**Межгосударственный стандарт ГОСТ 10060.4-95  
"Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости"  
(утв. постановлением Минстроя РФ от 5 марта 1996 г. N 18-17)**

**Concretes. Structure-mechanical rapid method for the of frost-resistance**

Дата введения 1 сентября 1996 г.

[1. Область применения](#sub_100)

[2. Нормативные ссылки](#sub_200)

[3. Определения](#sub_300)

[4. Средства испытания и вспомогательные устройства](#sub_400)

[5. Порядок подготовки к проведению испытания](#sub_500)

[6. Порядок проведения испытаний](#sub_600)

[7. Правила обработки результатов испытания](#sub_700)

[8. Правила оформления результатов испытания](#sub_800)

[Приложение А. Методика определения удельной контракции цемента](#sub_1000)

[Приложение Б. Показатели шкалы морозостойкости тяжелого и легкого](#sub_2000)

бетонов

[Приложение В. Пример ускоренного определения морозостойкости бетона](#sub_3000)

[Приложение Г. Форма журнала ускоренного определения морозостойкости](#sub_4000)

бетона

**1. Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на тяжелые и легкие бетоны на цементном вяжущем, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, и устанавливает ускоренный структурно-механический (пятый) метод определения морозостойкости бетона при подборе и корректировке его состава лабораториями предприятий стройиндустрии.

**2. Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема.

ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Технические условия.

ГОСТ 5582-75 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

ГОСТ 8269-87 Щебень из природного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытания.

ГОСТ 9871-75 Термометры стеклянные ртутные, электроконтактные и терморегуляторы. Технические условия.

ГОСТ 10060.0-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования.

ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 10181.4-81 Смеси бетонные. Методы определения расслаиваемости.

ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

ГОСТ 28570-90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.

**3. Определения**

В настоящем стандарте приняты термины и определения по ГОСТ 10060.0.

**4. Средства испытания и вспомогательные устройства**

4.1. Оборудование для изготовления, хранения и испытания бетонных образцов должно соответствовать требованиям ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570.

4.2. Морозильный шкаф, обеспечивающий достижение и поддержание температуры минус (18 +-2)°С.

4.3. Переносной контрактометр КД-07.

**Примечание** - Контрактометр изготавливает ГП "ВНИИФТРИ" (141570, Московская обл., ГП "ВНИИФТРИ", пос. Менделеево).

4.4. Электрошкаф сушильный, обеспечивающий температуру нагрева до 105°С и автоматическое регулирование температуры с пределом допустимой погрешности +5°С.

4.5. Весы, имеющие предел допустимой погрешности взвешивания +-0,01 г.

4.6. Ванна для насыщения шести образцов.

4.7. Вода по ГОСТ 23732.

**5. Порядок подготовки к проведению испытания**

5.1. Для испытаний бетона на морозостойкость используют либо образцы-кубы, либо образцы-керны.

5.2. Перед изготовлением образцов определяют:

- водопоглощение щебня и песка по ГОСТ 8269 в течение 1 ч;

- водоотделение бетонной смеси по ГОСТ 10181.4 для случая, когда бетонную смесь уплотняют центрифугированием или вакуумированием.

5.3. Основные и контрольные образцы изготавливают и отбирают по 4.5 - 4.10 ГОСТ 10060.0.

5.4. Образцы-керны отбирают из конструкции и хранят по ГОСТ 28570.

5.5. Контрольные и основные образцы насыщают водой по 4.11 ГОСТ 10060.0.

5.6. Перед испытанием образцов-кернов или образцов-кубов из бетона неизвестного состава один из них подвергают следующим испытаниям:

- определяют массу m\_во керна (образца) после его насыщения, г;

- определяют объем V керна (образца), см3;

- раскалывают керн (образец) на куски объемом 20-30 см3 и определяют массу m\_вi полученной пробы, г;

- кипятят пробу и течение 5 ч, охлаждают до температуры (20 +-2)°С, охлажденную воду сливают и определяют массу пробы m\_ki, г,

- высушивают пробу в сушильном шкафу при температуре (105+-5) °С до постоянной массы m\_ci.

