

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Факультет «Магистратура»

О.А. Корчагина,
А.А. Мамонтов, С.А. Мамонтов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ БЕТОНА**

Утверждено Методическим советом ТГТУ
в качестве методических указаний для студентов магистратуры,
обучающихся по направлению 270100.68 «Строительство»



Тамбов
2013

Рецензент
д.т.н., проф. П.В. Монастырев

Определение гидрофизических свойств бетона: Метод. указ./Сост.:
О.А. Корчагина, А.А. Мамонтов, С.А. Мамонтов, Тамбов: ТГТУ, 2013. – 20
с.

Утверждено Методическим советом ТГТУ
(протокол № 2 от 5.10.2013г.)

ВВЕДЕНИЕ

Бетон получил наиболее широкое применение в строительстве. В зависимости от вида конструкции или изделия и предъявляемым к ним требованиям бетон должен иметь определенную прочность и стойкость в заданных условиях эксплуатации.

Для бетонов, постоянно или периодически омываемых водой, помимо прочностных свойств немаловажное значение имеют гидрофизические свойства.

Гидрофизические свойства характеризуют отношение материала к статическим или циклическим воздействиям воды и пара. К ним относятся гигроскопичность, влажность, водопоглощение и водостойкость, водо- и паропроницаемость, морозостойкость и др.

Оценка гидрофизических свойств бетонов производится в соответствии с действующими государственными стандартами.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ВОДОСТОЙКОСТИ БЕТОНА

Цель работы: научиться определять водопоглощение бетона методом погружения в воду; ознакомиться с методом определения водопоглощения при кипячении; научиться определять водостойкость бетона.

Приборы и инструменты: весы лабораторные по ГОСТ 24104 или весы настольные по ГОСТ 23711; шкаф сушильный по ГОСТ 13474; емкость для насыщения образцов водой; проволочную щетку или абразивный камень, гидравлический пресс.

1. ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ

Водопоглощение характеризует способность материала впитывать и удерживать в порах (пустотах) влагу при непосредственном контакте с водой. Водопоглощение определяется стандартными методами согласно ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Настоящий стандарт распространяется на все виды бетонов на гидравлических вяжущих и устанавливает метод определения водопоглощения путем испытания образцов.

Различают водопоглощение по массе W_m и водопоглощение по объему W_0 , которые определяются по формулам:

$$W_m = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$W_0 = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $m_{\text{сух}}$ – масса сухого материала, кг; $m_{\text{нас}}$ – масса материала, насыщенного водой, кг; V – объем материала до увлажнения, м³.

Отношение между водопоглощением по объему и водопоглощением по массе численно равно объемной массе материала:

$$\frac{W_0}{W_m} = \rho_0. \quad (3)$$

Объемное водопоглощение всегда меньше 100 %, а весовое водопоглощение у очень пористых материалов, например, древесины, торфяных плит и др., может быть более 100 %.

Как водопоглощение бетона, так и скорость впитывания в него воды зависят от объема пор, их вида и размеров.

Объем пор, численно равный объемному водопоглощению, т.е. доступный воде, называют видимой (кажущейся) пористостью, в отличие от действительной (истинной) пористости.

Согласно ГОСТ 12730.3-78 водопоглощение можно определять следующими способами:

- погружением испытуемого образца в воду;
- кипячением образца с водой;

Метод кипячения образцов применяется в случае, когда это предусмотрено стандартами (техническими условиями) на сборные бетонные и железобетонные изделия.

Для определения водопоглощения способом кипячения, образцы кипятят в сосуде с водой. Объем воды должен не менее чем в два раза превышать объем установленных в нем образцов. Уровень воды в сосуде должен быть выше поверхности образцов не менее чем на 50 мм. После каждых 4 ч кипячения образцы охлаждают в воде до температуры (20±5)°С, обтирают влажной отжатой тканью и взвешивают. Испытание проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 %.

