost.e-ecolog.ru

б) водородный показатель (pH);
в) содержание ионов SO_4''.

7. Количественный анализ воды-среды для бетона должен включать все определения, указанные в п. 6 настоящего стандарта, и дополнительно к ним следующие определения:

а) механический осадок;
б) сернокислый остаток;
в) прокаленный остаток;
г) свободная углекислота;
д) бикарбонатная углекислота (HCO'_3);
е) агрессивная углекислота (по Гейеру);
ж) содержание ионов Cl', SO_4'', $Mg^{\cdot\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Na^{\cdot} + K^{\cdot}$ (по разности);
з) постоянная жесткость;
и) временная жесткость;
к) окисляемость (по Кубелю).

8. Количественный анализ воды производится методами аналитической химии.

Проверка качества воды для приготовления бетона путем испытаний цементных образцов

9. Образцы приготовляются из пластичного цементного раствора состава 1 : 3 нормальной густоты по ГОСТ 310—41 «Цементы. Методы физических и механических испытаний». Изготовляются либо 6 кубиков, либо 12 восьмерок на исследуемой воде и такое же количество образцов на питьевой воде.

10. После изготовления образцы помещаются во влажную среду, где при температуре $20 \pm 5°C$ хранятся вплоть до их испытания.

11. Испытание кубиков на раздавливание или восьмерок на разрыв производится по истечении не менее 60 суток со дня их изготовления.

12. В случае испытания кубиков за предел прочности при сжатии принимается среднее арифметическое четырех наибольших величин пределов прочности при сжатии, полученных при испытании 6 образцов.

В случае испытания восьмерок за предел прочности при растяжении принимается среднее арифметическое восьми наибольших величин пределов прочности при растяжении, полученных при испытании 12 образцов.

III. ИСПЫТАНИЯ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ (ЦЕМЕНТОВ)

А. Отбор пробы цемента для испытаний

13. Отбор пробы цемента производится в соответствии с ГОСТ 970—41 «Цементы: портландцемент, пуццолановый портландцемент, шлако-портландцемент», причем указанный в нем вес пробы в 20 *кг* увеличивается:

а) на 6 *кг* в случае определения теплоты гидратации;

б) на $2n+1$ *кг* в случае определения водостойкости цемента, где n — число агрессивных растворов.

Примечание. В зависимости от веса пробы количество цемента, отбираемого от каждого вагона, мешка, бочки и т. д., соответственно увеличивается по сравнению с количеством, установленным вышеуказанным ГОСТом.

Б. Механические и физические испытания цементов

14. Механические и физические испытания цементов производятся по ГОСТ 310—41 «Цементы. Методы физических и механических испытаний».

В. Метод определения водостойкости цементов

Общие указания

15. Настоящий метод применим для оценки в соответствии с пп. 4 и 5 ГОСТ 4796—49 «Бетон гидротехнический. Признаки и нормы агрессивности воды-среды» стойкости цементов в природных водах, характеризующихся сульфатной или магнезиальной агрессивностью.

Сущность метода заключается в установлении и сопоставлении величин пределов прочности при изгибе образцов из исследуемого цемента как твердевших в растворе данной агрессивности, так и в питьевой воде. Количественной характеристикой водостойкости является коэфициент стойкости цемента в данной воде-среде ($КС_6$), определяемый по п. 38 настоящего стандарта.

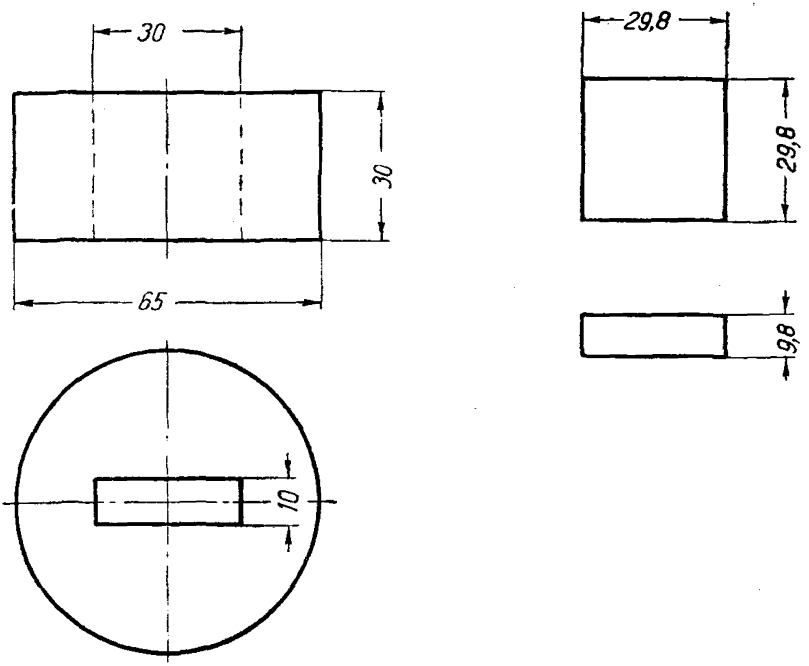
16. Испытание образцов производится либо непосредственно в природных водах, доставленных в лабораторию, либо в растворах аналогичного состава и концентрации, искусственно приготовленных на основании результатов химического анализа природных вод.

Аппаратура

17. Для изготовления образцов и проведения испытаний необходима следующая аппаратура:

а) пресс или рычажный прибор для создания давления 300 *кг*;

б) форма стальная со вкладышем (черт. 1);



Черт. 1

в) стальные бруски (подставки) сечением 15×15 *мм*, длиной 80—90 *мм*—2 шт.;

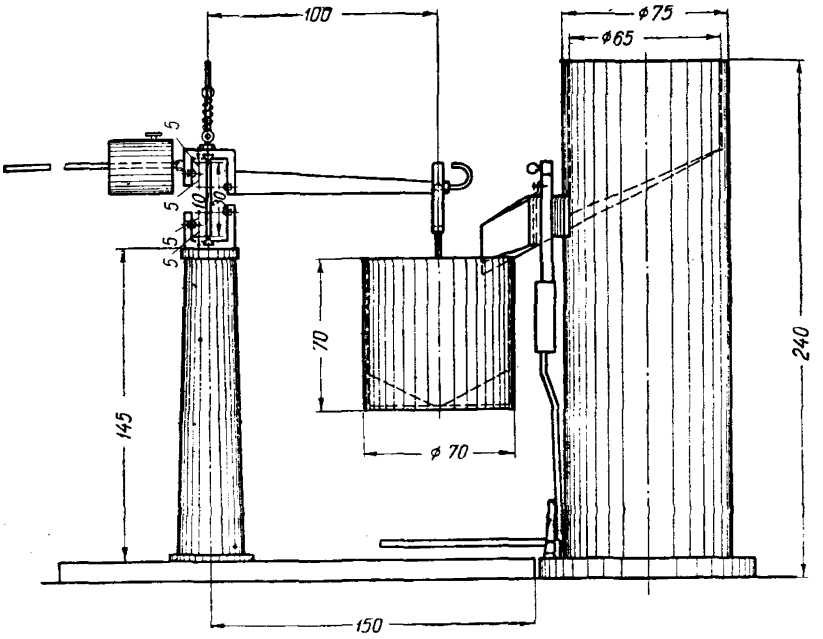
г) то же, но с сечением 10×10 *мм* — 2 шт.;

д) стальная круглая пластина толщиной 8—10 *мм* и диаметром 80—90 *мм*;

е) чашка стальная или фарфоровая сферической формы диаметром 200—250 *мм*;

ж) стальная лопатка диаметром 50 *мм* или стальная столовая ложка;

з) прибор для испытания цементных призмочек на изгиб (черт. 2).