5.7. Определяют капиллярно-открытую пористость П\_i бетона в проектном возрасте, %:

а) для образцов из бетона с известным составом:

- для тяжелого бетона

W - K Дельта V' Ц

i 5 i i

П = ──────────────────── (1а)

i 10

- для бетона с пористыми заполнителями

W + V - K Дельта V' Ц

П i П 5 i i

i = ──────────────────────── (1б)

10

где:

П - капиллярно-открытая пористость материала, %;

i

W - объем воды затворения в 1 л уплотненной смеси образца бетона

i за вычетом водоотделения или водопоглощения заполнителями в

процессе уплотнения, см3. Для заполнителей из плотных пород

(гранит, базальт, кварц) водопоглощение принимают равным 1 %

их массы;

V - объем открытых пор пористых заполнителей (объем воды,

П поглощаемой пористыми заполнителями за 1 ч), см3;

ДельтаV' - удельная контракция применяемого цемента к сроку испытаний

i материала на морозостойкость, см3/г. Значение Дельта V'\_i

определяют заранее по мере поступления цемента, используя

методику, изложенную в [приложении А](#sub_1000);

К - стехиометрический коэффициент контракции цемента,

5 принимаемый по [таблице 1](#sub_1);

Ц - масса цемента в 1 л бетонной смеси, г.

i

**Таблица 1**

┌────────────────┬──────────────────────────────────────────────────────┐

│ Тип цемента │ Значение коэффициента К\_5 при различной плотности │

│ │ цемента │

│ ├───────┬──────────┬───────────┬────────────┬──────────┤

│ │ 2,85 │ 2,9 │ 3,0 │ 3,1 │ 3,2 │

├────────────────┼───────┼──────────┼───────────┼────────────┼──────────┤

│Алюминатный │ - │ - │ - │ - │ 4,1 │

├────────────────┼───────┼──────────┼───────────┼────────────┼──────────┤

│БТЦ, ОБТЦ │ - │ - │ - │ 4,7 │ 4,6 │

├────────────────┼───────┼──────────┼───────────┼────────────┼──────────┤

│Портландцемент │ - │ - │ 5,2 │ 5,1 │ - │

├────────────────┼───────┼──────────┼───────────┼────────────┼──────────┤

│Пуццолановый │ 6,1 │ 6,1 │ 6,0 │ 5,9 │ - │

├────────────────┼───────┼──────────┼───────────┼────────────┼──────────┤

│ШПЦ │ 6,1 │ 6,1 │ 6,0 │ 5,9 │ - │

└────────────────┴───────┴──────────┴───────────┴────────────┴──────────┘

б) для образцов из бетона с неизвестным составом

m - m

ki ci

П = (─────────────── - Д) 100, (2)

i d (m /m) х V

w bi b0

где

m , m , m , m - величины по [5.6](#sub_56);

ki ci bi b0

d - плотность воды при температуре (20 +-2)°С, принимают 1 г/см3;

w

Д - коэффициент, отражающий объем пор в бетоне керна, в котором

вода не переходит в лед при замораживании до минус (18 +-2)°С

(определяют по таблице 2).

**Таблица 2**

┌───────────────┬──────────┬──────────┬────────────┬──────────┬──────────┬──────────┐

│Проектный класс│В10 (М150)│В15 (М200)│В22,5 (МЗОО)│В30 (М400)│В40 (М500)│В45 (М600)│

│(марка) бетона │ │ │ │ │ │ │

│по прочности на│ │ │ │ │ │ │

│ сжатие │ │ │ │ │ │ │

├───────────────┼──────────┼──────────┼────────────┼──────────┼──────────┼──────────┤

│Значение коэф-│ 0,02 │ 0,03 │ 0,04 │ 0,05 │ 0,06 │ 0,07 │

│фициента Д │ │ │ │ │ │ │

├───────────────┴──────────┴──────────┴────────────┴──────────┴──────────┴──────────┤

