МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**ГОСТ 10060 — 2012**

# БЕТОНЫ

## Методы определения морозостойкости

(EN 12390-9:2006, NEQ)
(ASTM C 666—2008, NEQ)
(ASTM C 671—94, NEQ)
(ASTM C 672—98, NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

## Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

**Сведения о стандарте**

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Научно-исследовательский центр «Строительство» (ОАО «НИЦ «Строительство»), Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПРИНЯТ Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС) (протокол от 18 декабря 2012 г. № 41, приложение Е)

За принятие проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа государственного управления строительством |
|---|---|---|
| Азербайджан | AZ | Государственный комитет градостроительства и архитектуры |
| Армения | AM | Министерство градостроительства |
| Киргизия | KG | Госстрой |
| Молдова | MD | Министерство строительства и регионального развития |
| Россия | RU | Министерство регионального развития |
| Узбекистан | UZ | Госархитектстрой |

4 Настоящий стандарт разработан с учетом требований следующих стандартов:

EN 12390-9:2006 Testing hardened concrete — Part 9: Freeze — Thaw resistance — Scaling (Испытание затвердевшего бетона. Часть 9. Морозо- и морозосолестойкость. Выветривание);

ASTM C 666—2008 Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing (Метод определения стойкости бетона к быстрому замораживанию и оттаиванию);

ASTM C 671—94 Test Method for Critical Dilatation of Concrete Specimens Subjected to Freezing (Метод определения критического расширения бетонных образцов, подвергающихся замораживанию);

ASTM C 672—98 Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals (Метод определения стойкости поверхности бетона к разрушению при хранении в противогололедных реагентах).

Перевод с английского языка (en).

Степень соответствия — неэквивалентная (NEQ)

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1982-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 10060—2012 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г.

6 ВЗАМЕН ГОСТ 10060.0—95, ГОСТ 10060.1—95, ГОСТ 10060.2—95, ГОСТ 10060.3—95, ГОСТ 10060.4—95

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартинформ, 2014

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 1
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Общие положения . . . . . 2
5 Базовые методы определения морозостойкости . . . . . 6
5.1 Первый метод . . . . . 6
5.2 Второй метод . . . . . 7
6 Ускоренные методы определения морозостойкости . . . . . 8
6.1 Второй метод . . . . . 8
6.2 Третий метод . . . . . 9
Приложение А (рекомендуемое) Метод определения морозостойкости бетона по изменению динамического модуля упругости или скорости ультразвука, или деформаций . . . . . 10
Приложение Б (обязательное) Определение коэффициента перехода при испытании образцов бетона на морозостойкость различными методами . . . . . 13
Приложение В (справочное) Обозначения основных параметров и характеристик бетона . . . . . 14
Приложение Г (рекомендуемое) Форма журнала испытаний бетона на морозостойкость . . . . . 15
Приложение Д (справочное) Пример обработки результатов испытаний . . . . . 16

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

# БЕТОНЫ

## Методы определения морозостойкости

Concretes. Methods for determination of frost-resistance

**Дата введения — 2014—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на тяжелые, мелкозернистые, легкие и плотные силикатные бетоны, в том числе на бетоны дорожных и аэродромных покрытий, бетоны конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия минерализованной воды (далее — бетоны), и устанавливает базовые и ускоренные методы определения морозостойкости.

Методы определения морозостойкости, приведенные в настоящем стандарте, применяют при подборе составов бетонов, применении новых материалов и технологий изготовления бетона, а также при контроле качества бетона изделий и конструкций.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 577—68 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия

ГОСТ 4233—77 Реактивы. Натрий хлористый. Технические условия

ГОСТ 5632—72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 8269.0—97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

ГОСТ 10180—2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 10181—2000 Смеси бетонные. Методы испытаний

ГОСТ 10197—70 Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия

ГОСТ 11098—75 Скоба с отсчетным устройством. Технические условия

ГОСТ 18105—2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 22685—89 Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия

ГОСТ 23732—2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

ГОСТ 24104—2001* Весы лабораторные. Общие технические требования

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

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылоч-

* В Российской Федерации действует ГОСТ Р 53228—2008.

**Издание официальное**

ный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **вода минерализованная:** Вода, содержащая растворенные соли в количестве 5 г/л и более. Морская вода является одним из видов минерализованной воды.

3.2 **морозостойкость бетона:** Способность бетона в водонасыщенном или насыщенном раствором соли состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения (трещин, сколов, шелушения ребер образцов), снижения прочности, изменения массы и других технических характеристик, приведенных в приложении А.

3.3 **марка бетона по морозостойкости:** Показатель морозостойкости бетона, соответствующий числу циклов замораживания и оттаивания образцов, определенному при испытании базовыми методами, при которых характеристики бетона, установленные настоящим стандартом, сохраняются в нормируемых пределах и отсутствуют внешние признаки разрушения (трещины, сколы, шелушение ребер образцов).

3.4 **марка бетона по морозостойкости $F_1$:** Марка по морозостойкости бетона, испытанного в водонасыщенном состоянии, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, а также бетонов, эксплуатируемых при воздействии минерализованной воды.

3.5 **марка бетона по морозостойкости $F_2$:** Марка по морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий и бетона, эксплуатируемого при воздействии минерализованной воды, и определенная при испытании образцов, насыщенных 5 %-ным водным раствором хлорида натрия.

3.6 **цикл испытания:** Совокупность одного периода замораживания и оттаивания образцов.

3.7 **основные образцы:** Образцы, предназначенные для определения нормируемых настоящим стандартом характеристик после проведения заданного числа циклов замораживания и оттаивания.

3.8 **контрольные образцы:** Образцы, предназначенные для определения нормируемых настоящим стандартом характеристик перед началом испытания основных образцов.