Черт. 2

Образцы и материалы для их изготовления

18. В качестве образцов применяются призмочки размерами 1×1×3 *см*, изготовляемые из цементного раствора определенной густоты путем прессования в стальной форме. Цемент и песок для изготовления призмочек берутся в отношении 1 : 3,5 по весу. Цемент предварительно просеивается через сито 64 *отв/см*^{2} (0,75 *мм*).

19. Песок должен быть кварцевым, речного или морского происхождения, т. е. иметь зерна округленной формы с гладкой поверхностью. Морской песок должен быть предварительно тщательно промыт пресной водой для удаления солей.

Применяется фракция песка, проходящая через сито с 144 *отв/см*^{2} (0,5 *мм*) и остающаяся на сите с 256 *отв/см*^{2} (0,38 *мм*).

Определение густоты раствора

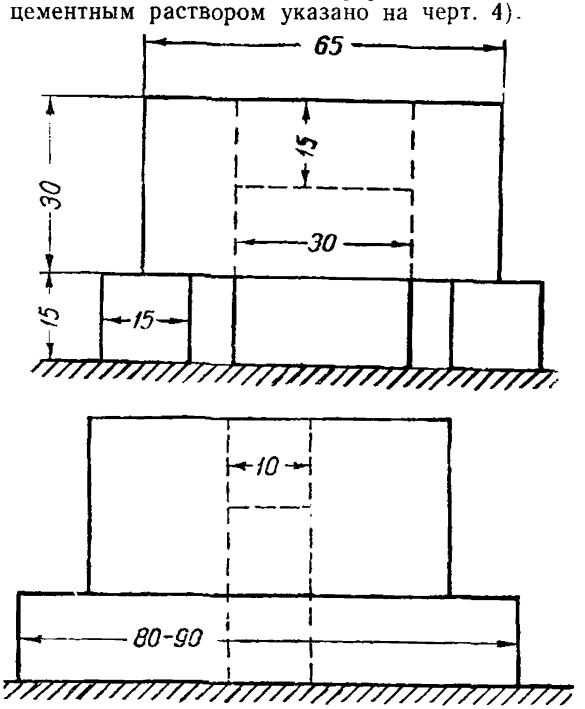
20. Для определения густоты раствора отвешивают (с точностью до 0,1 *г*) 20 *г* цемента и 70 *г* песка, помещают в сферическую чашку и тщательно перемешивают ложкой или лопаткой в течение 1 мин. Затем в сухой смеси делают углубление, в которое вливают (отвешенную с точностью до 0,05 *г*)

воду в количестве 8—12 *г*. После впитывания воды цементный раствор энергично перемешивают той же ложкой в течение 3 мин.

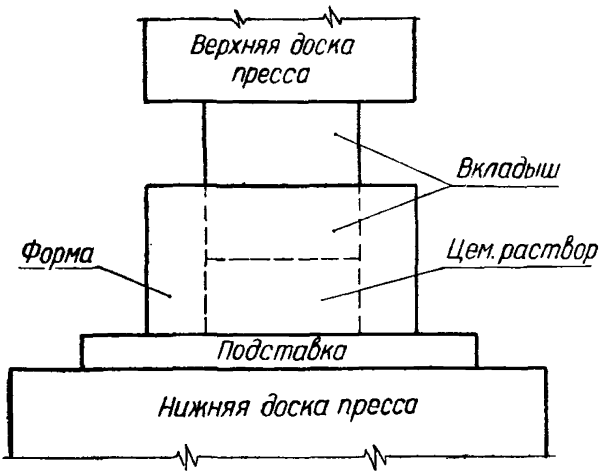
21. Приготовленный цементный раствор помещают в стальную форму и прессуют под давлением 300 *кг* (100 *кг* на 1 *см*^{2} поверхности боковой грани призмочки) в продолжение 5 сек. После прессования снимают форму с подставки (отрывая ее вертикальным поднятием без сдвига) и рассматривают отпечаток, оставшийся на поверхности подставки в месте соприкосновения ее с цементным раствором.

Примечание. Для заполнения стальной формы раствором ее ставят на 2 бруска сечением 15×15 *мм*, вставляют вкладыш, опускают его до уровня стола, после чего в освободившееся сверху внутреннее пространство формы (высотой 15 *мм*) кладут раствор, слегка вдавливая его в форму пальцем (положение формы и вкладыша при заполнении формы цементным раствором указано на черт. 3).

Затем сверху на форму накладывают стальную круглую пластинку (предварительно удалив оставшийся на поверхности формы раствор для плотного прилегания пластины к форме), переворачивают форму пластиной вниз, придерживая пластину и вкладыш руками, и ставят под пресс (положение формы под прессом после заполнения ее цементным раствором указано на черт. 4).



Черт. 3



Черт. 4

22. Густота цементного раствора должна быть такой, чтобы отпечаток на поверхности подставки получился в виде сильно влажного узора (но не сплошного слоя воды).

Если отпечаток получился не соответствующим указанному, то приготовляют цементный раствор другой густоты, увеличив или уменьшив количество воды на 0,45 *г*. Подобным образом поступают до тех пор, пока отпечаток не получится вышеуказанным.

Примечание. Густота цементного раствора при указанных требованиях должна получаться на 1—2% большей, чем нормальная густота цементного раствора жесткой консистенции по ГОСТ 310—41 «Цементы. Методы физических и механических испытаний».

23. Количество воды, соответствующее требуемой густоте раствора, выражается в процентах веса сухой смеси цемента с песком и определяется с точностью до 0,5%.

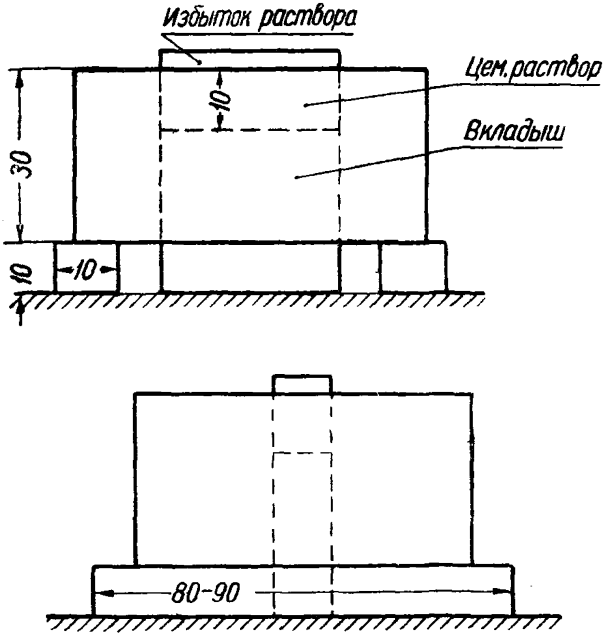
Приготовление образцов и агрессивных растворов

24. Изготовление призмочек производят, затворяя раствор и прессуя его согласно указаниям пп. 20 и 21 настоящего стандарта, причем для каждого затворения берут не более 270 *г* сухой смеси (60 *г* цемента и 210 *г* песка). В процессе изготовления образцов цементный раствор все время держат покрытым влажной тканью.

