

Стародубцев В.Г., канд. техн. наук, доц.,  
Делова М.И., канд. техн. наук, доц.  
Курский государственный университет

## ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

pgs@kursksu.ru

*В данной статье представлены результаты оценки морозостойкости образцов бетона сборных и монолитных железобетонных конструкций изготовленных, как в заводских условиях, так и в условиях строительной площадки. Представлены результаты испытаний и рекомендации по обеспечению проектной марки.*

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, бетон, прочность, морозостойкость, оценка, испытания, заводское изготовление, монолитный бетон, контрольные образцы.

Строительство зданий и сооружений с использованием сборного и монолитного железобетона требует специальных мер для обеспечения высокого качества выполняемых работ и особенно если работы выполняются при отрицательных температурах. К строительным конструкциям возводимых объектов предъявляются требования по прочности и долговечности, включая морозостойкость, т. е. способность материала в насыщенном водой состоянии длительное время выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание. Морозостойкость – явление, способное постепенно разрушить структуру бетона. При замораживании происходит процесс образования льда как вокруг зерен крупного и мелкого заполнителей, так и вокруг арматуры. Происходит миграция воды из менее охлажденных зон, которая отжимает цементное тесто от заполнителя и арматуры и, как следствие, уменьшает адгезию этих компонентов.

Все эти процессы снижают прочность, морозостойкость и другие физико-технические свойства бетона. Величина критической прочности и морозостойкости нормируется в зависимости от класса бетона и условий эксплуатации, причем регламентируется как для ненапрягаемой арматуры, так и для конструкций с предварительно напрягаемой арматурой.

На долговечность железобетонных конструкций, работающих в условиях попеременного замораживания и оттаивания, влияют условия эксплуатации, а также степень их нагружения. При замораживании влажных, не предварительно напряженных конструкций, усиливается процесс образования трещин в растянутой зоне, размер которых увеличен в сопоставлении с конструкциями, работающими в нормальных условиях. Это объясняется тем, что влага из менее разрушенной сжатой зоны активно фильтруется в растянутую из-за различия давления пара

переохлажденной адсорбированной воды в мелких порах и кристаллического льда в крупных порах и трещинах [3].

В последние годы наряду с производством строительных железобетонных конструкций в заводских условиях получило широкое распространение изготовление их непосредственно на строительной площадке (монолитное домостроение).

Общеизвестно, что условия строительной площадки, а особенно при производстве работ в зимних условиях, вносят определенный вклад, зачастую понижающий качество, как бетонной смеси, так и затвердевшего бетона. В связи с этим необходимо осуществлять контроль качества бетона на каждом технологическом переделе производства строительной конструкции используя стандартные разрушающие и неразрушающие методы.

Нами была оценена морозостойкость бетона заводского изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций. Контроль качества бетона осуществлялся испытанием стандартных образцов в лабораторных условиях, изготовленных из той же партии бетонной смеси и тех же условиях, что и строительные конструкции.

Для оценки влияния на качество бетона технологии строительных конструкций, изготовленных в условиях строительной площадки и в заводских условиях, был проведен анализ изменения марки бетона по морозостойкости. С той целью были изготовлены образцы бетона в формах, соответствующих требованиям стандарта (в нашем случае формы 100×100×100 мм, имеющие сертификат о калибровке № 308-1). Все образцы изготавливались как для конструкций монолитного бетона, так и для конструкций, производимых в заводских условиях. Способ и режим твердения бетонных образцов принимался такой же, как способ и режим твердения бе-

тона строительных конструкций.

Для определения морозостойкости контролируемых образцов использовали второй метод по ГОСТу 10060-2012. Испытание проводили в камере-морозильные лари серии ЕК, изготовитель Derby A/S, DK-9620 Aalestrub Denmark.

Контрольные образцы бетона перед испытанием насыщали 5 % раствором соли при  $t=18\pm 2$  °С. Для этого образцы погружали в жидкость на 1/3 их высоты на 24 часа, а затем уровень жидкости повышали до 2/3 высоты образца и выдерживали в таком состоянии еще 24 часа, после чего образцы полностью погружали в жидкость на 48 часов таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм. Число циклов испытания образцов бетона в течение одних суток должно быть не менее одного.

