

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА**

Методические указания  
к выполнению самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2014

УДК 006:691(075.8)

ББК 30.10:38.3я73

О-60

*Методические указания подготовлены в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент С.Н. Кислицына (ПГУАС)

**О-60** **Определение** морозостойкости бетона: метод. указания к выполнению самостоятельной работы / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 12 с.

Приведены сведения о методике измерения морозостойкости строительных материалов.

Методические указания обеспечивают условие освоения технологических процессов строительного производства и производства строительных материалов, изделий и конструкций, научно-технической информацией, отечественным и зарубежным опытом по профилю деятельности.

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Стройцентр» и предназначены для использования обучающимися по программе переподготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Логанина В.И., Макарова Л.В., Тарасов Р.В., 2014

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА

*Цель работы* – определить морозостойкость бетона ускоренным методом.

Морозостойкость бетона – способность сохранять физико-механические свойства при многократном переменном замораживании и оттаивании. Морозостойкость бетона характеризуют соответствующей маркой по морозостойкости F. Марка бетона по морозостойкости F – это установленное нормами минимальное число циклов замораживания и оттаивания образцов бетона, 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, используемые для определения прочности бетона на сжатие перед началом испытания основных образцов.

В настоящее время существует несколько методов определения морозостойкости:

- базовые ;
- ускоренные при многократном замораживании и оттаивании;
- ускоренные при однократном замораживании;

Условия испытания для определения морозостойкости в зависимости от метода и вида бетона принимают по табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер метода	Условия испытания			Вид бетона
	Среда насыщения	Среда, температура замораживания, °С	Среда оттаивания	
1	2	3	4	5
<b>Базовые методы определения морозостойкости</b>				
Первый	Вода	Воздушная, минус 18±2	Вода	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий
Второй	5%-й водный раствор хлористого натрия	То же	5%-й водный раствор хлористого натрия	Бетоны дорожных и аэродромных покрытий
<b>Ускоренные методы при многократном замораживании и оттаивании</b>				
Второй	5%-й водный раствор хлористого натрия	Воздушная, минус 18±2	5%-й водный раствор хлористого натрия	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и легких со средней плотностью менее D1500

## Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Третий	То же	5%-й водный раствор хлористого натрия минус 50±5	То же	Все виды бетонов, кроме легких со средней плотностью менее D1500
<b>Ускоренные методы при однократном замораживании</b>				
Четвертый*	Вода	Керосин, минус 18±2	-	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий
Пятый	«	Воздушная, минус 18±2	Воздушная	То же

Примечание. При определении морозостойкости бетонов дорожных и аэродромных покрытий четвертым методом следует установить корреляцию со вторым базовым методом.

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

Пробы бетонной смеси отбирают по ГОСТ 10181.4-81, образцы изготавливают и хранят по ГОСТ 10180-90. Количество и размер испытываемых образцов бетона в зависимости от метода определения морозостойкости принимают по табл. 2.

Таблица 2

Метод определения морозостойкости	Размер образца, мм	Количество образцов, шт.	
		контрольных	основных
Первый	100×100×100 или 150×150×150	6	12
Второй	100×100×100 или 150×150×150	6	12
Третий	100×100×100 или 70×70×70	6	6
Четвертый	100×100×100; цилиндры: диаметр 70, высота 70	-	3
Пятый	100×100×100 или 150×150×150	3	3

Примечание. Для бетона гидротехнических сооружений, испытываемого по первому методу, допускается применять образцы размером 200×200×200.

Образцы для испытания должны быть без внешних дефектов, средняя плотность не должна отличаться от минимальной более чем на 50 кг/м<sup>3</sup>. Массу образцов определяют с погрешностью не более 0,1%.

Контрольные образцы бетона перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой или раствором соли температурой (18±2)°С. Для насыщения образцы погружают в жидкость на 1/3 их высоты на 24 ч, затем уровень жидкости повышают до 2/3 высоты образца и выдерживают в таком положении еще в течение 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.

Число циклов испытания основных образцов бетона в течение одних суток должно быть не менее одного цикла. Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости для методов, основанных на замораживании – оттаивании, принимают по табл. 3. В промежуточный срок испытания контролируют состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности. При появлении указанных дефектов испытание прекращают.

