

Зависимость морозостойкости модифицированных полимерами мелкозернистых бетонов от соотношения условно-закрытой и открытой капиллярной пористости

А.В. Долгова

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону

Аннотация: ГОСТ 10060-2012 в качестве основного критерия морозостойкости для всех бетонов, в т.ч. мелкозернистых, установил соотношение предела прочности на сжатие основных и контрольных образцов не менее 0,9 с учетом коэффициента вариации прочности в серии. Известны многочисленные исследования, в которых выявлена зависимость морозостойкости бетона от характера его пористости, и предложены критерии морозостойкости в виде, например, соотношения открытой и условно-закрытой пористости. В статье рассматривается влияние показателей пористости на морозостойкость строительных растворов (мелкозернистых бетонов), по основному критерию ГОСТ 10060-2012, а также на морозостойкость контактной зоны по ГОСТ 31357 - одного из нормируемых показателей качества растворов и мелкозернистых бетонов, полученных из сухих строительных смесей. Целью настоящего исследования является выявление зависимости изменения пределов прочности на сжатие и изгиб, а также изменения сцепления с основанием модифицированных полимерами мелкозернистых бетонов от характера пористости. Исследована морозостойкость 36 составов, полученных с применением трех различных портландцементов и трех ретиспергируемых полимерных порошков с дозировкой от 0 до 3% от массы сухой смеси. Помимо полимеров, в ряд составов введены низкомолекулярные включения в виде зольной микросферы или вовлеченного воздуха. Основные образцы испытаны после 75 циклов замораживания-оттаивания по ГОСТ 31357.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, морозостойкость контактной зоны, открытая пористость, сцепление с основанием.

По ГОСТ 12730.4 для бетонов, в т.ч. мелкозернистых (МЗБ), определяют следующие показатели пористости: полный объем пор (P_n), объем открытых капиллярных и некапиллярных пор (P_o), объем условно закрытых пор (P_{uz}). Известно, что морозостойкость портландцементных бетонов зависит от множества факторов, среди которых особая роль отводится открытой пористости и соотношению условно-закрытых пор и открытых капиллярных пор [1-3]. Для портландцементных бетонов, модифицированных различными полимерными добавками, в ряде случаев прослеживается та же зависимость [4-6]. Подтверждается зависимость

морозостойкости бетонов от показателей пористости и для растворов и МЗБ, полученных из сухих строительных смесей (ССС) [7,8]. Вышесказанное относится к морозостойкости по критерию прочности на сжатие по ГОСТ 10060.

Далее представлены результаты исследования морозостойкости МЗБ, полученных из ССС с содержанием редиспергируемых полимерных порошков (РПП) от 0 до 3% и низко модульных включений (НМВ) в виде зольных микросфер (МС) и воздухововлекающих добавок (ВВ) до 6 % по объему [9].

По данным [10-12], в качестве критерия, предопределяющего морозостойкость бетонов, может быть использовано соотношения открытой и условно-закрытой пористости, т.е. полагается, что

$$F = f(\Pi_o, \Pi_{uz}). \quad (1)$$

Далее в настоящей работе в качестве критерия, предопределяющего морозостойкость бетона, используется соотношение [11-13]

$$k_F = f\left(\frac{\Pi_{uz}}{0,09 \cdot \Pi_o}\right) \quad (2)$$

В табл. 1 приведены результаты определения показателей пористости МЗБ после 28 сут твердения в НУ.

Таблица №1

Результаты определения показателей пористости МЗБ

Вид НМВ	Дозировка РПП, %	Показатели пористости МЗБ								
		ПЦ-1+ РП-3			ПЦ-2+ РП-4			ПЦ-3+РП-5		
		Π_o , %	Π_{uz} , %	K_F	Π_o , %	Π_{uz} , %	K_F	Π_o , %	Π_{uz} , %	K_F
-	0	20	14,7	8,2	18,2	11,3	6,9	21,6	18,2	9,38
	1	17,5	20,3	12,9	17	14,7	9,6	14,2	30,3	23,7
	2	17,4	22,2	14,1	14,9	16,9	12,6	9,9	35,1	39,5
	3	18,3	23,4	14,2	19,5	27	15,4	8,5	35,9	46,2

МС	0	20	17,8	9,9	18,1	10,4	6,4	21,3	11,9	6,22
	1	19,2	26,1	15,1	15,2	29,1	21,3	12,6	33,4	29,3
	2	18,9	23,4	13,7	16,1	19	13,1	9,78	38,2	43,4
	3	14,3	27,5	21,3	19,7	25,3	14,3	8,81	39,4	49,7
ВВ	0	22,3	27,9	13,9	16,3	31,1	21,1	21	23,2	12,3
	1	18	27,1	16,7	19,3	30,5	17,5	14	30,6	24,3
	2	19,4	27,5	15,8	15	23,1	17,1	11	34,6	35,1
	3	15,4	26,3	19	16	17,1	11,8	9,5	35	41

На рис.1 представлена зависимость относительной прочности бетона на растяжении при изгибе после 75 циклов замораживания-оттаивания от критерия морозостойкости K_F .

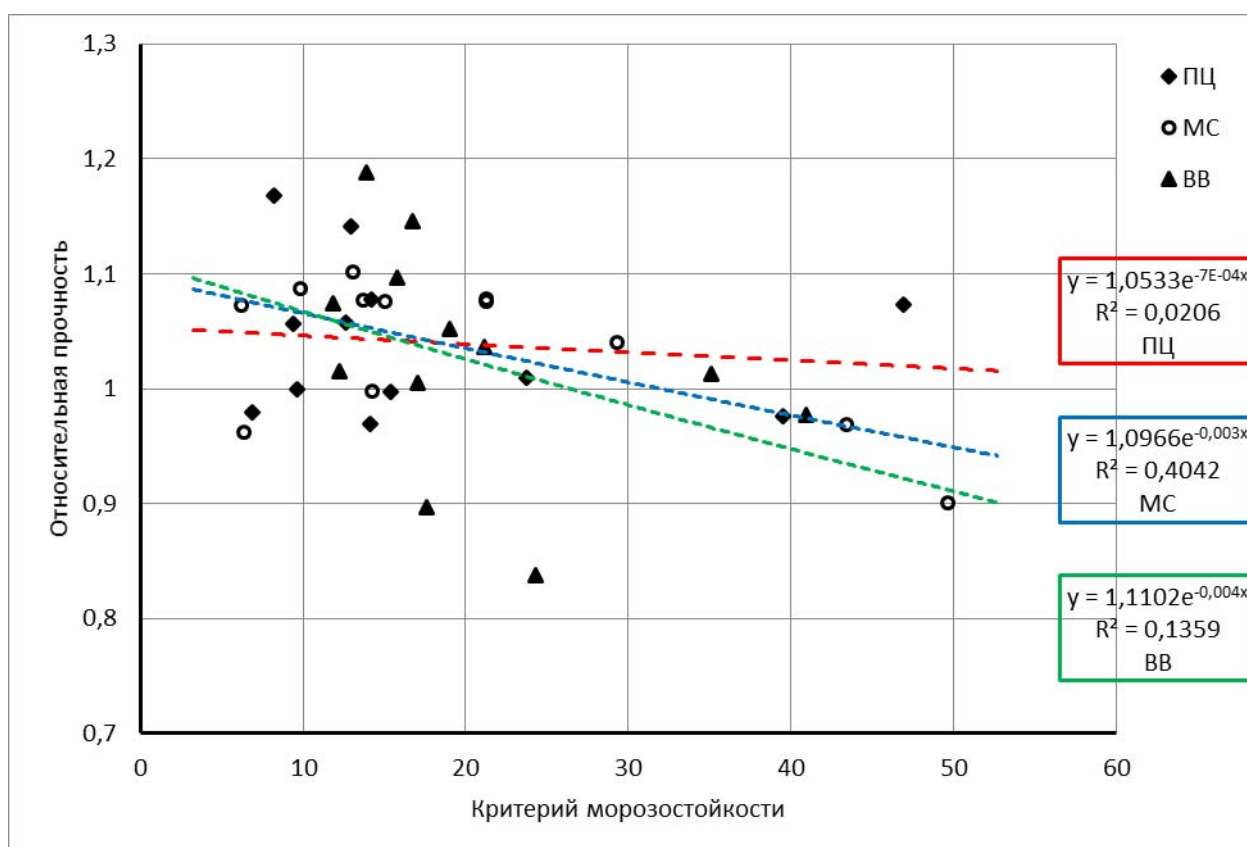


Рис.1. – Изменение предела прочности МЗБ на растяжение при изгибе в зависимости от критерия морозостойкости

По данным, представленным на рис.1, можно сделать вывод:
- несмотря на низкие значения показателя достоверности аппроксимации R^2 , отмечается определенная закономерность снижения предела прочности с ростом критерия морозостойкости, особенно в составах с МС и ВВ, причем в составах без низко модульных включений изменение предела прочности при изгибе после циклического замораживания-оттаивания практически не зависит от критерия морозостойкости, что в принципе не логично.