3.9 **определение морозостойкости:** Оценка максимального числа циклов замораживания и оттаивания бетона, при котором характеристики бетона остаются в нормированных пределах, а также отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер образцов.

3.10 **критическое снижение характеристик образцов:** Снижение характеристик образцов при определении морозостойкости до значений, при которых в соответствии с настоящим стандартом прекращают испытания образцов.

## 4 Общие положения

4.1 Настоящий стандарт устанавливает следующие методы определения морозостойкости:

- базовые методы при многократном замораживании и оттаивании:

первый — для всех видов бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и бетонов конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия минерализованной воды,

второй — для бетонов дорожных и аэродромных покрытий и для бетонов конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия минерализованной воды;

- ускоренные методы при многократном замораживании и оттаивании:

второй — для всех видов бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и бетонов конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия минерализованной воды, легких бетонов марок по средней плотности менее D1500,

третий — для всех видов бетонов, кроме легких бетонов марок по средней плотности менее D1500.

Допускается применение других методов определения марок бетонов по морозостойкости при условии обязательного определения коэффициента перехода в соответствии с приложением Б или тарировки предлагаемого метода по отношению к базовым методам.

Образцы, отобранные из конструкций, испытывают по приложению А.

4.2 При разработке проектной и исполнительной документации при предъявлении к бетону требований по морозостойкости следует указывать марку бетона по морозостойкости $F_1$ или $F_2$.

4.3 Условия испытаний для определения морозостойкости бетонов в зависимости от используемого метода и вида бетонов принимают по таблице 1.

При расхождении результатов определения морозостойкости, полученных базовыми и ускоренными методами, в качестве окончательных принимают результаты, полученные базовыми методами.

Таблица 1 — Условия испытаний при определении морозостойкости

| Метод и марка бетона по морозостойкости | Условия испытания | | | Вид бетона |
|---|---|---|---|---|
| | Среда насыщения | Среда и температура замораживания | Среда и температура оттаивания | |
| Базовые методы | | | | |
| Первый $F_1$ | Вода | Воздушная, минус (18 ± 2) °С | Вода, (20 ± 2) °С | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и бетонов конструкций, эксплуатирующихся при действии минерализованной воды |
| Второй $F_2$ | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия | Воздушная, минус (18 ± 2) °С | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия, (20 ± 2) °С | Бетоны дорожных и аэродромных покрытий и бетоны конструкций, эксплуатирующихся при действии минерализованной воды |
| Ускоренные методы | | | | |
| Второй | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия | Воздушная, минус (18 ± 2) °С | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия, (20 ± 2) °С | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, бетонов конструкций, эксплуатирующихся при действии минерализованной воды, и легких бетонов марок по средней плотности менее D1500 |
| Третий | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия, минус (50 ± 2) °С | 5 %-ный водный раствор хлорида натрия, (20 ± 2) °С | Все виды бетонов, кроме легких бетонов марок по средней плотности менее D1500 |

4.4 Определение морозостойкости бетона начинают после достижения бетоном проектного возраста. Испытания образцов, отобранных из бетонных и железобетонных конструкций, проводят в проектном возрасте. При большем возрасте конструкций указывают срок эксплуатации бетона.

4.5 Средства измерения, оборудование и приспособления, применяемые при испытаниях, должны обеспечивать требования настоящего стандарта и должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

4.6 Образцы изготовляют в формах по ГОСТ 22685.

4.7 Образцы изготовляют и испытывают на сжатие сериями по ГОСТ 10180. Каждую серию образцов изготовляют из одной и той же пробы бетонной смеси и хранят в нормальных условиях по ГОСТ 10180. Оценку средней прочности и коэффициента вариации прочности бетона в серии проводят по всем испытанным образцам по 5.2.4.2.

4.8 Пробы бетонной смеси для изготовления образцов отбирают по ГОСТ 10181.

4.9 Размеры образцов для определения морозостойкости приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Размеры образцов для определения морозостойкости

| Метод испытаний | Размеры образцов, мм |
|---|---|
| Первый | 100×100×100 или 150×150×150 |

*Окончание таблицы 2*

| Метод испытаний | Размеры образцов, мм |
|---|---|
| Второй | 100×100×100 или 150×150×150 |
| Третий | 100×100×100 или 150×150×150 |

Число образцов для испытаний в зависимости от метода определения морозостойкости принимают по таблице 3.

Таблица 3 — Число образцов для испытаний

| Метод определения морозостойкости | Минимальное число образцов в серии, шт. | |
|---|---|---|
| | контрольных | основных |
| Первый | 6 | 12* |
| Второй | 6 | 12* |
| Третий | 6 | 6* |

* При проведении испытаний образцов до разрушения число основных образцов следует увеличивать так, чтобы обеспечить проведение испытания до максимального числа циклов, более которого наблюдается критическое снижение нормируемых характеристик образцов и (или) появление трещин, сколов, шелушения ребер образцов.

4.10 Образцы для испытания не должны иметь внешних дефектов. Разброс значений плотности отдельных образцов в серии до их насыщения не должен превышать 30 кг/м$^3$.

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

4.12 Контрольные образцы бетона перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой или 5 %-ным водным раствором хлорида натрия температурой (20 ± 2) °С.

Для насыщения образцы погружают в воду или раствор хлорида натрия на 1/3 их высоты на 24 ч, затем уровень воды или раствора повышают до 2/3 высоты образцов и выдерживают в таком состоянии еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в воду или раствор на 48 ч так, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм.

4.13 Число циклов испытания основных образцов бетона в течение одних суток должно быть не менее 1. Испытания следует вести непрерывно. При вынужденных перерывах в испытании образцы должны храниться в замороженном состоянии в морозильной камере или в специальном холодильнике при температуре не выше минус 10 °С: при испытании по первому и второму методам образцы следует хранить укрытыми влажной тканью для защиты от высыхания, при испытании по третьему методу — в 5 %-ном водном растворе хлорида натрия.