После прессования форму переворачивают, придерживая руками вкладыш, и затем выдавливают избыток раствора с

таким расчетом, чтобы в форме осталось заполненное раствором пространство, соответствующее размерам призмочки. Для этой цели на ровную и плоскую поверхность стола или металлической пластины кладут параллельно друг другу на расстоянии 2—3 *см* два бруска сечением 10×10 *мм*; упирают выходящий из формы конец вкладыша в поверхность стола между брусками и, держа форму за края, надавливают вниз вплоть до опускания ее на бруски (положение формы при выдавливании цементного раствора и вкладыша указано на черт. 5).

Выдавившийся из формы избыток раствора срезают ножом и заглаживают его поверхность вровень с поверхностью формы. Затем бруски вынимают из-под формы, придерживая ее рукой, и опускают форму надавливанием до поверхности стола; после этого, приподняв форму, немного выдвигают вкладыш снизу вверх пальцем таким образом, чтобы другой торцевой конец вкладыша, вместе с лежащей на его поверхности призмочкой, приподнялся бы над поверхностью формы на ~0,5 *см*.



Черт. 5

К выдвинутой из формы призмочке подносят сбоку стекло размером 2,5×4 *см* и, осторожно наклоняя форму, переносят призмочку на стекло.

Форма и вкладыш после каждого прессования должны протираться тряпкой, а по окончании работы—смазываться машинным маслом.

25. Призмочки после изготовления, не снимая их со стекол, немедленно помещают во влажное пространство (специальный шкаф или закрытый эксикатор с налитой на дно водой).

26. После одних суток хранения во влажном пространстве призмочки нумеруют тушью, снимают со стекол и помещают для предварительного твердения в питьевую воду.

Через 14 суток хранения в воде призмочки, предназначенные для твердения в агрессивных средах, в количестве, соответствующем п. 29 настоящего стандарта, переносят в агрессивные растворы, продолжая хранить остальные в питьевой воде до момента испытаний по п. 33 настоящего стандарта.

Примечание. При изготовлении образцов из медленно твердеющих цементов срок выдерживания образцов во влажном пространстве допускается увеличить до 2—3 суток; общая продолжительность предварительного твердения в этом случае может быть увеличена до одного месяца.

27. Изготовление образцов и последующее хранение их во влажном пространстве, в воде и в растворах должны производиться в помещении с температурой воздуха 20±5°С.

28. Приготовление агрессивных растворов производится на дистиллированной воде или в крайнем случае на кипяченой питьевой воде.

При расчете количества солей для приготовления растворов необходимо учитывать содержащуюся в солях гидратную воду, производя расчет на безводную соль. Гигроскопические соли (например $CaCl_2$ и $MgCl_2$) во избежание ошибок нужно применять в виде крепких растворов, которые вводятся в приготовляемый агрессивный раствор в количестве, соответствующем их концентрации; последняя находится из таблиц, устанавливающих связь между концентрацией растворов и их плотностью; плотность определяется путем взвешивания отмеренного объема раствора.

Проведение испытания

29. Из каждого испытуемого цемента изготовляется: по 12 призмочек для твердения в каждом из агрессивных раство-

ров, 12 — для твердения в питьевой воде и 12 — для испытания после срока предварительного твердения. Таким образом из каждого цемента должно быть изготовлено (при n агрессивных растворах) $12(n+2)$ основных призмочек.

Сверх этого количества призмочек рекомендуется дополнительно изготовить из каждого испытуемого цемента: по 18 призмочек для твердения в каждом из агрессивных растворов и 18 — для твердения в питьевой воде, т. е. всего 18 $(n+1)$ дополнительных призмочек для испытания их в промежуточные сроки.

30. Твердение образцов в агрессивных растворах производится в закрытых эксикаторах на свинцовых, керамических или стеклянных полках. Образцы (призмочки) укладываются на полку с промежутком между ними не менее 0,5 *см*. Предварительно на поверхность полок насыпается тонкий слой кварцевого песка с размером зерен 0,75—1,0 *мм*.

При наличии в одном эксикаторе нескольких полок, каждая из них укладывается на подставки высотой 3—4 *см*, положенные на ниже находящуюся полку; подставки применяются керамические, стеклянные или из листового свинца.

31. Количество образцов, укладываемых в эксикатор, должно быть таким, чтобы первоначально на каждую призмочку в эксикаторе приходилось по 100 *мл* раствора. Уровень раствора должен перекрывать образцы на верхней полке на 1—2 *см*.

32. По истечении двух и четырех месяцев твердения образцов производится замена растворов в эксикаторах свежими растворами.

Примечание. Твердение образцов в питьевой воде производится либо в эксикаторах, либо в ящиках (ваннах) из листового свинца или оцинкованной стали, снабженных крышками. Уровень воды должен перекрывать образцы на 1—2 *см*. Смена воды производится через такие же сроки, как и смена растворов.

33. По прошествии срока предварительного твердения в соответствии с указаниями п. 26 настоящего стандарта для каждого испытуемого цемента испытывается на изгиб по 12 призмочек.

Все остальные основные призмочки из каждого испытуемого цемента испытываются на изгиб по прошествии шести месяцев твердения их в агрессивном растворе и питьевой воде (в количестве по 12 шт.).

Дополнительные призмочки, по 6 для каждого испытуемого цемента, рекомендуется испытать на изгиб в промежуточ-

ные сроки, после 1, 2 и 3 месяцев твердения их в агрессивном растворе и в питьевой воде.

34. Вынув призмочки из раствора или питьевой воды, кладут их на лист фильтровальной бумаги или на полотенце и испытывают немедленно, не давая образцам высохнуть.

При испытании призмочки закладываются в прибор так, чтобы изгиб осуществлялся в плоскости, перпендикулярной направлению прессования призмочки при ее изготовлении, т. е. перпендикулярной граням призмочки, соприкасавшимся со стенками формы.

35. При испытании призмочек на изгиб изгибающее усилие создается с помощью рычага длиной 10 *см*, к концу которого подвешивается ведерко для всыпания дроби. Вес ведерка должен быть не более 60 *г*; дно его внутри должно иметь форму конуса с вершиной, обращенной вниз. При изломе призмочки ведерко падает на педаль сосуда с дробью, после чего отверстие для выхода дроби автоматически закрывается.

Величина отверстия для выхода дроби должна быть отрегулирована (с помощью имеющейся для этой цели заслонки) таким образом, чтобы в течение одной секунды в ведерко поступало 20 *г* дроби.

Рычаг прибора должен быть с помощью противовеса приведен в уравновешенное горизонтальное положение (без ведерка); при испытании слабых образцов допускается уравновешивать рычаг при подвешенном ведерке.

36. Предел прочности призмочек при изгибе (в *кг/см*^{2}) получается умножением на 60 веса ведерка с дробью, выраженного в килограммах. Предел прочности вычисляется с точностью до 0,1 *кг/см*^{2}.

Примечания:

1. При испытании слабых образцов, когда рычаг прибора уравновешен при подвешенном ведерке, за величину разрушающего груза следует принимать вес дроби нетто (без веса ведерка).

2. Взвешивание ведерка с дробью производится с точностью до 1 *г*.

Обработка результатов испытания

37. По данным результатов испытаний призмочек на изгиб определяется их средний предел прочности при изгибе и коэфициент стойкости цемента в воде-среде данной агрессивности ($КС_6$).

38. Средний предел прочности при изгибе испытанных призмочек из каждого испытываемого цемента, отдельный для каждого агрессивного раствора и питьевой воды, определяют следующим образом: $^1/_3$ призмочек с наименьшими пределами прочности из рассмотрения исключают; для остальных призмочек вычисляют среднее арифметическое из пределов прочности.

Коэфициент стойкости ($КС_6$) вычисляется как отношение величины среднего предела прочности при изгибе призмочек из данного цемента, после 6 месяцев выдерживания их в агрессивном растворе, к величине среднего предела прочности при изгибе призмочек из того же цемента, после 6 месяцев твердения их в питьевой воде (не считая продолжительности предварительного твердения).

Коэфициент стойкости вычисляется с точностью до 0,01.

39. Величины пределов прочности при изгибе отдельных призмочек, испытанных в сроки, указанные в п. 33, а также средние значения пределов прочности, вычисленные согласно указаниям п. 38 настоящего стандарта, записывают в рабочий журнал. Кроме того рекомендуется средние значения прочности и величины коэфициентов стойкости представлять в форме таблиц, в которых указываются: наименования цементов, состав и концентрация растворов, продолжительность предварительного и последующего твердения призмочек, средние величины пределов прочности при изгибе призмочек, величины коэфициентов стойкости.

Примечание. Результаты испытаний образцов при наличии результатов испытаний дополнительных призмочек в промежуточные сроки рекомендуется представить также графически в виде кривых, показывающих характер изменения средних величин пределов прочности при изгибе образцов в зависимости от сроков твердения в растворе данной агрессивности и в питьевой воде.

Г. Термосный метод определения теплоты гидратации цементов

Общие указания

40. Сущность метода заключается в определении теплоты гидратации цемента путем непосредственного измерения температуры цементного раствора, твердеющего в изотермических условиях в термосе (сосуде Дюара).

41. Теплота гидратации цемента определяется как сумма тепла, накопленного в термосе, и тепла, потерянного термосом за то же время.

Аппаратура

42. Для определения теплоты гидратации цемента необходима следующая аппаратура:

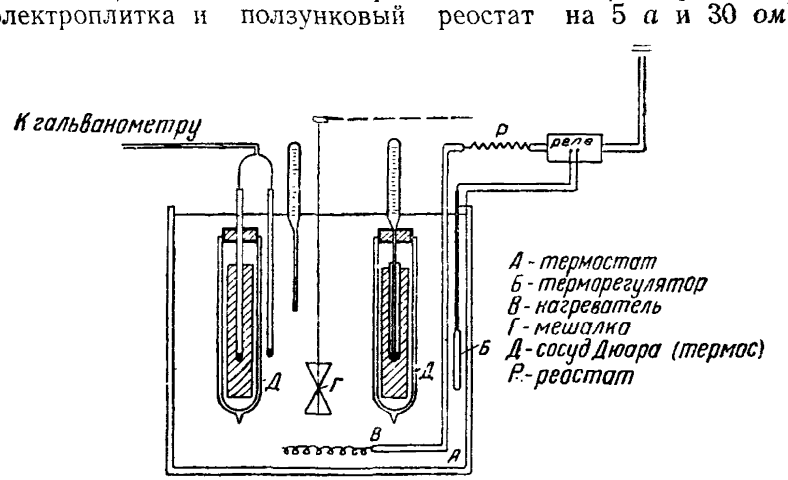
а) термос (сосуд Дюара) цилиндрической формы, высотой 25—30 *см* и внутренним диаметром 5—7 *см*; к нему цилиндрические из белой жести сосуды диаметром на 1 *см* менее внутреннего диаметра термоса и высотой на 5 *см* менее высоты цилиндрической части термоса, снабженные петлями и поворачивающейся в них проволочной ручкой;

б) диференциальная односпайная медно-константановая термопара;

в) гальванометр зеркальный чувствительностью 10^{-9} *а*; к нему магазин сопротивления, осветитель с лампочкой на 6 *в* и шкала.

Примечание. При отсутствии термопары и гальванометра применяется термометр на 50°С с ценой деления шкалы 0,1—0,2° с длинной хвостовой частью.

г) термостат водяной, представляющий собой бак цилиндрической формы диаметром 60 *см* и высотой 40 *см*, снабженный: 1) мешалкой с мотором 0,25 *л. с.*, 2) нагревателем (электроплитка и ползунковый реостат на 5 *а* и 30 *ом*),



Черт. 6

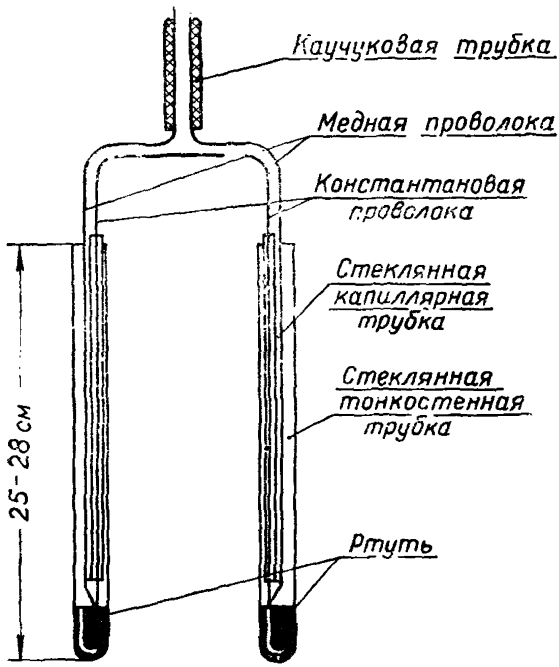
3) стеклянным терморегулятором, заполненным толуолом или хлороформом с контактом ртуть-платина и 4) реле для автоматического включения и выключения тока в цепи нагревателя;

д) термометр Бэкмана для контроля постоянства температуры воды в термостате.

Общая схема установки приведена на черт. 6.

Подготовка к испытанию

43. Диференциальная термопара изготовляется из отожженной константановой проволоки диаметром 0,2—0,3 *мм* и изолированной медной проволоки диаметром 0,5—0,6 *мм* и монтируется, как показано на черт. 7 .



Черт. 7

Примечания:

1. Спаи термопары изолируются от соприкосновения с ртутью 2-кратным последовательным опусканием в спиртовый раствор шеллака на глубину нескольких сантиметров с последующим высушиванием после каждого опускания. Высушивание производится в наклонном положении, концом вверх, чтобы капля шеллака не натекала на спай термопары.

2. Диаметры стеклянных капилляров и трубок и толщина их стенок должны быть по возможности меньшими.

3. Свободная часть константановой проволоки между стеклянными трубками, а также медные проволоки должны быть изолированы от паров воды.

44. Градуировка термопары производится в интервале 15—35° через каждые 5°. Для проведения градуировки один конец термопары помещают в сосуд Дюара с водой, имеющей постоянную температуру 20°С, а второй конец помещают в другой сосуд Дюара, в котором устанавливается последовательно температура воды 15, 20, 25, 30 и 35°. Температура воды в обоих сосудах Дюара контролируется предварительно сверенными термометрами, имеющими цену деления шкалы не более 0,1°. Сосуды Дюара во время градуировки закрываются корковыми пробками и обертываются ватой или войлоком.

В цепь гальванометра вводится постоянное сопротивление, подобранное так, чтобы смещение зайчика на 1,0 *см* шкалы соответствовало разнице в температуре спаев на 1°С. Отсчеты по шкале производятся с точностью до 1 *мм*.