│**Применение** - Капиллярно-открытую пористостью тощих бетонов с большой межзерновой│

│пустотностью (изготовленных из жестких бетонных смесей со значительным│

│недоуплотнением) определяют по формуле [(1а)](#sub_571) или [(1б)](#sub_572). │

│В этом случае в указанных формулах вместо W\_i вводят W'\_i, определяемую│

│по формуле │

│ │

│ m - m │

│ ki ci │

│ W' = ─────────── 1000. │

│ i d (m /m ) │

│ w bi В0 │

└───────────────────────────────────────────────────────────────────────────────────┘

**6. Порядок проведения испытаний**

6.1. Насыщенные водой контрольные образцы через 2 ч после извлечения из ванны испытывают на прочность при сжатии по ГОСТ 10180.

6.2. Основные образцы сразу после извлечения из ванны помещают в морозильный шкаф и подвергают однократному замораживанию в течение 5 ч при температуре минус (18+2)°С.

6.3. Основные образцы после извлечения из морозильного шкафа в замороженном состоянии незамедлительно испытывают на прочность при сжатии и вычисляют коэффициент повышения прочности бетона К\_i

\_ \_

K = R /R , (3)

i 0 k

где \_ \_

R ,R - средние арифметические значения прочности бетона

0 k соответственно в контрольных и основных образцах, МПа.

6.4. Из [таблиц Б.1](#sub_2001) и [Б.2](#sub_2002) приложения Б для установленного значения

капиллярно-открытой пористости испытываемого бетона находят

соответствующие ей предельные значения морозостойкости М\_max и М\_min, a

также коэффициентов повышения прочности К\_max и К\_min и рассчитывают

морозостойкость бетона M\_i в циклах по формуле

(М - М )(К - К )

max min max i

M = М + ─────────────────────────, (4)

i min К - К

max min

где

К - фактический коэффициент повышения прочности бетона;

i

М и М - соответственно максимальная и минимальная

max min морозостойкость бетона, цикл;

К и К - соответственно максимальный и минимальный коэффициенты

max min повышения прочности бетона.

6.5. Если значения коэффициента К\_i для данной капиллярно-открытой пористости меньше коэффициента К\_min, то морозостойкость M\_i принимают равной М\_max? а при К\_i большем, чем К\_max, морозостойкость принимают равной М\_min.

**7. Правила обработки разультатов испытания**

7.1. Морозостойкость определяют по формуле

М = М (1 - Дельта ), (5)

i 0

где

\_ \_ 2 \_ \_ 2

Дельта = кв.корень (SR / R ) + (SR / R ) + K . (6)

o o k k m

Коэффициент К\_m для тяжелого бетона, цементно-песчаного раствора и легкого бетона принимают соответственно 0,004, 0,005, 0,006.

\_ \_

Значения средних квадратических отклонений SR\_o, SR\_k находят по формулам:

\_ 3 \_ 2

SR = кв.корень Сумма(R - R ) /6; (7)

o i=1 oi o

\_ 3 \_ 2

SR = кв.корень Сумма(R - R ) /6. (8)

k i=1 ki k

7.2. Марку бетона по морозостойкости устанавливают равной меньшему значению F (таблица 3 ГОСТ 10060.0), которое является ближайшим к значению М.

**8. Правила оформления результатов испытания**

Исходные данные и результаты определения морозостойкости бетона заносят в журнал по форме, приведенной в [приложении Г](#sub_4000).

**Приложение А**

**(обязательное)**

**Методика определения удельной контракции цемента**

[А.1. Общие положения](#sub_1010)

[А.2. Норма погрешности](#sub_1020)

[А.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы](#sub_1030)

[А.4. Сущность метода](#sub_1040)

[А.5. Условия проведения измерения](#sub_1050)

[А.6. Устройство контрактометра](#sub_1060)

[А.7. Подготовка к проведению измерения](#sub_1070)

[А.8. Выполнение измерения](#sub_1080)

[А.9. Определение удельной контракции цемента в возрасте 28 сут](#sub_1090)

**А.1. Общие положения**

Методика распространяется на все виды цементов.

