

К вопросу оценки морозостойкости бетонов по критерию прочности

Г.В. Несветаев¹, А.В. Долгова², Л.В. Постой³

¹Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

²Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону

³Волгодонский инженерно-технический институт, филиал Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ), Волгодонск

Аннотация. Стойкость бетона, в т.ч. мелкозернистого, при циклическом знакопеременном температурном воздействии внешней среды нормируется согласно ГОСТ 26633 маркой по морозостойкости, а критерием морозостойкости для всех бетонов в соответствии с ГОСТ 10060-2012 является соотношение предела прочности на сжатие основных и контрольных образцов не менее 0,9 с учетом коэффициента вариации прочности в серии, при этом для бетонов дорожных и аэродромных покрытий установлен еще дополнительный критерий - потеря массы. В предыдущей редакции ГОСТ 10060 критерием морозостойкости для всех бетонов было принято соотношение предела прочности на сжатие основных и контрольных образцов не менее 0,95. ГОСТ 31357 нормирует показатель «морозостойкость контактной зоны» для ряда строительных растворов или мелкозернистых бетонов, полученных из сухих строительных смесей. Этот показатель характеризует способность раствора или мелкозернистого бетона сохранять прочность сцепления с бетонным основанием после определенного количества циклов замораживания-оттаивания. За марку по морозостойкости контактной зоны от F_{кз}25 до F_{кз}100 принимается количество циклов, после которого снижение прочности сцепления с основанием не превышает 20% по ГОСТ 31356, причем в этом случае коэффициент вариации измеренных в серии значений сцепления не учитывается. В связи с ограниченностью информации об изменении внутрисерийного коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания, а также о соотношении морозостойкости по критерию прочности на сжатие и прочности сцепления с основанием цель настоящего исследования заключалась в выявлении закономерностей изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности и прочности сцепления с основанием мелкозернистых бетонов, полученных из сухих строительных смесей на основе различных портландцементов с содержанием различных редиспергируемых полимерных порошков от 0 до 3%. Исследования проведены на базе 75 циклов замораживания-оттаивания. В настоящей работе представлены результаты по изменению коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания и о соотношении коэффициентов морозостойкости.

Ключевые слова: морозостойкость бетона, коэффициент вариации прочности, коэффициент морозостойкости, мелкозернистый бетон, сухие строительные смеси.

Как известно, морозостойкость бетонов зависит от характера их пористости [1-3], свойств цемента и заполнителей [4-6], наличия добавок [7], а в качестве критериев морозостойкости используются изменение предела

прочности на сжатие, потеря массы, изменение скорости распространения ультразвука, изменение размеров образцов [8-10]. Основным критерием морозостойкости для всех бетонов по ГОСТ 10060 является изменение предела прочности на сжатие основных образцов относительно контрольных. С принятием редакции ГОСТ 10060-2012 изменились правила вычисления предела прочности основных и контрольных образцов, что в принципе должно повлиять на результаты измерения. В работе приведены некоторые результаты по оценке изменения коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания и соотношения коэффициентов морозостойкости бетонов по критерию прочности по ГОСТ 10060-2012 и предыдущей редакции стандарта. Испытания на морозостойкость по первому методу ГОСТ 10060 проведены на мелкозернистых бетонах (МЗБ) различных составов [11] на базе 75 циклов. Образцы изготовлены с применением 3 портландцементов (ПЦ). Число образцов в серии по критерию прочности – 6. С применением каждого ПЦ изготовлено 3 группы образцов – без низко модульных включений (ПЦ), с низко модульными включениями (НМВ) в виде зольной микросферы (ПЦ+МС) и с низко модульными включениями в виде вовлеченного воздуха (ПЦ+ВВ). Каждая группа включала 4 серии – без релаксируемого полимерного порошка (РПП) и с содержанием РПП 1,2,3%. Использование составов, модифицированных полимерами, реализовано с целью проверить применимость для таких бетонов общеизвестных положений обеспечения морозостойкости, поскольку в последние годы подобные материалы находят широкое применение в строительной практике [12-15].

В табл. 1 представлены средние значения внутрисерийного коэффициента вариации предела прочности на сжатие по трем группам образцов из 12 серий в каждой группе.

Таблица № 1

Средние значения коэффициентов вариации и коэффициентов
морозостойкости

№ п/п	Состав МЗБ	Показатели	
		коэффициент вариации прочности	коэффициент морозостойкости
1	ПЦ	0,095 / 0,055 ¹	1,012 / 1,185 ²
2	ПЦ+МС	0,062 / 0,058	1,044 / 1,062
3	ПЦ+ВВ	0,074 / 0,068	1,068 / 1,103

Примечания: 1 – в числителе после 28 сут твердения в нормальных условиях (НУ), в знаменателе после 75 циклов замораживания-оттаивания; 2 – в числителе – без учета внутрисерийного коэффициента вариации прочности, в знаменателе – с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности (по ГОСТ 10060-2012)

Из представленных в табл. 1 данных очевидно:

- средние значения внутрисерийного коэффициента вариации прочности всех бетонов после 75 циклов замораживания-оттаивания уменьшились, в наибольшей степени в бетонах без НМВ;
- средние значения коэффициента морозостойкости без учета внутрисерийного коэффициента вариации прочности превышают предельное значение по критерию прочности (предельное значение 0,95);
- средние значения коэффициента морозостойкости с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности по ГОСТ 10060-2012 превышают предельное значение по критерию прочности (предельное значение 0,9).