Перед каждым отсчетом необходимо проверять нулевое положение зайчика на шкале, опуская оба спая термопары в воду термостата или в сосуд с энергично перемешиваемой водой.

Проверку нулевого положения можно также производить, переключая гальванометр на отдельную («нулевую») термопару, оба спая которой все время опущены в воду термостата.

45. При применении вместо термопар термометров (п. 42 *в*, примечание) производится сверка их показаний при температурах 15, 20, 30 и 40° с показаниями контрольного (проверенного) термометра. На основании полученных данных для каждого термометра строится поправочная кривая.

46. Корковые пробки к термосам для придания им водонепроницаемости и устранения водопоглощения пропитываются резиновым клеем или спиртовым раствором шеллака. После высушивания в отверстие пробки плотно вставляется запаянная с одного конца тонкостенная стеклянная трубка для термопары (или термометра) таким образом, чтобы конец ее находился несколько ниже середины (по высоте) сосуда Дюара, но выше одной трети (считая снизу).

Зазор между пробкой и трубкой заливается менделеевской замазкой.

47. Внутренние цилиндрические сосуды к сосудам Дюара, в которые помещают испытуемый цементный раствор, изготовляют на оловянной пайке из белой жести; размеры сосудов должны соответствовать указаниям п. 42 настоящего стандарта.

Определение теплового значения (средней теплоемкости) собранного термоса

48. При пользовании термопарами тепловое значение собранного термоса (в *кал*) определяется по формуле:

$$C = 0{,}2\frac{g}{2} + 0{,}45\frac{g_1}{2} + 0{,}2\,g_2 + 0{,}03\,g_3 + 0{,}11\,g_4 + 0{,}45\,g_5,$$

где:

g — вес термоса сосуда Дюара в *г*,

g_1 — вес корковой пробки в *г*,

g_2 — вес стеклянной трубочки для термопары или термометра в *г*,

g_3 — вес ртути в стеклянной трубочке в *г*,

g_4 — вес цилиндрического сосуда из белой жести в *г*,

g_5 — вес пробки на дне термоса, на которую устанавливается цилиндрический сосуд, в *г*.

Примечание. При пользовании термометрами в приведенную формулу должно быть введено слагаемое $0{,}46\,v$, где v — объем части термометра, погружаемой в цементный раствор, в $см^3$.

49. Каждый комплект аппаратуры (термос, пробка с трубкой, пробка-подставка и термопара или термометр) помечается одним номером и в процессе работы не может быть заменяем без соответствующего перерасчета величины C — теплового значения термоса по п. 48 настоящего стандарта.

Определение константы теплоотдачи термоса

50. Один из цилиндрических сосудов, указанных в п. 42 *а* настоящего стандарта, заполняется на 1 *см* ниже краев водой, температура которой приблизительно на 25°С выше температуры воды в термостате. Вес воды в цилиндрическом сосуде должен быть определен взвешиванием с точностью до 1 *г*. Сосуд покрывается сверху кружком из пергаментной бумаги диаметром на 6 *см* более диаметра сосуда; края пергамента загибаются вниз и прижимаются к сосуду резинкой или ниткой. По центру сосуда в пергаменте делается отверстие для ввода стеклянной трубки, после чего сосуд помещается в термос, на дно которого предварительно кладется пробковая подкладка так, чтобы сосуд не опирался на стенки термоса. Термос закрывается пробкой; между бортом термоса и пробкой накладывается кольцевой слой сургучной пасты или другой водонепроницаемой замазки, обладающей пластичностью при нормальной температуре, и термос помещается в термостат.

Диференциальная термопара одним концом помещается в стеклянную трубку, укрепленную в пробке термоса, а вторым концом погружается в воду термостата на расстоянии 4—5 *см* от стенок термоса.

51. Температуру воды в термосе отмечают через 3 и 44 часа после погружения его в термостат.

Температура воды в термостате поддерживается равной 20°+1°С.

Температура воды в термосе при первом отсчете должна быть примерно на 15°С выше температуры воды в термостате.

52. Константа теплоотдачи термоса ($Q_к$ в *кал/час. град*) определяется по формуле:

$$Q_к=(C+g)\frac{\lg t_3-\lg t_{44}}{0{,}434\,(44-3)},$$

где:

C — тепловое значение собранного термоса в *кал*,

g — вес воды в *г*,

t_3 — разность температур термоса и термостата через 3 часа,

t_{44} — разность температур термоса и термостата через 44 часа.

Проведение испытания

53. Испытанию подвергают цементный раствор, соотношение между цементом и песком в котором устанавливается в зависимости от рода и марки цемента с таким расчетом, чтобы максимальное повышение температуры цементного раствора во время испытания было бы близким к 15°С.

Примерные соотношения между цементом и песком (по весу) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Род цемента	Марка цемента		
	200—300	300—400	400—600
Портландцемент	1 : 1,2	1 : 2	1 : 2,5
Пуццолановый портландцемент	1 : 1	1 : 1,5	1 : 2
Шлаковый и песчано-пуццолановый портландцементы	1 : 0,8	1 : 1,2	1 : 1,5

Примечание. Если во время испытания максимальное повышение температуры цементного раствора будет менее 10°С или более 16°С, то необходимо повторить испытание, изменив соотношение между цементом и песком в растворе.

54. Испытуемый цемент перемешивается с нормальным песком всухую в сферической фарфоровой или железной чашке в течение 2 мин., после чего вливается вода и вся смесь энергично перемешивается стальной столовой ложкой или небольшой лопаткой в течение последующих 3 мин. Вес сухой смеси цемента с песком должен быть 600—650 *г*. Количество воды должно быть таким, чтобы густота цементного раствора несколько превышала бы нормальную густоту цементного раствора жесткой консистенции и обеспечивала бы возможность надлежащего уплотнения испытуемого цементного раствора.

55. Весь цементный раствор по возможности быстро переносится в цилиндрический сосуд и уплотняется путем постукивания последнего дном о стол. Прилипший к чашке раствор снимается кусочками ваты, которая тоже помещается в сосуд. Сосуд покрывается сверху кружком из пергаментной бумаги диаметром на 6 *см* более диаметра сосуда, края пергамента загибаются вниз и прижимаются к сосуду резинкой или ниткой. По центру сосуда в пергаменте делается отверстие для ввода стеклянной трубки, после чего сосуд вставляется в термос, на дно которого предварительно кладется пробковая подкладка так, чтобы сосуд не опирался на стенки термоса.

Термос закрывается пробкой так, чтобы вмонтированная в пробку стеклянная трубка для термопары или термометра постепенно, в вертикальном направлении, погружалась в цементный раствор; предварительно в трубку для лучшего теплообмена наливается небольшое количество ртути. Термос закрывается пробкой; между бортом термоса и пробкой накладывается кольцевой слой сургучной пасты или другой водонепроницаемой замазки, обладающей пластичностью при нормальной температуре, и термос помещается в термостат, температура воды в котором должна быть равной 20°С±0,1° в течение всего испытания. Уровень воды в термостате должен перекрывать поверхность пробки термоса на несколько сантиметров.

56. Немедленно после помещения термоса в термостат отмечается начальная температура (t_0) цементного раствора. Дальнейшие отсчеты температуры производят в процессе ее повышения через каждый час круглосуточно, а во время снижения—в первые сутки через каждые 2 час. в течение 16 час., а затем один раз в сутки до окончания испытания.