Методика устанавливает порядок измерения контракции цемента на контрактометре КД-07 и определения ее удельного значения в проектном возрасте 28 сут.

Контракция - уменьшение абсолютного объема цементного материала в результате гидратации цемента.

Удельная контракция - отношение контракции в заданный момент времени к массе гидратируемого цемента.

Указанную характеристику для применяемого цемента определяют один раз для каждой из поступающих партий цемента или при изменении вида добавок для бетонов.

**А.2. Норма погрешности**

Методика обеспечивает измерение контракции с погрешностью не более +-1% объема при температуре (20 +-2)°С, а определение удельной контракции - с погрешностью +-2%.

**А.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы**

1. Контрактометр КД-07.

2. Весы лабораторные с верхним пределом взвешивания не менее 1 кг, погрешностью взвешивания не более 10 мг.

3. Мерные цилиндры вместимостью 50 и 500 мл по ГОСТ 1770.

4. Виброплощадка лабораторная - характеристика по ГОСТ 10180.

5. Смазка - солидол, эмульсол, отработанное машинное масло.

6. Вода по ГОСТ 23732.

7. Чаша сферическая с мастерком для приготовления цементного теста по ГОСТ 310.3.

8. Термометр с диапазоном измерений (0-100)°С по ГОСТ 9871.

**А.4. Сущность метода**

Определение контракции основано на измерении уровня столба воды в стеклянном капилляре, расположенном над цементным тестом, помещенным в герметизируемый сосуд.

Уровень измеряют при постоянной температуре в диапазоне (20-25) °С в течение 3 ч.

**А.5. Условия проведения измерения**

Измерения выполняют при следующих параметрах окружающей среды:

температура воздуха, °С .................................... 15 - 30

относительная влажность, % ................................. 30 - 80

атмосферное давление, мм рт.ст.............................710 - 780

**А.6. Устройство контрактометра**

Контрактометр (рисунок А.1) имеет сосуд 2, стакан 1, крышку 3 с капилляром 6 в защитной трубке 7 со шкалой, визир 8, заглушку капилляра 9, струбцину 4 и емкость 5.

Вместимость сосуда 2 и стакана 1 составляет соответственно 750 и 500 см3. Капилляр 6 со шкалой обеспечивает измерение контракции до 20 см3.

Цена деления шкалы капилляра:

10 мм эквивалентны 0,8 см3 контракции. Вместимость сосуда 9 - 10 л. Материал сосуда, стакана, крышки и струбцины - нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т-Н1 по ГОСТ 5582.

**Рисунок А.1**

**А.7. Подготовка к проведению измерения**

7.1. Внутренние стенки стакана контрактометра покрывают смазкой. В емкость термостатирования наливают 6 л воды температурой (20 +-2)°С.

7.2. Приготавливают испытываемое цементное тесто нормальной густоты объемом 500 см3.

7.3. Выкладывают цементное тесто в стакан контрактометра и уплотняют его на лабораторной виброплощадке.

7.4. Сосуд контрактометра устанавливают в емкость с водой и помещают в него стакан со смесью. Стакан поворачивают на 2-3 оборота. Затем сосуд под слоем воды закрывают крышкой.

При этом под водой с внутренней поверхности крышки удаляют пузырьки воздуха.

После герметизации сосуда контрактометр извлекают из емкости и дном сосуда постукивают 3-5 раз по поверхности стола для удаления оставшихся пузырьков воздуха.

7.5. В капилляр контрактометра доливают воду до отметки 0, и закрывают капилляр заглушкой.

7.6. Фиксируют время в момент доведения уровня воды в капилляре до отметки 0, а контрактометр устанавливают в емкость с водой.

**Примечание** - Суммарная (общая) длительность операций по [7.2 - 7.6](#sub_72) не должна превышать 10 мин.

**А.8. Выполнение измерения**

8.1. Контракцию измеряют, отмечая по шкале уровень воды в капилляре, который округляют до 1 мм. Отсчет ведется от отметки 0. Полученный результат переводят в объем умножением на 0,8 см2.