Водопоглощение бетона при кипячении по массе $W_{m, \text{кип}}$ в процентах определяют с погрешностью до 0,1 % по формуле:

$$W_{m, \text{кип}} = \frac{m_{\text{кип}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

$$W_{0, \text{кип}} = \frac{W_{m, \text{кип}} \rho_0}{\rho_{\text{в}}}, \quad (5)$$

где m_c – масса сухого материала, г; $m_{\text{кип}}$ – масса образца после кипячения, г; ρ_0 – плотность сухого бетона, г/см³; $\rho_в = 1$ г/см³ – плотность воды.

Наибольшее применение нашел способ определения водопоглощения *погружением* образца в воду.

Подготовка образцов

В соответствии с ГОСТ 12730.0-78 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости» водопоглощение бетона определяют испытанием образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава, либо выпиленных, выбуренных или выломанных из изделий и конструкций. Образцы для испытания бетонов могут иметь как правильную, так и неправильную геометрическую форму. Номинальные размеры образцов правильной геометрической формы, методы их изготовления, а также выпиливания и выбурирования из конструкций должны применяться по ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». При правильной форме образцов для испытания берется 3 образца, при неправильной – 5.

Поверхность образцов очищают от пыли, грязи и следов смазки с помощью проволочной щетки или абразивного камня.

Испытание образцов проводят в состоянии естественной влажности или высушенных до постоянной массы. Сушку образцов производят по ГОСТ 12730.2-78 «Бетоны. Метод определения влажности».

Проведение испытания

1) Образцы (6 штук) помещают в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. Температура воды в емкости должна быть (20 ± 2) °С

2) Образцы укладывают на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной (призмы и цилиндры укладывают на бок).

3) Образцы взвешивают через каждые 24 ч водопоглощения на обычных или гидростатических весах с погрешностью не более 0,1 %.

При взвешивании на обычных весах образцы, вынутые из воды, предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, следует включать в массу насыщенного образца.

4) Испытание проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 %.

5) Водопоглощение в % по массе и объемы вычисляют по формулам (3), (4) соответственно.

6) За окончательный результат испытания водопоглощения принимают среднее арифметическое трех определений.

7) Результаты испытаний оформить в виде таблицы 1.

Таблица 1

Номер образца	$m_{\text{сух}}$, г	$m_{\text{нас}}$, г	Объем образца V , см ³	W_m , %	W_0 , %
1					
2					

2. ВОДОСТОЙКОСТЬ

Водостойкостью называется способность материалов сохранять прочность в насыщенном водой состоянии. Она характеризуется коэффициентом размягчения (K_p), представляющим собой отношение его прочности в насыщенном водой состоянии к прочности в сухом состоянии.

Коэффициент размягчения вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{R_{\text{нас}}}{R_{\text{сух}}} \quad (6)$$

где $R_{\text{нас}}$ - предел прочности при сжатии образцов, насыщенных водой, МПа; $R_{\text{сух}}$ - предел прочности при сжатии сухих образцов, МПа.

Коэффициент размягчения строительных материалов колеблется в широких пределах: от нуля (для сырцовых материалов из глины) - до 1, например, у стали и стекла, которые полностью сохраняют свою прочность при действии на них воды.

Снижение прочности материалов при их увлажнении происходит по ряду причин, к числу которых прежде всего должны быть отнесены возникновение расклинивающего давления в результате пленочной сорбции воды в местах контактов частиц материалов, имеющих коагуляционную структуру. Основное влияние на снижение прочности материалов в водной среде оказывает эффект Ребиндера, в соответствии с которым молекулы воды, при деформациях тел, способствуют раскрытию щелей (дефектов) и уменьшают межмолекулярные силы сцепления.

В некоторых случаях прочность снижается за счет частичного или полного растворения в воде некоторых элементов структуры материалов.

Подготовка образцов

Для проведения испытаний подготавливается 6 образцов - кубиков, по методике, описанной выше. Из них 3 кубика насыщаются водой.

Проведение испытания

Испытания осуществляются на гидравлическом 5 тонном прессе.

Перед каждым испытанием определяется площадь образца, фиксируется разрушающая нагрузка ($R_{\text{разруш}}$) и вычисляется предел прочности при сжатии в МПа, с погрешностью 0,1 МПа.

Далее по формуле, приведенной выше, рассчитывают коэффициент размягчения. В формулу подставляются среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии, полученное при испытании трех образцов, как в насыщенном, так и в сухом состоянии.

