

УДК 691.32; 691.328

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4\(27\)-84-96](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4(27)-84-96)

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКИХ СТАНДАРТОВ, ИДЕНТИЧНЫХ ЕВРОПЕЙСКИМ

APPLICATION IN CONSTRUCTION THE RUSSIAN STANDARDS, IDENTICAL TO THE EUROPEANS

С. А. ПОДМАЗОВА, канд. техн. наук

Б. С. СОКОЛОВ, канд. техн. наук

М. В. ГЛУШКОВА

Н. С. ДМИТРИЕВ

В статье представлен сравнительный анализ отечественных нормативных документов и европейских стандартов, содержащих технические требования и эксплуатационные характеристики бетонов и правила их изготовления. Установлены связи между техническими требованиями и возможностью прямого применения европейских стандартов в российской строительной индустрии. В процессе работы проводились исследования качественных характеристик бетона, полученных на основе применения европейских и отечественных методик. По результатам выполненного мониторинга нормативных документов и лабораторных исследований сделан вывод о необходимости выполнения работ по определению возможности взаимосвязи требований ГОСТ 31384-2017 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования» по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости с частью рекомендуемых технологических требований по предельным величинам, назначаемым при подборе состава бетона по ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 «Бетон. Общие технические условия».

The comparative analysis of domestic normative documents and the European standards containing technical requirements and operational characteristics of concrete, rules of their manufacturing is presented. Relations between technical requirements and an opportunity of direct application of the European standards in the Russian building industry are established. During work carrying out researches of qualitative characteristics of the concrete received by application of the European and domestic techniques. By results of the executed monitoring normative documents and laboratory researches the conclusion about necessity of carrying out of works to determine an opportunity of interrelation of requirements of GOST 31384-2017 «Protection of concrete and reinforced concrete structures against corrosion The general technical requirements» on durability, water resistance and frost resistance with a part of recommended technology requirements on the limiting values appointed at selection of mixture of concrete in accordance with GOST Р 57345-2016/EN 206-1:2013 «Concrete. The general specifications» presented.

Ключевые слова:

Бетон, водонепроницаемость, европейские стандарты, морозостойкость, отечественные нормативные документы, оценка соответствия, среды эксплуатации, эксплуатационные характеристики

Key words:

Concrete, domestic normative documents, environment of operation, estimation of conformity, European standards, frost resistance, operational characteristics, water resistance

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО НИЦ «Строительство» является разработчиком основополагающих национальных стандартов и сводов правил, применение которых обеспечивает надежность и безопасность строящихся и эксплуатируемых железобетонных зданий и сооружений, в том числе ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования [1], ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия [2], ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия [3], ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования [4], СП 28.13330.2017 СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии [5]. В области бетона основополагающим в Европе и в мировой практике в целом является разработанный в 2000 г. стандарт EN 206-2000 Concrete – Specification, performance, production and conformity, который приказом Росстандарта от 13 декабря 2016 г. №2015-ст введён в действие для прямого применения как ГОСТ Р 57345-2016 (EN 206-1:2013) Бетон. Технические требования, эксплуатационные характеристики, производство и оценка соответствия [6] (далее EN 206) при наличии действующего в Российской Федерации межгосударственного стандарта ГОСТ 26633-2015 [2] и других из числа уже указанных стандартов.

В Предисловии к этому стандарту не указано, каким образом соотносится этот документ с действующими отечественными стандартами, прежде всего – с ГОСТ 26633-2015, которыми ежедневно пользуются лаборатории нескольких тысяч заводов по производству бетона в России и в других странах ЕАЭС. В Европе реальное применение EN 206 обеспечивается 44 другими стандартами, на которые он ссылается. В предисловии к российскому аналогу EN 206, стандарту ГОСТ Р 57345-2016 (EN 206-1:2013) [6], указано, что при применении настоящего стандарта вместо ссылочных международных и европейских стандартов рекомендуется использовать соответственно либо национальные, либо межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в приложении ДА.1 к указанному стандарту. При обращении к этому приложению, однако, выясняется, что в таблице ДА.1 не указан ни один соответствующий стандарт, и рекомендуется, за отсутствием аутентичных российских стандартов, пользоваться переводами на русский евростандартов, указанных в этой же таблице. Очевидно, что всем этим блоком стандартов можно будет пользоваться только после того как все их переводы будут утверждены как ГОСТы Р. По этой причине приказом Росстандарта действие ГОСТ Р 57345-2016 временно приостановлено. Стандарт, тем не менее, представлен в информационных базах и доступен для ознакомления. Следует подчеркнуть, что это основной действующий евростандарт на бетон, на соответствие требованиям которого