8.2. Уровень отмечают через 3 ч. Перед отсчетом дном сосуда постукивают по столу аналогично [7.4](#sub_74).

8.3. По окончании измерения контрактометр извлекают из емкости с водой, воду выливают; контрактометр ставят обратно в емкость и разгерметизируют его; из сосуда извлекают стакан с материалом; встряхивая открытой частью стакана над сферической чашей, извлекают из него отвердевший материал; выливают остаток воды из сосуда контрактометра и емкости; протирают сосуд и стакан ветошью, покрывают смазкой внутренние стенки стакана; вновь собирают контрактометр и закрывают сосуд крышкой.

**А.9. Определение удельной контракции цемента в возрасте 28 сут**

9.1. Удельную контракцию цемента в проектном возрасте 28 сут определяют по результатам ее измерения на контрактометре КД-07 за 3 ч при пересчете на 1000 г цемента, используя данные таблицы А.1.

**Таблица А.1.**

**Удельная контракция ДельтаV'\_i цемента в проектном возрасте 28 сут**

┌───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┐

│Контракция │ Удельная │Контракция │ Удельная │Контракция │ Удельная │

│ на 1000 г │контракция │ на 1000 г │контракция │ на 1000 г │контракция │

│цемента за │ДельтаV'\_i,│цемента за │ДельтаV'\_i,│цемента за │ДельтаV'\_i,│

│ 3 ч, см3 │ см3/г │ 3 ч, см3 │ см3/г │ 3 ч, см3 │ см3/г │

├───────────┼───────────┼───────────┼───────────┼───────────┼───────────┤

│ 5,0 │ 0,051 │ 4,0 │ 0,043 │ 3,0 │ 0,034 │

│ 4,9 │ 0,051 │ 3,9 │ 0,042 │ 2,9 │ 0,033 │

│ 4,8 │ 0,050 │ 3,8 │ 0,041 │ 2,8 │ 0,032 │

│ 4,7 │ 0,049 │ 3,7 │ 0,040 │ 2,7 │ 0,031 │

│ 4,6 │ 0,048 │ 3,6 │ 0,039 │ 2,6 │ 0,030 │

│ 4,5 │ 0,047 │ 3,5 │ 0,038 │ 2,5 │ 0,029 │

│ 4,4 │ 0,047 │ 3,4 │ 0,037 │ 2,4 │ 0,028 │

│ 4,3 │ 0,046 │ 3,3 │ 0,036 │ 2,3 │ 0,027 │

│ 4,2 │ 0,045 │ 3,2 │ 0,035 │ 2,2 │ 0,026 │

│ 4,1 │ 0,044 │ 3,1 │ 0,034 │ 2,1 │ 0,025 │

└───────────┴───────────┴───────────┴───────────┴───────────┴───────────┘

9.2. Значение контракции ДельтаV\_1000 на 1000 г цемента за 3 ч находят по зависимости

ДельтаV

н.г

ДельтаV = ─────────── 1000,

1000 Ц

н.г

где

ДельтаV - контракция цемента за 3 ч в тесте нормальной густоты,

н.г помещенного в контрактометр, см3;

Ц - масса цемента в тесте нормальной густоты, помещенного

н.г в сосуд контрактометра, г.

9.3. По данным о контракции ДельтаV\_1000 из [таблицы А.1](#sub_1091) находят значение удельной контракции ДельтаV'\_i, в возрасте 28 сут, которая практически не зависит от режима тепловой обработки бетона.