4.14 Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости принимают по таблице 4.

4.15 Условные обозначения основных параметров и характеристик бетона, применяемых в настоящем стандарте, приведены в приложении В.

4.16 Результаты испытаний должны быть внесены в журнал испытаний. Форма журнала испытаний приведена в приложении Г.

Таблица 4 — Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости

| Методы | | Вид бетона | Марки бетона по морозостойкости $F_1$ или $F_2$ и число циклов, после которого проводят промежуточное испытание (над чертой) и число циклов, соответствующее марке бетона по морозостойкости (под чертой) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Базовые | Первый | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий и бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде | $F_1$25 | $F_1$35 | $F_1$50 | $F_1$75 | $F_1$100 | $F_1$150 | $F_1$200 | $F_1$300 | $F_1$400 | $F_1$500 | $F_1$600 | $F_1$800 | $F_1$1000 |
| | | | 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 | Бетоны дорожных и аэродромных покрытий и бетоны конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде | — | — | — | $F_2$75 | $F_2$100 | $F_2$150 | $F_2$200 | $F_2$300 | $F_2$400 | $F_2$500 | $F_2$600 | $F_2$800 | $F_2$1000 |
| | | | — | — | — | 50/75 | 75/100 | 100/150 | 150/200 | 200/300 | 300/400 | 400/500 | 500/600 | 600/800 | 800/1000 |
| Ускоренные | Второй | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде, и легких бетонов со средней плотностью менее D1500 | — | — | $F_1$50 | $F_1$75 | $F_1$100 | $F_1$150 | $F_1$200 | $F_1$300 | $F_1$400 | $F_1$500 | $F_1$600 | $F_1$800 | $F_1$1000 |
| | | | — | — | —/8 | —/13 | —/20 | 20/30 | 30/45 | 45/75 | 75/110 | 110/150 | 150/200 | 200/300 | 300/450 |
| | Третий | Все виды бетонов, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, бетонов конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде, и легких бетонов со средней плотностью менее D1500 | — | — | — | $F_1$75 | $F_1$100 | $F_1$150 | $F_1$200 | $F_1$300 | $F_1$400 | $F_1$500 | $F_1$600 | $F_1$800 | $F_1$1000 |
| | | | — | — | — | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 12 | 15 | 19 | 27 | 35 |
| | | Бетоны дорожных и аэродромных покрытий и бетоны конструкций, эксплуатирующихся в минерализованной воде | — | — | — | — | $F_2$100 | $F_2$150 | $F_2$200 | $F_2$300 | $F_2$400 | $F_2$500 | $F_2$600 | $F_2$800 | $F_2$1000 |
| | | | — | — | — | — | 5 | 10 | 20 | 37 | 55 | 80 | 105 | 155 | 205 |

## 5 Базовые методы определения морозостойкости

### 5.1 Первый метод

Примечание — Испытание по первому базовому методу проводят замораживанием на воздухе образцов, насыщенных водой, и последующим их оттаиванием в воде (см. таблицу 1).

**5.1.1 Средства испытания и вспомогательные устройства**

Оборудование для изготовления, хранения и испытания на прочность образцов бетона — по ГОСТ 10180.

Морозильная камера, обеспечивающая достижение и поддержание температуры замораживания минус (18 ± 2) °С. Неравномерность температурного поля в воздухе полезного объема камеры не должна превышать 3 °С.

Ванна для насыщения образцов водой температурой (20 ± 2) °С.

Ванна для оттаивания образцов, оборудованная устройством, обеспечивающим поддержание температуры воды (20 ± 2) °С.

Деревянные подкладки треугольного сечения высотой 50 мм.

Лабораторные весы по ГОСТ 24104 с погрешностью взвешивания ± 1 г.

Сетчатый контейнер для размещения основных образцов.

Сетчатый стеллаж для размещения образцов в морозильной камере.

Вода по ГОСТ 23732 с содержанием растворимых солей не более 2000 мг/л.

**5.1.2 Подготовка к проведению испытаний**

5.1.2.1 Образцы бетона изготовляют в формах по ГОСТ 22685.

5.1.2.2 Контрольные и основные образцы насыщают водой по 4.12.

**5.1.3 Проведение испытаний**

5.1.3.1 Насыщенные водой контрольные образцы извлекают из воды, обтирают влажной тканью и испытывают на сжатие по ГОСТ 10180 с обработкой результатов по 5.2.4.2.

Рассчитывают внутрисерийный коэффициент вариации прочности по формуле (4). Серию образцов, внутрисерийный коэффициент вариации прочности которых превышает 9 %, снимают с испытаний и проводят испытания новой серии образцов.

5.1.3.2 Насыщенные водой основные образцы извлекают из воды, обтирают влажной тканью и помещают в морозильную камеру в контейнере или устанавливают на сетчатый стеллаж камеры так, чтобы расстояние между образцами, стенками контейнера и расположенными выше стеллажами было не менее 20 мм. Включают камеру и понижают температуру. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16 °С.

5.1.3.3 Число циклов замораживания и оттаивания, после которых определяют прочность при сжатии образцов бетона, принимают по таблице 4.

5.1.3.4 Образцы испытывают по режиму, указанному в таблице 5.

Таблица 5 — Режимы испытаний образцов

| Размер образца, мм | Режим испытаний | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Замораживание | | Оттаивание | |
| | Время, ч, не менее | Температура, °С | Время, ч не менее | Температура, °С |
| 100×100×100 | 2,5 | Минус (18 ± 2) | 2 ± 0,5 | 20 ± 2 |
| 150×150×150 | 3,5 | | 3 ± 0,5 | |

Минимальную продолжительность замораживания образцов легких бетонов марок по средней плотности D1500—D1200 увеличивают на 0,5 ч, марок D1200—D1000 — на 1 ч, марок D900 и менее — на 1,5 ч.