в Европе выпускается ежегодно около 300 миллионов кубометров бетона. Кроме того, данный стандарт является базовым для европейских норм на проектирование железобетонных конструкций зданий, Еврокда-2 «Железобетонные конструкции зданий. Нормы проектирования», EN 1992-2.

1. Сопоставительный анализ российских и европейских стандартов на бетон

1.1. Российские стандарты

В российском стандарте ГОСТ 26633-2015 [2] установлены следующие параметрические ряды характеристик бетона по показателям качества:

– по прочности:

классы прочности на сжатие В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В27,5; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60; В65; В70; В75; В80; В90; В100; В110; В120;

классы прочности на осевое растяжение В_t 0,8; В_t 1,2; В_t 1,6; В_t 2,0; В_t 2,4; В_t 2,8; В_t 3,2; В_t 3,6; В_t 4,0; В_t 4,4; В_t 4,8;

классы прочности на растяжение при изгибе В_{tb} 1,2; В_{tb} 1,6; В_{tb} 2,0; В_{tb} 2,4; В_{tb} 2,8; В_{tb} 3,2; В_{tb} 3,6; В_{tb} 4,0; В_{tb} 4,4; В_{tb} 4,8; В_{tb} 5,2; В_{tb} 5,6; В_{tb} 6,0; В_{tb} 6,4; В_{tb} 6,8; В_{tb} 7,2; В_{tb} 8,0; В_{tb} 8,4; В_{tb} 8,8; В_{tb} 9,2; В_{tb} 9,6; В_{tb} 10,0;

– по морозостойкости:

марки по первому базовому методу F₁50; F₁75; F₁100; F₁150; F₁200; F₁300; F₁400; F₁500; F₁600; F₁800; F₁1000;

марки по второму базовому методу F₂100; F₂150; F₂200; F₂300; F₂400; F₂500;

– по водонепроницаемости

марки W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20;

– по истираемости при испытании на круге истирания

марки G1, G2, G3.

Для проектирования состава бетона в российских стандартах предусмотрены требования как по прочности бетона, так и по водонепроницаемости и морозостойкости.

Требуемую водонепроницаемость следует обеспечивать путем применения определенных компонентов бетонной смеси и надлежащим назначением величин цементно-водного отношения и прочности бетона по табл. 1 (табл. А.1 [7]).

Таблица 1

Ориентировочные технологические параметры, обеспечивающие водонепроницаемость бетона

Диапазон технологических показателей	Марка по водонепроницаемости, W		
	4-6	8-10	12-14
Водоцементное отношение (В/Ц)	0,6-0,55	0,5-0,45	0,4-0,35
Нормативная прочность бетона при коэффициенте вариации 13,5%, МПа	30-35	40-45	50-60
Примечание: ориентировочные технологические параметры определены при применении цемента ЦЕМ I 42,5Н и крупного заполнителя фракции 5–20 мм.			

Требования по морозостойкости следует обеспечивать путем применения определенных заполнителей и назначением цементно-водного отношения и прочности из условий обеспечения морозостойкости бетона по табл. 2 (табл. А.2 Рекомендаций [7]).

Таблица 2

**Ориентировочные технологические параметры,
обеспечивающие морозостойкость бетона**

Технологические показатели	Марка по морозостойкости			
	75-100*	200-300*	400-500*	600-700*
	-	100**	200-300**	400-500**
Максимальное водоцементное отношение (В/Ц)	0,6	0,55	0,45	0,40
Минимальная нормативная прочность бетона при коэффициенте вариации 13,5%, МПа	25,0	35,0	45,0	50,0
Добавки по ГОСТ 24211	-	Воздуховлакающая (газообразующая)		
Воздуховлечение, %	-	4 – 7		
Морозостойкость щебня	-	не менее F150 по ГОСТ 8267		
* – Морозостойкость всех видов бетонов, кроме бетонов для транспортного строительства и дорожных и аэродромных покрытий, F_1 ;				
** – Морозостойкость бетонов для транспортного строительства и дорожных и аэродромных покрытий, F_2 .				