**Приложение Б**

**(обязательное)**

**Показатели шкалы морозостойкости тяжелого и легкого бетонов**

**Таблица Б.1.**

**Показатели шкалы морозостойкости тяжелого бетона и цементно-песчаного   
раствора**

┌─────────────┬──────────────────────────┬──────────────────────────────┐

│ Капиллярно- │ Морозостойкость, цикл │ Коэффициент повышения │

│ открытая │ │ прочности при однократном │

│ пористость │ │ замораживании │

│ П\_i, % ├────────────┬─────────────┼────────────────┬─────────────┤

│ │ М\_max │ M\_min │ К\_max │ К\_min │

├─────────────┼────────────┼─────────────┼────────────────┼─────────────┤

│ 0,5 │ 863 │ 863 │ 1,00 │ 1,00 │

│ 1,0 │ 625 │ 625 │ 1,01 │ 1,01 │

│ 1,5 │ 573 │ 558 │ 1,04 │ 1,02 │

│ 2,0 │ 534 │ 505 │ 1,08 │ 1,03 │

│ 2,5 │ 503 │ 465 │ 1,13 │ 1,03 │

│ 3,0 │ 475 │ 433 │ 1,17 │ 1,04 │

│ 3,5 │ 453 │ 403 │ 1,21 │ 1,04 │

│ 4,0 │ 430 │ 378 │ 1,26 │ 1,05 │

│ 4,5 │ 413 │ 353 │ 1,30 │ 1,06 │

│ 5,0 │ 398 │ 330 │ 1,35 │ 1,06 │

│ 5,5 │ 380 │ 309 │ 1,39 │ 1,07 │

│ 6,0 │ 365 │ 295 │ 1,44 │ 1,08 │

│ 6,5 │ 351 │ 290 │ 1,48 │ 1,09 │

│ 7,0 │ 338 │ 253 │ 1,53 │ 1,09 │

│ 7,5 │ 328 │ 235 │ 1,57 │ 1,10 │

│ 8,0 │ 315 │ 215 │ 1,61 │ 1,11 │

│ 8,5 │ 300 │ 200 │ 1,66 │ 1,11 │

│ 9,0 │ 295 │ 185 │ 1,70 │ 1,11 │

│ 9,5 │ 289 │ 170 │ 1,74 │ 1,12 │

│ 10,0 │ 280 │ 158 │ 1,78 │ 1,12 │

│ 10,5 │ 273 │ 143 │ 1,80 │ 1,13 │

│ 11,0 │ 265 │ 130 │ 1,84 │ 1,13 │

│ 11,5 │ 258 │ 120 │ 1,86 │ 1,13 │

│ 12,0 │ 253 │ 108 │ 1,89 │ 1,14 │

│ 12,5 │ 245 │ 98 │ 1,91 │ 1,14 │

│ 13,0 │ 240 │ 88 │ 1,94 │ 1,15 │

│ 13,5 │ 235 │ 80 │ 1,96 │ 1,15 │

│ 14,0 │ 230 │ 73 │ 1,98 │ 1,16 │

│ 14,5 │ 223 │ 65 │ 1,99 │ 1,16 │

│ 15,0 │ 220 │ 59 │ 2,03 │ 1,16 │

│ 15,5 │ 216 │ 53 │ 2,03 │ 1,17 │

│ 16,0 │ 213 │ 47 │ 2,04 │ 1,18 │

│ 16,5 │ 210 │ 43 │ 2,05 │ 1,18 │

│ 17,0 │ 208 │ 41 │ 2,06 │ 1,18 │

│ 17,5 │ 207 │ 40 │ 2,07 │ 1,18 │

│ 18,0 │ 204 │ 33 │ 2,08 │ 1,18 │

│ 18,5 │ 203 │ 30 │ 2,09 │ 1,19 │

│ 19,0 │ 202 │ 28 │ 2,09 │ 1,19 │

│ 19,5 │ 201 │ 26 │ 2,10 │ 1,19 │

│ 20,0 │ 201 │ 23 │ 2,11 │ 1,19 │

│ 20,5 │ 201 │ 22 │ 2,11 │ 1,19 │

│ 21,0 │ 201 │ 20 │ 2,13 │ 1,20 │

│ 21,5 │ 200 │ 20 │ 2,13 │ 1,20 │

│ 22,0 │ 200 │ 18 │ 2,13 │ 1,20 │

│ 22,5 │ 200 │ 18 │ 2,14 │ 1,21 │

│ 23,0 │ 200 │ 16 │ 2,14 │ 1,21 │

│ 23,5 │ 200 │ 15 │ 2,14 │ 1,21 │

│ 24,0 │ 200 │ 15 │ 2,14 │ 1,21 │

│ 24,5 │ 200 │ 15 │ 2,14 │ 1,21 │

│ 25,0 │ 200 │ 15 │ 2,14 │ 1,21 │

└─────────────┴────────────┴─────────────┴────────────────┴─────────────┘

**Таблица Б.2.**

**Показатели шкалы морозостойкости легкого бетона**

┌─────────────┬──────────────────────────┬──────────────────────────────┐

│ Капиллярно- │ Морозостойкость, цикл │ Коэффициент повышения │

│ открытая │ │ прочности при однократном │

│ пористость │ │ замораживании │

│ П\_i, % ├────────────┬─────────────┼────────────────┬─────────────┤

│ │ М\_max │ M\_min │ К\_max │ К\_min │

├─────────────┼────────────┼─────────────┼────────────────┼─────────────┤

│ 16,5 │ 165 │ 88 │ 2,06 │ 1,10 │

│ 17,0 │ 159 │ 80 │ 2,09 │ 1,10 │

│ 17,5 │ 153 │ 73 │ 2,11 │ 1,11 │

│ 18,0 │ 147 │ 64 │ 2,15 │ 1,11 │

│ 18,5 │ 141 │ 55 │ 2,16 │ 1,11 │

│ 19,0 │ 135 │ 50 │ 2,18 │ 1,12 │

│ 19,5 │ 130 │ 44 │ 2,19 │ 1,12 │

│ 20,0 │ 125 │ 38 │ 2,20 │ 1,12 │

│ 20,5 │ 120 │ 33 │ 2,21 │ 1,12 │

│ 21,0 │ 118 │ 29 │ 2,22 │ 1,12 │

│ 21,5 │ 113 │ 25 │ 2,22 │ 1,12 │

│ 22,0 │ 110 │ 21 │ 2,23 │ 1,13 │

│ 22,5 │ 108 │ 18 │ 2,23 │ 1,13 │

│ 23,0 │ 105 │ 16 │ 2,23 │ 1,13 │

│ 23,5 │ 103 │ 15 │ 2,23 │ 1,13 │

│ 24,0 │ 102 │ 15 │ 2,23 │ 1,13 │

│ 24,5 │ 101 │ 14 │ 2,24 │ 1,13 │

│ 25,0 │ 100 │ 13 │ 2,24 │ 1,14 │

└─────────────┴────────────┴─────────────┴────────────────┴─────────────┘

**Приложение В**

**(информационное)**

**Пример ускоренного определения морозостойкости бетона**

1. Исходные данные. Испытывают бетон следующего состава, кг/м3: цемент - 400, песок - 691, щебень - 1089, вода - 172. Для изготовления бетона использованы следующие материалы: цемент Воскресенского завода ПЦ-400, гамма = 3,1 т/м3; щебень гранитный месторождения "Кузнечное", М1400, фракции 5-25 мм; песок тучковский, М\_кр = 2,0. Изготовлено 6 образцов-кубов бетона размером 100х100х100 мм. Бетон подвергнут тепловлажностной обработке.

Удельная контракция цемента в возрасте 28 сут согласно [приложению А](#sub_1000) составила 0,037 см3/г или 0,037 л/кг. Суммарное водопоглощение заполнителей согласно 5.7 принято равным 1% их массы.

2. Требуется определить морозостойкость бетона в проектном возрасте 28 сут.

3. Образцы подвергают водонасыщению по ГОСТ 10060.0.

4. Определяют показатели морозостойкости.

4.1. Для расчета капиллярно-открытой пористости по формуле [(1а)](#sub_571) принимаем: удельная контракция-0,037 л/кг; К\_5 = 5,1 (по [таблице 1](#sub_1)); вода W\_i = 172 - 1780 х 0,01 = 154,2 л; объем открытых пор заполнителей V = 0.