Результаты испытаний записываются в виде таблицы 2.

Таблица 2

№ п/п	$R_{\text{разруш}}$, кН	$R_{\text{сух}}$, МПа	$R_{\text{сух/ср}}$, МПа	$R_{\text{разруш}}$, кН	$R_{\text{нас}}$, МПа	$R_{\text{нас/ср}}$, МПа	K_p
1							
2							
3							

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: освоить ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона с помощью устройства типа «АГАМА».

Приборы и инструменты: устройство типа «АГАМА»; ручной вакуумный насос; герметизирующая нетвердеющая мастика (ГОСТ 14701-79); шпатель; секундомер.

Для бетона гидротехнических и ряда других сооружений важной характеристикой является его проницаемость. Она в известной мере определяет способность материала сопротивляться воздействию увлажнения и замерзания, влиянию различных атмосферных факторов и агрессивных сред. Для практики наибольшее значение имеет водонепроницаемость бетона. Проницаемость бетона зависит от пористости, структуры пор, свойств вяжущего и заполнителя.

Плотные бетоны обычно не фильтруют воду, поэтому для их оценки используют понятие водонепроницаемости.

Водонепроницаемость бетона – это способность бетона не пропускать через себя воду под давлением. Марку бетона по водонепроницаемости определяют по ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».

Методы повышения непроницаемости бетона.

При приготовлении бетона:

- введение органических и гидрофобных добавок (добавки типа ГКЖ, ПАВ, водорастворимые смолы, битумные эмульсии);
- введение неорганических добавок (хлорное железо, алюминат натрия, жидкое стекло);
- введение загустевающих веществ или термопластичных полимеров (тонкомолотые порошки полимеров);

Для затвердевшего бетона (после изготовления):

- пропитка специальными веществами (петролатум, жидкое стекло, сера, парафин и др.);
- гидрофобизация поверхностных слоев;
- покрытие специальными пленкообразующими составами;
- пропитка мономерами с последующей полимеризацией.

ГОСТ 12730.5-84 устанавливает следующие методы определения водонепроницаемости бетона.

По «мокрому пятну». При испытании с одной стороны образца, соприкасающегося с водой, создают давление, повышая его ступенями по 0,2 МПа, и выдерживают его заданное время. Испытание проводят до тех пор, пока на верхней торцевой поверхности образца появятся признаки фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна. Марка по водонепроницаемости характеризуется максимальным давлением воды, при котором ещё не наблюдалось её просачивание через образец. Марку бетона по водонепроницаемости принимают по таблице 3.

Таблица 3

Водонепроницаемость серии образцов, МПа	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Марка бетона по водонепроницаемости	W2	W4	W6	W8	W10	W12

По коэффициенту фильтрации. При испытании с одной стороны образца, соприкасающегося с деаэрированной водой, создают давление, повышая его ступенями по 0,2 МПа, и выдерживают в течение 1 ч. на каждой ступени до давления, при котором появляются признаки фильтрации в виде отдельных капель. Прошедшую через образец воду (фильтрат) собирают в приемный сосуд. Через каждые 30 мин. проводят измерение веса фильтрата. Затем рассчитывают коэффициент фильтрации,

по которому определяется марка по водонепроницаемости бетона в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Коэффициент фильтрации K_f , см/с	Марка бетона по водонепроницаемости ("мокрое пятно")
Св. $7 \cdot 10^{-9}$ до $2 \cdot 10^{-8}$	W2
„ $2 \cdot 10^{-9}$ „ $7 \cdot 10^{-9}$	W4
„ $6 \cdot 10^{-10}$ „ $2 \cdot 10^{-9}$	W6
„ $1 \cdot 10^{-10}$ „ $6 \cdot 10^{-10}$	W8
„ $6 \cdot 10^{-11}$ „ $1 \cdot 10^{-10}$	W10
$6 \cdot 10^{-11}$ и менее	W12

Ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости

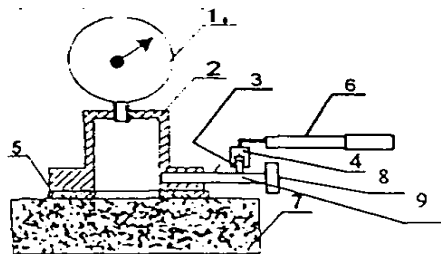
Для определения водонепроницаемости бетона ускоренным методом (по параметрам его воздухопроницаемости) по ГОСТ 12730.5-84 используется устройство типа «АГАМА» соответствующее п.3.2 Приложения 4 ГОСТ 12730.5-84.