Система подбора составов бетона по ГОСТ 27006-2019 [11] разработана только для обеспечения прочностных характеристик бетона в соответствии с проектными требованиями, а Рекомендации [7] решают проблему подборов составов бетона путем назначения более широкого спектра требований к бетону, например, таких как прочность, водонепроницаемость и морозостойкость.

По табл. Е.1 ГОСТ 31384-2017 [4] и табл. Ж.1 СП 28.13330.2017 [5] к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур, в зависимости от температуры наружного воздуха предъявляются следующие требования (табл. 3):

Таблица 3

**Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих
в условиях знакопеременных температур**

Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	Марка бетона по морозостойкости ¹⁾ , не ниже
1. Попеременное замораживание и оттаивание:	Ниже -40	F_2 450
а) в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов	Ниже -20 до -40 включ.	F_2 300
	Ниже -5 до -20 включ.	F_2 200
	-5 и выше	F_2 100
	б) в насыщенном состоянии при действии пресных вод	Ниже -40
	Ниже -20 до -40 включ.	F_1 300
	Ниже -5 до -20 включ.	F_1 200
	-5 и выше	F_1 150

Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	Марка бетона по морозостойкости ¹⁾ , не ниже
в) в условиях эпизодического увлажнения (например, надземные конструкции, подвергающиеся атмосферным воздействиям)	Ниже -40	F ₁ 300
	Ниже -20 до -40 включ.	F ₁ 200
	Ниже -5 до -20 включ.	F ₁ 150
	-5 и выше	F ₁ 100

¹⁾ F₁ – марка бетона по морозостойкости по первому базовому методу ГОСТ 10060, F₂ — марка бетона по морозостойкости по второму базовому методу ГОСТ 10060.

Примечания

1. При консервации незавершенного строительства, а также в период строительства следует обеспечить защиту от увлажнения или теплоизоляцию конструкций, например, обваловкой грунтом фундаментных конструкций.
2. Для конструкций, части которых находятся в различных влажностных условиях, например, опоры ЛЭП, колонны, стойки и т.п., марку бетона по морозостойкости назначают как для наиболее подверженного увлажнению и замораживанию участка конструкции.
3. Марки бетона по морозостойкости для конструкций сооружений водоснабжения, мостов и труб, аэродромов, автомобильных дорог и гидротехнических сооружений следует назначать согласно требованиям соответствующих документов*, действующих на территории государства-участника Соглашения.
4. Расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается согласно нормативным документам**, действующим на территории государства-участника Соглашения, как температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

В зависимости от уровня агрессивности среды по таблицам Е.3 ГОСТ 31384-2017 [4], Ж.3 СП 28.13330.2017 [5] назначается марка по водонепроницаемости (табл. 4).

Таблица 4

Требования к железобетонным конструкциям, эксплуатирующимся при воздействии газовых и твердых агрессивных сред

Группа арматурной стали	Классы арматуры ¹⁾	Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин, мм ²⁾ , в среде			Минимальная толщина защитного слоя бетона ³⁾ , мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости ⁶⁾ (под чертой) в среде		
		слабо-агрессивной	средне-агрессивной	сильно-агрессивной	слабо-агрессивной	средне-агрессивной	сильно-агрессивной
Конструкции без предварительного напряжения							
I	A240 A400 A500 B _p 500 B500	3 0.25 (0,20)	3 ⁴⁾ 0.15(0.10)	3 ⁴⁾ 0.10 (0.05)	20 W4	20 W6	25 W8
Конструкции с предварительным напряжением							
II	A600	2	1	1	25	25	25
		0.15(0.10)	–	–	W6	W8	W8
	A800 ⁵⁾	2	1	1	25	25	25
	A1000 ⁵⁾	0.15(0.10)	–	–	W6	W8	W8
	B-1200 ⁷⁾ Bp1300 ⁷⁾ Bp1400 ⁷⁾ Bp1500 ⁷⁾ Bp1600 ⁷⁾ K1400(K7) K1500(K7) K1600 K1700	2 0.10	1	1	25 W8	25 W8	25 W8

Группа арматурной стали	Классы арматуры ¹⁾	Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин, мм ²⁾ , в среде			Минимальная толщина защитного слоя бетона ³⁾ , мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости ⁶⁾ (под чертой) в среде		
		слабо-агрессивной	средне-агрессивной	сильно-агрессивной	слабо-агрессивной	средне-агрессивной	сильно-агрессивной
Конструкции с предварительным напряжением							
III	Композитная полимерная арматура	Ширина раскрытия трещин из условий коррозионного воздействия не нормируется. Максимально допустимую ширину раскрытия трещин (0,5 мм – при продолжительном раскрытии; 0,7 мм – при непродолжительном раскрытии), марку бетона по водонепроницаемости, минимальную толщину защитного слоя назначают с учетом конструктивных требований* нормативных документов, действующих на территории государства – участника Соглашения.					
Примечания							
¹⁾ Обозначения классов арматуры приняты в соответствии с нормативными документами*, действующими на территории государства-участника Соглашения. Классы арматуры, методы их изготовления и эксплуатационные характеристики принимают в соответствии с нормативными документами. ²⁾ Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина непродолжительного и продолжительного (в скобках) раскрытия трещин. ³⁾ Толщина защитного слоя для сборных железобетонных конструкций. Для монолитных конструкций толщину защитного слоя следует увеличивать на 5 мм. ⁴⁾ В конструкциях без предварительного напряжения арматура классов А400, А500 и А600, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 40 ч. ⁵⁾ В конструкциях с предварительным напряжением арматура классов А600, А800, А1000, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 100 ч. ⁶⁾ Марки бетона по водонепроницаемости для средне- и высокоагрессивных сред даны из условия наличия изоляционных покрытий. При отсутствии покрытий марки бетона по водонепроницаемости должны быть увеличены и назначаются в каждом конкретном случае в зависимости от вида конструкций и условий воздействия среды. ⁷⁾ Высокопрочная проволока может выпускаться гладкой или периодического профиля.							

В ГОСТ 31384-2017 [4] даны таблицы, где указываются степень агрессивного воздействия различных сред эксплуатации, и для защиты бетона от коррозии этот стандарт рекомендует соответствующие марки по водонепроницаемости и морозостойкости бетона.

В зависимости от видов и уровня сред эксплуатации назначается марка по водонепроницаемости от W4 до W20 или в условиях знакопеременных температур марка по морозостойкости F1 75-300 или F2 100-450.

1.2. Зарубежные стандарты

В упомянутом ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 [6] представлена характеристика классов по прочности на сжатие бетона.

Классы по прочности на сжатие для тяжелого и особо тяжелого бетонов:

C8/10 (8 – прочность образца-цилиндра, 10 – прочность образца-куба), C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115.

Классы по прочности на сжатие для легкого бетона:

LC8/9, LC12/13, LC16/18, LC20/22, LC25/28, LC30/33, LC35/38, LC40/44, LC45/50, LC50/55, LC55/60, LC60/66, LC70/77, LC80/88.

Для определения класса бетона используют значения прочности образцов-цилиндров ($f_{ck,cyl}$) диаметром 150 мм и высотой 300 мм в возрасте 28 сут или значения прочности образцов-кубов ($f_{ck,cube}$) с ребром 150 мм в возрасте 28 сут при испытании по EN 12390-3 [8].

Согласно ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 [6] основными нормируемыми и контролируемыми показателями качества легкого бетона являются:

- класс по прочности на сжатие;
- классы по средней плотности.

2. Исследование эксплуатационных характеристик бетона для обеспечения жизненного цикла бетона конструкций в период эксплуатации

Как уже было показано ранее, в ГОСТ 26633-2015 [2] приведены параметрические ряды, в том числе в части морозостойкости бетона: по первому методу диапазон марок по морозостойкости – от $F_{1,50}$ до $F_{1,1000}$, по второму методу диапазон марок – от $F_{2,100}$ до $F_{2,500}$.

В Приложении Ж СП 28.13330.2017 [5] и в таблице Е.1 Приложения Е (обязательного) ГОСТ 31384-2017 [4] показано, что в зависимости от среды эксплуатации и температуры наружного воздуха назначается марка по морозостойкости бетона в диапазоне марок по морозостойкости по первому методу $F_{1,100}$ – $F_{1,400}$ и по второму методу – в пределах $F_{2,100}$ – $F_{2,450}$ [4].