В случае вынужденного перерыва в испы-

тании образцы хранили на воздухе не более 5 суток. Перед продолжением испытания образцы вновь насыщали раствором соли.

Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости принимали по таблице 3 [1].

Для объемных балконов, изготавливаемых в заводских условиях, с маркой по морозостойкости F300 необходимо 75 циклов попеременного оттаивания и замораживания с промежуточным испытанием через 45 циклов, а для монолитного домостроения – F200 и 45 циклов.

В промежуточный срок испытания контролировали состояние образцов: появление трещин, отколов, шелушение поверхности. При появлении этих дефектов испытания прекращали. Образцы испытывали по следующему режиму: замораживание в течение 2,5 ч при  $t=-18\pm 2$  °С, оттаивание – 2,0±0,5 ч при  $t=+18\pm 2$  °С.

Таблица 1

**Результаты испытания образцов бетона для монолитного домостроения на морозостойкость**

Маркировка образца	Состав бетона	Осадка конуса, см	Режимы Термообработки, t °С. Теплопрогрев пушками	Масса в насыщенном состоянии, грамм	Прочность при сжатии, МПа	Результаты испытания итоговых образцов		Кол-во циклов	Марка по морозостойкости	Примечание
						Масса, грамм	Прочность при сжатии, МПа			
1	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=170кг	17 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1490	31,8	1400	29,6	45	не со-отв. F200	снижение прочности на 7 %
2	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=165кг	15 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1490	32,3	1420	30,8	45	F200	снижение прочности на 4,6 % или 5 % (на пределе)
3	Ц=431кг П=590кг Щ5-20=1230кг В=160кг	12 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1485	33,0	1455	32,0	45	F200	снижение прочности на 3 %
4	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=180кг	17 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1500	30,9	1425	29,4	45	F200	снижение прочности на 4,8 % (на пределе)
5	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=175кг	15 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1495	31,3	1460	30,4	45	F200	снижение прочности на 3 %
6	Ц=450кг П=700кг Щ5-20=1100кг В=170кг	12 см	(1+3+6+2) t=40 °С	1495	32,0	1480	31,5	45	F200	снижение прочности на 1,5 %

Оттаивание образцов проводили в ванне с водой при  $t=+18\pm 2$  °С. Образцы размещали таким образом, чтобы над верхней гранью был слой воды не менее 50 мм. Воду в ванне для оттаивания образцов меняли через каждые 100 циклов переменного замораживания и оттаивания. Основные образцы через 2-4 ч после извлечения из ванны испытывали на сжатие.

Марку бетона по морозостойкости принимали за соответствующую требуемой, если среднее значение прочности на сжатие основных образцов после установленных для данной

марки числа циклов переменного замораживания и оттаивания уменьшилось не более чем на 5% по сравнению со средней прочностью на сжатие контрольных образцов.

Результаты испытаний бетонных образцов на морозостойкость представлены в см. табл. 1, 2. Так же в таблица приведены составы бетона, режимы твердения образцов, которые соответствовали режимам и условиям твердения строительных конструкций, результаты испытания образцов на прочность.

Таблица 2

### Результаты испытание образцов бетона конструкций заводского изготовления

№ п/п	Наименование изделия, маркировка	Расход цемента, щебня, песка и водоцементного отношения	Осадка конуса, см	Режим термообработки, °С	Масса до начала испытания	Прочность на сжатие контрольных образцов, МПа	Результаты испытания итоговых образцов			
							Масса, г	Прочность на сжатие, МПа	Число циклов	Марка по морозостойкости
1	Ограждение лоджий ОГЛ	Ц=394кг В/Ц=0,31 Щ5-20 =1232кг П=590кг	4	Щелевая камера $t_{max}=50$ °С	2450	36,0	2430	35,2	75	F300
2	Плита лоджии, ПЛ	Ц=452кг В/Ц=0,3 Щ5-20 =1232кг П=530кг	3	Ямная камера (2+2+3+10) $t_{max}=55$ °С	2460	40,9	2425	40,0	75	F300
3	Плита лоджии, ПЛ	Ц=452кг В/Ц=0,31 Щ5-20 =1232кг П=530кг	3	Ямная камера (2+2+3+10) $t_{max}=55$ °С	2480	41,4	2440	40,7	75	F300
4	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,47 Щ5-20 =1100кг П=630кг	15	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2460	30,8	2320	29,3	75	Не соотв. F300
5	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,47 Щ5-20 =1100кг П=630кг	14	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2460	31,0	2335	29,4	75	Не соотв. F300
6	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,4 Щ5-20 =1220кг П=520кг	10	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2485	33,0	2365	31,5	75	F300
7	Объемные балконы, ОБ	Ц=461кг В/Ц=0,45 Щ5-20 =1050кг П=670кг	12	Термоформа (4+1+1+12) $t_{max}=60$ °С	2475	31,7	2430	30,6	75	F300