4.2. Вычисляют капиллярно-открытую пористость бетона в возрасте 28 сут по формуле (1а)

152,2 - 5,1 х 0,037 х 400

П = ───────────────────────── = 7,8%.

i 10

4.3. Определяют прочность бетона на сжатие после его водонасыщения по ГОСТ 10060.0 и однократного замораживания в контрольных R\_ki и основных R\_oi, образцах, МПа:

R = 28,3; R = 30,7; R = 32,5;

k1 k2 k3

R = 49,2; R = 45,1; R = 48,1.

o1 o2 o3

4.4. Вычисляют средние арифметические значения пределов прочности бетона в контрольных и основных образцах:

\_ 28,3 + 30,7 + 32,5

R = ─────────────────── = 30,5 МПа;

k 3

\_ 40,2 + 45,1 + 48,1

R = ─────────────────── = 44,5 МПа.

o 3

4.5. Вычисляют значение коэффициента повышения прочности бетона при однократном замораживании по формуле [(3)](#sub_633)

K = 44,5/30,5 = 1,46.

i

4.6. Из [таблицы Б.1](#sub_2001) для П\_i = 7,8% методом интерполяции находят: М\_max = 320, М\_min = 223, К\_max = 1,59, К\_min = 1,11 и с учетом К\_i = 1,46 рассчитывают морозостойкость испытываемого бетона по формуле [(4)](#sub_644)

(320 -223)(1,59-1,46)

М = 223 + ───────────────────── = 249 циклов.

i 1,59 - 1,11

4.7. Для окончательного представления результата ускоренного определения морозостойкости вычисляют:

- значения средних квадратических отклонений результатов испытаний на прочность контрольных и основных образцов бетона по формулам [(7)](#sub_717) и [(8)](#sub_718):

2 2 2

\_ (28,3 - 30,5) + (30,7 - 30,5) + (32,5 - 30,5)

SR = кв.корень─────────────────────────────────────────────── =

k 6

= 1,2 МПа,

2 2 2

\_ (40,2 - 44,5) + (45,1 - 44,5) + (48,1 - 44,5)

SR = кв.корень─────────────────────────────────────────────── =

o 6

= 2,3 МПа;

Дельта - значение относительной погрешности определения

о морозостойкости бетона по формуле [(6)](#sub_716)

1,2 2 2,3 2

Дельта = кв.корень (────) + (────) + 0,004 = 0,09.

о 30,5 44,5

4.8. Окончательно морозостойкость бетона равна

М = 249 (1 - 0,09) = 227 циклов.

Испытанному бетону устанавливают марку по морозостойкости F200 (ближайшее к М меньшее значение F из таблицы 3 ГОСТ 10060.0).

**Приложение Г**

**(обязательное)**

**Форма журнала ускоренного определения морозостойкости бетона**

┌──────────┬────────┬─────────────┬───────┬───────────────────────────────────┬────────┬────────┐

│Дата изго-│ Размер │Наименование,│ Дата │ Показатели морозостойкости бетона │Морозос-│Марка по│

│ товления │образца,│расход добав-│опреде-├──────────┬──────┬────┬───┬────────┤тойкость│морозос-│

│ │ мм │ ки, кг/м3 │ ления │Прочность │Дельта│П\_i,│K\_i│Дельта\_о│М, цикл │тойкости│

│ │ │ │ моро- │ образца, │ V'\_i,│ % │ │ │ │ F │

│ │ │ │зостой-│ МПа │ см3 │ │ │ │ │ │

│ │ │ │ кости ├────┬─────┼──────┼────┼───┼────────┤ │ │

│ │ │ │ │\_ │ \_ │ │ │ │ │ │ │

│ │ │ │ │R\_k │ R\_o │ │ │ │ │ │ │

│ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │ │

└──────────┴────────┴─────────────┴───────┴────┴─────┴──────┴────┴───┴────────┴────────┴────────┘

Начальник подразделения

(лаборатории) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (ф.и.о.)

Ответственное лицо,

проводившее испытание \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (ф.и.о.)