Температуру воздуха в морозильной камере измеряют в центре ее объема в непосредственной близости от образцов.

5.1.3.5 Образцы после замораживания оттаивают в ванне с водой температурой (20 ± 2) °С. При оттаивании образцы размещают на расстоянии друг от друга, стенок и днища ванны не менее чем на 20 мм, слой воды над верхней гранью образца должен быть не менее 20 мм.

Температуру воды в ванне измеряют в центре ее объема в непосредственной близости от образцов.

5.1.3.6 Воду в ванне для оттаивания образцов меняют через каждые 100 циклов переменного замораживания и оттаивания.

5.1.3.7 Основные образцы после заданного числа циклов замораживания и оттаивания извлекают из воды, обтирают влажной тканью и испытывают на сжатие по 5.1.3.1.

5.1.3.8 При появлении в процессе испытаний образцов трещин и (или) сколов, и (или) шелушения ребер испытания прекращают.

5.1.3.9 Обработку результатов испытаний проводят по 5.2.4.

**5.2 Второй метод**

Примечание — Испытание по второму базовому методу проводят замораживанием на воздухе образцов, насыщенных раствором хлорида натрия, и последующим их оттаиванием в растворе хлорида натрия (см. таблицу 1).

**5.2.1 Средства испытания и вспомогательные устройства**

Средства испытания и вспомогательные устройства — по 5.1.1.

Хлорид натрия по ГОСТ 4233.

**5.2.2 Подготовка к проведению испытания**

5.2.2.1 Образцы бетона изготовляют в формах по ГОСТ 22685.

5.2.2.2 Основные и контрольные образцы перед испытанием насыщают 5 %-ным водным раствором хлорида натрия по 4.12.

5.2.2.3 Контрольные образцы извлекают из раствора, обтирают влажной тканью, взвешивают и испытывают на сжатие по 5.1.3.1.

Основные образцы после насыщения подвергают испытаниям на замораживание и оттаивание по режиму, приведенному в таблице 5.

**5.2.3 Проведение испытаний**

5.2.3.1 Основные образцы помещают в морозильную камеру по 5.1.3.2. Началом замораживания считают момент установления в камере температуры минус 16 °С.

5.2.3.2 Число циклов замораживания и оттаивания, после которых определяют прочность при сжатии образцов бетона, принимают по таблице 4.

5.2.3.3 Водный раствор хлорида натрия в ванне для оттаивания меняют через каждые 100 циклов.

5.2.3.4 Основные образцы после проведения заданного числа циклов замораживания и оттаивания осматривают. Материал, отделяющийся от образца, снимают жесткой капроновой щеткой. Образцы обтирают влажной тканью, взвешивают и испытывают на сжатие.

5.2.3.5 Обработку результатов испытаний проводят по 5.2.4.

**5.2.4 Обработка результатов испытаний**

5.2.4.1 Рассчитывают изменение массы образцов $\Delta m$, %, по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (1)$$

где $m$ — масса образца до замораживания и оттаивания, г;

$m_1$ — масса образца после замораживания и оттаивания, г.

Среднее максимально допустимое уменьшение массы образцов не должно превышать 2 %.

5.2.4.2 Обработку результатов определения прочности контрольных и основных образцов выполняют в следующем порядке.

Рассчитывают среднее значение прочности $X_{ср}$ по формуле

$$X_{ср} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (2)$$

где $X_i$ — прочность одного образца, МПа;

$n$ — число образцов.

Рассчитывают среднеквадратическое отклонение $\sigma_n$ по формуле (3) ГОСТ 18105:

$$\sigma_n = \frac{W_m}{\alpha}, \quad (3)$$

где $W_m$ — размах единичных значений прочности бетона в серии, определяемый как разность между максимальным и минимальным единичными значениями прочности, МПа;

$\alpha$ — коэффициент, зависящий от числа единичных значений прочности бетона $n$ в серии, принимают по таблице 6.

Таблица 6 — Коэффициент $\alpha$

| Число единичных значений | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент | 1,13 | 1,69 | 2,06 | 2,33 | 2,5 |

Коэффициент вариации прочности $V_m$ рассчитывают по формуле

$$V_m = \frac{\sigma_n}{X_{cp}}. \quad (4)$$

5.2.4.3 Определяют нижнюю границу доверительного интервала для контрольных образцов $X_{min}^{I}$ по формуле

$$X_{min}^{I} = X_{cp}^{I} - t_\beta \sigma_n^{I} \quad (5)$$

и $X_{min}^{II}$ для основных образцов после замораживания и оттаивания по формуле

$$X_{min}^{II} = X_{cp}^{II} - t_\beta \sigma_n^{II}, \quad (6)$$

где $t_\beta$ — критерий Стьюдента при доверительной вероятности $p = 0,95$, принимаемый по таблице 7 в зависимости от числа испытуемых образцов.

Таблица 7 — Критерий Стьюдента

| Число образцов $n$ | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|
| Критерий Стьюдента $t_\beta$ | 3,182 | 2,776 | 2,570 |

Образцы считают выдержавшими испытание на морозостойкость, если соблюдается соотношение

$$X_{min}^{II} \geq 0,9\, X_{min}^{I}. \quad (7)$$

5.2.4.4 Марку бетона по морозостойкости принимают по таблице 4 с учетом числа циклов, при котором сохраняется соотношение (7), уменьшение массы не превышает 2 % и на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер. Для бетона, к поверхности которого предъявляют требования по декоративности, и для бетона покрытий автомобильных дорог и аэродромов не допускается шелушение поверхности образцов. Пример обработки результатов испытаний приведен в приложении Д.