Т а б л и ц а 3

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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Первый	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий	15*	25	35	50	75	100	150	200	300	400	500	600	800
		25	35	50	75	100	150	200	300	400	500	600	800	1000
Второй	Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и легкого бетона со средней плотностью	-	-	8	13	20	30	45	75	110	150	200	300	450
		-	-	-	2	3	4	5	8	12	15	19	27	35
Третий	плотностью менее D1500	-	-	-	2	3	4	5	8	12	15	19	27	35
Второй	Бетоны дорожных и аэродромных покрытий	-	-	35	50	75	100	150	200	300	400	500	600	800
		-	-	50	75	100	150	200	300	400	500	600	800	1000
Третий		-	-	-	-	5	10	20	37	55	80	105	155	205

П р и м е ч а н и е . Над чертой указано число циклов, после которого производится промежуточное испытание, под чертой – число циклов, соответствующее марке бетона по морозостойкости

Время выдерживания при одновременном замораживании в морозильной камере образцов разных размеров принимают соответствующим времени замораживания наибольших образцов.

В случае вынужденного перерыва в испытании образцы хранят на воздухе не более 5 сут. Перед продолжением испытания образцы вновь насыщают водой или раствором соли .

При перерыве в испытании более 5 сут испытания возобновляют на новых сериях образцов.

При испытании по базовому методу основные образцы загружают в морозильную камеру в контейнере или устанавливают на сетчатый стеллаж камеры. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16°С.

Образцы испытывают по режиму, указанному в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Размер образца, мм	Режим испытаний			
	Замораживание		Оттаивание	
	Время, ч, не менее	Температура, °С	Время, ч	Температура, °С
100×100×100	2,5	минус 18 ± 2	2 ± 0,5	18 ± 2
150×150×150	3,5		3,0 ± 0,5	
200×200×200	5,5		5,0 ± 0,5	

П р и м е ч а н и е . Минимальную продолжительность замораживания увеличивают для легких бетонов со средней плотностью D1500-D1200 на 0,5 ч, со средней плотностью D1200-D1000 – на 1 ч, со средней плотностью D900 и менее – на 1,5 ч.

Образцы после замораживания оттаивают в ванне с водой при температуре (18±2)°С, при этом образцы должны быть погружены в воду таким образом, чтобы над верхней гранью был слой воды не менее 50 мм.

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

Уменьшение прочности на сжатие основных образцов по сравнению со средней прочностью контрольных образцов легкого бетона с маркой по морозостойкостью F50 и менее не должно превышать 15 % при условии выполнения требований ГОСТ 10060.0-95.

Если уменьшение среднего значения прочности основных образцов после промежуточных испытаний по сравнению со средним значением прочности на сжатие контрольных образцов бетона превышает значения, указанные выше, то испытание прекращают.

Стандарт устанавливает базовый для бетонов дорожных и аэродромных покрытий (второй) и ускоренные для всех видов бетонов (второй и третий) методы.

Уменьшение прочности на сжатие основных образцов по сравнению со средней прочностью контрольных образцов легкого бетона с маркой по морозостойкостью F50 и менее не должно превышать 15 % при условии выполнения требований ГОСТ 10060.0.

Если уменьшение среднего значения прочности основных образцов после промежуточных испытаний по сравнению со средним значением прочности на сжатие контрольных образцов бетона превышает значения, указанные выше, то испытание прекращают.

Стандарт устанавливает базовый для бетонов дорожных и аэродромных покрытий (второй) и ускоренные для всех видов бетонов (второй и третий) методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании в растворе соли.

В соответствии с этими методами основные и контрольные образцы бетона перед испытанием насыщают 5%-м водным раствором хлористого натрия при температуре  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Контрольные образцы через 2–4 ч после извлечения из раствора испытывают на сжатие, а для серии образцов бетона дорожного и аэродромного покрытия дополнительно определяют массу образцов.

Основные образцы после насыщения подвергают испытаниям на замораживание и оттаивание.

При определении морозостойкости бетона dilatометрическим методом образцы измеряют, определяют начальный объем  $V_o$  и насыщают водой. В измерительную камеру dilatометра помещают насыщенный образец бетона, во вторую – стандартный образец. Камеры заполняют керосином и герметизируют.