57. Испытание рекомендуется продолжать до тех пор, пока температура цементного раствора снизится почти до температуры термостата. Наименьшая допустимая продолжитель-

ность испытания — 7 суток; при этом должна быть отмечена температура цементного раствора по истечении 3 и 7 суток с момента начала испытания.

Обработка результатов испытания

58. Теплота гидратации цемента (в *кал/г*), выделившаяся за данный отрезок времени, определяется по формуле:

$$q=\frac{Q}{g},$$

где:

g — вес цемента в *г*;

Q — общее количество теплоты, выделенное твердеющим цементом за данный отрезок времени в *кал*, определяемое по формуле:

$$Q=C_p(t_x-t_o)+Q_к\ F_{o-x},$$

где:

C_p — тепловое значение (в *кал*) термоса с цементным раствором, вычисляемое для каждого испытания по формуле:

$C_p = 0{,}2 \times$ вес цемента $+ 0{,}2 \times$ вес песка $+$ вес воды $+ C$ (п. 48),

t_o — начальная температура цементного раствора в °С;

t_x — температура цементного раствора в конце данного отрезка времени в °С;

$Q_к$ — константа теплоотдачи термоса в *кал/час · град* (п. 52);

F_{o-x} — площадь между кривой температуры раствора и линией температуры термостата, нанесенная на график, за отрезок времени от *0* до *X* часов, в координатах градусы — часы (см. черт. 8 приложения к настоящему стандарту).

Примечание. Площадь, расположенная ниже линии температуры термостата, вычитается из площади, расположенной выше этой линии.

59. Пример записи и расчета при определении теплоты гидратации цемента приведен в приложении к настоящему стандарту.

IV. ИСПЫТАНИЯ ТОНКОМОЛОТЫХ ДОБАВОК: ГИДРАВЛИЧЕСКИХ (ПУЦЦОЛАНИЧЕСКИХ), ДОМЕННЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ШЛАКОВ И НАПОЛНЯЮЩИХ (МИКРОНАПОЛНИТЕЛЯ)

60. Все предусмотренные настоящим стандартом испытания тонкомолотых добавок должны производиться над средними пробами, отбираемыми от каждой партии добавок отдельно.

61. Величина партии устанавливается в 200 *т*, поставку добавок в количестве менее 200 *т* принимают также за партию.

62. *При поставке добавок в немолотом виде от каждой* партии, из 20—30 мест по усмотрению приемщика, отбирают в общей сложности 100—150 *кг* добавок. Отобранные добавки при необходимости подвергают дроблению до величины кусков не более 5 *см,* а затем после тщательного перемешивания рассыпают слоем 7—10 *см* на брезенте или деревянном настиле. Рассыпанные таким образом добавки делят по двум взаимно-перпендикулярным направлениям на четыре равные части, из которых две диаметрально противоположные отбрасывают, а остальные две снова перемешивают, рассыпают ровным слоем, делят на четыре части и т. д. Квартование добавок производят до тех пор, пока останется 20—25 *кг* добавки, которые и считаются средней пробой.

При поставке добавок в молотом виде отбор проб осуществляется также, как отбор проб портландцемента, согласно ГОСТ 970—41 «Цементы: портландцемент, пуццолановый портландцемент, шлако-портландцемент».

63. Определение потери при прокаливании тонкомолотых добавок и содержания в них сернокислых и сернистых соединений (в пересчете на SO_3) производится методами количественного химического анализа.

64. Химический анализ доменных гранулированных шлаков производится по ГОСТ 5382—50 «Цементы. Методы химического анализа портландцементов».

65. Определение тонкости помола и удельного веса тонкомолотых добавок производится, как для цементов, по ГОСТ 310—41 «Цементы. Методы физических и механических испытаний».

66. Водопотребность добавки характеризуется количеством воды, необходимым для получения теста нормальной густоты, выраженным в процентах от веса сухой добавки.

Определение водопотребности производится по методу, принятому для определения нормальной густоты цементного

теста, по ГОСТ 310—41 «Цементы. Методы физических и механических испытаний».

При определении водопотребности добавка предварительно высушивается до постоянного веса при температуре 105—110°.

67. Определение содержания органических примесей в наполняющих добавках производится, как для песка, по ГОСТ 2778—50 «Заполнители минеральные для обычного бетона. Правила приемки. Методы испытаний. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

68. Определение активности гидравлических (пуццоланических) добавок производится методом поглощения извести за 30 суток по ОСТ НКТП 3031 «Добавки кислые гидравлические (пуццоланические вещества). Методы определения активности».

Примечание. Предварительное определение активности, а также определение активности при текущем контроле уже опробованных добавок могут производиться по поглощению извести за 4 суток.

69. Определение структуры доменных гранулированных шлаков производится путем петрографического анализа.

70. Определение влияния наполняющей добавки на подвижность бетонной смеси производится следующим образом.

Пробу добавки высушивают до постоянного веса при температуре 105—110°С и от высушенной пробы берут навеску в 3,5 *кг*, которую смешивают с 3,5 *кг* портландцемента, применяемого на данном строительстве. Смешение производится в мешалке принудительного действия любой системы в течение 30 мин.

На смеси цемента с добавкой, а также на цементе без добавки, приготовляют бетонные смеси с равными расходами цемента и сложного вяжущего ($Ц = 280$ *кг/м*^{3}) при одинаковом значении водоцементного отношения, которое выбирается в пределах от 0,55 до 0,70 так, чтобы осадка конуса бетонной смеси была бы не менее 5 *см* и не более 12 *см*. Заполнители бетона рекомендуется брать те же, которые применяются на данном строительстве, наибольшая крупность зерен при этом не должна превышать 50 *мм*.

Для каждой из обеих бетонных смесей определяют подвижность путем трехкратного измерения осадки конуса; за подвижность данной бетонной смеси принимают среднее из трех измерений.

71. Определение влияния наполняющей добавки на прочность бетона при сжатии производится следующим образом.

Смешением высушенной до постоянного веса наполняющей добавки с портландцементом, как это указано в п. 70 настоящего стандарта, приготовляют смесь, содержащую 20% добавки и 80% портландцемента. Указанная смесь должна быть заготовлена в количестве не менее 20 *кг*.

На смеси цемента с добавкой и на цементе без добавки приготовляют бетонные смеси с равными расходами цемента и сложного вяжущего ($Ц = 280$ *кг*/*м*^{3}) при одинаковом значении водоцементного отношения, которое выбирается в пределах от 0,55 до 0,70 так, чтобы осадка конуса бетонной смеси была бы не менее 5 *см* и не более 12 *см*.

Из обеих бетонных смесей приготовляют по 6 образцов-кубов для определения предела прочности при сжатии в возрасте 28 дней. Изготовление, хранение и испытание образцов должно производиться в соответствии с указаниями ГОСТ 4800—49 «Бетон гидротехнический. Методы испытаний бетона».

Примечание. При испытаниях по пп. 70 и 71 настоящего стандарта водоцементное отношение для цемента с добавкой принимается как отношение воды к общему весу цемента и добавки.

V. ИСПЫТАНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ БЕТОНА

72. Все предусмотренные настоящим стандартом испытания заполнителей для бетона должны производиться над пробами, отбираемыми в соответствии с указаниями ГОСТ 2778—50 «Заполнители минеральные для обычного бетона. Правила приемки. Методы испытаний. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение».