Для легкого бетона марок по морозостойкости F50 и менее критерием оценки результатов испытания является уменьшение средней прочности на сжатие основных образцов по сравнению со средней прочностью контрольных образцов.

Уменьшение средней прочности легкого бетона не должно превышать 15 %, при этом шелушение ребер и поверхности образцов должно отсутствовать.

## 6 Ускоренные методы определения морозостойкости

### 6.1 Второй метод

6.1.1 Испытание по второму ускоренному методу проводят замораживанием на воздухе образцов, насыщенных хлорида натрия, и последующим их оттаиванием в растворе хлорида натрия.

6.1.2 Ускоренные испытания по второму методу проводят по режиму, приведенному в таблицах 1 и 5 и подразделе 5.2.3.

### 6.2 Третий метод

Примечание — При испытании по третьему ускоренному методу для насыщения, замораживания и оттаивания образцов применяют водный раствор хлорида натрия (см. таблицу 1).

#### 6.2.1 Средства испытания и вспомогательные устройства

Средства испытания и вспомогательные устройства — по 5.2.1.

Морозильная камера должна обеспечивать достижение и поддержание температуры воздуха минус (50 ± 2) °С. Неравномерность температурного поля в воздухе полезного объема камеры не должна превышать 3 °С.

Емкости из коррозионно-стойкого материала для замораживания в растворе хлорида натрия каждого образца. Размер емкости должен обеспечивать зазор между гранями образца и стенками емкости не менее 10 мм.

#### 6.2.2 Подготовка к проведению испытаний

Подготовку к проведению испытаний проводят по 5.2.2.

#### 6.2.3 Проведение испытаний

6.2.3.1 Испытания проводят по 5.2.3 со следующими отличиями.

Основные образцы помещают в морозильную камеру в закрытых сверху емкостях, наполненных 5 %-ным водным раствором хлорида натрия, так, чтобы расстояние между стенками емкостей и стенками емкостей и камеры было не менее 50 мм. Температуру в закрытой камере понижают до минус (50 ± 2) °С и поддерживают в течение не менее 2,5 ч. Затем температуру в камере повышают до температуры минус 10 °С в течение (1,5 ± 0,5) ч, после чего образцы размерами 100×100×100 мм оттаивают в 5 %-ном водном растворе хлорида натрия температурой (20 ± 2) °С в течение не менее 2,5 ч, образцы размерами 150×150×150 мм — в течение не менее 3,5 ч.

6.2.3.2 Водный раствор хлорида натрия меняют в емкостях через каждые 20 циклов.

6.2.3.3 После заданного числа циклов основные образцы осматривают. Материал, отделяющийся от образца, снимают жесткой капроновой щеткой. Образцы обтирают влажной тканью, взвешивают и испытывают на сжатие.

#### 6.2.4 Обработка результатов испытаний

6.2.4.1 Обработку результатов испытаний выполняют по 5.2.4.

6.2.4.2 Марку бетона по морозостойкости принимают по таблице 4 с учетом числа циклов, при котором сохраняется соотношение (7), уменьшение массы образцов не превышает 2 %, отсутствуют трещины, сколы и шелушение ребер.

**Приложение А**
**(рекомендуемое)**

## Метод определения морозостойкости бетона по изменению динамического модуля упругости или скорости ультразвука, или деформаций

Примечание — Метод, приведенный в настоящем приложении, предназначен для определения морозостойкости образцов бетона при многократном замораживании и оттаивании по режимам первого или второго, или третьего метода с оценкой состояния образцов в зависимости от изменения значения динамического модуля упругости или скорости ультразвука, или значения деформаций. Метод применяют для образцов, изготовленных в лаборатории или отобранных из конструкций.

**А.1 Средства испытания и вспомогательные устройства**

Оборудование для изготовления, хранения и испытания образцов бетона — по ГОСТ 10180.

Морозильная камера, обеспечивающая достижение и поддержание температуры, указанной в таблице 1.

Ванна для насыщения образцов.

Ванна для оттаивания образцов, оборудованная устройством, обеспечивающим поддержание температуры воды или водного раствора хлорида натрия (20 ± 2) °С.

Деревянные подкладки треугольного сечения высотой 50 мм.

Лабораторные весы по ГОСТ 24104 с погрешностью взвешивания ± 1 г.

Приборы для измерения температуры: термометры, термометры сопротивления, термопары с погрешностью измерения ± 1 °С.

Установка или приборы для возбуждения поперечных колебаний образца и измерения частоты собственных поперечных колебаний в пределах от 100 до 10000 Гц.

Устройство для измерения деформации образцов, состоящее из штатива по ГОСТ 10197 и индикатора по ГОСТ 577 с погрешностью измерения ± 0,01 мм, или скоба с отсчетным устройством по ГОСТ 11098 с погрешностью измерения ± 0,012 мм.

Контрольный стержень из коррозионно-стойкой нержавеющей стали по ГОСТ 5632 к устройству для измерения деформаций. Длина стержня должна быть равной длине образца.

Прибор для определения скорости ультразвука в бетоне. Диапазон измерения времени распространения ультразвуковых колебаний от 20 до 1000 мкс.

Емкости для замораживания образцов. Материал емкостей должен быть деформируемым (исключающим давление льда на образец при замораживании).

Сетчатый контейнер для размещения основных образцов в морозильной камере.

Сетчатый стеллаж для размещения основных образцов в морозильной камере.

Вода по ГОСТ 23732 с содержанием растворимых солей не более 2000 мг/л.

Хлорид натрия по ГОСТ 4233.