По данным [16] коэффициент вариации прочности бетона после 10 циклов по 3 методу ГОСТ 10060 составил 0,031, после 20 циклов 0,017 при значении у контрольных образцов 0,023. По данным [17] коэффициент вариации прочности бетона после 37 циклов по 3 методу ГОСТ 10060 составил 0,0719 при значении у контрольных образцов 0,0705. Приведенные

данные не противоречат возможности снижения коэффициента вариации прочности бетона после циклического замораживания-оттаивания.

На рис. 1 представлены данные о влиянии вида цемента, дозировки РПП и вида НМВ на внутрисерийный коэффициент вариации предела прочности на сжатие исследованных МЗБ после 28 сут твердения в НУ и после 75 циклов замораживания-оттаивания.

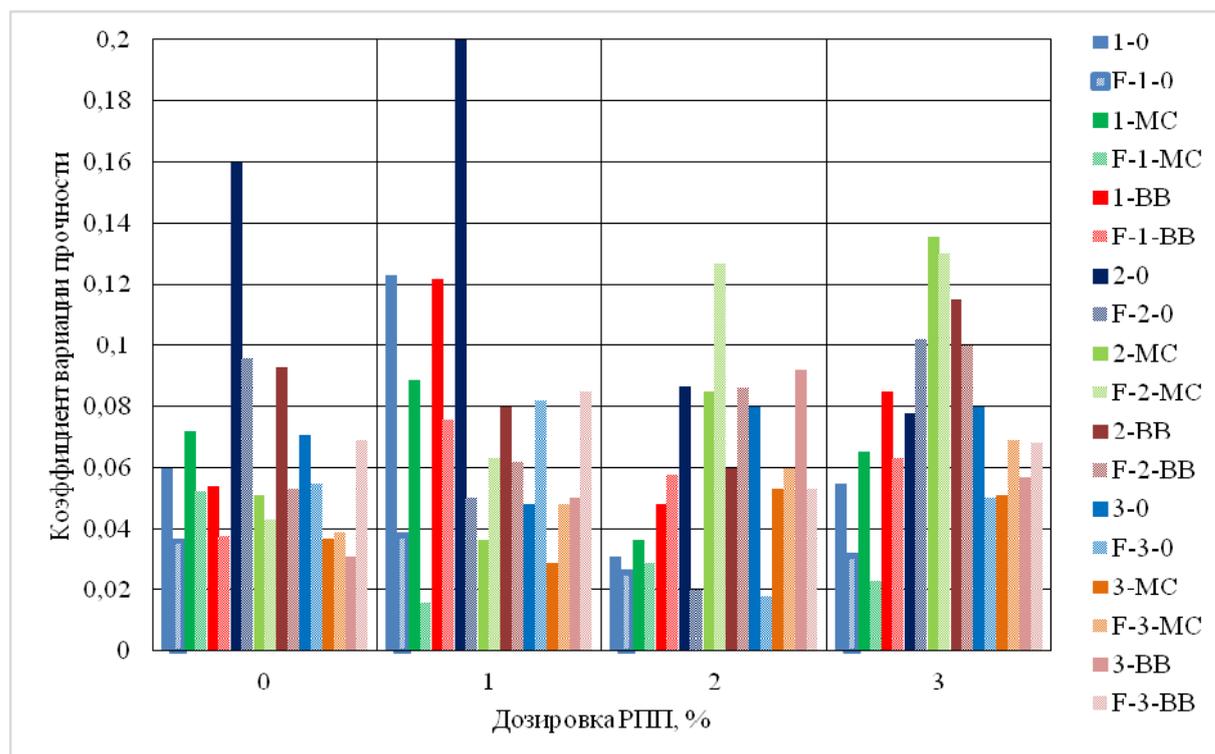


Рис. 1. – Влияние вида цемента, дозировки РПП и вида НМВ на внутрисерийный коэффициент вариации предела прочности на сжатие МЗБ после 28 сут твердения в НУ и после 75 циклов замораживания-оттаивания (F)
1,2,3 – вид цемента; 0, MC, BB – вид НМВ (0 – НМВ отсутствует)

Из представленных на рис. 1 данных очевидно:

- коэффициент вариации прочности на сжатие МЗБ без РПП зависит от вида ПЦ, вида и наличия НМВ;
- при введении в состав МЗБ РПП значения коэффициента вариации прочности изменяются как в сторону снижения, так и в сторону увеличения, однозначной закономерности не наблюдается;

– коэффициент вариации предела прочности МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания как правило меньше относительно значений после 28 сут твердения в НУ, исключение составляют составы с ВВ и МС на ПЦ №3 (сульфатостойкий).

Представим коэффициент морозостойкости бетона без учета внутрисерийного коэффициента вариации прочности в виде

$$k_{F,R} = \frac{R_F}{R_0}, \quad (1)$$

где R_F , R_0 – соответственно предел прочности на сжатие основных образцов после N циклов замораживания-оттаивания и контрольных образцов.