На рис. 2 представлена зависимость относительной прочности бетона на сжатие от критерия морозостойкости K_F .

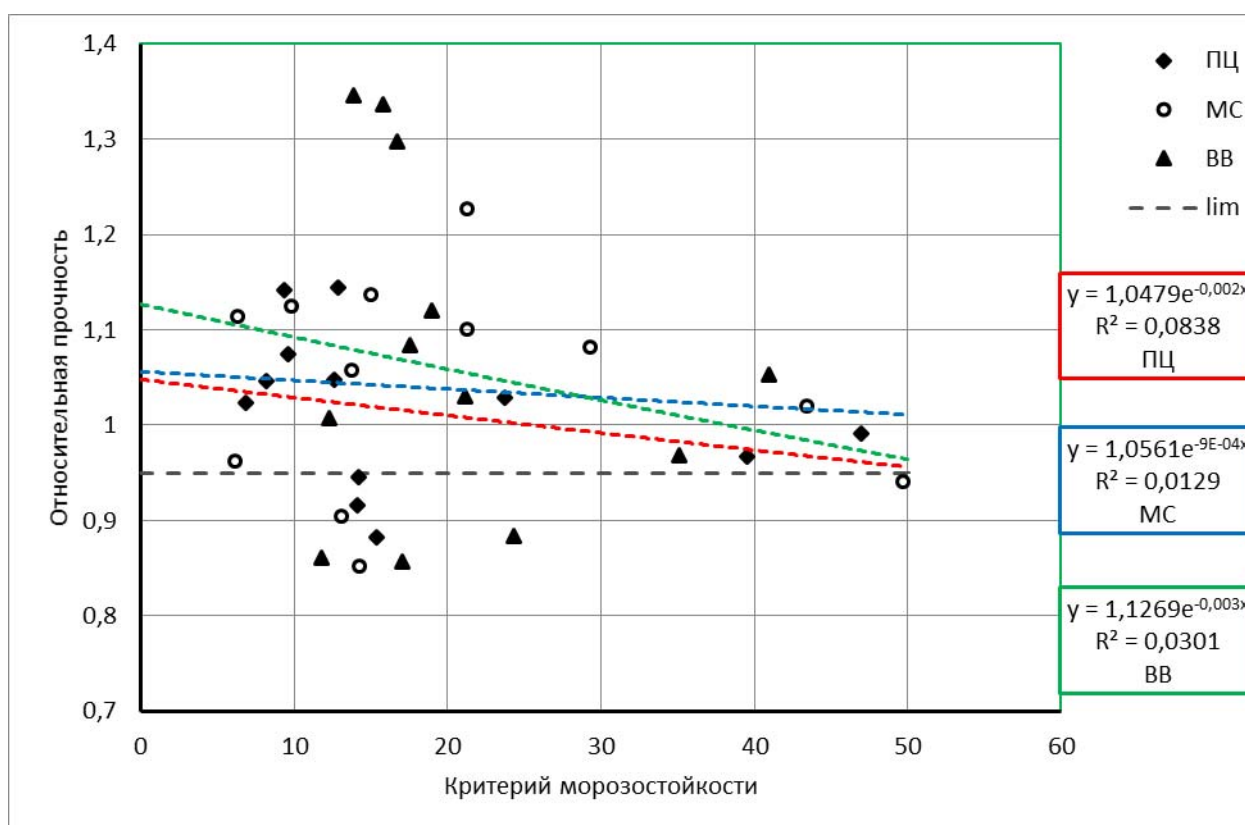


Рис. 2. – Изменение предела прочности МЗБ на сжатие в зависимости от критерия морозостойкости

lim – допустимое снижение предела прочности по ГОСТ 10060

По результатам, представленным на рис. 2, можно сделать следующие **ВЫВОДЫ:**

- критерий морозостойкости не оказывает значительного влияния на изменения величины относительной прочности на сжатие в составах с НМВ в виде МС;
- в составах без НМВ и составах с НМВ в виде ВВ с ростом критерия морозостойкости отмечается снижение прочности в допустимых пределах, что в принципе не логично.

На рис. 3 представлена зависимость относительного сцепления МЗБ с бетонным основанием от критерия морозостойкости K_F .

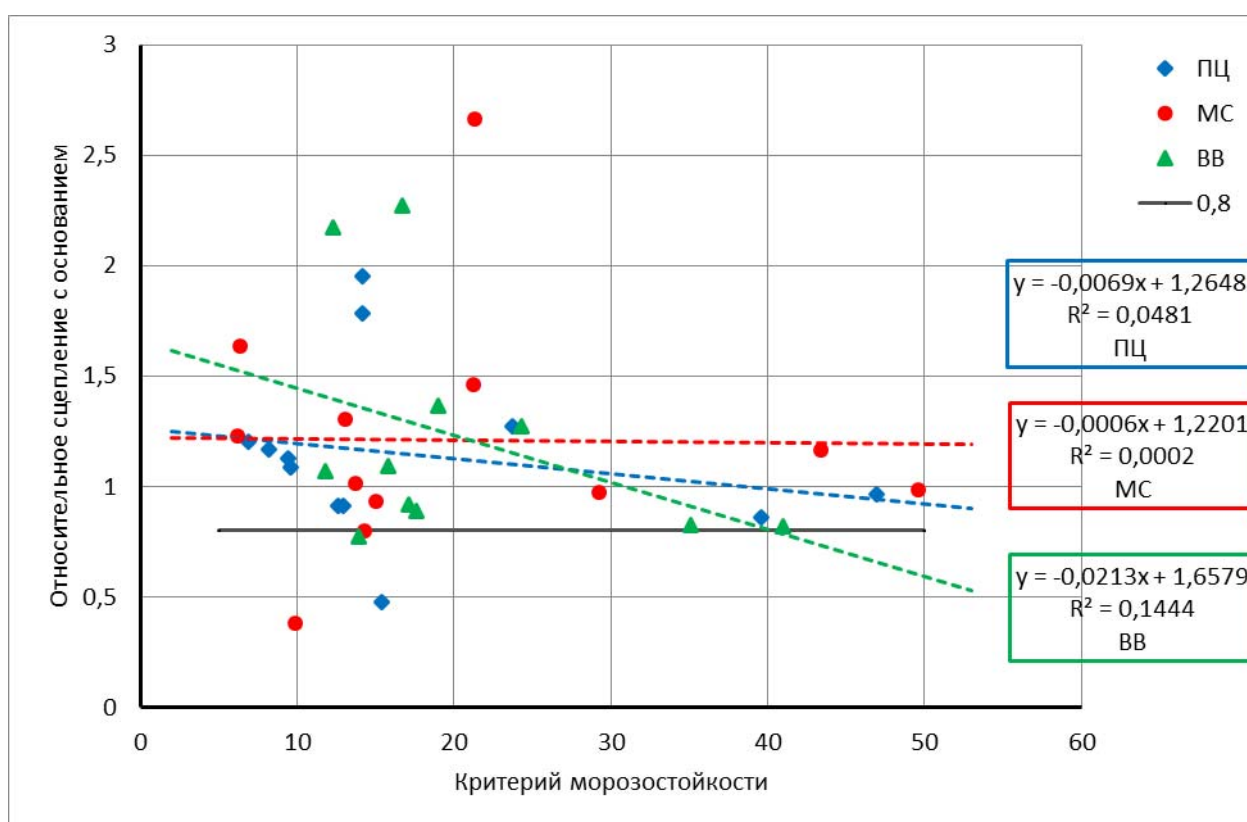


Рис. 3. – Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от критерия морозостойкости
0,8 – критерий по ГОСТ 31356

На основании представленных на рис. 3 данных можно сделать выводы:

- критерий морозостойкости практически не оказывает влияние на величину сцепления с основанием в составах с НМВ в виде МС;

- в составах без НМВ и в составах с НМВ в виде ВВ наблюдается снижение сцепления с основанием при росте критерия морозостойкости, что в принципе не логично.

Таким образом, полученные результаты для МЗБ, модифицированных РПП, не выявили явной зависимости морозостойкости бетона от величины критерия морозостойкости. Возможной причиной может быть существенное изменение соотношения условно-закрытой и открытой капиллярной пористости в процессе циклического замораживания-оттаивания МЗБ, модифицированных РПП.

Выводы.

1. Выявлено снижения предела прочности после циклического замораживания-оттаивания с ростом критерия морозостойкости МЗБ, модифицированных РПП, особенно в составах с МС и ВВ, а в составах без низко модульных включений изменение предела прочности при изгибе после циклического замораживания-оттаивания практически не зависит от критерия морозостойкости;
 2. Критерий морозостойкости не оказывает значительного влияния на изменения величины относительной прочности на сжатие после циклического замораживания-оттаивания МЗБ, модифицированных РПП в составах с НМВ в виде МС, а в составах без НМВ и составах с НМВ в виде ВВ с ростом критерия морозостойкости отмечается некоторое снижение прочности;
 3. Критерий морозостойкости практически не оказывает влияние на изменение величины сцепления с основанием после циклического замораживания-оттаивания МЗБ, модифицированных РПП в составах с НМВ в виде МС, а в составах без НМВ и в составах с НМВ в виде ВВ наблюдается снижение сцепления с основанием при росте критерия морозостойкости.
-