Как видно из табл.1,2 основным критерием, оказывающим влияние на морозостойкость бетона заводского изготовления, является водоцементное отношение (В/Ц). Для монолитного исследуемого бетона В/Ц в среднем составляет 0,4, а для бетона конструкций заводского изготовле-

ния – 0,3, что объясняется технологией укладки и уплотнения бетона в разных условиях. Разное водоцементное отношение обусловлено при подборе состава бетонной смеси разной подвижностью (осадка конуса) и как следствие разных методов уплотнения (вибростенды в за-

водских условиях и глубинные вибраторы в условиях строительной площадки).

Оценка результатов на морозостойкость бетона для конструкций, изготовленных в условиях строительной площадки, табл. 1, образец бетона №1 имеет снижение прочности 7 % и не соответствует проектной марке по морозостойкости. Также на пределе допустимых значений находятся результаты испытания образцов №2 и №4.

Оценка результатов на морозостойкость бетона конструкций заводского изготовления приведены в табл. 2. Образцы бетона 4 и 5 не соответствуют требованиям по морозостойкости.

#### **Выводы:**

Экспериментальные исследования показали, что подбор составов бетона и его стандартные испытания производились в заводской лаборатории. Снижение значений марки бетона по морозостойкости произошло из-за не соблюдения требований к транспортированию, укладки и условиям твердения бетонной смеси.

Для обеспечения марки бетона по морозостойкости необходимо при транспортировании бетонной смеси принимать все меры к сокращению времени от момента приготовления бетонной смеси до момента укладки и уплотнения. Не допускать горизонтальных перемещений бетонной смеси и предохранять от вредных атмосферных воздействий (снег, дождь), что приводит к увеличению водоцементного отношения. Увеличенное В/Ц приводит к фильтрации бетона и не способствует образованию резервных пор, как объему по равномерному перераспре-

делению влаги. Несоблюдение правил уплотнения бетонной смеси приводит к неоднородности материала по высоте конструкций и к появлению недоуплотненных участков и пустот. При выполнении бетонных работ соблюдать условия твердения бетона по температуре и влажности, выбирать способы твердения бетона при отрицательных температурах.

Организация бетонных работ в условиях строительной площадки требует соблюдение правил производства работ. Обеспечение марки бетона по морозостойкости может быть достигнуто при контроле качества на всех стадиях: подбор состава, приготовление бетонной смеси, транспортирование на объект, укладка в конструкцию и условия твердения [2, 4].

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования. М.: «Стандартинформ», 2014, 19 с.
2. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004, М.:2011. 21с.
3. Подвальный А.М. Стратегия обеспечения морозостойкости и долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Технологии бетонов, информационный научно-технический журнал // ООО ЦНТИ "Композит". М.: Композит, 2007. С. 62–64
4. Стародубцев В.Г., Поветкин С.В. Производство бетонных работ в зимних условиях: учеб. Пособие; Курск ГТУ. Курск, 2007. 167 с.

---

**Starodubtsev V.G., Delova M.I.**

#### **EVALUATION FROST CONCRETE FACTORY-BUILT MODULAR AND MONOLITHIC CONCRETE CONSTRUCTIONS**

*This article presents the results of the frost-evaluation of samples of concrete prefabricated and monolithic concrete constructions manufactovlennyh, both in the factory and in the conditions of the building place. The results of tests and provide recommendations on the design of the brand-NIJ.*

**Key words:** reinforced concrete constructions, concrete, strength, frost-resistance, evaluation, testing, factory production, monolithic concrete control samples.

---

**Стародубцев Владимир Гаврилович**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru

**Делова Маргарита Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru