

Влияние ретиспергируемых порошков и низкомодульных включений на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания

Г.В. Несветаев¹, А.В. Долгова²

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

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

Аннотация: Показано, что низкомодульные включения в виде вовлеченного воздуха или зольных микросфер в составе мелкозернистого бетона практически не влияют на соотношение предела прочности на изгиб и сжатие при твердении бетона в нормальных условиях. После 75 циклов замораживания-оттаивания соотношение предела прочности на изгиб и сжатие мелкозернистого бетона с зольными микросферами не изменилось, а в бетонах с вовлеченным воздухом резко возросло влияние таких факторов, как вид и дозировка ретиспергируемого порошка и тип цемента. Низкомодульные включения практически не влияют на соотношение между начальным модулем упругости и пределом прочности на сжатие мелкозернистого бетона при твердении в нормальных условиях. После 75 циклов замораживания-оттаивания в бетонах с вовлеченным воздухом резко возрастает влияние таких факторов, как вид и дозировка ретиспергируемого порошка и тип цемента на соотношение начального модуля упругости и прочности на сжатие. На соотношения модуля и прочности в бетонах с зольной микросферой циклическое замораживание-оттаивание не влияет. Независимо от наличия низкомодульных включений отсутствует четкая зависимость между сцеплением с бетонным основанием и пределом прочности мелкозернистого бетона на растяжение при изгибе. В бетонах с вовлеченным воздухом увеличение сцепления с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания в зависимости от вида цемента и дозировки ретиспергируемого порошка составило до 82%, а для составов с зольной микросферой до 62%. Независимо от наличия низкомодульных включений после 75 циклов замораживания-оттаивания сцепление с основанием соответствует классу С-1. При увеличении дозировки ретиспергируемого порошка от 0 до 3% в составах с низкомодульными включениями отмечен рост сцепления с основанием до 62%.

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

Производство сухих строительных смесей (ССС) в настоящее время интенсивно развивается, поскольку обеспечивает рост производительности труда и высокое качество получаемой продукции [1,2]. СССР различного назначения как правило содержат в составе ретиспергируемый полимерный порошок (РПП), который, по декларации производителей, улучшает свойства строительных растворов различного назначения [3-5]. Помимо

РПП для повышения морозостойкости в состав смеси часто вводят низко модульные включения (НМВ) демпфирующего действия – воздухововлекающие добавки ПАВ (ВВ) или зольные микросферы (МС) [7-9]. Ранее показано влияние дозировки РПП на свойства мелкозернистого бетона [6]. Ниже приводятся результаты исследования влияния НМВ и 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). Модифицирование мелкозернистых бетонов и растворов полимерами оказывает значительное влияние на повышение строительско-технических свойств клеев, штукатурок, шпатлевок и ремонтных составов [10-12], но вопросы влияния замораживания-оттаивания на сцепление с основанием требуют продолжения исследований.

Оценка влияния типа цемента и модифицирующих добавок произведена на МЗБ 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);
- РПП Vinavil 06 P (РП-3), Vinavil SL 11 P (РП-4), Vinnapas 4042 Н (РП-5);
- воздухововлекающая добавка Esapon 1214 (ВВ);
- микросфера (зольная микросфера Новочеркасской ГРЭС, МС).

Во всех составах дозировка ВУ составляла 0,25% от массы сухой смеси. Содержание РПП варьировалось от 0 до 3% от массы сухой смеси. Дозировка ВВ составляла 0,015% от массы сухой смеси. Соотношение Ц:П = 35:65. Дозировка МС составляла 1,31% от массы сухой смеси. Соотношение Ц:П принято в составах с ВВ 35:65, в составах с МС - 36,3 (Ц+МС):63,7. Изучено влияние дозировки РПП и типа НМВ 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 [13], сцепление с бетонным основанием $R_{сц}$ по ГОСТ 31356. Исследованы МЗБ после 28 сут твердения в нормальных условиях и после 75 циклов замораживания-оттаивания. Результаты испытаний представлены в табл.1.