Литература

1. Горчаков Г. И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях гидротехнических сооружений. – М.: «Стройиздат», 1965. - 190 с.
2. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. –М.: Транспорт, 1966. – 495 с.
3. Powers T.C. Topics in Concrete Technology. 3. Mixtures, Containing Intentionally Entrained Air. 4. Characteristics of Air Void Systems. Journal of PCA Research and Development Labs. September 1964 pp. 19-42, January 1965, pp. 23-41.
4. Mielenz R.S., Wolkodoff V.E., Backstrom J.E., Burrows R.W. Origin, Evolution and Effects of the Air Voids System in Job Concrete. Journal ACI, Oktober 1958. №10. pp. 507-517.
5. Баженов, Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
6. Каприелов, С.С., Шейнфельд Г.С., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. - М.: Типография «Парадиз», 2010. – 258 с.
7. 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.
8. Несветаев Г.В., Козлов А.В., Филонов И.А. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709
9. Несветаев Г.В., Долгова А. В. Влияние дозировки редиспергируемых порошков на свойства мелкозернистого бетона после многократного

замораживания-оттаивания // Инженерный вестник Дона, 2019, №5. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977

10. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений
Крайнего Севера. –Л.: Стройиздат, 1983. - 132 с.

11. Стольников В.В. О теоретических основах сопротивляемости цементного
камня и бетонов чередующимися циклам замораживания и оттаивания. –Л.:
Энергия, 1970. - 68 с.

12. Шейкин, А.Е., Добшиц Л.М. Цементные бетоны высокой
морозостойкости. – Л.: Стройиздат, 1989. – 128 с.

13. Несветаев Г.В., Корчагин И.В., Лопатина Ю.Ю., Халезин С.В. О
морозостойкости бетонов с суперпластификаторами // Интернет-журнал
«Науковедение», 2016, Том 8, №5. URL: naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf

References

1. Gorchakov G. I., Kapkin M.M., Skramtaev B.G. Povy`shenie morozostojkosti
betona v konstrukciyax gidrotexnicheskix sooruzhenij. [Increasing the frost
resistance of concrete in hydraulic structures]. М.: «Strojizdat», 1965. 190 p.

2. Shestoperov S.V, Dolgovechnost` betona transportny`x sooruzhenij. [Durability
of concrete transport structures]. М.: Transport, 1966. 495 p.

3. Powers T.C. Journal of PCA Research and Development Labs. September 1964
pp. 19-42, January 1965, pp. 23-41.

4. Mielenz R.S., Wolkodoff V.E., Backstrom J.E., Burrows R.W. Origin, Journal
ACI, Oktober 1958. №10. pp. 507-517.

5. Bazhenov, Yu.M., Dem`yanova V.S., Kalashnikov V.I. Modificirovanny`e
vy`sokokachestvenny`e betony`. [Modified high-quality concrete]. М.: ASV, 2006.
368 p.

6. Kaprielov, S.S., Shejfel`d G.S., Kardumyan G.S. Novy`e modificirovanny`e
betony`. [The new modified concrete.]. М.: Типографиya «Paradiz», 2010. 258 p.



7. Loganina V.I., Zhegera K.V. Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2017. № 2 (31). pp. 32-36.
8. Nesvetaev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №2(25) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1709
9. Nesvetaev G.V., Dolgova A. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977
10. Kuncевич O.V. Betony` vy`sokoj morozostojkosti dlya sooruzhenij Krajnego Severa. [Concrete of high frost resistance for constructions of the Far North]. L.: Strojizdat, 1983. 132 p.
11. Stol'nikov V.V. O teoreticheskix osnovax soprotivlyaemosti cementnogo kamnya i betonov chereduyushhimisya ciklam zamorazhivaniya i ottaivaniya. [About theoretical bases of resistance of cement stone and concretes to alternating cycles of freezing and thawing]. L.: E`nergiya, 1970. 68 p.
12. Shejkin, A.E., Dobshicz L.M. Cementny`e betony` vy`sokoj morozostojkosti. [Cement concretes of high frost resistance]. L.: Strojizdat, 1989. 128 p.
13. Nesvetaev G.V., Korchagin I.V., Lopatina Yu.Yu., Xalezin S.V. Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2016, Tom 8, №5. URL: naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf