

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/116TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/116TVN515>)

**УДК 691.327**

**Несветаев Григорий Васильевич**

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Россия, г. Ростов-на-Дону<sup>1</sup>

Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: nesgrin@yandex.ru

**Корчагин Игорь Вячеславович**

ОП ЗАО «Международные Строительные Системы»

Россия, г. Сочи

Ведущий - технолог

E-mail: igor\_korchagin@inbox.ru

## **Структура и свойства бетонов с суперпластификаторами Glenium на портландцементе заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский»**

---

<sup>1</sup> 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

**Аннотация.** Широкое применение суперпластификаторов в технологии бетона требует в ряде случаев уточнения известных зависимостей «состав-технология-структура-свойства» и развития методик оценки эффективности совместного применения суперпластификаторов с цементами. Уточнены количественные значения величин, входящих в известные зависимости «предел прочности =  $f(V/C)$ », «предел прочности =  $f(\text{пористости})$ », «предел прочности на растяжение =  $f(\text{предела прочности на сжатие})$ », «предел прочности =  $f(\text{время твердения})$ » для бетонов из высокоподвижных смесей (П5) с расходом от 350 до 450 кг/м<sup>3</sup> цемента заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский», полученных с применением суперпластификаторов Glenium 430 и Glenium 115. Бетоны характеризуются удельным расходом цемента от 6,1 до 7,1 кг/(м<sup>3</sup>·МПа). Показано влияние спадов прочности в процессе твердения на формирование свойств бетонов и возможность подбора эффективного сочетания «цемент – суперпластификатор» на основе анализа результатов по представленной в работе методике. Полученные в работе результаты могут использоваться в качестве основы для производства бетонов классов от В45 до В70 в ЮФУ.

**Ключевые слова:** бетон; цемент; суперпластификатор; предел прочности; пористость; сжатие; растяжение; нарастание прочности.

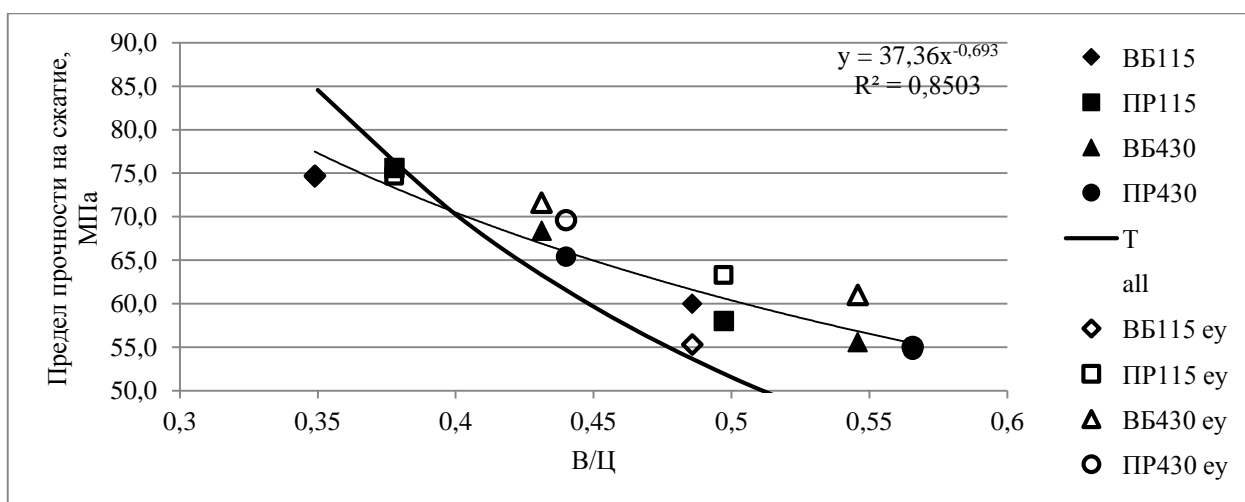
**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Несветаев Г.В., Корчагин И.В. Структура и свойства бетонов с суперпластификаторами Glenium на портландцементе заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский» // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/116TVN515

В выполненных ранее исследованиях влияния различных суперпластификаторов (СП) на величину и структуру пористости и предел прочности цементного камня [1-6] выявлено влияние СП на указанные характеристики. В настоящей работе представлены результаты исследований влияния СП Glenium 430 и Glenium 115 на предел прочности бетонов с расходом портландцемента заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский» (ПЦ) от 350 до 450 кг/м<sup>3</sup>. Бетонные смеси использованы с осадкой конуса (ОК) 22-24 см (марка по подвижности П5 по ГОСТ 7473). Твердение образцов происходило в нормальных условиях (НУ) и в естественных условиях (ЕУ). Предел прочности бетона на сжатие R и растяжение при раскалывании R<sub>tt</sub> измерялся в возрасте 2, 7, 28 и 90 сут. Пересчет предела прочности на растяжение при раскалывании R<sub>tt</sub> на осевое растяжение R<sub>t</sub> выполнялся по формуле [7].

$$R_t = 0,93 \cdot R_{tt} \quad (1)$$

На рис. 1 представлены данные о влиянии величины В/Ц, вида ПЦ и вида СП на предел прочности на сжатие R.



**Рис. 1.** Зависимость изменения предела прочности бетона в возрасте 28 сут. на сжатие от величины В/Ц

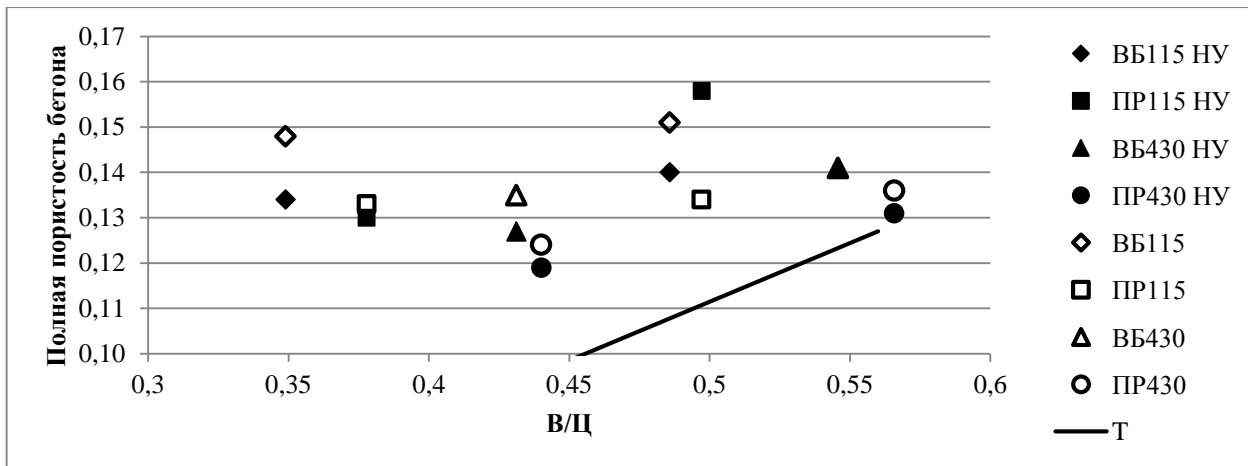
ВБ115 – ПР430 – соответственно цементы «Верхнебаканский» и «Пролетарий», СП Glenium 115 и Glenium 430; с индексом ey – естественные условия; T – по формуле [7]  $R = \frac{a \cdot R_{ц}}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{1,3885}}$  при  $a = 0,37$ ;  $R_{ц} = 53,2$  МПа

Как следует из представленных на рис. 1 данных, отмечается единая зависимость предела прочности от величины В/Ц независимо от вида ПЦ и вида СП, которая описывается формулой

$$R = \frac{37,4}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{0,693}} = \frac{a \cdot R_{ц}}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{0,693}} = \frac{0,7 \cdot 53,2}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{0,693}} \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент, характеризующий качество заполнителей,  $R_{ц}$  – активность цемента, МПа.

Характер зависимости  $R = f(B/Ц)$  и количественные значения коэффициента  $a$  и показателя степени отличаются от среднестатистических данных [7], что может быть связано с некоторым различием величины пористости бетонов вследствие технологических факторов, например, с влиянием СП на пористость цементного камня [3, 5]. На рис. 2 представлена зависимость полной пористости исследованных бетонов от величины В/Ц.



**Рис. 2.** Зависимость полной пористости бетонов от величины В/Ц

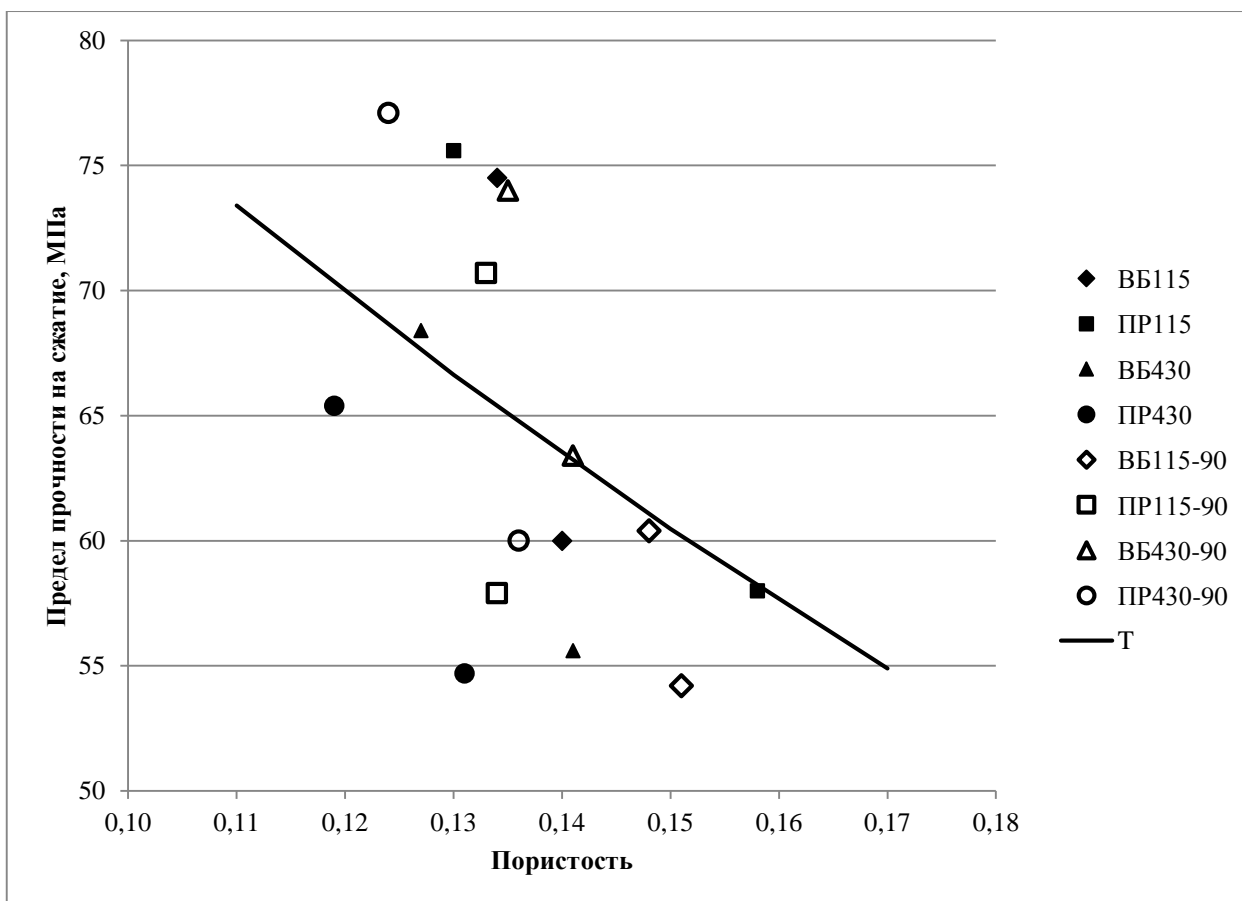
Обозначения те же, что на рис. 1; с индексом НУ – твердение в нормальных условиях, остальные – в естественных условиях; Т – по формуле [7]  $P_b = P_{цк} + \Delta \frac{B}{Ц} \cdot \frac{Ц}{10} + P_T$  при  $P_T = 0$  (технологическая пористость).

Из рис. 2 очевидно, что при уменьшении величины В/Ц отмечается тенденция увеличения различия между измеренными значениями пористости бетона и расчетными, определенными по формуле

$$P_b = P_{цк} + \Delta \frac{B}{Ц} \cdot \frac{Ц}{10} + P_T, \quad (3)$$

при  $P_T = 0$  и значениями  $P_{цк}$  из работы [3].

Указанное увеличение пористости происходит за счет роста величины технологической пористости  $P_T$  при уменьшении величины В/Ц, что может быть связано, например, с некоторым дополнительным воздухововлечением в бетонную смесь. Как известно, предел прочности бетона уменьшается примерно на 5% на 1% увеличения пористости, поэтому отмечаемое на рис. 1 «отставание» значений прочности от расчетных в области низких значений В/Ц может быть связано с указанным явлением. Кроме того, СП также могут оказывать влияние на прочность цементного камня [6], а, как известно, прочность бетона определяется не только величиной пористости, но и прочностью «каркаса» цементного камня. На рис. 3 представлена зависимость предела прочности бетонов от величины полной пористости.

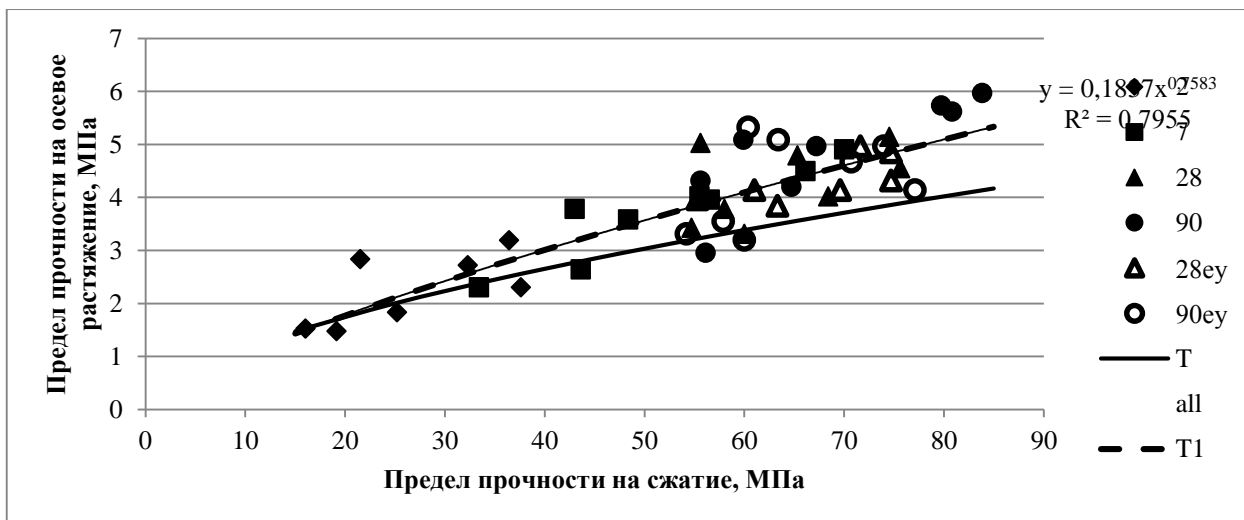


**Рис. 3.** Зависимость предела прочности бетонов от величины полной пористости

Обозначения те же, что на рис. 1, с индексом 90 – в возрасте 90 сут., остальные – 28 сут.; Т – теоретическая зависимость  $R = R_0 \exp(-bP)$  [7].