Поскольку, согласно ГОСТ 10060, п. 5.2.4

$$R_{F,lim} = R_F \cdot (1 - \beta \cdot v_F), \quad (2)$$

$$R_{0,lim} = R_0 \cdot (1 - \beta \cdot v_0), \quad (3)$$

где $R_{F,lim}$, $R_{0,lim}$ – нижний доверительный интервал предела прочности на сжатие с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов после N циклов замораживания-оттаивания и контрольных образцов, β – t -критерий Стьюдента (2,57 для 6 образцов), v_f , v_0 – внутрисерийный коэффициент вариации прочности основных и контрольных образцов, то, принимая

$$v_F = d \cdot v_0, \quad (4)$$

получим значение коэффициента морозостойкости по ГОСТ 10060-2012 с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности после N циклов замораживания-оттаивания в виде:

$$k_{F,ГОСТ} = \frac{R_{F,lim}}{R_{0,lim}} = \frac{R_F \cdot (1 - \beta \cdot d \cdot v_0)}{R_0 \cdot (1 - \beta \cdot v_0)} = k_{F,R} \cdot k_v > 0,9. \quad (5)$$

На рис. 2 представлена зависимость функции k_v от внутрисерийного коэффициента вариации прочности контрольных образцов и величины d ,

характеризующей изменение внутрисерийного коэффициента вариации прочности в результате замораживания-оттаивания.

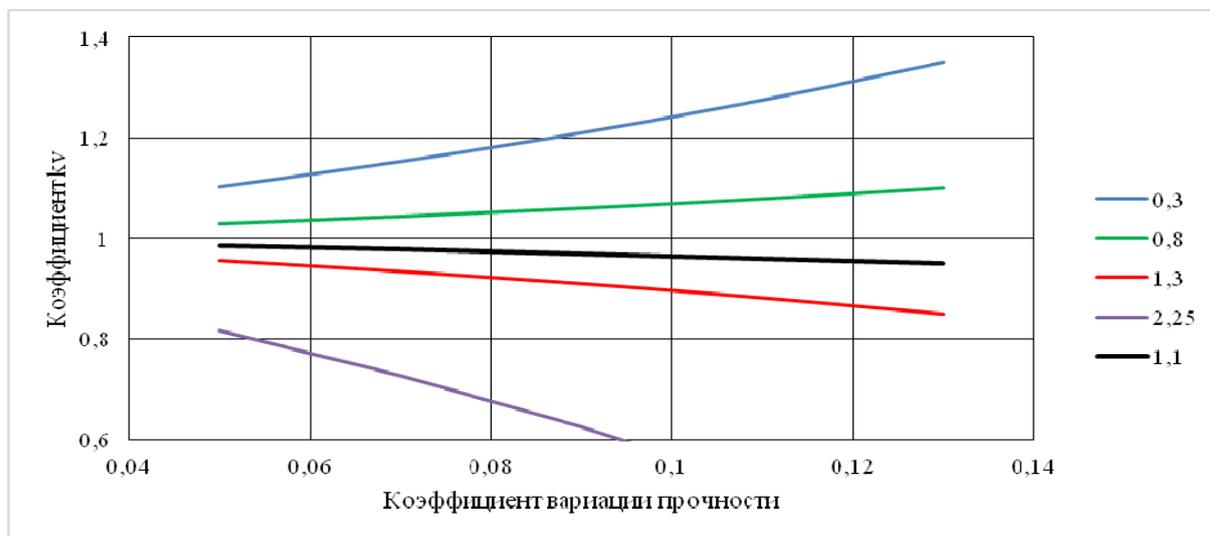


Рис. 2. – Зависимость коэффициента k_v от внутрисерийного коэффициента вариации прочности контрольных образцов и величины d 0,3; 0,8; 1,1; 1,3; 2,25 – соответствующие значения d

Из представленных на рис. 2 данных следует:

- функция k_v , характеризующая соотношение значений коэффициента морозостойкости по действующей и предыдущей редакции ГОСТ 10060, существенно зависит от характера изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания;
- с увеличением внутрисерийного коэффициента вариации прочности контрольных образцов возрастает степень влияния на функцию k_v характера изменения коэффициента вариации в процессе циклического замораживания-оттаивания;
- поскольку количественные значения критерия морозостойкости по ГОСТ 10060-2012 отличаются от принятого в ранней редакции стандарта (0,9 вместо 0,95), при некотором повышении внутрисерийного коэффициента вариации прочности в результате циклического замораживания-оттаивания возможно выполнение условия ф.(5), т.е. выполнения требований к морозостойкому

бетону. Величина повышения зависит от значения внутрисерийного коэффициента вариации прочности контрольных образцов и может составлять по данным рис. 2 от 10 до 50% в зависимости от коэффициента вариации прочности. Представленные на рис. 3 данные подтверждают это положение.

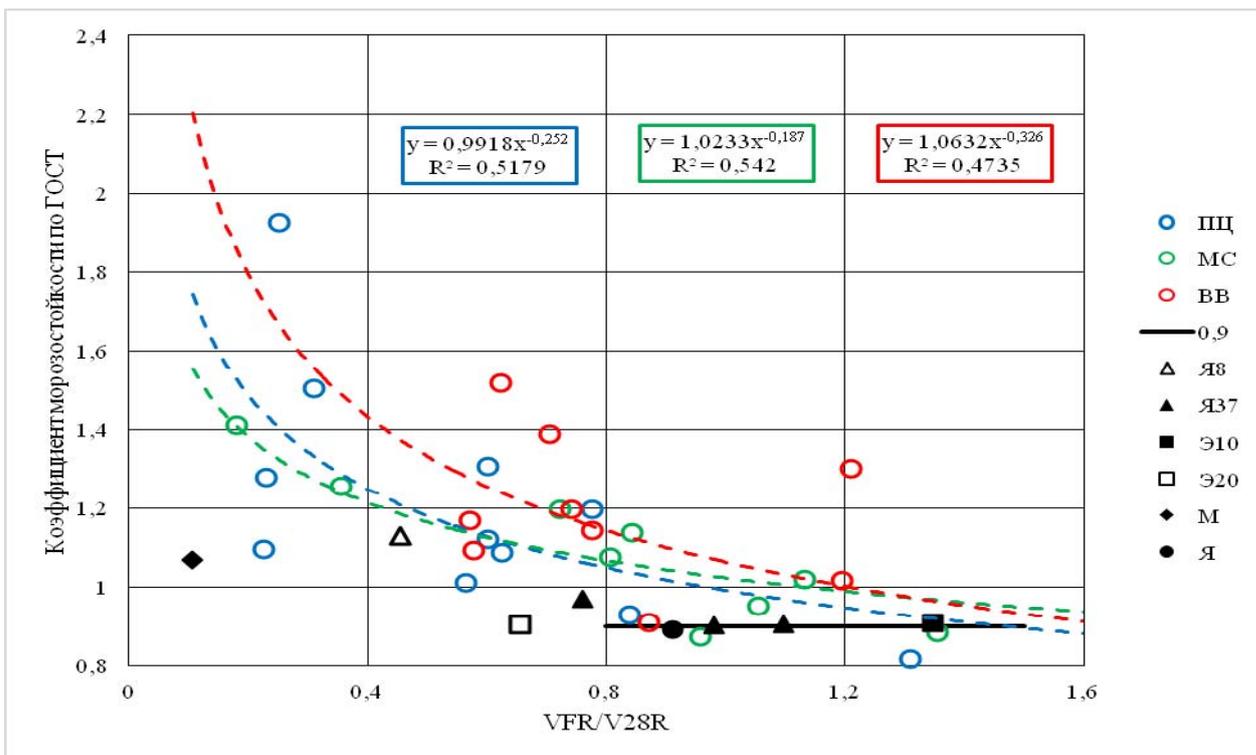


Рис. 3. – Зависимость коэффициента морозостойкости по ГОСТ 10060-2012 исследованных МЗБ от изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания
Щ – бетон без НМВ,
МС и ВВ – бетон с НМВ в виде зольной микросферы и вовлеченного воздуха
0,9 – критерий морозостойкости по ГОСТ 10060-2012;
Я8 – [17], Я37 – [18], Э10, Э20 – [16], М – [8], Я – [19]

Коэффициент вариации прочности бетона обусловлен как факторами, связанными с процедурой испытаний (влияние геометрии образцов, центрирования), так и с возможным изменением структуры образцов при циклическом замораживании-оттаивании, причем, закономерно, это воздействие может в большей степени проявиться именно в случае изначально менее однородной структуры. Уменьшение коэффициента

вариации прочности после N циклов замораживания-оттаивания будет свойственно для морозостойких структур, тогда как повышение коэффициента вариации свидетельствует о преобладании деструктивных процессов. К сожалению, разделить влияние процедуры испытаний и последствий неоднородности структуры бетона на коэффициент вариации прочности проблематично.

На рис. 4 представлено соотношение коэффициентов морозостойкости бетона по критерию предела прочности на сжатие по ф.(5 – по ГОСТ 10060-2012) и по ф.(1).

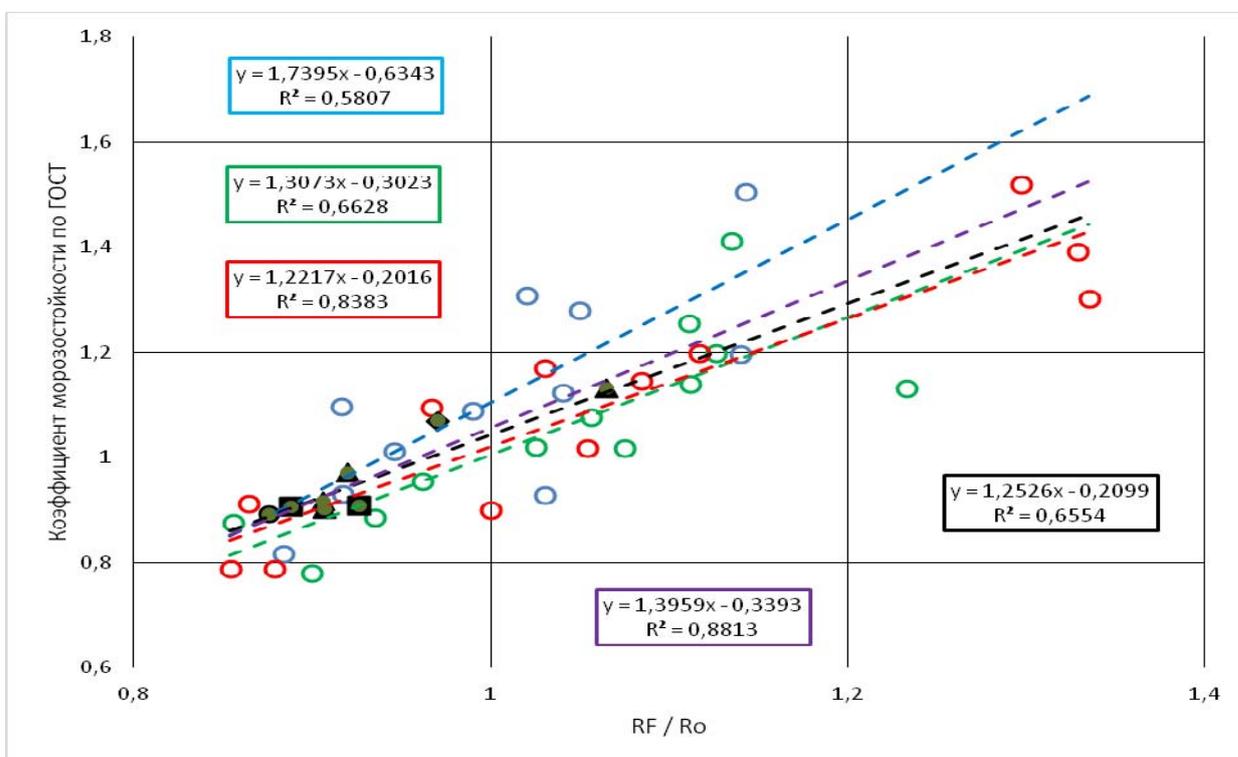


Рис. 4. – Соотношение коэффициентов морозостойкости бетона по ф.(5 – по ГОСТ 10060) и по ф.(1)

ПЦ – бетон без НМВ, МС и ВВ – бетон с НМВ в виде зольной микросферы и вовлеченного воздуха; Я – [17,18], Э – [16], М – [8], Я – 1 – [19]

Из представленных на рис. 4 данных очевидно, что прослеживается линейная корреляция между коэффициентами морозостойкости, определенными по ф.(1) и ф.(5 – по ГОСТ 10060-2012). В табл. 2 приведены значения коэффициентов уравнения

$$k_{F,ГОСТ} = k_{F,R} \cdot k_v = a \cdot k_{F,R} + b. \quad (6)$$

Таблица № 2

Значения коэффициентов a, b и характеристики R^2 в ф.(6)

№ п/п	Бетон	Значения		
		коэффициентов		R^2
		a	b	
1	ПЦ	1,74	- 0,634	0,58
2	ПЦ+МС	1,31	- 0,3	0,66
3	ПЦ+ВВ	1,22	- 0,2	0,84
4	Все бетоны	1,25	- 0,21	0,66
5	Все бетоны по [8,16,17-19]	1,396	-0,34	0,88

Из представленных в табл. 2 данных следует, что для бетонов ПЦ+ВВ существует достаточно тесная корреляция ($R^2 > 0,8$) между коэффициентами морозостойкости, определенными по ф.(1) и ф.(5 – по ГОСТ 10060), что позволяет применять зависимость ф.(6) для этого вида бетонов для практических целей. Также существует четкая корреляция для бетонов по данным [8,16-19]. В остальных случаях использовать зависимость ф.(6) для практических целей нецелесообразно. Поскольку, согласно ф.(5), соотношение коэффициентов морозостойкости зависит от характера изменения коэффициента вариации прочности после циклического замораживания-оттаивания, единой зависимости между коэффициентами морозостойкости, определенными по действующей и предыдущей редакции ГОСТ 10060, быть не может. Зависимость для различных бетонов возможна только при изменении величины d в ф.(4,5) в ограниченном диапазоне.

На рис. 5 представлена зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по ф.(1) от внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов, вида цемента и НМВ, дозировки РПП.

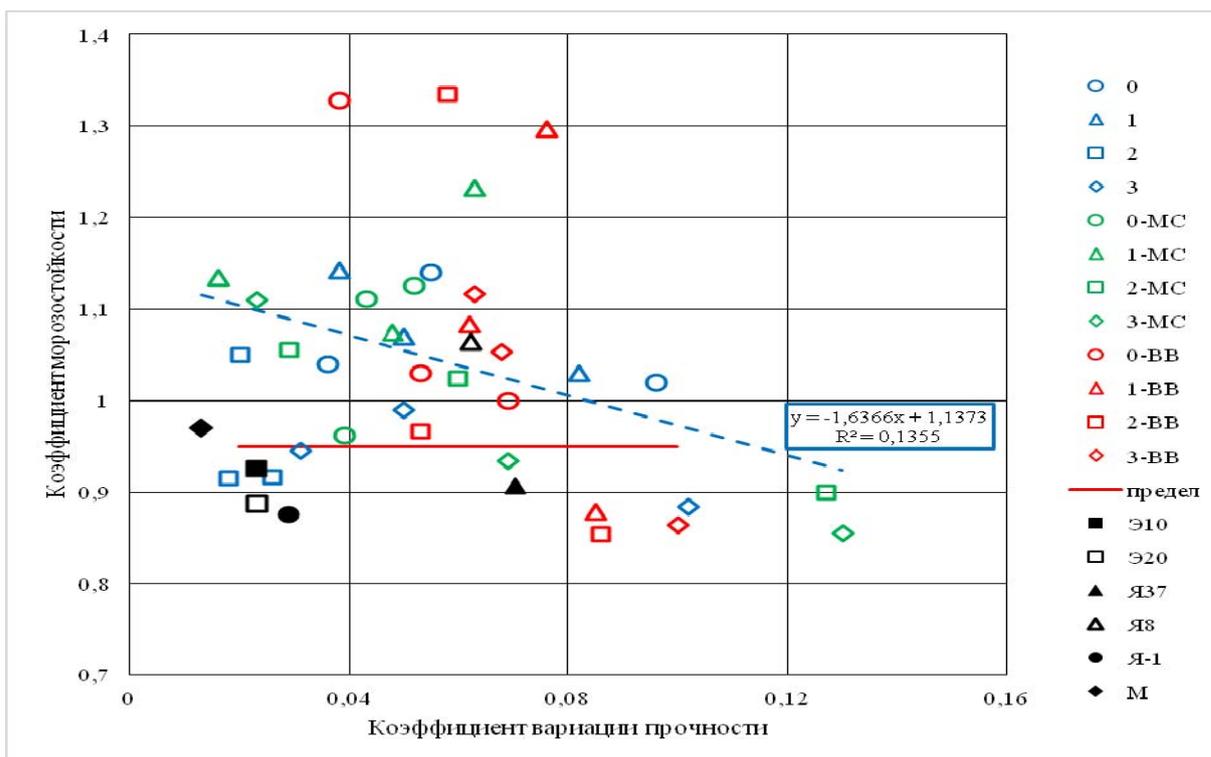


Рис. 5. – Зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по ф.(1) от внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов, вида цемента и НМВ, дозировки РПП
0,1,2,3 – дозировка РПП, %; МС, ВВ – вид НМВ, синий, зеленый, красный маркер – ПЦ № 1, 2,3
Я8 – [17], Я37 – [18], Э10, Э20 – [16], М – [8], Я – [19]

Из представленных на рис. 5 данных очевидно, что явной линейной корреляции между коэффициентом морозостойкости МЗБ по ф.(1) и внутрисерийным коэффициентом вариации прочности основных образцов нет. Данные [8, 16-19] не противоречат этому выводу. Можно говорить лишь о некоторой тенденции повышения коэффициента морозостойкости при уменьшении коэффициента вариации прочности основных образцов, т.е. при повышении однородности структуры бетона, что вполне логично. Из 36 испытанных в настоящем исследовании составов МЗБ 9 (25%) не соответствуют марке по морозостойкости F75 при обработке результатов по предыдущей редакции ГОСТ 10060, причем некоторые бетоны по данным [16-19] также не соответствуют критерию морозостойкости.

На рис. 6 представлена зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по ф.(5) от внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов, вида цемента и НМВ.

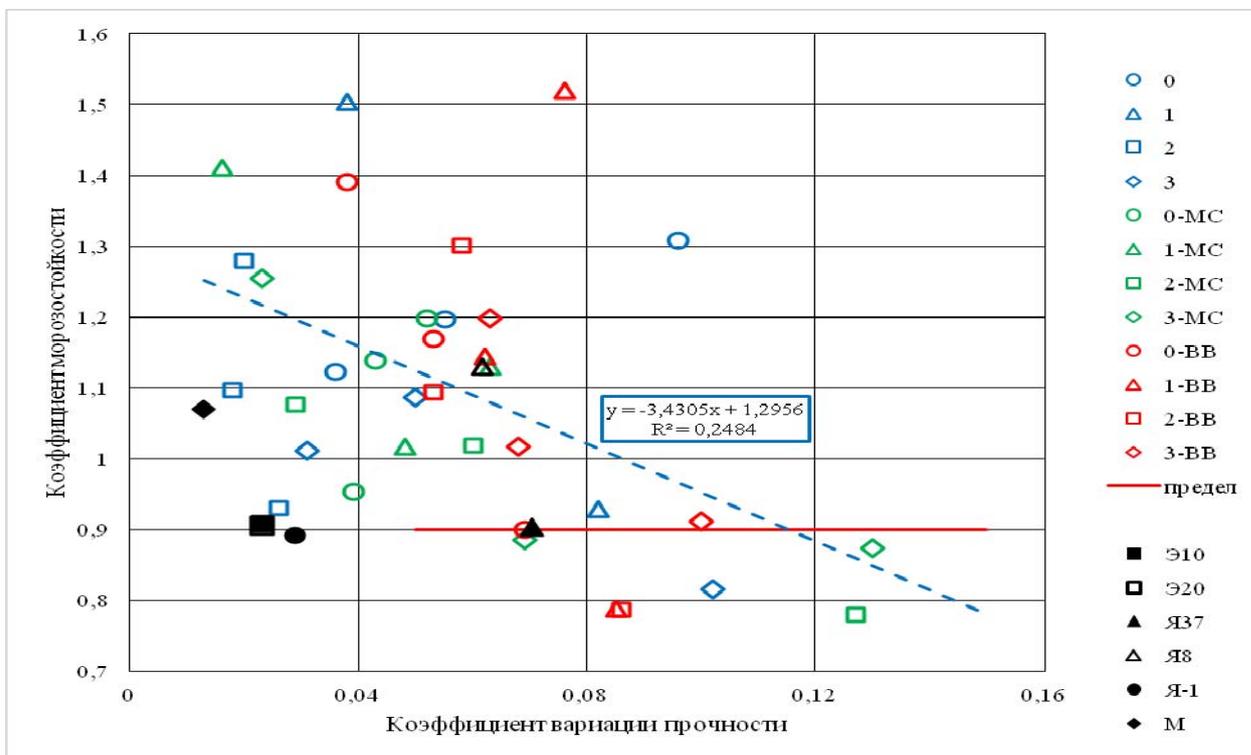


Рис. 6. – Зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по ф.(5) от внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов, вида цемента и НМВ, дозировки РПП
0,1,2,3 – дозировка РПП, %; МС, ВВ – вид НМВ,
синий, зеленый, красный маркер – ПЦ № 1, 2, 3
Я8 – [17], ЯЗ7 – [18], Э10, Э20 – [16], М – [8], Я – [19]

Из представленных на рис. 6 данных очевидно, что явной линейной корреляции между коэффициентом морозостойкости МЗБ по ф.(5) и внутрисерийным коэффициентом вариации прочности основных образцов нет. Данные [8,16-19] не противоречат этому выводу. Можно говорить лишь о некоторой тенденции (более достоверной, чем в предыдущем случае, поскольку $R^2=0,248 > R^2=0,136$) повышения коэффициента морозостойкости при уменьшении коэффициента вариации прочности основных образцов, т.е. при повышении однородности структуры бетона, что в принципе вполне

логично. Из 36 испытанных в настоящем исследовании составов 6 (17%) не соответствуют марке по морозостойкости F_{175} при обработке результатов по ГОСТ 10060-2012. Бетоны по данным [8, 16-19] соответствуют критерию морозостойкости по ГОСТ 10060-2012, в отличие от анализа по предыдущей редакции ГОСТ.

Выводы:

- предложена зависимость, устанавливающая связь между коэффициентом морозостойкости бетона по критерию предела прочности на сжатие по действующей и предыдущей редакции ГОСТ 10060 и изменением внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов относительно контрольных;
- показано влияние редиспергируемых полимерных порошков, вида цемента и наличия низкомолекулярных включений в мелкозернистых бетонах на изменение внутрисерийного коэффициента вариации прочности основных образцов относительно контрольных.

Литература

1. Горчаков Г.И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях гидротехнических сооружений. М.: «Стройиздат», 1965. 190 с.
 2. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. Л.: Стройиздат, 1983. 132 с.
 3. Стольников В.В. О теоретических основах сопротивляемости цементного камня и бетонов чередующимися циклам замораживания и оттаивания. Л.: Энергия, 1970. 68 с.
 4. Шейкин, А.Е., Добшиц Л.М. Цементные бетоны высокой морозостойкости. – Л.: Стройиздат, 1989. 128 с.
 5. Невилль А.М. Свойства бетона. М.: Стройиздат, 1972. 344 с.
-

6. Шестоперов С.В, Долговечность бетона транспортных сооружений. - М.: Транспорт, 1966. 495 с.
 7. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня// Строительные материалы. – 2010. - № 1. С. 44.
 8. Мирский К.В., Панчина А.А., Мирский В.А., Терешкин И.П. Скорость ультразвука как критерий морозостойкости цементного бетона: XLVI Огарёвские чтения. Материалы научной конференции: В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. 2018. С. 184-191.
 9. Никольский С.Г., Перцева О.Н., Иванова В.И., Обоснование экспресс-метода определения морозостойкости пористых материалов // Magazine of Civil Engineering, №.8, 2015 с. 7-19.
 10. Алексеев А.В., Дикун А.Д., Фишман В.Я., Дикун В.Н. Опыт экспрессного определения морозостойкости бетона транспортных сооружений // Строительные материалы. 2005, №8. С. 55–57.
 11. Кудяков А.И., Зиновьев А.А., Дворянинова Н.В. Несветаев Г.В., Долгова А.В. Влияние дозировки релаксированных порошков на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания // Инженерный вестник Дона, 2019, №5. ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2019/5977.
 12. Akimov L., Plenko N., Mizharev R., Cherkashin A., Vatin N., Chumalova L. Influence of Plasticizing and Siliceous Additives on the Strength Characteristics of Concrete. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols. 725–726. Pp. 461–468.
 13. Кудяков А.И., Зиновьев А.А., Дворянинова Н.В. Морозостойкие кладочные растворы пониженной плотности с добавками микрокремнезема и омыленного таллового пека // Вестник ТГАСУ. 2008. №4. С. 99-105.
-

14. Серова Р.Ф., Кожас А.К. Влияние модифицирования на морозо- и коррозиестойкость цементных материалов // Фундаментальные исследования. 2012. №9. С. 690-693.