73. Определения: суммарного содержания глины, ила и мелких пылевидных фракций отмучиванием, наличия сернокислых и сернистых соединений, содержания органических примесей, гранулометрического состава, удельного веса песка и зерен крупного заполнителя, а также влажности, производятся по ГОСТ 2778—50 «Заполнители минеральные для обычного бетона. Правила приемки. Методы испытаний. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение».

Примечания:

1. Если суммарное содержание глины, ила и мелких пылевидных фракций, определенное отмучиванием, в песке оказывается более допустимого содержания только глины (см. п. 19 ГОСТ 4797—49 «Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления»), то содержание глины в песке должно быть определено отдельно по п. 74 настоящего стандарта.

2. При наличии в заполнителе сернокислых и сернистых соединений производят количественное определение их содержания (в пересчете на SO_3) методами количественного химического анализа.

3. Для точного определения удельного веса материала зерен песка и крупного заполнителя рекомендуется пользоваться пикнометрическим методом или прибором Ле-Шателье-Кандло по пп. 14—17 ГОСТ 3586—47 «Материалы естественные каменные для дорожного строительства. Методы испытаний».

74. Определение содержания глины в песке производится с применением следующей аппаратуры:

а) два стеклянных тарированных на 1000 *мл* цилиндра внутренним диаметром 6—6,5 *см*, высотой около 40 *см*, с ровно обрезанными и пришлифованными краями;

б) мерная колба на 2000 *мл*;

в) две стеклянные сифонные трубки с загнутыми кверху концами, нарощенные каучуковыми трубками;

г) две мерные колбы по 100 *мл*;

д) толстостенный стеклянный цилиндрический сосуд емкостью 2—2,5 *л* и высотой около 20 *см*;

е) стеклянная пластинка (успокоитель) шириной 5—5,5 *см* и длиной около 45 *см*.

Испытание производят в следующем порядке.

От высушенного до постоянного веса песка берут навеску в 1000 *г* и помещают в толстостенный стеклянный цилиндрический сосуд емкостью 2—2,5 *л*. Песок в сосуде заливают 1 *л* дистиллированной воды, к которой добавлено 3—4 *мл* 25%-ного раствора аммиака, тщательно перемешивают с помощью толстой стеклянной палочки с надетым на ее конец обрезком каучуковой трубки и оставляют в покое на сутки. На следующий день снова тщательно перемешивают песок в сосуде и, дав осесть его частицам в течение 1,5—2 мин., с помощью сифона сливают мутную воду в мерную 2-литровую колбу. Затем в сосуд вновь вливают примерно 400 *мл* дистиллированной воды, песок перемешивают и, выждав 1,5—2 мин., снова сливают мутную воду в ту же мерную колбу. Эту операцию повторяют до тех пор, пока после заливки песка водой и перемешивания вода не станет прозрачной.

Перед началом испытания аппаратура, высушенный песок и вода должны быть выдержаны в данном помещении не менее 1 суток.

Общий объем слитой мутной воды в мерной колбе доводят точно до 2000 *мл* добавлением дистиллированной воды или прозрачной воды, оставшейся над песком в сосуде после заключительного перемешивания. Содержимое колбы тща-

тельно взбалтывают и переливают в два тарированных на 1000 *мл* стеклянных цилиндра, наполняя каждый из них до черты. После этого воду с мутью в цилиндрах перемешивают, плотно прижав ладонь к краям цилиндра и переворачивая его несколько раз. Тотчас же опускают в цилиндр на 2—3 сек. пластинку-успокоитель и осторожно вынимают ее. Эту операцию проводят последовательно для каждого из двух цилиндров со сдвигом во времени в 2—3 мин. С момента вынимания пластинки-успокоителя начинают отсчет времени. Цилиндры оставляют в покое, давая взвешенным в воде частицам свободно выпадать, а затем через определенный промежуток времени, соответствующий при данной температуре падению частиц с размерами в 0,005 *мм* на 10 *см* и определяемый по табл. 2 настоящего стандарта, отбирают из каждого цилиндра в мерную колбу пробу — 100 *мл* жидкости (суспензии) с глубины 10 *см*. С этой целью за минуту до указанного срока в цилиндр осторожно вводят наполненную дистиллированной водой сифонную трубку с отогнутым вверх нижним концом, погружая ее так, чтобы обрез загнутого конца трубки оказался на 10 *см* ниже тарировочной черты на цилиндре. Для этого на трубке укрепляется металлическая крестовина или склеенная из двух половин пробка с деревянным кружком, фиксирующая необходимую глубину опускания конца трубки в цилиндр.

Таблица 2

	Температура °С					
	12	15	17	20	22	25
Промежуток времени для отбора проб	2 ч. 10 м.	2 ч. 00 м.	1 ч. 54 м.	1 ч. 45 м.	1 ч. 40 м.	1 ч. 34 м.

Осторожно приоткрывая зажим Мора на каучуковой трубке сифона, сливают отдельно в стакан или колбочку первые 10—15 *мл* жидкости (чтобы сифон полностью заполнить суспензией) и лишь затем отбирают пробу суспензии — точно 100 *мл* — в мерную колбу.

Мерную колбу с пробой суспензии взвешивают с точностью до 0,01 *г* (вес g).

Ту же колбу, наполненную до метки дистиллированной водой, имеющей температуру, равную температуре суспензии, взвешивают с точностью до 0,01 *г* (вес g_0).

Содержание глины в песке (в процентах) определяется по формуле:

$$p=3{,}22\ (g-g_o).$$

75. Определение содержания в песке слюды производится методами петрографического анализа.

Примечание. Количественное определение содержания слюды методами петрографического анализа производится в том случае, если при рассмотрении песка через лупу в нем будет обнаружено присутствие слюды.

76. Определение содержания в крупном заполнителе опала и других аморфных видоизменений кремнезема, а также кремнистых сланцев производится методами петрографического анализа.

77. Определение содержания в гравии игловатых и лещадных зерен, а также определения: содержания зерен слабых пород, предела прочности при сжатии породы, подлежащей дроблению в щебень, и предела прочности при сжатии гравия в бетоне, производятся по ГОСТ 2778—50.

78. Определение морозостойкости крупного заполнителя (гравия, щебня или образцов породы, подлежащей дроблению в щебень), предназначаемого для приготовления морозостойкого гидротехнического бетона, производится испытанием раствором сернокислого натрия или испытанием на замораживание в бетоне в соответствии с требованиями п. 24 ГОСТ 4797—49 «Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления».

79. Испытание крупного заполнителя в растворе сернокислого натрия производится по пп. 32—34 ГОСТ 3586—47 «Материалы естественные каменные для дорожного строительства. Методы испытаний», с той лишь разницей, что цикл насыщения и высушивания повторяют 10 раз и пробу гравия и щебня, высушенную до постоянного веса при температуре 105—110°С, берут, в отличие от указаний табл. п. 34 ГОСТ 3586—47, в объеме и количестве по фракциям, отвечающим табл. 3.

Таблица 3

Предполагаемая наибольшая крупность зерен заполнителя в бетоне ($D_{наиб}$) в *мм*	Состав пробы по фракциям				
	10—20	21—40	41—80	81—150	Общий вес пробы в *г*
	Количество каждой фракции в пробе в *г*				
до 40	1000	1500	—	—	2500
„ 80	1000	1500	2000	—	4500
„ 150	1250	1250	2000	2500	7000

80. Испытание крупных заполнителей замораживанием в бетоне производится в следующем порядке.