Dilatометр с образцами устанавливают в морозильную камеру и выдерживают в течение 30 мин, затем начинают замораживание со скоростью  $0,3^\circ\text{C}/\text{мин}$  до достижения температуры минус  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Графопостроитель во время замораживания непрерывно фиксирует кривую разности объемных деформаций  $n_p$  бетонного и стандартного образцов, обусловленную переходом воды в лед. Определяют значение максимального относительного увеличения разности объемных деформаций  $\theta_i$  бетонного и стандартного образцов по формуле

$$\theta_i = \frac{n_i c}{V_o}, \quad (1)$$

где  $n_i$  – значение максимальной разности деформаций бетонного и стандартного образцов при замерзании воды в бетоне, см;

$c$  – постоянная dilatометра,  $\text{см}^3/\text{см}$  (принимают по паспорту на прибор);

$V_o$  – начальный объем бетонного образца,  $\text{см}^3$ .

Максимальную относительную разность объемных деформаций  $\theta_i$  бетонных и стандартных образцов при замораживании определяют как среднеарифметическое значение серии из трех бетонных образцов. Марку бетона по морозостойкости  $F$  определяют по максимальной относительной разности объемной деформации бетонных и

стандартных образцов по табл. 23 с учетом вида бетона, формы и размера образцов.

Марку бетона по морозостойкости  $F$ , выраженную в циклах попеременного замораживания и оттаивания в воде, определяют по табл. 5.

Марку бетона по морозостойкости  $F$  принимают соответствующей требуемой, если среднеарифметическое значение  $\bar{\theta}$  серии бетонных образцов меньше максимального относительного увеличения разности объемной деформации  $\theta$  бетонных и стандартного образцов, указанного в табл. 5.

При совпадении среднеарифметического значения  $\bar{\theta}$  серии бетонных образцов с граничными значениями диапазона назначают меньшую по значению марку бетона по морозостойкости.

В приложении приведен пример ускоренного определения морозостойкости бетона с обработкой результата.

#### *Порядок проведения работы:*

1. Изготовить образцы бетона размером 100×100×100 мм.
2. После твердения бетона в течение установленного срока испытать его на морозостойкость по ускоренному способу (третий метод).

### **Методика выполнения работы**

Основные образцы, насыщенные 5 %-м водным раствором хлористого натрия, помещают в заполненную таким же раствором емкость для испытания образцов на морозостойкость. Образцы устанавливают на две деревянные прокладки, при этом расстояние между образцами и стенками емкости должно быть  $(10 \pm 2)$  мм, слой раствора над поверхностью образцов – не менее 10 мм.

Число циклов замораживания и оттаивания принимают по табл. 3 ГОСТ 10060.4-95. Раствор хлористого натрия в емкости для замораживания и оттаивания меняют через каждые 20 циклов. Основные образцы помещают в морозильную камеру при температуре воздуха в ней не выше  $10^\circ\text{C}$  в закрытых сверху емкостях так, чтобы расстояние между стенками емкостей и камеры было не менее 50 мм. После установления в закрытой камере температуры минус  $10^\circ\text{C}$  температуру понижают в течение  $(2,5 \pm 0,5)$  ч до минус  $(50-55)^\circ\text{C}$  и делают выдержку  $(2,5 \pm 0,5)$  ч. Далее температуру в камере повышают в течение  $(1,5 \pm 0,5)$  ч до минус  $10^\circ\text{C}$  и при этой температуре выгружают из нее емкости с образцами. При замораживании кубов с ребром 70 мм время понижения и выдерживания температуры сокращают на 1 ч.

Таблица 5

Форма и размер образца, мм	Вид бетона	Максимальное увеличение разности объемной деформации бетонного и стандартного образцов $\theta \cdot 10^{-3}$ для марки бетона по морозостойкости												
		F25	F35	F50	F75	F100	F150	F200	F300	F400	F500	F600	F800	F1000
Куб с ребром 100	Тяжелый	>3,80	3,80-3,60	3,60-3,50	3,50-2,40	2,40-1,70	1,70-1,00	1,0-0,65	0,65-0,33	0,33-0,20	0,20-0,18	0,18-0,08	0,08-0,05	<0,05
	Легкий		3,60	3,50	2,40	1,70	1,00	0,65	0,33	0,20	0,18	0,08	0,05	-
Цилиндр с диаметром и высотой 70	Тяжелый	>6,00	6,00-5,00	5,00-3,80	3,80-3,25	3,25-1,90	1,90-1,30	1,30-0,75	0,75-0,40	0,40-0,25	0,25-0,18	0,18-0,09	<0,09	-
	Легкий	>7,00	7,00-6,00	6,00-5,00	5,00-3,80	3,80-3,40	3,40-2,80	<2,80						-