В стандарте ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 [6] использована аббревиатура XF1-XF4, которая обозначает морозостойкость бетона при разных условиях эксплуатации. При этом заданы технологические параметры в виде водоцементного отношения от 0,55 до 0,45 и класса бетона по прочности от В30 до В37 (ориентировочная нормативная прочность соответственно 40,0 и 50,0 МПа). В таблице А2 Рекомендаций [7] указано, что для обеспечения морозостойкости от $F_{1,75}$ до $F_{1,700}$ или для $F_{2,100}$ - $F_{2,500}$ необходимо назначать В/Ц от 0,6 до 0,4 при нормативной прочности 30,0 – 50,0 МПа, т.е. для обеспечения требуемой морозостойкости следует назначить определённые В/Ц и нормативную прочность.

2.1 Экспериментальная проверка указанных соотношений по показателям морозостойкости

В начале постановки опытов экспериментальным путём был разработан режим по времени циклов замораживания и оттаивания, при котором образцы проходят полное замораживание при достижении температуры -50 ± 2 °С и поддержании этой температуры воздуха в течение не менее 2,5 ч и полное оттаивание при температуре плюс (20 ± 2) °С и выдерживание образцов в течение не менее 2,5 ч.

Перед испытаниями бетонных образцов на морозостойкость по третьему методу по ГОСТ 10060-2012 [9] необходимо было отрегулировать режим испытаний в климатической камере. Для этого в климатической камере был установлен ряд термодатчиков, измеряющих температуру воздуха в нижней и верхней секциях камеры, а также температуру 5%-ного водного раствора NaCl, в среде которого образцы проходили испытание. Показания термодатчиков регистрировались специальным прибором-самописцем, информация с которого затем была перенесена на ПК, и построены графики динамики показателей температур при испытании образцов на морозостойкость.

После нескольких попыток режим камеры был отрегулирован окончательно: температура воздуха при замораживании (рис. 1) минимально доходила до минус 49 °С (выдержка в течение 2,5 ч), а максимальная температура оттаивания составила плюс 22 °С (выдержка в течение 7 ч). Оба значения температур были в пределах нормы. Температуры солевого раствора и бетонных образцов сравнивались и составляли минус 41 °С и плюс 20 °С соответственно.

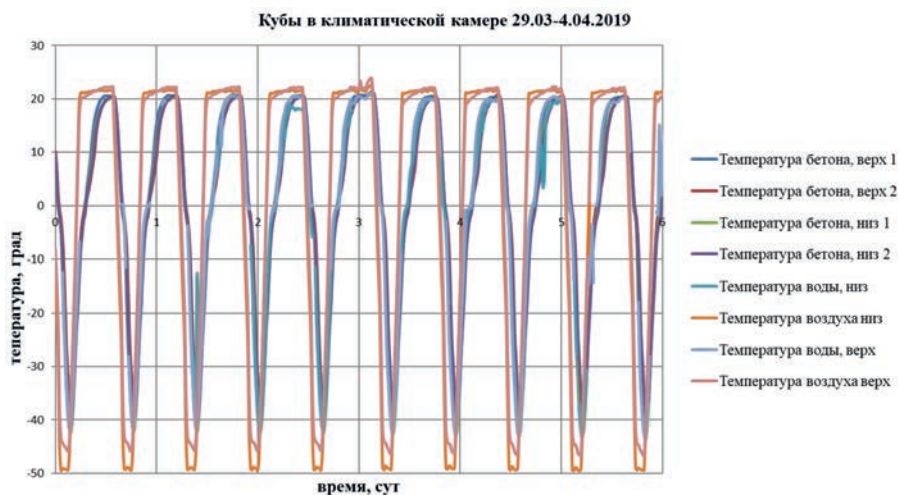


Рис. 1. Динамика показателей температур при испытании образцов на морозостойкость 29.03 – 4.04.2019 г., 10 циклов

Для определения уровня морозостойкости бетона были разработаны три состава с диапазоном изменений В/Ц от 0,6 до 0,45, причём для определения морозостойкости по первому методу (F_1) три состава были без воздухововлекающей добавки, а по второму методу (F_2) – два состава с расходом цемента 420 кг/м³ и 360 кг/м³ с воздухововлекающей добавкой. Из них изготовлены образцы-кубы (10×10×10 см) для испытания на морозостойкость по третьему ускоренному методу в солях по ГОСТ 10060-2012 [9]. Для испытания по первому методу (F_1) были изготовлены 24 образца (6 контрольных водонасыщенных образцов, 6 основных образцов для испытания на марку F_1 100, 6 – на F_1 200, 6 – на F_1 300) каждого состава (всего 72 образца), по второму методу (F_2) – 18 образцов (6 контрольных водонасыщенных образцов, 6 основных образцов для испытания на марку F_2 200, 6 – на F_2 300) каждого состава (всего 36 образцов). Подготовка образцов для испытаний была проведена согласно п. 4.12 ГОСТ 10060-2012.

На основании полученных результатов можно утверждать, что по первому методу разработанный состав бетона обеспечивает морозостойкость от F_1 100 (3 цикла) до F_1 300 (8 циклов) (табл. 5) при В/Ц от 0,6 до 0,45.

Потери по массе составили не более 2%.

Для определения морозостойкости по второму методу были разработаны два состава с воздухововлекающей добавкой и с В/Ц = 0,45 и В/Ц = 0,5.

Результаты испытаний показывают, что состав с В/Ц = 0,45 и расходом цемента 420 кг/м³ выдерживает морозостойкость F_2 300 (37 циклов) с потерями по прочности до 5% (см. табл. 5).

Описанные исследований морозостойкости бетона при заданных В/Ц от 0,45 до 0,55 показывают, что бетон данного состава обеспечивает марку по морозостойкости F_1 100 – F_1 300 и F_2 100 и F_2 300, т. е. с повышением В/Ц отношения и снижением прочности наблюдается снижение морозостойкости бетона. Например, с повышением В/Ц от 0,45 до 0,6 снижается морозостойкость бетона до F_1 100.

Результаты испытаний бетона по определению морозостойкости по первому (F_1) и по второму (F_2) методам

Расход цемента, кг/м ³	В/Ц	В/Ц по Рекомендациям [7]	Прочность на сжатие в возр. 28 сут, МПа	То же, по Рекомендациям [7]	Марка по морозостойкости по ГОСТ 10060-2012 [9]	
					F_1	F_2
420	0,45	0,55	58,0	35,0	300	
360	0,5	0,55	51,8	35,0	200	
300	0,6	0,6	39,4	25,0	100	
420	0,45	0,45	49,2	45,0		300
360	0,5	0,45	43,2	45,0		200

В ГОСТ Р 57345-2016 (EN 206-1:2013) [6] морозостойкость обозначена индексами XF1-XF4, технологические параметры назначаются практически в тех же пределах, что и в Рекомендациях [7], и на каждое В/Ц отношение, указанное при XF1, XF2, XF3 и XF4, можно рекомендовать марки по морозостойкости, полученные на базе выполненных экспериментальных исследований.

В случае если в России проект здания или сооружения будет разработан в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 и там будет указана морозостойкость в виде индексов XF, то следует определить по величине В/Ц и нормативной прочности бетона марку по морозостойкости и провести испытания для подтверждения марки по морозостойкости под индексом XF на каждое В/Ц.

2.2. Экспериментальная проверка соотношений по показателям водонепроницаемости при различных В/Ц и расходах цемента

На следующем этапе при проведении эксперимента применялись два метода для определения водонепроницаемости:

1) Марка бетона по водонепроницаемости определяется замером давления воды, при котором не наблюдается просачивание на четырех из шести образцов при испытаниях по методу «мокрого пятна». Полученные значения определяют максимальное давление воды, при котором бетон является водонепроницаемым и не будет пропускать влагу.

2) Использован прибор «АГАМА-2Р», предназначенный для ускоренного определения проницаемости материалов (бетона, раствора и т.п.) в образцах, изделиях и конструкциях, в том числе для определения сопротивления бетона прониканию воздуха и контроля по этому показателю водонепроницаемости бетона по ГОСТ 12730.5-84 [10]. Принцип действия прибора основан на создании заданного разрежения в камере прибора, ограниченной с одного торца поверхностью испытываемого материала, и измерении времени, необходимого для повышения на данном интервале давления в камере за счёт фильтрации в неё окружающего воздуха через испытываемый материал, с последующим автоматическим пересчетом измеряемых и заданных величин в сопротивление прониканию воздуха через материал.