Из бетонной смеси рабочего состава изготовляют 6 кубов размерами 20×20×20 *см*, из которых 3 куба являются контрольными; остальные 3 куба после 28 дней твердения испытывают на морозостойкость, повторяя циклы замораживания и оттаивания соответственно марке бетона по морозостойкости.

Изготовление, хранение и испытание кубов производят в соответствии с указаниями ГОСТ 4800—49 «Бетон гидротехнический. Методы испытаний бетона».

Примечание. Если к моменту испытания состав бетона не известен, то испытанию подвергают бетон состава 1 : 2 : 4 (по весу) с водоцементным отношением 0,60.

81. Определение морозостойкости крупного заполнителя, предназначаемого для приготовления прочих гидротехнических бетонов, кроме бетона внутренних зон массивных сооружений, может быть произведено одним из трех следующих методов:

а) испытанием в бетоне по п. 80 настоящего стандарта при 25 циклах замораживания и оттаивания;

б) испытанием в растворе сернокислого натрия по п. 79 настоящего стандарта при 5 циклах насыщения и высушивания;

в) непосредственным замораживанием пробы крупного заполнителя, составленной в соответствии с п. 79 настоящего стандарта.

Каждую фракцию пробы отдельно насыщают в течение двух суток водой при температуре 10—20°С и подвергают 15 раз попеременно замораживанию при температуре — 17°С и оттаиванию в воде при температуре 20±5°С по 3 часа. После этого зерна высушивают до постоянного веса при температуре 105—110°С и определяют потерю в весе каждой фракции и пробы в целом, как и при испытании сернокислым натрием по п. 79 настоящего стандарта.

82. Определение водопоглощения материала зерен крупного заполнителя производится следующим образом.

После предварительной тщательной промывки и высушивания до постоянного веса при температуре 105—110°С крупный заполнитель отсеивают на ситах 20 и 40 *мм* и насыщают водой. Для этого от фракции 20—40 *мм* высушенного крупного заполнителя берут навеску около 2000 *г* (g_1), помещают в горизонтально установленный лоток с высотой стенок не менее 10 *см;* разравнивают материал равномерным слоем по

всему дну лотка и постепенно заливают водой, приливая ее через каждые 2 часа так, чтобы зерна заполнителя затоплялись водой последовательно на 1, 2, 3 *см* и наконец полностью, причем слой воды над зернами должен быть не менее 2 *см*. В таком положении материал заполнителя оставляют до следующего дня, после чего воду из лотка осторожно сливают; заполнитель с поверхности осушают при помощи фильтровальной бумаги, насыпав его ровным слоем на лист фильтровальной бумаги размером 30×40 *см* и покрыв вторым таким же листом. После этого заполнитель взвешивают (вес g_2) и определяют водопоглощение (в процентах) материала зерен по формуле:

$$p = \frac{g_2 - g_1}{g_1} \cdot 100$$

Замена

ГОСТ 5382—50 введен взамен ОСТ НКТП 3204
ГОСТ 2778—50 введен взамен ГОСТ 2778—44.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕР

записи и расчета при определении теплоты гидратации цемента термосным методом

Дата _____

Испытание № . . . . . .
Температура помещения 16°С
Температура термостата 20°С

Цемент _____

Термос № 5

Соотношение между цементом и песком (по весу 1 : 2,5; $\frac{B}{Ц}=0{,}31$

Количество материалов на замес:

цемента (*g*)	170 *г*
песка	425 »
воды	53 »

Тепловое значение собранного термоса $C = 56{,}9$ *кал/град.*
Константа теплоотдачи термоса $Q_к = 16{,}0$ *кал/час·град.*
Тепловое значение термоса с цементным раствором
$C_р = 0{,}2 \cdot 170 + 0{,}2 \cdot 425 + 53 + 56{,}9 = 228{,}9$ *кал/град.*

Таблица 1

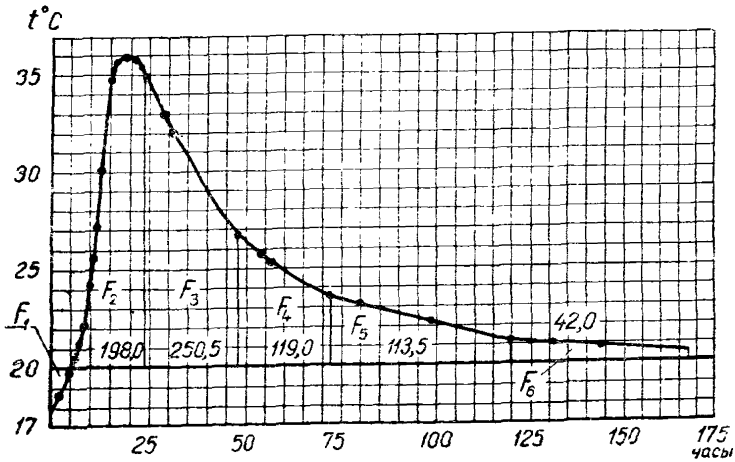
Запись температуры цементного раствора в термосе

Дата и время суток	Время от начала испытания в часах	Температура цементного раствора в °С
2/X 10 час.	0	17,7 —— (t_0)
11 час.	1	18,0
12 час.	2	18,4
15 ч. 30 м.	5,5	20,0 —— $t_{5,5}$
24 час.	14	26,2
3/X 01 час.	15	30,2
02 час.	16	33,3
9 час.	23	35,2
10 час.	24	35,0 —— t_{24}
12 час.	26	34,2
14 час.	28	33,5
24 час.	38	29,2
4/X 02 час.	40	28,8
10 час.	48	26,6 —— t_{48}
5/X 10 час.	72	23,6 —— t_{72}
6/X 10 час.	96	22,3
7/X 10 час.	120	21,2 —— t_{120}
8/X 10 час.	144	20,8
9/X 10 час.	168	20,6 —— t_{168}

Таблица 2

Расчет теплоты гидратации цемента за данные отрезки времени

Продолжительность испытания час.	Температура цементного раствора (начальная и в конце данных отрезков времени) °С	Повышение температуры цементного раствора за данные отрезки времени $(t_x - t_0)$, °С	Теплота, накопленная в термосе за данные отрезки времени $Q_1 = C_p (t_x - t_0)$, *кал*	$F_1, F_2 \ldots F_6$ (см. черт. 8) *град × час.*	$F = F_1 + F_2 + \ldots + F_6$ (см. черт. 8) *град × час*	Теплота, потерянная термосом за данные отрезки времени $Q_2 = Q_к F_1; Q_к F_2 \ldots Q_к F_6$ *кал*	Общее количество теплоты, выделенной цементом за данные отрезки времени $Q = Q_1 + Q_2$, *кал*	Теплота гидратации цемента, выделенная за данные отрезки времени 1 *г* цемента $q = \frac{Q}{g}$, *кал/г*
0	17,7	—	—	—	—	—	—	—
5,5	20,0	—	—	6,5	—	—	—	—
24	35,0	17,3	3960	198,0	191,5	3064	7024	41
48	25,6	7,9	1808	250,5	442,0	7072	8880	52
72	23,6	5,9	1351	119,0	561,0	8976	10327	61
120	21,2	3,5	801	113,5	674,5	10792	11593	68
168	20,6	2,9	664	42,0	716,5	11464	12128	71



Черт. 8

gost.e-ecolog.ru