**А.2 Образцы для испытаний**

А.2.1 Число образцов для испытаний должно быть не менее шести. Образцы изготовляют из бетонной смеси в лаборатории или отбирают из конструкции. Образцы-призмы размерами 100х100х300 (400) мм изготовляют в лаборатории в формах по ГОСТ 22685.

Изготовление и хранение образцов проводят в нормальных условиях по ГОСТ 10180.

А.2.2 Из конструкций по ГОСТ 28570 выбуривают алмазным инструментом керны диаметром от 60 до 150 мм. Из кернов изготовляют образцы-цилиндры высотой 3—4 диаметра керна (при измерении скорости ультразвука — 1—3 диаметра). Из тонкостенных и мелкоштучных изделий и конструкций допускается отбирать образцы размерами 100×(100—150) мм и толщиной, равной толщине изделия или конструкции. Не допускается высушивание образцов ниже влажности бетона в конструкции, из которой вырезаны образцы. Для защиты от высыхания отобранные из конструкции образцы помещают в полиэтиленовые пакеты или защищают другим способом.

А.2.3 Образцы для измерения деформаций оснащают реперами по ГОСТ 8269.0, пункт 4.22.31, рисунок 13. В образцы, изготовляемые в лаборатории, реперы устанавливают, закрепляя их в формах. В образцы, отобранные из конструкций, реперы устанавливают на эпоксидной смоле в высверленные лунки.

А.2.4 Для измерения температуры бетона в центре образца используют образец бетона, аналогичный основным образцам, с отверстием для установки датчика температуры.

**А.3 Проведение испытаний**

А.3.1 До начала испытаний образцы насыщают по 4.12 водой или 5 %-ным водным раствором хлорида натрия температурой (20 ± 2) °С. Образцы взвешивают, определяют длину образцов или скорость ультразвука, или частоту собственных поперечных колебаний образцов.

А.3.2 Для измерения температуры в образец бетона устанавливают температурный датчик, после чего образец с датчиком помещают в середину морозильной камеры.

А.3.3 В зависимости от режима испытаний (по первому, второму или третьему методу) насыщенные водой или 5 %-ным водным раствором хлорида натрия образцы размещают на стеллажах морозильной камеры или помещают в емкости с раствором хлорида натрия, которые устанавливают в морозильную камеру.

А.3.4 Замораживание и оттаивание образцов проводят по режиму первого, второго или третьего метода (см. таблицу 1). Продолжительность замораживания и оттаивания принимают в зависимости от минимального размера образцов по таблице 5. Для образцов минимальным размером 60—100 мм, отобранных из конструкций, принимают тот же режим, что и для образцов размерами 100×100×100 мм.

А.3.5 После заданного числа циклов замораживания и оттаивания определяют длину образцов или скорость ультразвука, или частоту собственных поперечных колебаний образцов. Число циклов принимают по таблице 4.

Примечание — В случае если марка бетона по морозостойкости не задана, испытания проводят последовательно при числе циклов, указанных в таблице 4, до достижения образцами критических значений параметров, указанных в А.5.

А.3.6 При испытании по первому и второму методам воду или раствор хлорида натрия в ваннах для оттаивания меняют через каждые 100 циклов замораживания и оттаивания. При испытании по третьему методу раствор хлорида натрия в емкостях меняют через каждые 20 циклов замораживания и оттаивания.

А.3.7 При повторной установке в камеру расположение образцов в камере меняют. Разность температуры в отдельных зонах по объему камеры в середине периода замораживания не должна превышать 3 °С.

А.3.8 Испытания продолжают до уменьшения массы образцов на 2 % или увеличения длины образцов на 0,1 %, или снижения скорости ультразвука при сквозном продольном прозвучивании на 15 %, или до уменьшения динамического модуля упругости на 25 % исходного значения.

А.3.9 При измерении массы и длины образцов, скорости ультразвука и динамического модуля упругости образцы осматривают и отмечают дефекты. При появлении трещин, сколов и шелушения ребер образцы снимают с испытаний.

А.3.10 При перерывах в испытании образцы следует хранить в замороженном состоянии по 4.13.

**А.4 Обработка результатов испытаний**

**А.4.1 Динамический модуль упругости**

Динамический модуль упругости $E_{отн}$, %, после $N$ циклов замораживания и оттаивания рассчитывают по формуле

$$E_{отн} = (E_1^2/E^2)\cdot 100 \text{ или } E_{отн} = (f_1^2/f^2)\cdot 100, \quad (А.1)$$

где $E$ — значение динамического модуля упругости до замораживания;

$E_1$ — значение динамического модуля упругости после $N$ циклов замораживания и оттаивания;

$f$ — частота собственных поперечных колебаний образца до замораживания;

$f_1$ — частота собственных поперечных колебаний образца после $N$ циклов замораживания и оттаивания.

**А.4.2 Скорость ультразвука**

Снижение скорости ультразвука в образце $\Delta S_{уз}$, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta S_{уз} = (S_1^2/S^2)\cdot 100, \quad (А.2)$$

где $S$ — скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании образца до замораживания;

$S_1$ — скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании образца после $N$ циклов замораживания и оттаивания.

**А.4.3 Деформация**

Относительную деформацию образцов $L_c$, %, после $N$ циклов замораживания и оттаивания рассчитывают по формуле

$$L_c = \frac{l_2 - l_1}{L_g}\cdot 100, \quad (А.3)$$

где $l_1$ — показание индикатора до замораживания, мм;

$l_2$ — показание индикатора после $N$ циклов замораживания и оттаивания, мм;

$L_g$ — длина образца до замораживания (расстояние между реперами), мм.

**А.4.4 Масса**

Изменение массы образца $\Delta m$, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m}\cdot 100, \quad (А.4)$$

где $m$ — масса образца до замораживания и оттаивания, г,

$m_1$ — масса образца после $N$ циклов замораживания и оттаивания, г.

**А.4.5 Протокол испытаний**

Протокол испытаний должен содержать следующие данные:

- способ изготовления образцов (например, изготовлены в лабораторной форме, вырезаны из затвердевшего бетона);

характеристику образцов:

- форма и размеры,
- место отбора и ориентация образцов, вырезанных из конструкции (параллельно или перпендикулярно укладываемым слоям бетонной смеси), другая информация,
- масса образцов до замораживания и после размораживания,
- расстояние между реперами,
- наличие дефектов перед испытаниями;

результаты испытаний:

- уменьшение массы каждого образца и среднее значение в серии,
- дефекты каждого образца, обнаруженные во время испытаний, и число циклов, при котором появились дефекты,
- значение относительного динамического модуля упругости до и после замораживания и оттаивания для каждого образца и среднее значение для серии образцов,
- деформация каждого образца и среднее значение для серии образцов,
- изменение (снижение) скорости ультразвука, %.

Примечание — В зависимости от принятого метода испытаний в протокол испытаний вносят результаты по А.4.1 или А.4.2, или А.4.3, или А.4.4.

**А.5 Заключение о результатах испытаний**

Образцы признают выдержавшими испытание, если снижение среднего для серии образцов значения скорости ультразвука не превышает 15 % исходного значения, или снижение среднего значения относительного динамического модуля упругости не превышает 25 %, или среднее значение деформаций образцов не превышает 0,1 %, при этом среднее значение уменьшения массы не превышает 2 %, на образцах отсутствуют трещины, сколы, шелушение ребер. Марку бетона по морозостойкости устанавливают по числу циклов замораживания и оттаивания, при котором образцы отвечают указанным выше критериям.

При испытании с применением нескольких способов контроля состояния образцов (скорости ультразвука, динамического модуля упругости, деформаций образцов) марку бетона по морозостойкости устанавливают по каждому среднему значению показателя, после чего принимают минимальную марку из установленных.

**Приложение Б**
**(обязательное)**

## Определение коэффициента перехода при испытании образцов бетона на морозостойкость различными методами

Примечание — В настоящем приложении приведены правила определения коэффициентов перехода при испытании образцов бетона на морозостойкость методами, приведенными в настоящем стандарте (далее — стандартные методы), и другими многоцикловыми методами.

Б.1 Коэффициенты перехода устанавливают для каждой марки бетона по морозостойкости, приведенной в таблице 4.

Б.2 Для установления значений коэффициентов перехода испытывают предлагаемым и стандартным методами по шесть серий образцов.

Б.3 Образцы каждой серии изготовляют из одной пробы бетонной смеси. Образцы всех серий должны твердеть в одинаковых условиях.

Средняя плотность бетона в каждой серии образцов не должна отличаться более чем на 30 кг/м$^3$.

Б.4 Для каждой серии образцов определяют значение коэффициента перехода $K_j$ от марки бетона по морозостойкости, определенной предлагаемым методом, к марке бетона, определенной стандартным методом, по формуле

$$K_j = \frac{n_{sj}^0}{n_{sj}}, \qquad (Б.1)$$

где $n_{sj}^0$ — среднее число циклов замораживания и оттаивания образцов, при котором достигается предельное значение характеристик образцов при испытании предлагаемым методом;

$n_{sj}$ — среднее число циклов замораживания и оттаивания образцов, при котором достигается предельное значение характеристик образцов при испытании стандартным методом.

Б.5 Для всех серий образцов вычисляют среднее значение коэффициента перехода $\overline{K}$ по формуле:

$$\overline{K} = \frac{\sum_{j=1}^{n} K_j}{n}. \qquad (Б.2)$$

где $n$ — число серий образцов.

Среднеквадратическое отклонение $\sigma_n$ определяют по формуле

$$\sigma_n = \frac{K_{max} - K_{min}}{\alpha}, \qquad (Б.3)$$

где $K_{max}$ и $K_{min}$ — максимальное и минимальное значения коэффициента перехода;

$\alpha$ — коэффициент, принимаемый по таблице 6.

Коэффициент вариации коэффициентов перехода $V_k$ определяют по формуле

$$V_k = \frac{\sigma_n}{\overline{K}}. \qquad (Б.4)$$

Экспериментально установленный коэффициент перехода $\overline{K}$ может быть использован, если значение коэффициента вариации $V_k$ не превышает 9 %.

**Приложение В**
**(справочное)**

## Обозначения основных параметров и характеристик бетона

В настоящем приложении приведены следующие обозначения основных параметров и характеристик бетона, применяемые в настоящем стандарте:

$n$ — число образцов;

$N$ — число циклов замораживания и оттаивания;

$t_\beta$ — критерий Стьюдента;

$X_{ср}$ — средняя прочность образцов;

$\alpha$ — коэффициент для расчета среднеквадратического отклонения;

$X_{min}^{I}$ — нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов;

$X_{min}^{II}$ — нижняя граница доверительного интервала прочности основных образцов;

$V_m$ — коэффициент вариации прочности;

$V_k$ — коэффициент вариации коэффициентов перехода $\overline{K}$;

$\sigma_n$ — среднеквадратическое отклонение;

$f$ — частота собственных колебаний образца до замораживания;

$f_1$ — частота собственных колебаний образца после $N$ циклов замораживания и оттаивания;

$E$ — динамический модуль упругости до замораживания образца;

$E_1$ — динамический модуль упругости после $N$ циклов замораживания и оттаивания образца;

$S$ — скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании до замораживания;

$S_1$ — скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании после $N$ циклов замораживания и оттаивания;

$m$ — масса образца до замораживания и оттаивания;

$m_1$ — масса образца после $N$ циклов замораживания и оттаивания;

$l_1$ — показание индикатора до замораживания;

$l_2$ — показание индикатора после $N$ циклов замораживания и оттаивания;

$L_g$ — длина образца до замораживания (расстояние между реперами).