Для определения водонепроницаемости разработаны три состава с В/Ц от 0,45 до 0,65, поскольку согласно таблице F1 ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 [6] для обеспечения за-

щиты от карбонатного, хлоридного и агрессивного химического воздействия назначают В/Ц от 0,45 до 0,65. По таблице А.1 Рекомендаций [7] диапазон В/Ц от 0,6 до 0,35 с ориентировочной прочностью 35,0-60,0 МПа и маркой по водонепроницаемости от W6 до W14. В ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 в зависимости от вида среды эксплуатации классы прочности бетона C25(30)-C45(55) указаны при В/Ц 0,55-0,45.

Для проведения эксперимента были изготовлены следующие образцы:

- 1) 10×10×10 см – три состава по два образца в серии для определения прочности;
- 2) 15×15×15 см – три состава по два образца в серии для определения водонепроницаемости по ускоренному методу, плотности и прочности бетона;
- 3) цилиндры с диаметром 15 см и высотой 15 см – три состава по два образца в серии для определения водонепроницаемости по методу «мокрого пятна».

Результаты испытаний сведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты испытаний образцов кубов бетона размером 15×15×15 см и цилиндров высотой 15 см по определению водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5-84 [10]

Расход цемента, кг/м ³	В/Ц	В/Ц по Рекомендациям [7]	Прочность на сжатие кубов 10×10×10 в возр 28 сут, МПа	Прочность на сжатие кубов 15×15×15 в возр. 28 сут, МПа	Прочность по Рекомендациям [7]	Марка по водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости по прибору АГАМА – 2Р	Марка по водонепроницаемости по «мокрому пятну»
420	0,48	0,38-0,35	62,9	60,5	50-60	18	16
360	0,55	0,38-0,35	45,8	46,0	50-60	16	14
300	0,65	0,4-0,45	39,4	36,4	40-45	10	6
360	0,55	0,4-0,45	-	50,4	40-45	10	12

Как видно из таблицы, прочность по кубам с ребром 15 см от 60,0 МПа до 36,0 МПа; при повторном изготовлении состава бетона с расходом цемента 360 кг/м³ и В/Ц 0,55 была получена прочность бетона на образцах с ребром 15 см около 50,0 МПа.

Результаты, полученные по ускоренному методу, имеют достаточно большой разброс показателей:

- 1 состав – водонепроницаемость от 16 до 20;
- 2 состав – водонепроницаемость от 16 до 20;
- 3 состав – водонепроницаемость от 10 до 14.

Испытания проводили с установкой прибора АГАМА-2Р параллельно слоям уложенной смеси.

Результаты испытаний бетона по «мокрому пятну» показали следующее:

- 1 состав – расход цемента 420 кг/м³, В/Ц = 0,48 – W16;
- 2 состав – расход цемента 360 кг/м³, В/Ц = 0,55 – W14;
- 3 состав – расход цемента 300 кг/м³, В/Ц = 0,65 – W6;

Водонепроницаемость 2-го состава, который повторили на 6 цилиндрах, показала значение W12.

На основании результатов описанного эксперимента по определению марки по водонепроницаемости при определенных В/Ц и прочности бетона наблюдается закономер-

ность по величине марки по водонепроницаемости и величине прочности, но, в отличие от эксперимента по морозостойкости, диапазон показателей по водонепроницаемости несколько шире.

Дополнительно следует отметить, что при В/Ц 0,55 и В/Ц 0,65 и, соответственно, расходах цемента 360 кг/м³ и 300 кг/м³ наблюдается существенная разница в показателях водонепроницаемости W12-W14 и W6. Необходимо дополнительно проверить состав, например, с расходом 330 кг/м³ и В/Ц = 0,6.

По результатам исследований можно сделать вывод, что:

– имеет место зависимость показателя водонепроницаемости от прочности бетона в большей степени, чем зависимость от В/Ц;

– в случае если в проекте указана марка по водонепроницаемости, то ее можно соотнести с определенным классом по прочности;

– в случае если проект выпущен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 и указан вид среды эксплуатации, то по В/Ц или классу (С) можно выйти на российскую марку по водонепроницаемости и, соответственно, на класс (В) по прочности;

– определив ориентировочную марку по водонепроницаемости, В/Ц и прочность бетона, следует экспериментально проверить воспроизводимость результатов;

– на основании результатов экспериментов подтверждена зависимость «морозостойкость – прочность» и «водонепроницаемость – прочность», для которых составы бетона разработаны с учётом технологических требований, указанных в таблице для всех видов сред эксплуатации.

Выводы

1. Выполнен сопоставительный анализ отечественных и европейских стандартов, содержащих технические требования и эксплуатационные характеристики бетонов, правила их изготовления и оценки соответствия.

2. В отечественных нормативных документах на бетон даны конкретные количественные показатели эксплуатационных характеристик бетона (водонепроницаемость, морозостойкость), и их соблюдение достигается дополнительными требованиями к проектированию состава бетона, в то время как в европейских нормативных документах эти показатели отсутствуют. Вместо этого устанавливается степень агрессивности среды, и в зависимости от этого назначают дополнительные требования при проектировании состава бетона.

3. В настоящее время в отечественном нормативном документе ГОСТ 31384-2017 присутствует адаптированная таблица F.1 из ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 с некоторыми изменениями, которые представляются неправомерными и которые рекомендуется исключить при очередном пересмотре этого ГОСТ [4].

4. С целью определения возможности прямого применения ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 в отечественной стройиндустрии выполнены сопоставительные экспериментальные исследования по методикам, содержащимся в отечественных и европейских стандартах.

5. На основании результатов экспериментов подтверждена зависимость «морозостойкость – прочность» и «водонепроницаемость – прочность», для которых составы бетона разработаны с учётом технологических требований, указанных в таблице для всех видов сред эксплуатации.

6. Необходимо провести дополнительные испытания на прочность бетона при сжатии, чтобы оценить влияние среды выдерживания (камера нормального твердения или выдерживание в емкости с водой) на показатели прочности бетона.

7. По результатам выполненного мониторинга нормативных документов и лабораторных исследований сделан вывод о необходимости проведения работ по определению возможности взаимосвязи требований, указанных в ГОСТ 31384-2017 по водонепроницаемости и морозостойкости с частью рекомендуемых технологических требований по предельным величинам, назначенным при подборе состава бетона по ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013.

8. Учитывая, что в настоящее время российские стандарты ГОСТ 7473 и ГОСТ 31384 заимствовали часть основополагающих норм, указанных в ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013, прямое применение ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 возможно, но не обязательно, так как существует аналог по основным параметрам сред эксплуатации – российский стандарт ГОСТ 31384-2017.

9. В настоящее время восстановление прямого применения ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 возможно в том случае, если проектирование объекта строительства выполнено на основе Eurocode2, где евростандарт EN 206 является базовым.

Библиографический список

1. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования.
2. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия.
3. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.
4. ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.
5. СП 28.13330.2017 СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
6. ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 Бетон. Общие технические условия.
7. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов. – М.: ФАУ «ФЦС», 2016.
8. EN 12390-3:2009 Испытание затвердевшего бетона. Часть 3: Прочность на сжатие испытываемых образцов.
9. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости (с Поправками).
10. ГОСТ 12730.5 – 84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости (с Изменением № 1).
11. ГОСТ 27006-2019 Бетоны. Правила подбора состава.

Авторы:

Светлана Александровна ПОДМАЗОВА, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Svetlana PODMAZOVA, Ph. D. (Engineering), leading researcher of the Laboratory for thin-walled and spatial structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: concrete15@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-74-00

Борис Сергеевич СОКОЛОВ, канд. техн. наук, почетный строитель РФ, заведующий лабораторией тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Boris SOKOLOV, Ph. D. (Engineering), Head of the Laboratory for thin-walled and spatial structures of NIIZHБ named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: moo-shell@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-74-80

Марина Вячеславовна ГЛУШКОВА, ведущий инженер лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Marina GLUSHKOVA, leading engineer of the Laboratory for thin-walled and spatial structures of NIIZHБ named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: concrete15@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-74-00

Никита Сергеевич ДМИТРИЕВ, мл. научный сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Nikita DMITRIEV, junior researcher of the Laboratory for thin-walled and spatial structures of NIIZHБ named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: concrete15@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-74-00