Кубы с ребром 100 мм оттаивают в течение  $(2,5 \pm 0,5)$  ч, с ребром 70 мм –  $(1,5 \pm 0,5)$  ч в ванне с 5%-м водным раствором хлористого натрия температурой  $(18 \pm 2)$  °С. При этом емкости погружают в ванну таким образом, чтобы каждая из них была окружена слоем раствора не менее 50 мм. Основные образцы через 2–4 ч после извлечения из емкости испытывают на сжатие по ГОСТ 10180-90. Для бетона дорожного и аэродромного покрытия предварительно определяют массу образцов.

Марку бетона по морозостойкости принимают за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов после установленных для данной марки числа циклов попеременного замораживания и оттаивания уменьшилось не более чем на 5 % по сравнению со средней прочностью на сжатие контрольных образцов. Для бетонов дорожных и аэродромных покрытий потеря массы основных образцов не должна превышать 3 %.

Если среднее значение прочности бетона на сжатие основных образцов после промежуточных испытаний по сравнению со средним значением прочности бетона на сжатие серии контрольных образцов снизилось более чем на 5 % или уменьшение среднего значения массы серии основных образцов бетонов дорожных и аэродромных покрытий превысило 3 %, то испытания прекращают.

### Вопросы для самоконтроля

1. Как обозначается марки бетона по морозостойкости?
2. Опишите методику оценки морозостойкости бетона
3. В чем заключается методика насыщения бетона?

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение [Текст] / И.А. Рыбьев.– М.: Высшая школа, 2007. – 572 с.
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст]: учебно-методическое пособие / Е.В. Королев [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2009.
3. Королев, Е.В. Сборник задач по строительному материаловедению [Текст]: учебное пособие / Е.В. Королев. – Пенза: ПГУАС, 2010.
4. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007.
5. Худяков, В.А. Современные композиционные строительные материалы [Текст] / В.А. Худяков.– Ростов н/Д: Феникс, 2007.

## Приложение

### Пример ускоренного определения морозостойкости бетона

*Исходные данные.* Испытанию подлежит бетон следующего состава, кг/м<sup>3</sup>: цемент – 332, щебень – 1310, песок – 590, вода – 177.

Материалы для изготовления бетона: цемент завода «Гигант» ПЦ-400, гранитный щебень фракции 5-20 мм, песок с модулем крупности  $M_{кр} = 1,87$ . Изготавливают три образца бетона размером 100×100×100 мм и помещают в камеру нормального твердения. Требуется определить морозостойкость бетона в возрасте 28 сут.

#### Порядок выполнения работы

Образцы бетона насыщают водой. Насыщенный образец помещают в измерительную камеру дилатометра, стандартный образец – во вторую камеру, затем обе камеры заполняют керосином и герметизируют.

Дилатометр с образцами устанавливают в морозильную камеру и по истечении 30 мин выдержки начинают замораживание со скоростью 0,3°С/мин до достижения температуры минус (18±2)°С. На графике показателя разности объемных деформаций бетонных и стандартного образцов находят скачкообразное изменение разности  $n_i$  для каждого образца из серии

$$n_1 = 2,4 \text{ см}; n_2 = 2,5 \text{ см}; n_3 = 2,6 \text{ см}.$$

Определяют значение максимального относительного увеличения разности объемных деформаций бетонных и стандартного образцов  $\theta_i$  по формуле

$$\theta_i = \frac{n_i c}{V_0},$$

где  $c = 0,258 \text{ см}^3/\text{см}$  ( $c$  – постоянная дилатометра).

$$\theta_1 = \frac{2,4 \cdot 0,258}{1000} = 0,62 \cdot 10^{-3}; \quad \theta_2 = \frac{2,5 \cdot 0,258}{1000} = 0,65 \cdot 10^{-3};$$

$$\theta_3 = \frac{2,6 \cdot 0,258}{1000} = 0,67 \cdot 10^{-3}.$$

Вычисляют среднеарифметическое значение максимального относительного увеличения разности объемных деформаций бетонных и стандартного образцов при замораживании для серии из трех образцов.

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна  
Макарова Людмила Викторовна  
Тарасов Роман Викторович

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА**

Методические указания  
к выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор М.А. Сухова  
Верстка Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 6.05.2014. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,75. Тираж 80 экз.  
Заказ №133.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28