

## Влияние дозировки редиспергируемых порошков на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания

Г.В. Несветаев<sup>1</sup>, А.В. Долгова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

<sup>2</sup>Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону

**Аннотация:** Введение РПП до 3% от массы сухой бетонной смеси сопровождается снижением предела прочности мелкозернистого бетона на сжатие в возрасте 28 суток до 37%, а после 75 циклов замораживания и оттаивания до 46%. Снижение предела прочности на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток составило до 25%, после 75 циклов – до 23%. Зависимость начального модуля упругости бетона от предела прочности на сжатие практически не изменяется после 75 циклов замораживания-оттаивания. Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием с ростом дозировки РПП неоднозначная. Максимальное повышение сцепления с бетонным основанием после 28 суток твердения в НУ и после 75 циклов замораживания-оттаивания составило 26%. Повышение дозировки РПП до 3% приводит к снижению начального модуля упругости МЗБ до 26% после 28 суток твердения в НУ и до 32% после 75 циклов замораживания-оттаивания.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси, редиспергируемые полимерные порошки, сцепление с основанием, модуль упругости, предел прочности, циклы замораживания и оттаивания.

Широко применяемые при производстве строительных работ для получения строительных растворов различного назначения сухие строительные смеси (ССС) как правило, содержат в составе редиспергируемый полимерный порошок (РПП), который, по декларации производителей, улучшает свойства строительных растворов [1-6]. Изучено влияние дозировки РПП на свойства строительного раствора (мелкозернистого бетона – МЗБ) после 28 суток твердения в нормальных условиях (НУ) и после 75 циклов замораживания-оттаивания по первому методу ГОСТ 10060 (Приложение Ж СП28.13330).

Оценка влияния вида цемента и модифицирующих добавок на свойства МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания произведена с использованием следующих материалов:

- ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «Подгоренский цементник» (ПЦ-1), ЦЕМ I 52,5 Н ЗАО «Осколцемент» (ПЦ-2), ЦЕМ I 42,5 Н СС АО «Подольск-Цемент» (ПЦ-3);
- водоудерживающая добавка – Rutocelle 75 RT 50000 (ВУ) в количестве 0,25% от массы ССС;
- редиспергируемый порошок Vinavil 06 P (РП-3), Vinavil SL 11 P (РП-4), Vinnapas 4042 Н (РП-5) в количестве до 3% от массы ССС.

Таблица № 1

Результаты определения строительно-технических свойств МЗБ

Дозировка РПП, %	Сутки Циклы	Строительно-технические свойства МЗБ, МПа														
		ПЦ-1 + РП-3					ПЦ-2 + РП-4					ПЦ-3+РП-5				
		R	R <sub>f</sub>	E <sub>0</sub>	R <sub>сц</sub>	R <sub>75/</sub> R <sub>28</sub>	R	R <sub>f</sub>	E <sub>0</sub>	R <sub>сц</sub>	R <sub>75/</sub> R <sub>28</sub>	R	R <sub>f</sub>	E <sub>0</sub>	R <sub>сц</sub>	R <sub>75/</sub> R <sub>28</sub>
0	28 с	15,2	4,29	11975	1,06		21,1	5,43	13810	1,03		14,1	4,12	11530	0,87	
	75 ц	15,9	5,01	13130	1,24	1,18	21,6	5,32	13934	1,24	1,2	16,1	4,35	12702	0,98	1,12
1	28 с	10,5	3,74	10010	1,17		17,2	4,64	12553	1,19		13,3	4,06	11096	1,03	
	75 ц	12,0	4,27	10730	1,07	0,91	18,5	4,64	12597	1,29	1,09	13,7	4,1	11043	1,31	1,27
2	28 с	12,7	4,28	10320	0,64		13,4	4,17	10382	1,41		13,1	4,1	10097	1,12	
	75 ц	11,6	4,15	10639	1,14	1,78	14,0	4,41	10239	1,29	0,92	12,0	4,0	9903	0,96	0,85
3	28 с	10,9	3,59	8885	0,59		13,3	4,1	10270	1,22		11,6	3,97	9475	1,16	
	75 ц	10,3	3,87	8932	1,15	1,95	11,7	4,09	10134	0,58	0,48	11,5	4,26	9773	1,12	0,97

Во всех составах соотношение Ц: П принято 35:65. Изучено влияние дозировки РПП на такие свойства МЗБ, как предел прочности на сжатие  $R$  по ГОСТ 310.4, предел прочности на изгиб  $R_f$  по ГОСТ 310.4, начальный модуль упругости  $E_0$  посредством измерения динамического модуля упругости ультразвуковым методом с последующим пересчетом [7], сцепление с бетонным основанием  $R_{сц}$  по ГОСТ 31356. Результаты испытаний представлены в табл.1.