15. Логанина В.И., Жегера К.В. Оценка морозостойкости плиточного клея на цементной основе с применением в рецептуре добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 2 (31). С. 32-36.

16. Эккель С.В. Некоторые предложения по дополнению действующих стандартов на дорожный бетон // Технологии бетонов №7-8, 2016 с. 50-59.

17. Ярмолинская Н. И., Парфёнов А. А. Повышение морозостойкости бетона водопропускных труб на стадии проектирования состава бетона звеньев водопропускных труб зд 15.35 на промышленно-производственном предприятии «Хабаровск-Автомост» / Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Международный сборник научных трудов. Хабаровск, 2017. С. 270-295.

18. Ярмолинская Н. И., Ярмолинский В. А., Парфенов А. А. Оценка прочности и морозостойкости бетона водопропускных труб на региональных и межмуниципальных дорогах хабаровского края / Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Международный сборник научных трудов. Хабаровск, 2016. С. 70-85.

19. Ярмолинский В. А., Парфенов А. А. Оценка морозостойкости бетона бортового камня бр 300.30.18, изготовленного на производственной базе ГУП «Сахалинавтодорснаб»: Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Международный сборник научных трудов. Под редакцией Ярмолинского А.И. Хабаровск, 2016. С. 187-199.

References

1. Gorchakov G.I., Kapkin M.M., Skramtaev B.G. Povyshenie morozostojkosti betona v konstrukciyah gidrotekhnicheskikh sooruzhenij [Increasing the frost resistance of concrete in hydraulic structures]. M.: Strojizdat, 1965. 190 p.
2. Kuncевич O.V. Betony vysokoj morozostojkosti dlya sooruzhenij Krajnego Severa [Concrete of high frost resistance for constructions of the Far North]. L.: Strojizdat, 1983. 132 p.
3. Stol'nikov V.V. O teoreticheskikh osnovah soprotivlyaemosti cementnogo kamnya i betonov chereduyushchimisya ciklam zamorazhivaniya i ottaivaniya [About theoretical bases of resistance of cement stone and concretes to alternating cycles of freezing and thawing]. L.: Energiya, 1970. 68 p.
4. SHEjkin, A.E., Dobshic L.M. Cementnye betony vysokoj morozostojkosti [Cement concretes of high frost resistance]. L.: Strojizdat, 1989. 128 p.
5. Nevill' A.M. Svoystva betona [Property of concrete]. M.: Strojizdat, 1972. 344 p.
6. SHestoperov S.V., Dolgovechnost' betona transportnyh sooruzhenij [Durability of concrete transport structures]. M.: Transport, 1966. 495 p.
7. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Stroitel'nye materialy. 2010. № 1. P. 44
8. Mirskij K.V., Panchina A.A., Mirskij V.A., Tereshkin I.P. Ckorost' ul'trazvuka kak kriterij morozostojkosti cementnogo betona: XLVI Ogaryovskie chteniya. Materialy nauchnoj konferencii: V 3-h chastyah. Otvetstvennyj za vypusk P.V. Senin. 2018. Pp. 184-191.
9. Nikol'skij S.G., Perceva O.N., Ivanova V.I. Magazine of Civil Engineering, No.8, 2015, pp. 7-19.
10. Alekseev A.V., Dikun A.D., Fishman V.YA., Dikun V.N. Stroitel'nye materialy. 2005. №8. Pp. 55–57.



11. Kudyakov A.I., Zinov'ev A.A., Dvoryaninova N.V. Nesvetaev G.V., Dolgova A.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2019, №5. URL: ivdon.ru/magazine/archive/nly2019/5977.
12. Akimov L., Ilenko N., Mizharev R., Cherkashin A., Vatin N., Chumadova L. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols. 725–726, pp. 461–468.
13. Kudyakov A.I., Zinov'ev A.A., Dvoryaninova N.V. Vestnik TGASU. 2008. №4. pp. 99-105.
14. Serova R.F., Kozhas A.K. Fundamental'nye issledovaniya. 2012, №9, pp. 690-693.
15. Loganina V.I., ZHegera K.V. Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2017, № 2 (31), pp. 32-36.
16. Ekkel' S.V. Tekhnologii betonov, №7-8, 2016 pp. 50-59.
17. YArmolinskaya N. I., Parfyonov A. A. Dal'nij Vostok. Avtomobil'nye dorogi i bezopasnost' dvizheniya. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnyh trudov. Habarovsk, 2017, pp. 270-295.
18. YArmolinskaya N. I., YArmolinskij V. A., Parfenov A. A. Dal'nij Vostok. Avtomobil'nye dorogi i bezopasnost' dvizheniya. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnyh trudov. Habarovsk, 2016, pp. 70-85.
19. YArmolinskij V. A., Parfyonov A. A. Ocenka morozostojkosti betona bortovogo kamnya br 300.30.18, izgotovlennogo na proizvodstvennoj baze GUP "Sahalinavtodorsnab": Dal'nij Vostok. Avtomobil'nye dorogi i bezopasnost' dvizheniya. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnyh trudov. Pod redakciej A.I. YArmolinskogo. Habarovsk, 2018, pp. 187-199.