Таблица №1

Результаты определения строительно-технических свойств МЗБ

| Вид НМВ | Дозировка | Сутки/ Циклы | Строительно-технические свойства МЗБ, МПа | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|--------------|---|----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|------------|----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-----|------|
| | | | ПЦ-1+ РП-3 | | | | | ПЦ-2+ РП-4 | | | | | ПЦ-3+РП-5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | R | R _f | E ₀ | R _{сц} | R ₇₅ /R ₀ | R | R _f | E ₀ | R _{сц} | R ₇₅ /R ₀ | R | R _f | E ₀ | R _{сц} | R ₇₅ /R ₀ | | | | | | | | |
| В | 0 | 28 с | 8,4 | 3,35 | 8309 | 0,66 | 0,76 | 15,8 | 4,12 | 11303 | 0,2 | 5,54 | 14,3 | 4,1 | 11431 | 0,58 | | | | | | | | | |
| | | | 75 ц | 11,3 | 3,98 | 9567 | | 0,51 | 16,28 | 4,27 | | | 10784 | 1,13 | 14,4 | | 4,16 | 11012 | 1,26 | | | | | | |
| | | 75 ц | 10,05 | 3,49 | 9149 | 0,48 | | 2,26 | 12,6 | 4,08 | | | 9722 | 1,23 | 0,89 | | 13,7 | 4,38 | 11046 | 0,89 | | | | | |
| | | | 75 ц | 13,04 | 4,0 | 10521 | | | 1,09 | 13,65 | | | 3,66 | | | | 9793 | 1,09 | 12,1 | | 3,67 | 10079 | 1,13 | | |
| | | 28 с | 9,14 | 3,63 | 8919 | 1,06 | | | 1,09 | 14,6 | | | 4,28 | | | | 10554 | 1,22 | 0,92 | | 12,4 | 3,94 | 10619 | 1,3 | |
| | | | 75 ц | 12,21 | 3,98 | 9656 | | | | 1,16 | | | 12,5 | | | | 4,3 | | | | 10492 | 1,12 | 12,0 | | 3,99 |
| | 28 с | 10,8 | 3,84 | 9197 | 0,87 | 1,37 | 12,9 | | | 4,06 | 10562 | 1,31 | 1,07 | | | 11,3 | 3,92 | | | | 9491 | 1,22 | | | |
| | | 75 ц | 12,1 | 4,04 | 9467 | | 1,19 | | | 11,1 | 4,36 | | | | | 10676 | 1,4 | | | | 11,9 | | 3,83 | | 9253 |
| | 0 | 0 | 28 с | 14,5 | 4,14 | | 11128 | 1,16 | | 0,38 | 19,4 | | | 5,24 | 13369 | 0,79 | 1,63 | | | 15,6 | 3,9 | | 11109 | | 0,92 |
| | | | 75 ц | 12,1 | 4,04 | | 9467 | 1,19 | | 1,37 | 11,1 | | | 4,36 | 10676 | 1,4 | 1,07 | | | 11,9 | 3,83 | | 9253 | | 1,0 |
| | | | 28 с | 10,8 | 3,84 | | 9197 | 0,87 | 1,09 | 12,9 | 4,06 | | | 10562 | 1,31 | 0,92 | 11,3 | 3,92 | 9491 | 1,22 | | | | | |
| | | | 75 ц | 12,21 | 3,98 | | 9656 | 1,16 | 2,26 | 12,5 | 4,3 | | | 10492 | 1,12 | 0,89 | 12,0 | 3,99 | 10038 | 1,07 | | | | | |
| 28 с | | | 9,14 | 3,63 | 8919 | 1,06 | 0,76 | 14,6 | 4,28 | 10554 | 1,22 | 5,54 | 12,4 | 3,94 | 10619 | 1,3 | | | | | | | | | |
| 75 ц | | | 13,04 | 4,0 | 10521 | 1,09 | 2,26 | 13,65 | 3,66 | 9793 | 1,09 | 0,89 | 12,1 | 3,67 | 10079 | 1,13 | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 28 с | 14,5 | 4,14 | 11128 | 1,16 | 0,38 | 19,4 | 5,24 | 13369 | 0,79 | 1,63 | 15,6 | 3,9 | 11109 | 0,92 | | | | | | | | | |
| | | 75 ц | 12,1 | 4,04 | 9467 | 1,19 | 1,37 | 11,1 | 4,36 | 10676 | 1,4 | 1,07 | 11,9 | 3,83 | 9253 | 1,0 | | | | | | | | | |
| | | 28 с | 10,8 | 3,84 | 9197 | 0,87 | 1,09 | 12,9 | 4,06 | 10562 | 1,31 | 0,92 | 11,3 | 3,92 | 9491 | 1,22 | | | | | | | | | |
| | | 75 ц | 12,21 | 3,98 | 9656 | 1,16 | 2,26 | 12,5 | 4,3 | 10492 | 1,12 | 0,89 | 12,0 | 3,99 | 10038 | 1,07 | | | | | | | | | |
| | | 28 с | 9,14 | 3,63 | 8919 | 1,06 | 0,76 | 14,6 | 4,28 | 10554 | 1,22 | 5,54 | 12,4 | 3,94 | 10619 | 1,3 | | | | | | | | | |
| | | 75 ц | 13,04 | 4,0 | 10521 | 1,09 | 2,26 | 13,65 | 3,66 | 9793 | 1,09 | 0,89 | 12,1 | 3,67 | 10079 | 1,13 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 75 ц | 28 с | 75 ц | 28 с | 75 ц | 28 с | 75 ц | 28 с | 75 ц | 28 с | 75 ц | 28 с | |
| | | 11 | 9,9 | 11,21 | 10,6 | 13,18 | 11,6 | 13,18 | 11,6 | 13,18 | 11,6 | 13,18 | 11,6 | 13,18 |
| | | 3,74 | 3,47 | 3,8 | 3,53 | 4,16 | 3,87 | 4,16 | 3,87 | 4,16 | 3,87 | 4,16 | 3,87 | 4,16 |
| | 2 | 8460 | 8375 | 9005 | 8499 | 10169 | 9061 | 10169 | 9061 | 10169 | 9061 | 10169 | 9061 | 10169 |
| | | 1,17 | 0,44 | 0,95 | 0,94 | 0,9 | 0,97 | 0,9 | 0,97 | 0,9 | 0,97 | 0,9 | 0,97 | 0,44 |
| | | 2,64 | | 1,01 | | 0,92 | | 0,92 | | 0,92 | | 0,92 | | 0,92 |
| | 3 | 9,2 | 1,08 | 12,2 | 13,5 | 16,3 | 13,3 | 16,3 | 13,3 | 16,3 | 13,3 | 16,3 | 13,3 | 16,3 |
| | | 4,01 | 4,02 | 4,6 | 4,18 | 4,69 | 4,36 | 4,69 | 4,36 | 4,69 | 4,36 | 4,69 | 4,36 | 5,04 |
| | | 9999 | 9542 | 10014 | 10296 | 11080 | 11724 | 11080 | 11724 | 11080 | 11724 | 11080 | 11724 | 13299 |
| | | 1,09 | 1,37 | 1,26 | 0,97 | 0,99 | 0,68 | 0,99 | 0,68 | 0,99 | 0,68 | 0,99 | 0,68 | 1,29 |
| | | 0,8 | | 1,3 | | 1,45 | | 1,45 | | 1,45 | | 1,45 | | 1,45 |
| | | 9,03 | 9,6 | 10,7 | 10,5 | 13,3 | 12,3 | 13,3 | 12,3 | 13,3 | 12,3 | 13,3 | 12,3 | 15,0 |
| | 3,42 | 3,8 | 3,66 | 3,78 | 4,16 | 4,0 | 4,16 | 4,0 | 4,16 | 4,0 | 4,16 | 4,0 | 4,18 | |
| | 7654 | 8402 | 8539 | 9082 | 10171 | 9825 | 10171 | 9825 | 10171 | 9825 | 10171 | 9825 | 11103 | |
| | 0,94 | 0,96 | 1,02 | 0,88 | 0,96 | 0,99 | 0,96 | 0,99 | 0,96 | 0,99 | 0,96 | 0,99 | 1,13 | |
| | 0,99 | | 1,15 | | 0,97 | | 0,97 | | 0,97 | | 0,97 | | 0,97 | |

В табл. 2 представлены уравнения регрессии, описывающие зависимость $R_f = f(R)$ от условий выдерживания и вида НМВ.

Таблица №2

Зависимость $R_f = f(R)$ от условий выдерживания и вида НМВ

| Низкомодульные включения | Условия выдерживания | |
|--------------------------|---|---|
| | Твердение 28 сут в нормальных условиях | Твердение 28 сут в нормальных условиях + 75 циклов замораживания-оттаивания |
| Нет [6] | $R_f = 1,081 \cdot R^{0,518}$ $R^2 = 0,914$ | $R_f = 1,655 \cdot R^{0,369}$ $R^2 = 0,77$ |
| ВВ | $R_f = 1,537 \cdot R^{0,377}$ $R^2 = 0,8286$ | $R_f = 3,322 \cdot R^{0,075}$ $R^2 = 0,914$ |
| МС | $R_f = 1,366 \cdot R^{0,428}$ $R^2 = 0,694$ | $R_f = 1,563 \cdot R^{0,382}$ $R^2 = 0,737$ |

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

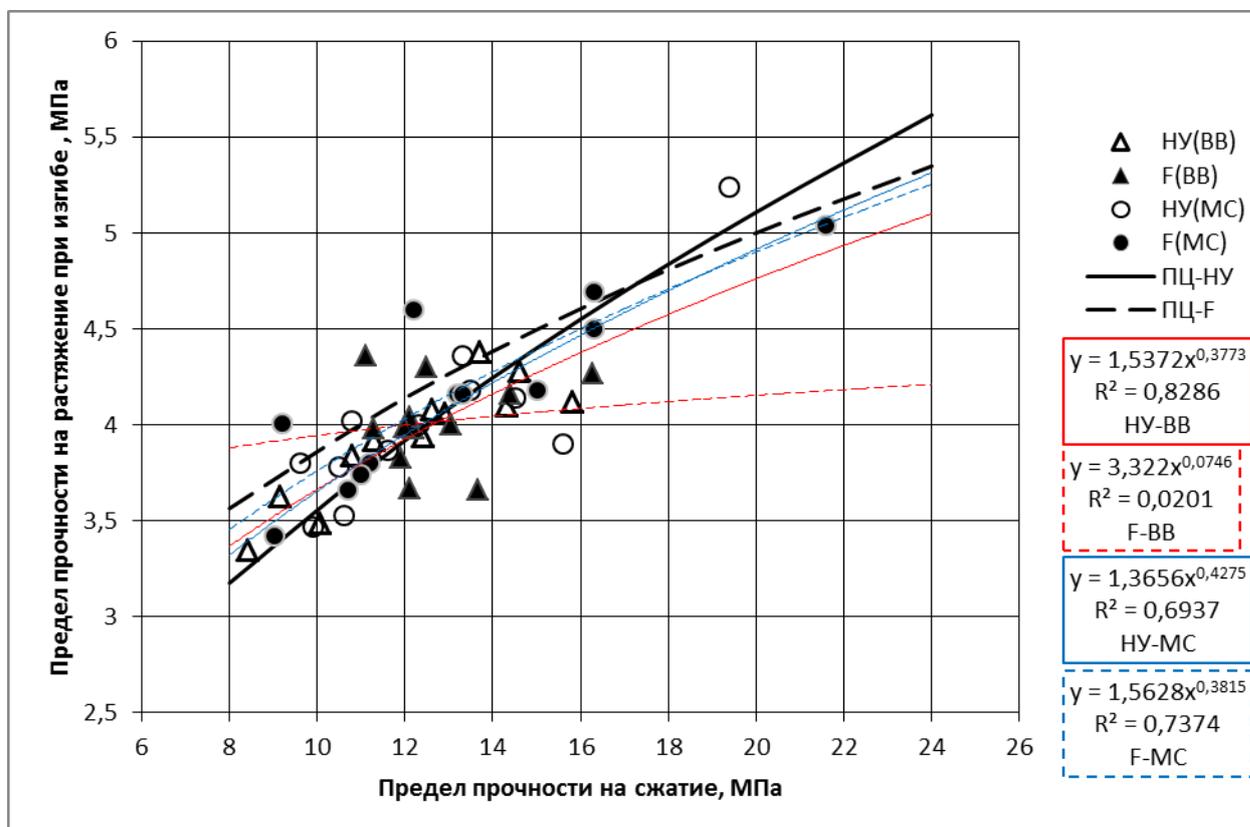


Рис. 1. – Зависимость предела прочности МЗБ на растяжение при изгибе от предела прочности на сжатие НУ - в возрасте 28 сут; F после 75 циклов замораживания-оттаивания; ВВ- с воздухововлекающей добавкой; МС – с добавкой микросферы; ПЦ-НУ – без низкоомодульных включений после 28 сут твердения в нормальных условиях; ПЦ-F - без низкоомодульных включений после 75 циклов замораживания-оттаивания

Из представленных в табл. 2 и на рис. 1 данных очевидно:

- характер зависимости $R_f = f(R)$ в составах с НМВ практически не изменяется в зависимости от условий выдерживания и близок к зависимости $R_f = f(R)$, ранее полученной для МЗБ без НМВ [6], кроме того, хорошо коррелирует с известными для мелкозернистых бетонов различного назначения зависимостями [14-16];
- в составах с ВВ после 75 циклов замораживания-оттаивания отмечается резкое снижение величины R^2 , что свидетельствует о значительном влиянии

на изменение прочности при изгибе после 75 циклов замораживания-оттаивания таких факторов, как вид и дозировка РПП, тип цемента (величина $(1 - R^2)$ характеризует процент дисперсии, который нельзя объяснить регрессией);

- преимущество МС в сравнении с ВВ для повышения морозостойкости.

Следует отметить, что, поскольку применение МС обеспечивает более стабильный объем НМВ в смеси за счет дозировки в сравнении с ВВ, величина которого в бетонной смеси зависит, помимо дозировки, от условий перемешивания и возраста смеси, полученный вывод о преимуществе применения МС в качестве НМВ имеет важное практическое значение.

На рис. 2 и 3 представлены зависимости изменения предела прочности модифицированных МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания от дозировки РПП. За относительную прочность принято отношение предела прочности после 75 циклов замораживания-оттаивания к пределу прочности после 28 сут твердения в НУ. Далее в работе для построения зависимостей составов ПЦ-1, ПЦ-2, ПЦ-3 без НМВ от различных факторов использованы данные предыдущих исследований [6].

Из представленных на рис. 2 данных следует, что НМВ в сочетании с РПП способствует повышению стойкости МЗБ по критерию прочности при изгибе после циклического замораживания-оттаивания, особенно при дозировке РПП 2%. Также можно отметить некоторое преимущество МС, особенно для ПЦ-2.

Из представленных на рис. 3 данных следует, что НМВ в сочетании с РПП способствуют повышению стойкости по критерию прочности на сжатие после циклического замораживания-оттаивания, но степень влияния сильно зависит от типа цемента и дозировки РПП. Преимущество МС прослеживается для ПЦ-1 и ПЦ-2.

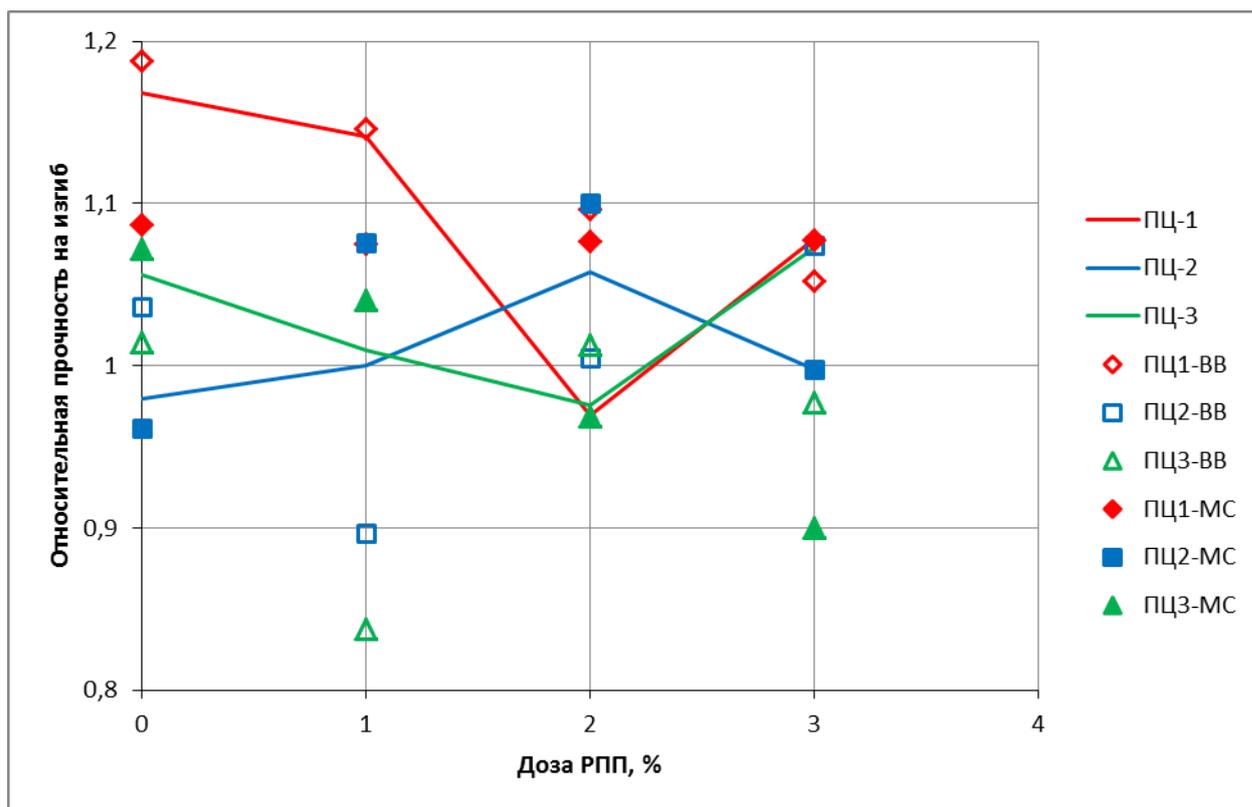


Рис. 2. – Влияние дозировки РПП на изменение предела прочности на изгиб МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания ПЦ-1; ПЦ-2; ПЦ-3 – без НМВ; ПЦ1-ВВ; ПЦ2-ВВ; ПЦ3-ВВ – составы с воздухововлекающей добавкой; ПЦ1-МС; ПЦ2-МС; ПЦ3-МС – составы с добавкой микросферы

Таблица №3

Зависимость $E_0 = f(R)$ от условий выдерживания и вида НМВ

| Низкомодульные включения | Условия выдерживания | |
|--------------------------|---|---|
| | Твердение 28 сут в нормальных условиях | Твердение 28 сут в нормальных условиях + 75 циклов замораживания-оттаивания |
| Нет [11] | $E_0 = 2230,9 \cdot R^{0,604}$ $R^2 = 0,877$ | $E_0 = 2453,6 \cdot R^{0,574}$ $R^2 = 0,858$ |
| ВВ | $E_0 = 2866,5 \cdot R^{0,503}$ $R^2 = 0,895$ | $E_0 = 5040 \cdot R^{0,274}$ $R^2 = 0,27$ |
| МС | $E_0 = 1833,9 \cdot R^{0,672}$ $R^2 = 0,897$ | $E_0 = 2411,9 \cdot R^{0,559}$ $R^2 = 0,793$ |

В табл. 3 приведены зависимости, описывающие изменение начального модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие, состава МЗБ и условий выдерживания.

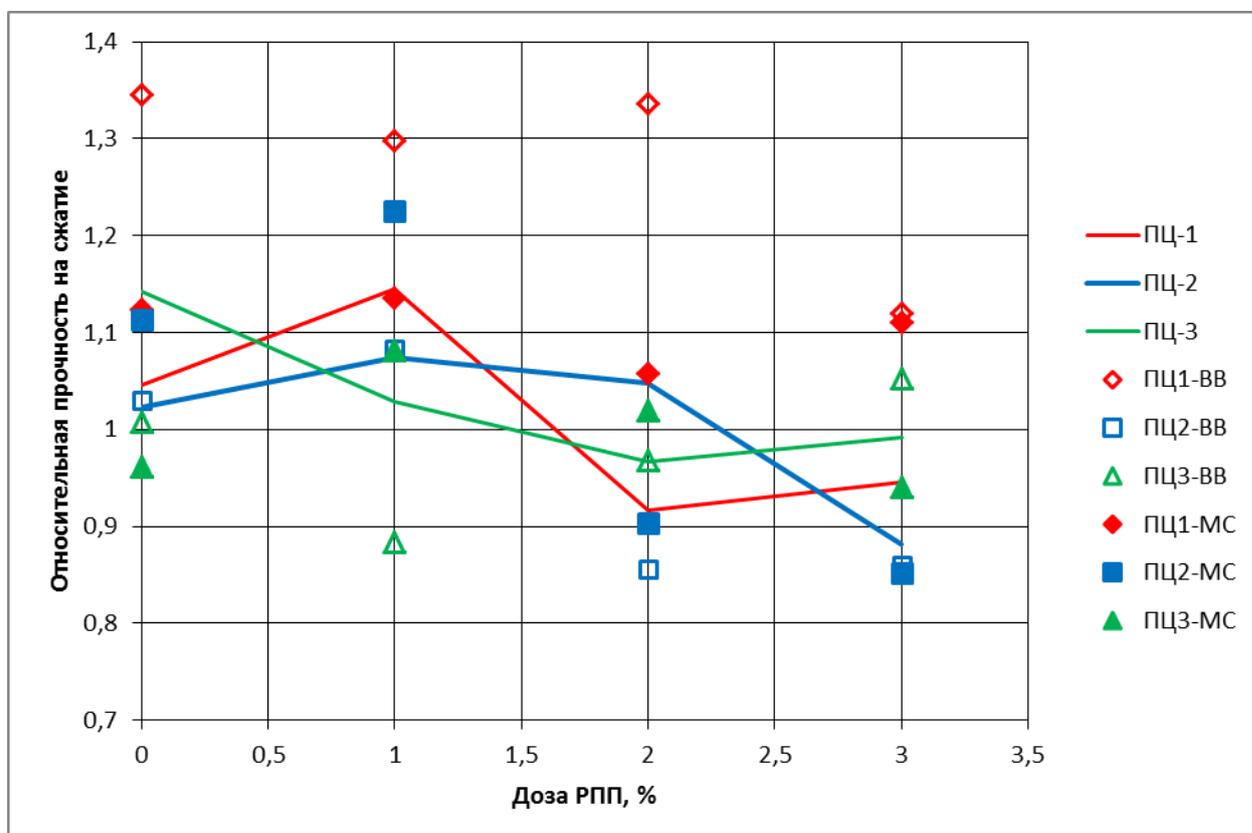


Рис. 3. – Влияние дозировки РПП на изменение предела прочности на сжатие МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания ПЦ-1; ПЦ-2; ПЦ-3 – без НМВ; ПЦ1-ВВ; ПЦ2-ВВ; ПЦ3-ВВ – составы с воздухововлекающей добавкой; ПЦ1-МС; ПЦ2-МС; ПЦ3-МС – составы с добавкой микросферы

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

Из представленных в табл. 3 и на рис. 4 данных очевидно:

- введение в состав МС в качестве НМВ практически не оказывает влияния на зависимость между начальным модулем упругости и пределом прочности на сжатие, установленную ранее для МЗБ без НМВ, что свидетельствует о том, что 75 циклов замораживания-оттаивания практически не нарушили

структуру исследованных МЗБ. Положительное влияние НМВ на свойства МЗБ и растворов различного назначения установлено, в частности, в [7,8,17];

- введение в состав ВВ в качестве НМВ привело к резкому снижению величины R^2 , что свидетельствует о значительном влиянии на изменение начального модуля упругости после 75 циклов замораживания-оттаивания таких факторов, как вид и дозировка РП, тип цемента;
- преимущество МС в сравнении с ВВ для повышения морозостойкости.

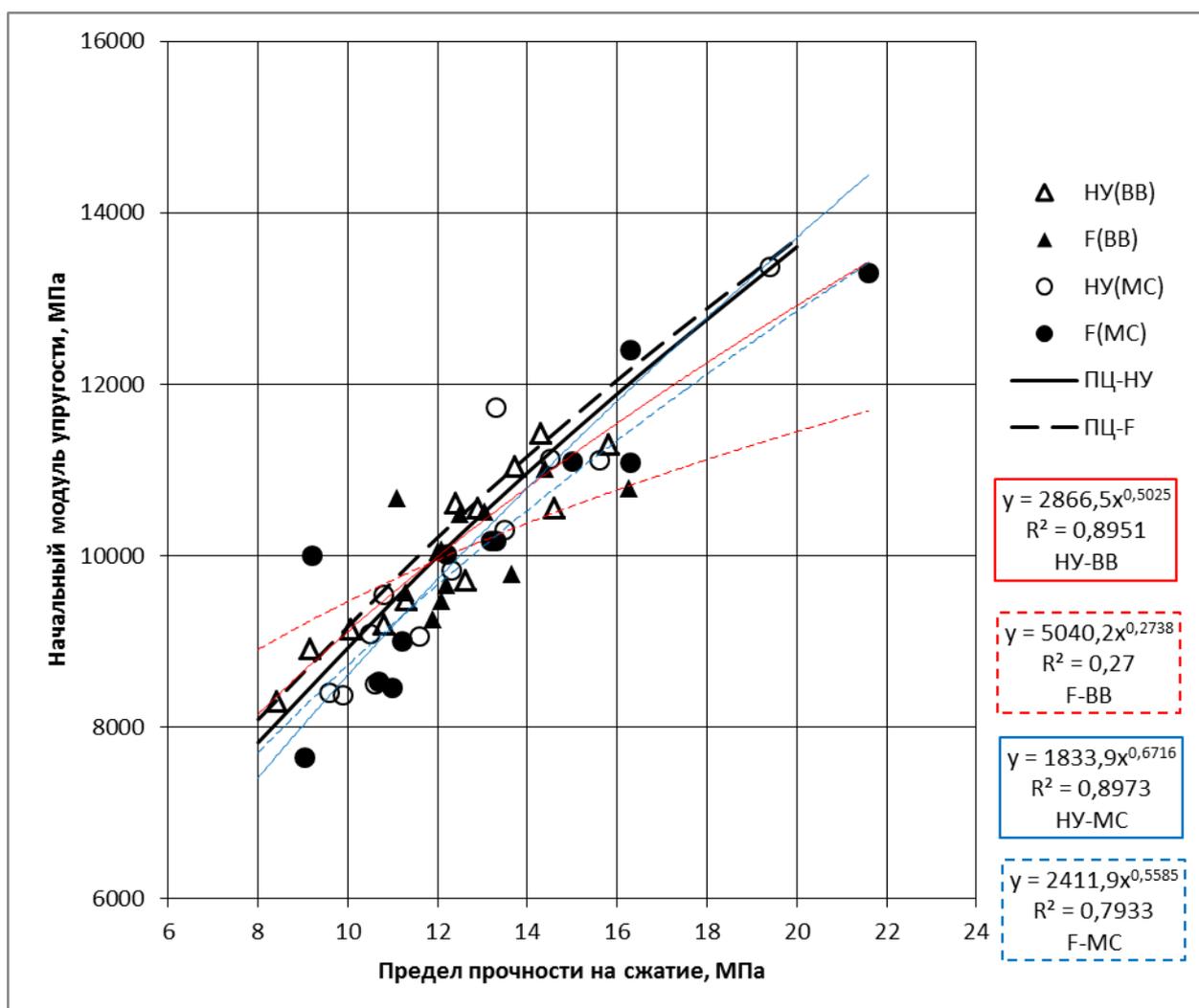


Рис. 4. – Зависимость начального модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие: НУ – после твердения 28 сут в НУ; F – после 75 циклов замораживания-оттаивания

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

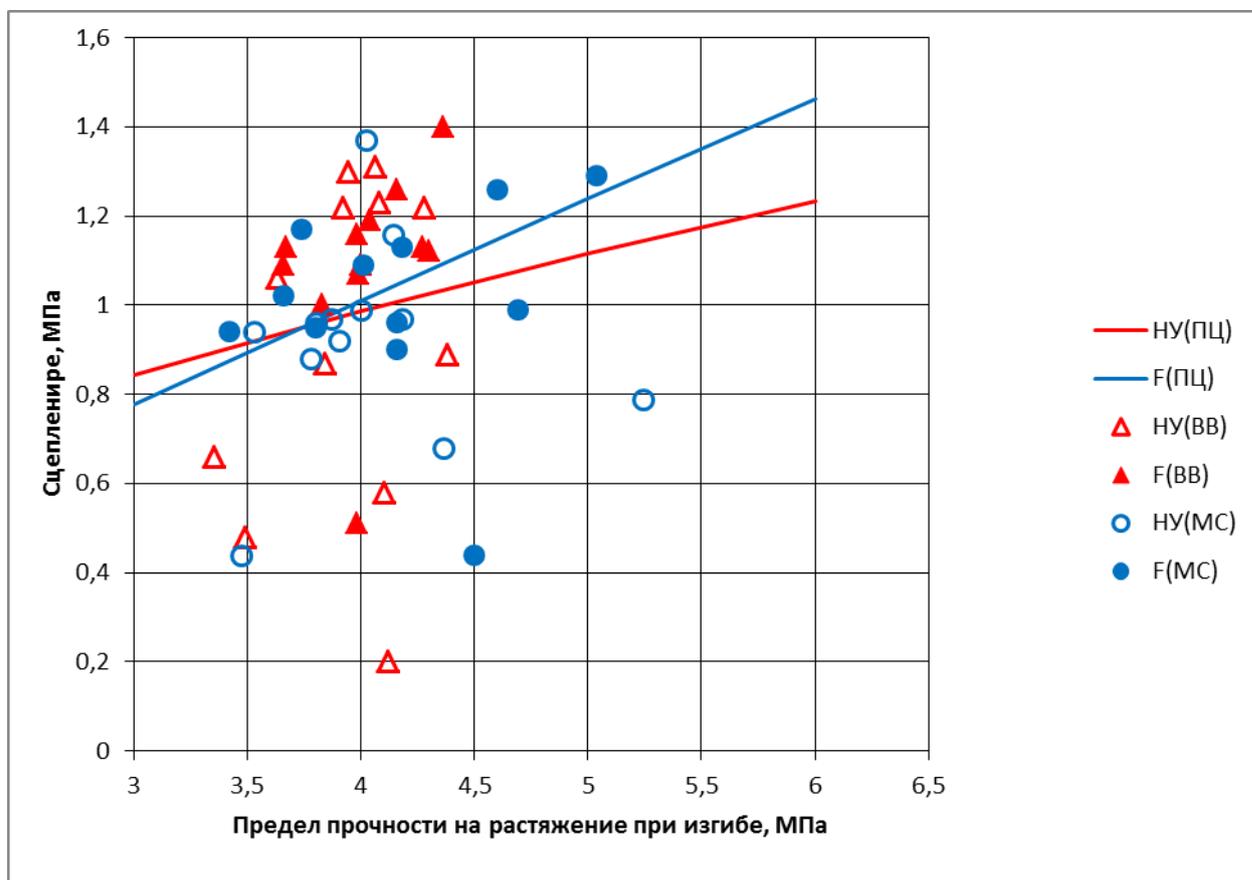


Рис. 5. – Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от предела прочности на растяжение при изгибе НУ(ПЦ), F(ПЦ) – для МЗБ без НМВ

Из представленных на рис. 5 данных следует:

- отсутствует четкая зависимость между пределом прочности МЗБ на растяжение при изгибе и сцеплением с бетонным основанием;
- для составов с НМВ в виде ВВ увеличение сцепления с бетонным основанием после 75 циклов по сравнению с НУ в зависимости от вида цемента и дозировки РПП составило от 7 до 82%;
- для составов с добавкой МС в зависимости от вида цемента и дозировки РПП повышение сцепления с основанием составило от 14 до 62%.

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

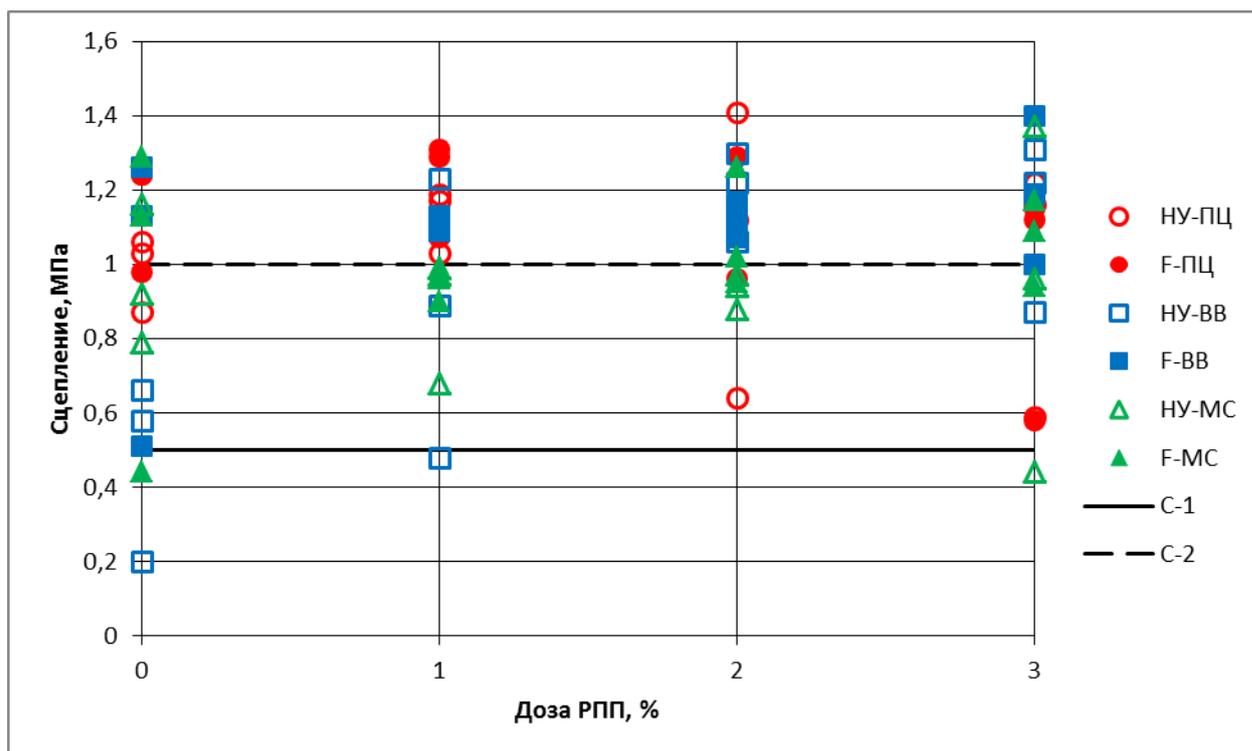


Рис. 6. – Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП
С-1; С-2 – соответственно сцепление с основанием 0,5 и 1 МПа

Очевидно, что практически все исследованные составы, независимо от наличия НМВ, после 75 циклов замораживания-оттаивания обеспечили соответствие классу сцепления С-1. Некоторые составы с НМВ при содержании РПП от 1 до 3% показали соответствие классу сцепления С-2. При вводе в состав НМВ в виде ВВ наблюдается рост сцепления при увеличении дозировки РПП от 0 до 3% в составе с ПЦ-1 до 57%, в составе с ПЦ-2 до 22%;
- при вводе в состав МЗБ добавки МС при увеличении дозировки РПП рост сцепления зафиксирован в составе ПЦ-1 до 62%.

Выводы.

1. НМВ не оказывают влияния на характер зависимости $R_f = f(R)$ при твердении мелкозернистых бетонов в нормальных условиях. После 75 циклов замораживания-оттаивания характер зависимости $R_f = f(R)$ в составах с МС

практически не изменяется, а в составах с ВВ после 75 циклов замораживания-оттаивания отмечается резкое снижение величины R^2 , характеризующей «величину достоверности аппроксимации», что свидетельствует о значительном влиянии на изменение прочности при изгибе таких факторов, как вид и дозировка РПП, тип цемента.

2. НМВ практически не оказывает влияния на зависимость между начальным модулем упругости и пределом прочности МЗБ на сжатие при твердении в нормальных условиях. После 75 циклов замораживания-оттаивания отмечено резкое снижение величины R^2 в составах с ВВ, что свидетельствует о значительном влиянии на изменение начального модуля упругости после 75 циклов замораживания-оттаивания таких факторов, как вид и дозировка РПП, тип цемента. Зависимость между начальным модулем упругости и пределом прочности МЗБ на сжатие в составах с МС практически не изменилась.

3. Независимо от наличия НМВ отсутствует четкая зависимость между сцеплением с бетонным основанием и пределом прочности МЗБ на растяжение при изгибе. Для составов с НМВ в виде ВВ увеличение сцепления с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания по сравнению с НУ твердения в зависимости от вида цемента и дозировки РПП составило до 82%, а для составов с добавкой МС – до 62%.

4. Независимо от наличия НМВ после 75 циклов замораживания-оттаивания обеспечено соответствие классу сцепления С-1. Наличие в составе НМВ в виде ВВ обеспечивает рост сцепления при увеличении дозировки РПП от 0 до 3% в зависимости от типа цемента до 57%, а в составе с МС – до 62%.

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. Цюрбригген Р., Дильгер П. Дисперсионные полимерные порошки – особенности поведения в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 1999. №3. С. 10-13.
 4. Захезин А.Е., Черных Т.Н., Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я. Влияние редиспергируемых порошков на свойства цементных строительных растворов // Строительные материалы. 2004. №10. С. 6-8.
 5. Голунов С.А. Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS // Строительные материалы. 2004. №3. С. 47-50.
 6. 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
 7. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.
 8. Зимакова Г.А. Зольные механоактивированные микросферы – компонент высокоэффективных бетонов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №12(54). С. 90-94.
 9. Баталин Б.С. Исследование эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей // Успехи современного естествознания: Материалы конференции. 2007. №7. – С. 71-73.
 10. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
-

11. Rajgelj, S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars // Mater. et constr. 1985. №104. P. 109-114.
12. Серова Р.Ф., Кожас А.К. Влияние модифицирования на морозо- и коррозиестойкость цементных материалов // Фундаментальные исследования. 2012. №9. С. 690-693.
13. Несветаев Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 381 с.
14. 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.
15. 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
16. 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
17. Кудяков А.И., Белых С.А., Даминова А.М. Смеси сухие растворные цементные с микрогранулированной воздухововлекающей добавкой // Строительные материалы. 2010. №1. С. 52-54.

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. Czyurbrigen R., Dil'ger P. Stroitel'ny'e materialy`. 1999. №3. pp. 10-13.
 4. Zaxezin A.E., Cherny`x T.N., Trofimov B.Ya., Kramra L.Ya. Stroitel'ny'e materialy`. 2004. №10. pp. 6-8.
 5. Golunov S.A. Stroitel'ny'e materialy`. 2004. №3. pp. 47-50.
 6. Nesvetaev G.V., Dolgova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977
 7. Babkov V.V., Moxov V.N., Kapitonov S.M., Komoxov P.G. Strukuroobrazovanie i razrushenie cementny`x betonov. [Structuring and destruction of cement concrete]. Ufa, GUP «Ufimskij poligrafkombinat», 2002. 376 p.
 8. Zimakova G.A. Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. №12(54). pp. 90-94.
 9. Batalin B.S. Uspexi sovremennogo estestvoznaniya: Materialy` konferencii. 2007. №7. pp. 71-73.
 10. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
 11. Rajgelj, S. Mater. et constr. 1985. №104. pp. 109-114.
 12. Serova R.F., Kozhas A.K. Fundamental'ny'e issledovaniya. 2012. №9. pp. 690-693.
 13. 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.
-



14. 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.

15. By`chkova O.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102

16. By`chkova O.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103

17. Kudyakov A.I., Bely`x S.A., Daminova A.M. Stroitel`ny`e materialy. 2010. №1. pp. 52-54.