Приложение Г
(рекомендуемое)

**Форма журнала испытаний бетона на морозостойкость**

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дата поступления образцов | 1 | Результаты испытаний образцов | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Номер серии и маркировка образцов | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дата изготовления или отбора образцов | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Размер образца, мм | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Масса образца, г | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Класс бетона по прочности | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Проектная марка бетона по морозостойкости F | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подпись лица, принявшего образцы на испытание | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дата испытаний | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Метод испытаний | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Масса насыщенного образца, г | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прочность при сжатии насыщенного образца, МПа | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Средняя прочность при сжатии насыщенных образцов в серии, МПа | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^1$ с коэффициентом 0,9 МПа | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Число циклов замораживания и оттаивания | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Масса образца, г | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Средняя уменьшение массы образцов, % | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наличие шелушения, трещин, сколов | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прочность при сжатии образца, МПа | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Средняя прочность при сжатии образов в серии, МПа | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Число циклов замораживания и оттаивания | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Масса образца, г | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Среднее уменьшение массы образцов, % | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наличие трещин, сколов, шелушения | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Прочность при сжатии образца, МПа | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Средняя прочность при сжатии образцов в серии, МПа | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^3$, МПа | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заключение о результатах испытаний | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подпись ответственного лица | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Исходные данные контрольных и основных образцов

контрольных

основных

после промежуточных испытаний

после итоговых испытаний

Начальник лаборатории _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

**Приложение Д**
**(справочное)**

## Пример обработки результатов испытаний

Таблица Д.1 — Прочность контрольных и основных образцов бетона (испытания — 37 циклов замораживания и оттаивания по третьему методу)

| Номер образца в серии | Прочность бетона, МПа | |
|---|---|---|
| | контрольных образцов | основных образцов |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 40,5 | 40,5 |
| 2 | 42,0 | 43,7 |
| 3 | 42,8 | 42,9 |
| 4 | 41,6 | 41,6 |
| 5 | 39,0 | 42,8 |
| 6 | 43,7 | 40,1 |

Рассчитывают среднее значение прочности контрольных образцов:

$X_{ср} = \frac{\sum X}{n}$ = (40,5+42,0+42,8+41,6+39,0+43,7):6 = 41,6 МПа, среднеквадратическое отклонение $\sigma_n = \frac{W_m}{\alpha}$ = 1,88 МПа, коэффициент вариации прочности $V_m = \frac{\sigma_n}{X_{ср}}$ = 1,88:41,6 = 0,0452 или 4,52 %.

Рассчитывают среднее значение прочности основных образцов

$X_{ср} = \frac{\sum X}{n}$ = (40,5+43,7+42,9+41,6+42,8+40,1):6 = 41,9 МПа, среднеквадратическое отклонение $\sigma_n = \frac{W_m}{\alpha}$ = = 1,44 МПа, коэффициент вариации прочности $V_m = \frac{\sigma_n}{X_{ср}}$ = 1,44:41,9 = 0,0346 или 3,46 %.

Определяют нижнюю границу доверительного интервала $X_{min}^{I}$ для контрольных образцов и $X_{min}^{II}$ для основных образцов после замораживания и оттаивания по формулам:

$$X_{min}^{I} = X_{ср}^{I} - t_\beta \sigma_n^{I},$$

$$X_{min}^{II} = X_{ср}^{II} - t_\beta \sigma_n^{II}.$$

Значение критерия Стьюдента $t_\beta$ принимают по таблице 7.

$X_{min}^{I}$ = 41,6 – 2,57·1,88 = 36,9 МПа;

$X_{min}^{II}$ = 41,9 – 2,57·1,44 = 38,2 МПа.

Результаты расчета приведены в таблице Д.2.

Таблица Д.2 — Результаты расчета

| Показатель | Значения показателей | |
|---|---|---|
| | контрольных образцов | основных образцов |
| $X_{ср}^{I}$, МПа | 41,6 | |
| $\sigma_n^{I}$, МПа | 1,88 | — |
| $X_{ср}^{II}$, МПа | — | 41,9 |
| $\sigma_n^{II}$, МПа | — | 1,44 |

*Окончание таблицы Д.2*

| Показатель | Значения показателей | |
|---|---|---|
| | контрольных образцов | основных образцов |
| $V$, % | 4,52 | 3,46 |
| $X_{min}^{I}$, МПа | 36,9 | — |
| $0,9X_{min}^{I}$, МПа | 33,2 | — |
| $X_{min}^{II}$, МПа | — | 38,2 |

Нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов с учетом коэффициента 0,9 равна 33,2 МПа, нижняя граница доверительного интервала прочности основных образцов равна 38,2 МПа.

**Вывод:** Образцы выдержали 37 циклов испытаний по третьему методу, что соответствует марке бетона по морозостойкости $F_2300$.

УДК 591.32:620.193.21:006.354 МКС 91.100.30 NEQ

Ключевые слова: морозостойкость бетона, марка по морозостойкости, цикл испытания, основные образцы, контрольные образцы

Редактор *И. З. Фатеева*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *С. И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 24.01.2014. Подписано в печать 13.02.2014. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,35. Тираж 158 экз. Зак. 137.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

МКС 91.100.30

**Поправка к ГОСТ 10060—2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости**

| В каком месте | Напечатано | Должно быть |
|---|---|---|
| Приложение А, формула (А.2) | $\Delta S_{уз} = (S_1^2/S^2) \cdot 100$ | $\Delta S_{уз} = 100(S - S_1):S$ |

(ИУС № 6 2017 г.)