На рис. 1 представлена зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от предела прочности на сжатие  $R_f = f(R)$ .

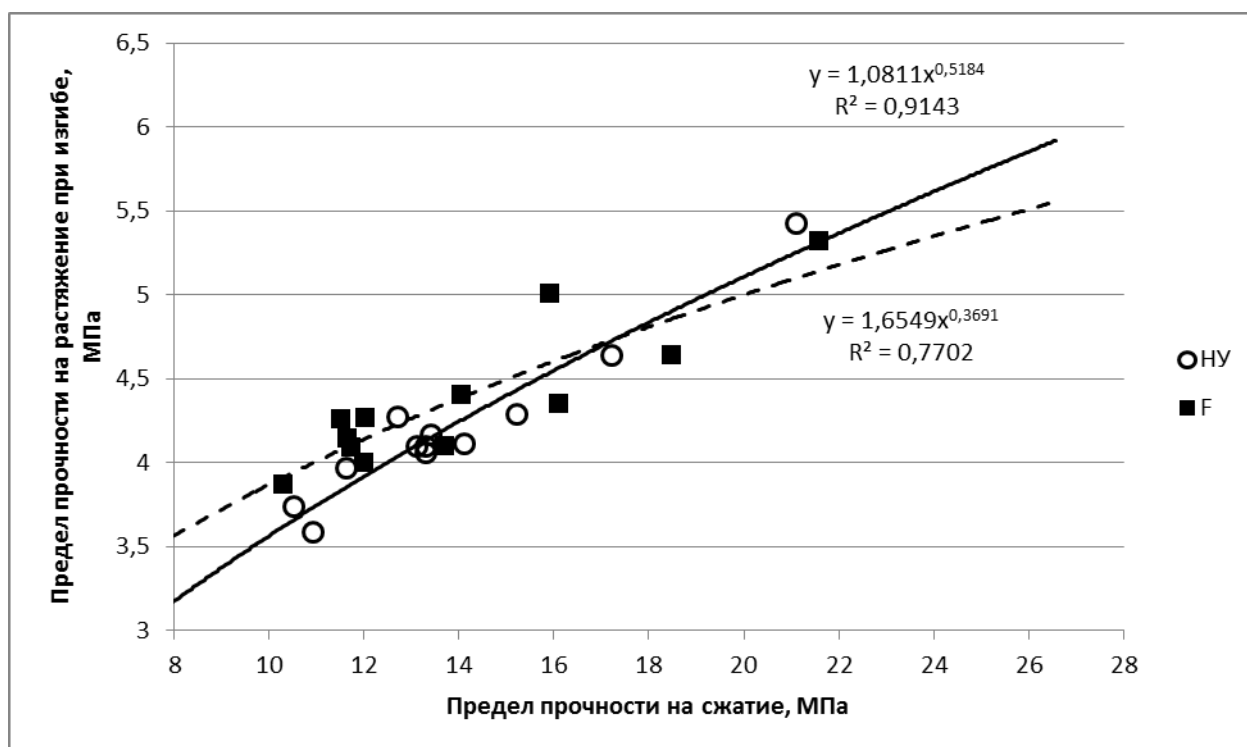


Рис. 1. – Зависимость предела прочности МЗБ на растяжение при изгибе от предела прочности на сжатие НУ - в возрасте 28 суток; F после 75 циклов замораживания-оттаивания

Из представленных в табл. 1 и на рис. 1 данных очевидно:

- зависимость  $R_f = f(R)$  после 75 циклов замораживания-оттаивания несколько отличается от начальной после 28 сут твердения в НУ и характеризуется более низким значением показателя  $R^2$  (0,77 против 0,91);
- как известно, величина  $(1 - R^2)$  характеризует процент дисперсии, который

нельзя объяснить регрессией, после 28 сут твердения в НУ это значение составляет менее 10%, в связи с чем можно утверждать, что предел прочности на изгиб практически однозначно определяется пределом прочности МЗБ на сжатие;

- после 75 циклов замораживания-оттаивания величина  $(1 - R^2)$  составила более 20%, что свидетельствует о влиянии некоторых других факторов, помимо предела прочности на сжатие, на зависимость  $R_f = f(R)$  после 75 циклов замораживания-оттаивания. Анализ зависимостей, представленных на рис. 1 показал их хорошее соответствие аналогичным зависимостям для МЗБ [8 - 10].

На рис. 2 и 3 представлены зависимости изменения предела прочности модифицированных МЗБ от дозировки РПП после 75 циклов замораживания-оттаивания. За относительную прочность принято отношение предела прочности после 75 циклов замораживания-оттаивания к пределу прочности после 28 сут твердения в НУ.

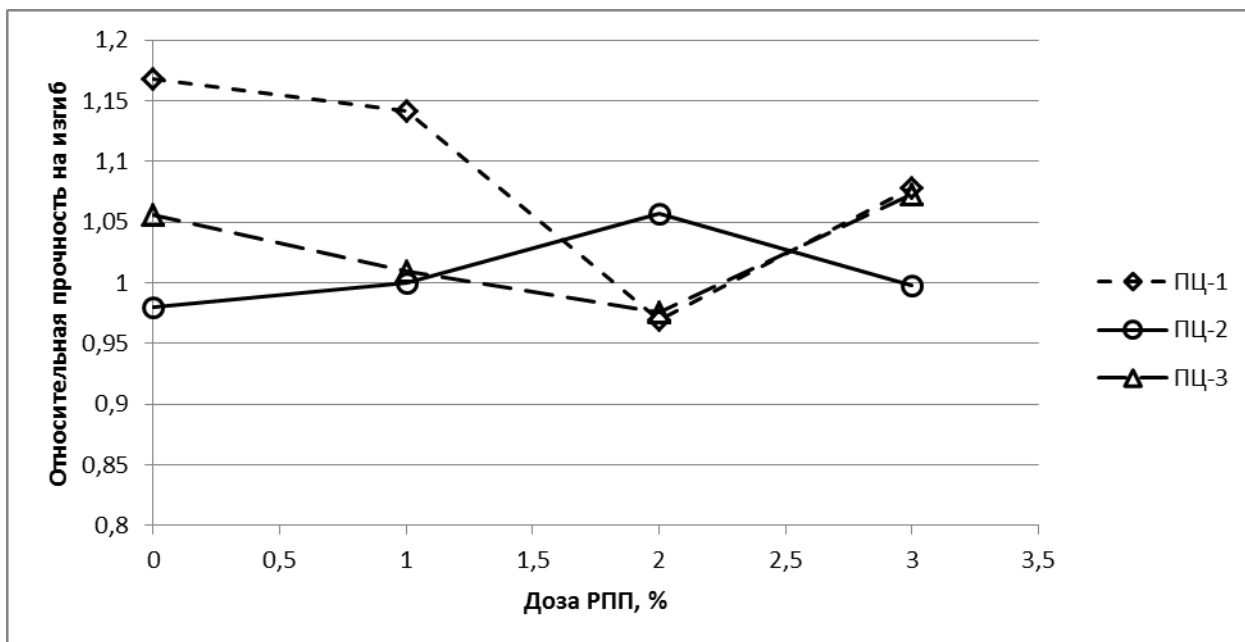


Рис. 2. – Влияние дозировки РПП на изменение предела прочности на изгиб МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания  
ПЦ-1; ПЦ-2; ПЦ-3 – цементы

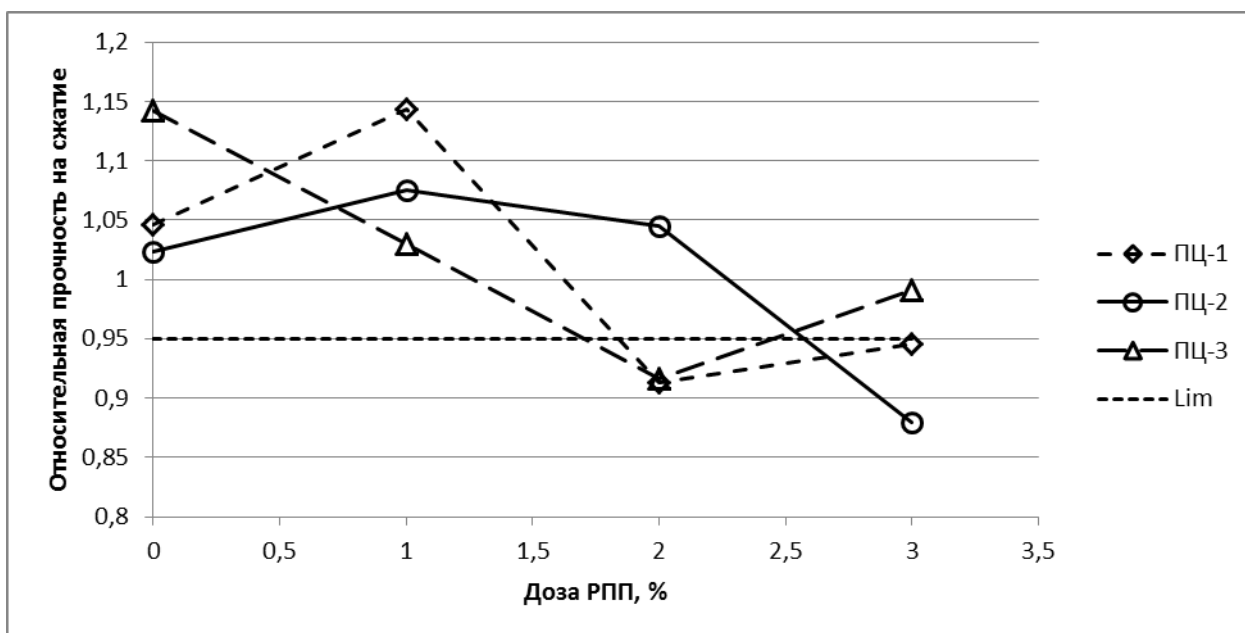


Рис. 3. – Влияние дозировки РПП на изменение предела прочности на сжатие МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания ПЦ-1; ПЦ-2; ПЦ-3 – цементы; Lim – допустимое снижение прочности по ГОСТ 10060

Из представленных на рис. 2 и 3 данных следует:

- характер изменения предела прочности на изгиб и сжатие с увеличением дозировки РПП у ПЦ-1 и ПЦ-3 похожий, у ПЦ-2 качественно отличается;
  - общей тенденцией является снижение предела прочности МЗБ на сжатие при увеличении дозировки РПП после 75 циклов замораживания и оттаивания, причем предельная дозировка РПП, при которой происходит снижение предела прочности на сжатие ниже 95%, зависит от вида цемента;
  - изменение предела прочности на изгиб на базе 75 циклов испытаний позволяет утверждать, что значительного развития деструктивных процессов не наблюдается;
  - дозировка РПП до 2,5 % независимо от вида ПЦ практически не ухудшает прочностные показатели МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания.
- Анализ результатов, представленных на рис. 2,3 показал, что известные закономерности изменения свойств бетонов, в т.ч. мелкозернистых, в т.ч.

полученных из ССС, в т.ч. с применением различных модификаторов [11 – 13, 16,17], в принципе сохраняются и для исследованных МЗБ.

На рис. 4 представлено изменение величины начального модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие после 28 сут твердения в НУ и после 75 циклов замораживания-оттаивания.

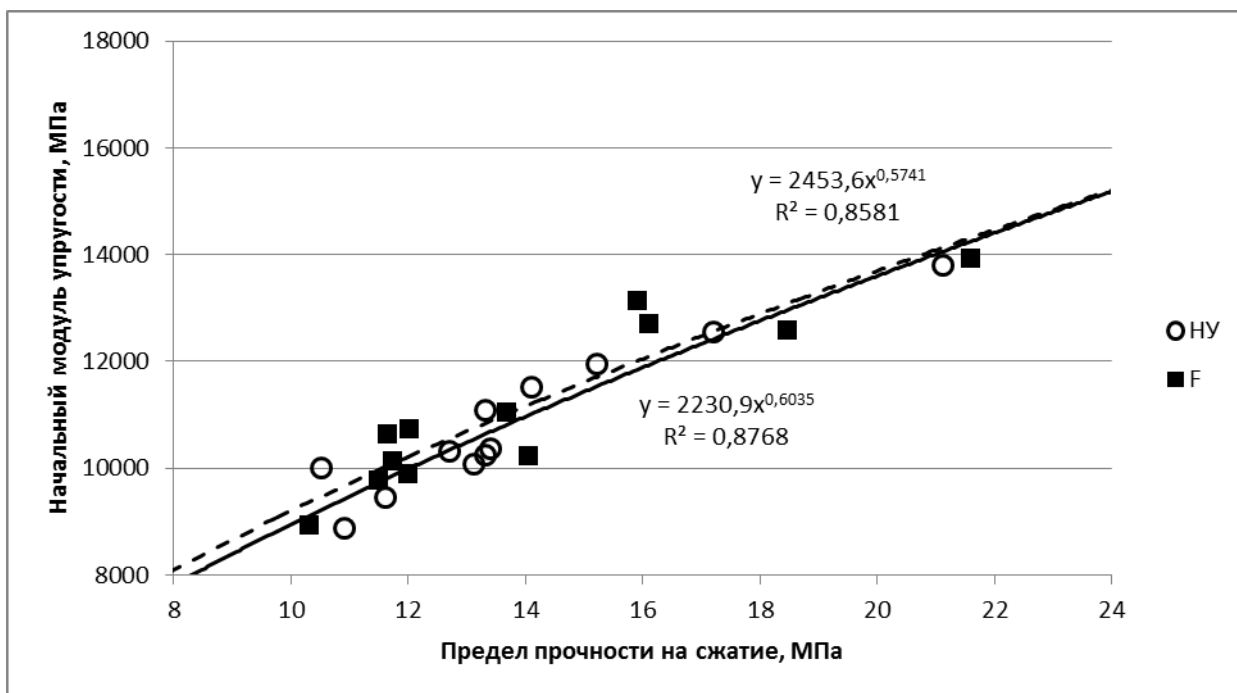


Рис. 4. – Зависимость начального модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие НУ – после твердения 28 сут в НУ; F – после 75 циклов замораживания-оттаивания

Из представленных на рис. 4 данных очевидно, что 75 циклов замораживания-оттаивания практически не повлияли на характер зависимости модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие, что подтверждает высказанное выше положение о том, что 75 циклов замораживания-оттаивания практически не нарушили структуру исследованных МЗБ. Анализ зависимости начального модуля упругости от предела прочности на сжатие исследованных МЗБ показал полное соответствие полученным ранее данным о количественном изменении начального модуля упругости МЗБ с модифицирующими добавками, в т.ч. РПП [14,15].

На рис. 5 представлена зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от предела прочности бетона на растяжение при изгибе.

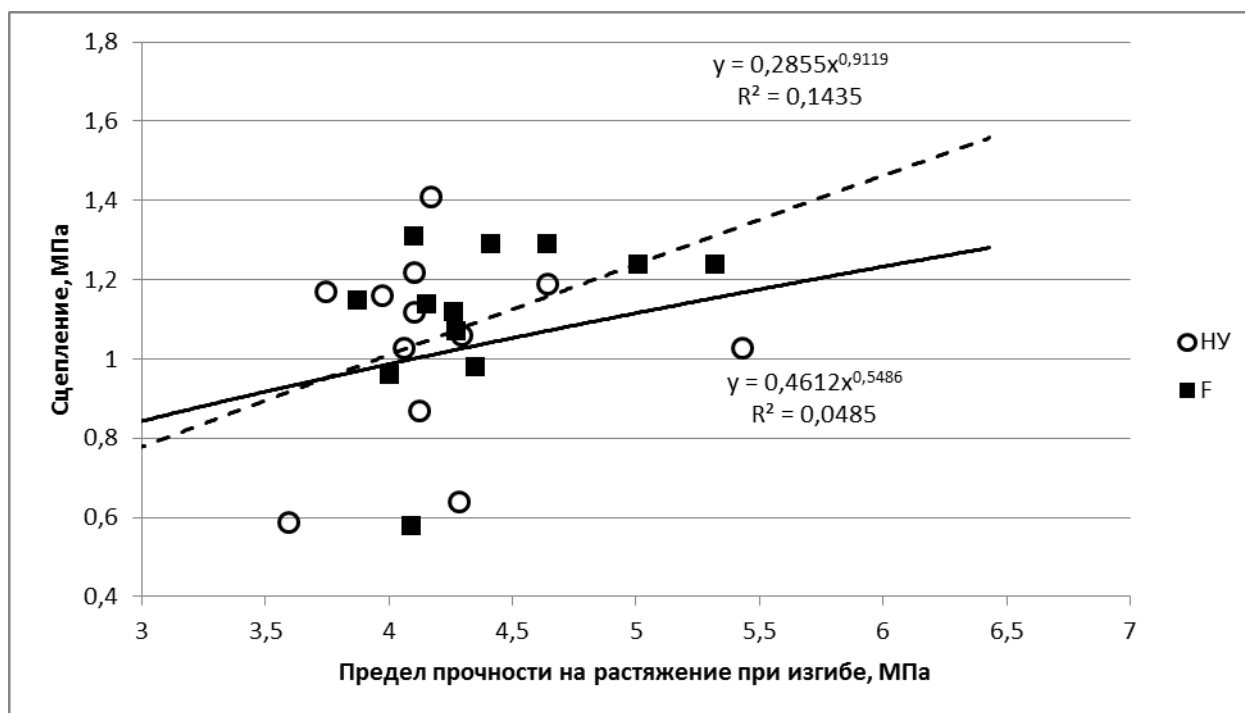


Рис. 5. – Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от предела прочности на растяжение при изгибе

Из представленных на рис. 5 данных следует:

- отсутствует четкая зависимость между пределом прочности МЗБ на растяжение при изгибе и сцеплением с бетонным основанием;
- отмечается увеличение сцепления с бетонным основанием после 75 циклов по сравнению со значением сцепления в возрасте 28 суток в зависимости от вида цемента и дозировки РПП от 8 до 49%.

На рис. 6,7 представлена зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП.

Из представленных на рис. 6,7 данных следует:

- все испытанные составы независимо от вида цемента, дозировки РПП и условий выдерживания соответствуют классу С-1;
- составы на ПЦ-1 и ПЦ-3 соответствуют классу С-2 после 75 циклов замораживания-оттаивания;

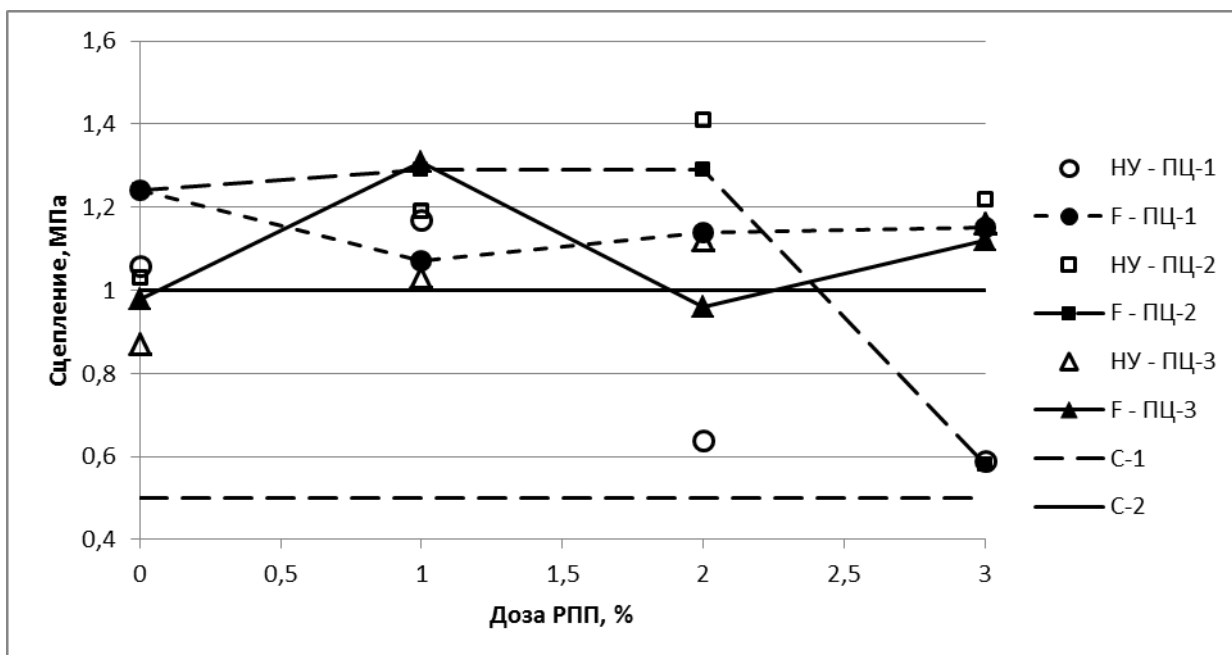


Рис. 6. – Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП С-1; С-2 – соответственно сцепление с основанием 0,5 и 1 МПа

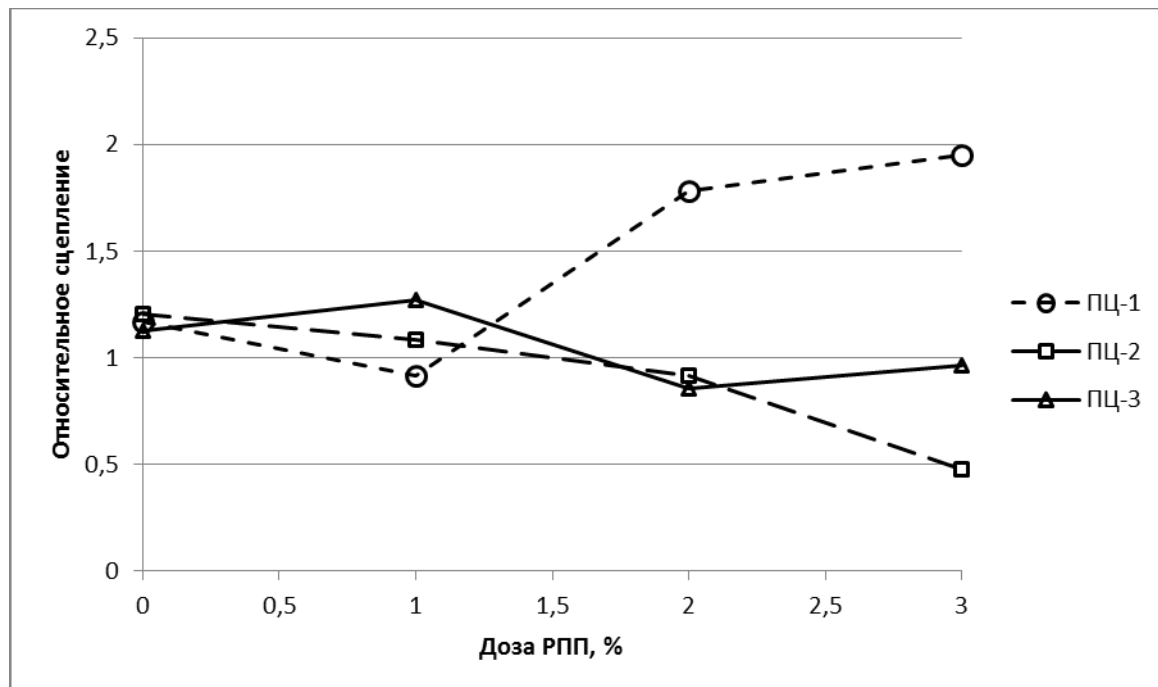


Рис. 7. – Зависимость относительного сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП





- циклическое замораживание-оттаивание на базе 75 циклов практически не оказало негативного влияния на величину сцепления с основанием, за исключением ПЦ-2 при дозировке РПП 3%;
- резкое повышение относительного сцепления составов на ПЦ-1 связано не с повышением сцепления после замораживания-оттаивания, а с понижением сцепления с ростом дозы РПП после 28 сут твердения в НУ;
- повышение дозы РПП до 2-3 % в зависимости от вида цемента не влияет негативно на величину сцепления МЗБ с основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания.

### **Выводы.**

1. При введении РПП до 3% от массы сухой бетонной смеси МЗБ выявлено снижение предела прочности на сжатие в возрасте 28 суток до 37%, после 75 циклов до 46%, снижение прочности на растяжение при изгибе в возрасте 28 суток до 25%, после 75 циклов – до 23%;
2. Увеличение дозировки РПП до 3% снижает начальный модуль упругости МЗБ до 26% в возрасте 28 суток, а после 75 циклов замораживания-оттаивания до 32%.
3. 75 циклов циклического замораживания-оттаивания не оказывают негативного влияния на величину сцепления МЗБ с бетонным основанием.

### **Литература**

1. Безбородов В.А., Белан В.И., Мешков П.И., Нерадовский Е.Г. Сухие смеси в современном строительстве – Новосибирск, 1998. - 94 с.
2. Корнеев В.И., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси (состав, свойства): учеб. пособие. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2010. - 320 с.
3. Шаменская Е.А., Орлова Т.Н. Плиточные сухие клеи и системы // Строительные материалы. 1999. №7-8. С. 14-16.

4. Цюрбригген Р., Дильгер П. Дисперсионные полимерные порошки – особенности поведения в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 1999. №3. С. 10-13.
  5. Захезин А.Е., Черных Т.Н., Трофимов Б.Я., Крамра Л.Я. Влияние редиспергируемых порошков на свойства цементных строительных растворов // Строительные материалы. 2004. №10. С. 6-8.
  6. Голунов С.А. Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS // Строительные материалы. 2004. №3. С. 47-50.
  7. Несветаев Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 381 с.
  8. Несветаев Г.В., Базоев О.К. Новая серия добавок в бетон производства НПП «Ирстройпрогресс» // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: Материалы 4-й межд. конф. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006. – С. 319-326.
  9. Бычкова О.А. Клей быстрой фиксации на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // Инженерный вестник Дона, 2018, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102)
  10. Бычкова О.А. Быстротвердеющие стяжки на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // Инженерный вестник Дона, 2018, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103)
  11. Кудряков 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.
  12. Кудряков А.И., Белых С.А., Даминова А.М. Смеси сухие растворные цементные с микрогранулированной воздухововлекающей
-

добавкой // Строительные материалы. 2010. №1. С. 52-54.

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

14. Применение модификаторов с целью управления модулем упругости бетона / Новые научные направления строительного материаловедения: Академические чтения РААСН. – Белгород, 2005. – ч.2. – С. 51-57.

15. Несветаев Г.В., Ужахов М.А. Некоторые вопросы оценки качества клеев для плитки // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2007. №1. С. 64-66.

16. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.

17. Rajgelj, S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars // Mater. et constr. 1985. №104. pp. 109-114.

### References

1. Bezborodov V.A., Belan V.I., Meshkov P.I., Neradovskij E.G. Suxie smesi v sovremennom stroitel'stve [Dry mixes in modern construction]. Novosibirsk, 1998. 94 p.

2. Korneev V.I., Zozulya P.V. Suxie stroitel'ny'e smesi (sostav, svojstva): ucheb. posobie [Dry mixes (composition, properties): studies. benefit]. M.: RIF «Strojmaterialy», 2010. 320 p.

3. Shamenskaya E.A., Orlova T.N. Stroitel'ny'e materialy`. 1999. №7-8. pp. 14-16.

4. Czyurbrigen R., Dil'ger P. Stroitel'ny'e materialy`. 1999. №3. pp. 10-13.

5. Zaxezin A.E., Cherny`x T.N., Trofimov B.Ya., Kramra L.Ya. Stroitel'ny'e materialy`. 2004. №10. pp. 6-8.



6. Golunov S.A. Stroitel`ny`e materialy`. 2004. №3. pp. 47-50.
7. Nesvetaev G.V. Betony`: uchebno-spravochnoe posobie. 2-e izd., pererab i dop. [Concrete: a training and reference manual] Rostov-na-Donu: Feniks, 2013. 381 p.
8. Nesvetaev G.V., Bazoev O.K. Beton i zhelezobeton v tret`em ty`syacheletii: Materialy` 4-j mezhd. konf. Rostov-na-Donu: RGSU, 2006. pp. 319-326.
9. By`chkova O.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102)
10. By`chkova O.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103)
11. Kudyakov A.I., Zinov`ev A.A., Dvoryaninova N.V. Vestnik TGASU. 2008. №4. pp. 99-105.
12. Kudyakov A.I., Bely`x S.A., Daminova A.M. Stroitel`ny`e materialy`. 2010. №1. pp. 52-54.
13. Serova R.F., Kozhas A.K. Fundamental`ny`e issledovaniya. 2012. №9. pp. 690-693.
14. Novy`e nauchny`e napravleniya stroitel`nogo materialovedeniya: Akademicheskie chteniya RAASN. Belgorod, 2005. ch.2. pp. 51-57.
15. Nesvetaev G.V., Uzhaxov M.A. ALITinform: Cement. Beton. Suxie smesi. 2007. №1. pp. 64-66.
16. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
17. Rajgelj, S. Mater. et constr. 1985. №104. pp. 109-114.