Данный метод позволяет значительно сократить продолжительность испытаний по определению водонепроницаемости бетона по сравнению с другими методами (по «мокрому пятну» и коэффициенту фильтрации). При этом точность определения марки бетона по водонепроницаемости не ниже, чем при использовании других разрешенных методов.

Укоренный метод определения водонепроницаемости основан на наличии экспериментально установленной статистической зависимости между воздухопроницаемостью (скоростью фильтрации воздуха или сопротивлением проникания воздуха) в поверхностных слоях бетона и водонепроницаемостью по «мокрому пятну», определяемой по разделу 2 ГОСТ 12730.5-84.

Определение скорости фильтрации воздуха осуществляется при радиальной фильтрации воздуха через поверхностные слои бетона, внутрь вакуумированной полости камеры устройства, загерметизированной на поверхности бетона.

Принципиальная схема приведена на рисунке 1.



- 1 – вакуумметр; 2 – камера устройства; 3 – штуцер;
 4 – рычажный наконечник насоса;
 5 – мастика;
 6 – ручной насос
 7 – бетонный образец
 8 – кран
 9 – клапан

Рисунок 1. Схема устройства типа «АГАМА»

Измерение воздухопроницаемости бетона производится на серии из шести образцов-цилиндров диаметром 15 см. или на шести образцах-кубах с ребром 15см.

Для оценки водонепроницаемости бетона в изделиях можно проводить измерения непосредственно на изделиях.

Параметры устройства типа «АГАМА» соответствуют требованиям п. 3.2 Приложения 4 ГОСТ 12730.5-84 а именно:

- внутренний объем полости камеры не менее 180 см³;
- падение вакуумметрического давления при установке на поверхность непроницаемого материала- не менее 0,002 МПа за 1 час;
- начальное давление прижатия фланца камеры к поверхности бетона- не менее 0,05 МПа;
- начальный уровень вакуумметрического давления, создаваемого внутри камеры- до 0,08 МПа.

Подготовка образцов

Образцы для определения водонепроницаемости бетона должны иметь форму цилиндра диаметром 15см. и высотой, зависящей от наибольшей крупности зерен заполнителя в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Наименьшая высота образца, мм
10	50
20	100
40	150

Допускается использование образцов-кубов с высотой ребра 15см.

Образцы из бетонной смеси изготавливают сериями. Каждая серия должна состоять из 6 образцов с учетом возможной отбраковки образцов вследствие наличия в них дефектов в виде отдельных фильтрующих каналов.

При ускоренном твердении бетона конструкций, образцы бетона в формах подвергаются тепловлажностной обработке по режиму, применяемому для тепловлажностной обработки конструкций и далее хранят в камере нормального твердения (с относительной влажностью воздуха не менее 95% и температурой $20 (\pm 2) ^\circ\text{C}$) до 28 суток или иного возраста испытания, устанавливаемого в технической документации на изделия или сооружения.

При естественном твердении бетона, после формирования образцов уложенную в формы бетонную смесь покрывают влажной тканью и хранят двое суток при температуре $20 (\pm 2) ^\circ\text{C}$. Затем образцы освобождают от форм и хранят в камере нормального твердения до достижения срока испытаний.

При хранении образцов должна быть исключена возможность попадания влаги на их поверхность.

Перед испытанием образцы должны выдерживаться в помещении лаборатории не менее 1 суток.

Возраст испытания образцов должен отличаться от проектного не более, чем на 3 суток.

Проведение испытаний

1) Нижняя при изготовлении поверхность образцов, изготовленных и подготовленных к испытаниям в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 очищается от пленки цементного теста металлической щеткой или другим инструментом.

2) Герметизирующая мастика, предварительно очищенная от инородных включений, раскатывается в жгут диаметром 6-8 мм. и длиной, равной периметру фланца камеры, взятому по средней линии.

3) Жгут мастики укладывается на фланец камеры, и концы его соединяются. Камера фланцем устанавливается на середину нижней поверхности образца и прижимается к ней таким образом, чтобы мастика распределилась по всей площади фланца.

4) Ручной насос устанавливают на штуцер клапана камеры вакуумметра, открывают кран против часовой стрелки, затем выкачивают воздух из камеры до достижения разряжения в камере $0,8-0,9 \text{ кг/см}^2$. После чего закрывают кран клапана и снимают насос со штуцера клапана устройства.

5) Когда разряжение в камере упадет до $0,7 \text{ кг/см}^2$, включить секундомер и определить время, за которое разряжение упадет до $0,65 \text{ кг/см}^2$ (пять делений).

6) После проведения измерения времени, разряжение сбрасывается поворотом крана.

7) Помогая ножом, проткнутым в щель между фланцем и бетоном, устройство отлепляется от поверхности образца. Прилипшую к фланцу и бетону мастику очищают шпателем.

8) Таким же образом производятся измерения времени для всех 6 образцов серии. (При измерениях на изделии подготовка к испытаниям и испытания проводятся таким же образом, но в шести местах изделия).

9) Полученные значения времени падения разряжения (t_i) для шести измерений записывают в порядке их возрастания и определяют среднее арифметическое значение времени (t_c) двух образцов (третьего и четвертого) в качестве параметра, характеризующего водонепроницаемость бетона в серии.

10) Марку бетона по водонепроницаемости определяют по таблице 6.

Таблица 6

Время падения разряжения, t_c , с	Скорость фильтрации воздуха, a , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости, W
26 – 38	0,325 – 0,224	2
38 – 55	0,223 – 0,154	4
56 – 81	0,153 – 0,106	6
81 – 117	0,105 – 0,0728	8
117 – 167	0,0727 – 0,051	10
168 – 248	0,0509 – 0,0345	12
248 – 359	0,0344 – 0,0238	14
360 – 521	0,0237 – 0,0164	16
524 – 756	0,0163 – 0,0113	18
763 – 1109	0,0112 – 0,007	20

11) Кроме времени, можно пользоваться параметром - скорость фильтрации воздуха (a_c), вычисляемой по формуле:

$$a_c = \frac{\ln(P_0 / P_t)}{t_c} C, \text{ см}^3/\text{с} \quad (7)$$

$$C = V * \ln(r_2 / r_1), \text{ см}^3, \quad (8)$$

где $V = 245 \text{ см}^3$ - объем полости разряжения камеры устройства; $r_1 = 3 \text{ см}$, $r_2 = 5,4 \text{ см}$ - внутренний и наружный радиусы фланца камеры; $P_0 = 0,7 \text{ кг/см}^2$, $P_t = 0,65 \text{ кг/см}^2$ - начальное и конечное разряжение в камере устройства.

12) Результаты занести в таблицу 7.

Таблица 7

№	Время	Среднее	Скорость	Марка по
---	-------	---------	----------	----------

п/п	падения разряджения t_i , с	время 2- х образцов t_c , с	фильтрации воздуха, a , см ³ /с	водонепроницаемости, W
1				
...				
6				

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА БАЗОВЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: научиться определять морозостойкость бетона базовым методом в соответствии с ГОСТ 10060.1-95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости».

Приборы и инструменты: оборудование для изготовления, хранения и испытания бетонных образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 10180; морозильная камера, обеспечивающая достижение и поддержание температуры до минус $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$; технические весы; ванны для насыщения и оттаивания образцов с устройством для поддержания температуры воды $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$; сетчатый контейнер для размещения основных образцов; сетчатый стеллаж для размещения образцов в морозильной камере.

ГОСТ 10060.0-95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования» распространяется на тяжелые, мелкозернистые, легкие и плотные силикатные бетоны (далее - бетоны) и устанавливает базовые и ускоренные методы определения морозостойкости.

Методы применяют в соответствии с указаниями ГОСТ 10060.0-95 и ГОСТ 10060.1-95...ГОСТ 10060.4-95 при подборе состава и контроле качества бетонных и железобетонных изделий, конструкций и сооружений, предназначенных для эксплуатации в условиях совместного воздействия знакопеременных температур и водной среды.

В ГОСТ 10060.0-95 применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Морозостойкость бетона - способность сохранять физико-механические свойства при многократном переменном замораживании и оттаивании.

Морозостойкость бетона характеризуют соответствующей маркой по морозостойкости F (таблица 9).

Марка бетона по морозостойкости F - установленное нормами минимальное число циклов замораживания и оттаивания образцов бетона, испытанных по базовым методам, при которых сохраняются первоначальные физико-механические свойства в нормируемых пределах.

Цикл испытания - совокупность одного периода замораживания и оттаивания образцов.

Основные образцы - образцы, предназначенные для замораживания и оттаивания (испытания).

Контрольные образцы - образцы, предназначенные для определения прочности бетона на сжатие перед началом испытания основных образцов.

ГОСТ 10060.0-95 устанавливает следующие методы определения морозостойкости:

базовые - первый (для всех видов бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий) и второй (для бетонов дорожных и аэродромных покрытий);

ускоренные при многократном замораживании и оттаивании - второй и третий;

ускоренные при однократном замораживании - четвертый (дилатометрический) и пятый (структурно-механический).

Базовые (первый и второй), а также ускоренные (второй и третий) методы основаны на определении морозостойкости бетона при многократном замораживании-оттаивании. Морозостойкость оценивается по изменению прочности бетонных образцов на сжатие, а для бетонов дорожных и аэродромных покрытий ещё и по изменению их массы.

ГОСТ 10060.3-95 устанавливает *ускоренный дилатометрический метод* определения морозостойкости при однократном замораживании.

Насыщенный водой образец бетона помещают в измерительную камеру дилатометра. Во вторую камеру помещают стандартный образец (образец, входящий в комплект дилатометра, изготовленный из того же материала, что и дилатометр). Камеры заполняют керосином и герметизируют. Дилатометр с образцами устанавливают в морозильную камеру и выдерживают 30 мин, затем начинают замораживание со скоростью 0,3°С/мин до достижения температуры минус (18±2) °С. Строится кривая разности значений объемных деформаций бетонного и стандартного образцов во время замораживания. На графике выделяют скачкообразное изменение разности объемных деформаций, обусловленное переходом воды в лед. Марку бетона по морозостойкости F определяют по максимальной относительной разности объемной деформации бетонных и стандартных образцов.

Структурно-механический метод определения морозостойкости бетона (ГОСТ 10060.4-95) используется при подборе и корректировке его состава лабораториями предприятий стройиндустрии. В данном методе морозостойкость бетона определяется по его механическим (коэффициент повышения прочности бетона) и структурным (капиллярно-открытая пористость) характеристикам. Определив капиллярно-открытую пористость бетона, основные образцы, насыщенные водой, подвергают однократному замораживанию в течение 5 часов. Затем определяют коэффициент повышения прочности. По соответствующей формуле рассчитывают морозостойкость бетона в циклах. Марку бетона по морозостойкости устанавливают равной меньшему значению F (таблица 3 ГОСТ 10060.0), которое является ближайшим к рассчитанному значению морозостойкости.

Морозостойкость тяжелых и легких бетонов определяют *также ультразвуковым методом* по ГОСТ 26134-84 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения морозостойкости».

В этом случае морозостойкость бетона контролируют по результатам измерения времени распространения ультразвука в образцах в процессе их попеременного замораживания и оттаивания. Морозостойкость бетона определяют по критическому числу циклов замораживания и оттаивания, начиная с которого происходит резкое увеличение времени распространения ультразвука в контролируемом образце, соответствующее началу интенсивного разрушения материала. Марку бетона по морозостойкости определяют сравнением полученного значения критического числа циклов замораживания и оттаивания с установленным в ГОСТ 26134-84 его контрольным значением.

Условия испытания для определения морозостойкости в зависимости от метода и вида бетона принимают по таблице 8.

Морозостойкость бетона определяют в проектном возрасте (после итоговых испытаний), установленном в нормативно-технической и проектной документации, при достижении им прочности на сжатие, соответствующей его классу (прочности).

Таблица 8

Номер метода	Условия испытания			Вид бетона
	Среда насыщения	Среда, температура замораживания, °С	Среда оттаивания	
Базовые				
Первый	Вода	Воздушная, минус	Вода	Все виды бето-

		18±2		нов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий
Второй	5%- ный водный раствор хлористого натрия	То же	5%- ный водный раствор хлористого натрия	Бетоны дорожных и аэродромных покрытий
Ускоренные при многократном замораживании и оттаивании				
Второй	5%- ный водный раствор хлористого натрия	Воздушная, минус 18±2	5%- ный водный раствор хлористого натрия	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и легких со средней плотностью менее D1500
Третий	То же	5%- ный водный раствор хлористого натрия минус 50±5	То же	Все виды бетонов, кроме легких со средней плотностью менее D1500
Ускоренные при однократном замораживании				
Четвертый*	Вода	Керосин, минус 18±2	-	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий
Пятый	«	Воздушная, минус 18±2	Воздушная	То же
* При определении морозостойкости бетонов дорожных и аэродромных покрытий четвертым методом следует установить корреляцию со вторым базовым методом.				

Повышение морозостойкости бетона. Существует два различных способа:

- повышение плотности бетона, уменьшение объема макропор и их проницаемости для воды, например за счет снижения В/Ц, применения добавок, гидрофобизирующих стенки пор, или кольматации пор пропиткой специальными составами;

- создание в бетоне с помощью специальных воздухововлекающих добавок резервного объема воздушных пор (более 20% от объема замерзающей воды), не заполняемых при обычном водонасыщении бетона, но доступных для проникания воды под давлением, возникающим при ее замерзании. Обычно для получения достаточно морозостойкого бетона В/Ц должно быть менее 0,5.

ГОСТ 10060.1-95 распространяется на все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, и устанавливает базовый (первый) метод определения морозостойкости.

Подготовка образцов

Пробы бетонной смеси отбирают по ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Методы испытаний», образцы изготавливают и хранят по ГОСТ 10180.

Для проведения испытания изготавливаются 6 контрольных и 12 основных образцов-кубов с размерами ребра 100 мм или 150 мм.

Образцы для испытания должны быть без внешних дефектов, средняя плотность которых не отличается от минимальной более чем на 50 кг/м³.

Массу образцов определяют с погрешностью не более 0,1 %.

Контрольные образцы бетона перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой с температурой (18±2) °С.

Для насыщения образцы погружают в жидкость на 1/3 их высоты на 24ч, затем уровень жидкости повышают до 2/3 высоты образца и выдерживают в таком положении еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в жидкость на 48 ч таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм.

Проведение испытания

1. Контрольные образцы через 2-4 ч после извлечения из ванны испытывают на сжатие по ГОСТ 10180.

2. Основные образцы загружают в морозильную камеру в контейнере или устанавливают на сетчатый стеллаж камеры таким образом, чтобы расстояние между образцами, стенками контейнеров и вышележащими стеллажами было не менее 50 мм. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16 °С. Температуру воздуха в морозильной камере измеряют в центре ее объема в непосредственной близости от образцов.

3. Число циклов переменного замораживания и оттаивания, после

Метод испытания	Вид бетона	Число циклов замораживания - оттаивания для бетона марки по морозостойкости												
		F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400	F500	F600	F800	F1000
Первый	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий	15* 25	25 35	35 50	50 75	75 100	100 150	150 200	200 300	300 400	400 500	500 600	600 800	800 1000
Второй	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и легкого бетона со средней плотностью менее D1500	-	-	8	13	20	30	45	75	110	150	200	300	450
Третий	Бетоны дорожных и аэродромных покрытий	-	-	35 50	50 75	75 100	100 150	150 200	200 300	300 400	400 500	500 600	600 800	800 1000
Третий	Бетоны дорожных и аэродромных покрытий	-	-	-	-	5	10	20	37	55	80	105	155	205

* Над чертой указано число циклов, после которого производится промежуточное испытание, под чертой - число циклов, соответствующее марке бетона по морозостойкости

которых должно проводиться испытание прочности на сжатие образцов бетона после промежуточных и итоговых испытаний, устанавливают в соответствии с таблицей 9. В каждом возрасте испытывают по шесть основных образцов.

Таблица 9

4. Образцы испытывают по режиму, указанному в таблице 10.

Таблица 10

Размер образца, мм	Режим испытаний			
	Замораживание		Оттаивание	
	время, не менее, ч	температура, °С	время, ч	температура, °С
100x100x100	2,5	минус 18 ± 2	2 ± 0,5	18 ± 2
150x150x150	3,5		3,0 ± 0,5	
200x200x200	5,5		5,0 ± 0,5	
<i>Примечание</i> - Минимальную продолжительность замораживания увеличивают для легких бетонов со средней плотностью D1500 - D1200 на 0,5 ч, со средней плотностью D1200 - D1000 - со средней плотностью D900 и менее - на 1,5 ч.				

5. Образцы после замораживания оттаивают в ванне с водой при температуре (18±2)°С. Образцы размещают, как указано в п. 2, при этом образцы должны быть погружены в воду таким образом, чтобы над верхней гранью был слой воды не менее 50 мм. Воду в ванне для оттаивания образцов меняют через каждые 100 циклов переменного замораживания и оттаивания.

6. В промежуточный срок испытания контролируют состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности. При появлении указанных дефектов испытание прекращают, и в журнале испытаний делают запись о том, что бетон не соответствует требуемой марке по морозостойкости.

7. Основные образцы через 2 - 4 ч после извлечения из ванны испытывают на сжатие по ГОСТ 10180.

Обработка результатов испытаний

1. Марку бетона по морозостойкости принимают за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов после установленного таблицей 9 для данной марки числа циклов переменного замораживания и оттаивания уменьшилось не более чем на 5 % по сравнению со средней прочностью на сжатие контрольных образцов.

2. Если уменьшение среднего значения прочности основных образцов после промежуточных испытаний по сравнению со средним значением прочности на сжатие контрольных образцов бетона превышает значения,

указанные в п. 1, то испытание прекращают и в журнале испытаний делают запись, что бетон не соответствует требуемой марке по морозостойкости.

3. Среднюю прочность бетона серии контрольных и основных образцов определяют по ГОСТ 10180.

4. Исходные данные и результаты испытания контрольных и основных образцов бетона занести в таблицу 11.

Таблица 11

№ п/п	Результаты испытаний образцов						Марка F
	контрольных		основных				
	R _{сж} , МПа	R _{сж ср} , МПа	Кол-во циклов	R _{сж} , МПа	R _{сж ср} , МПа	Изменение средней прочности, %	

Контрольные вопросы

1. Какие свойства называются гидрофизическими?
2. Что такое водопоглощение? Как оно определяется?
3. Способы определения водопоглощения. Их описание.
4. Что такое водостойкость? Чем она характеризуется?
5. Что такое водонепроницаемость бетона? От чего она зависит?
6. Определение водонепроницаемости по «мокрому пятну».
7. Определение водонепроницаемости по коэффициенту фильтрации.
8. Ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона.
9. Методы повышения водонепроницаемости.
10. Что такое морозостойкость бетона? Основные понятия.
11. Методы определения морозостойкости бетона при многократном замораживании и оттаивании. Их специфика.
12. Дилатометрический метод определения морозостойкости бетона.

13. Структурно-механический метод определения морозостойкости бетона.
14. Ультразвуковой метод определения морозостойкости бетона.
15. Методы повышения морозостойкости бетона.

Нормативная литература:

- 1) ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»
- 2) ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Методы испытаний»
- 3) ГОСТ 12730.0-78 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости»
- 4) ГОСТ 12730.2-78 «Бетоны. Метод определения влажности»
- 5) ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения»
- 6) ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».
- 7) ГОСТ 10060.0-95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования»
- 8) ГОСТ 10060.1-95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости»
- 9) ГОСТ 10060.2-95 «Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании»
- 10) ГОСТ 10060.3-95 «Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости»
- 11) ГОСТ 10060.4-95 «Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости»
- 12) ГОСТ 26134-84 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения морозостойкости»