Как следует из представленных на рис. 3 данных, измеренные значения прочности и пористости разделились на две группы – выше и ниже линии Т, что может быть связано с изменением величины  $R_0$  (прочность «каркаса») в формуле  $R = R_0 \exp(-bP)$  вследствие (гипотеза) влияния СП на прочность контактов новообразований цементного камня. Указанное разделение может быть использовано в практических целях. Из представленных данных, в частности, следует предпочтительность использования цемента «Пролетарий» с исследуемыми СП.

На рис. 4 представлены данные о соотношении предела прочности на осевое растяжение  $R_t$  от предела прочности на сжатие  $R$  для различных сроков и условий твердения.



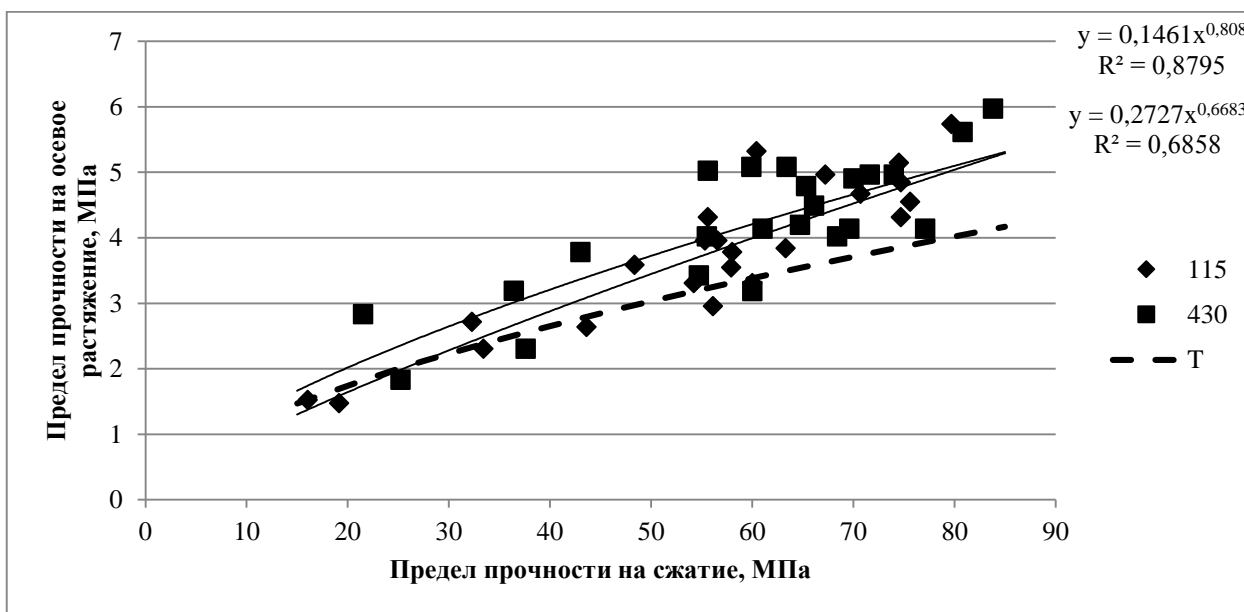
**Рис. 4.** Соотношение пределов прочности бетонов на осевое растяжение и сжатие

2-90 – возраст бетонов в момент испытаний; НУ – нормальные условия твердения (температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , относительная влажность более 95%); ЕУ – твердение при температуре  $20 - 29,5^\circ\text{C}$  и относительной влажности от 51 до 85%); Т – по формуле  $R_t = 0,29 \cdot R^{0,6}$  [7].

Из представленных на рис. 4 данных очевидно, что в целом сохраняется зависимость величины  $R_t$  от предела прочности на сжатие  $R$ , которая может быть описана формулой

$$R_t = 0,184 \cdot R^{0,76}, \quad (4)$$

которая хорошо согласуется с известной формулой  $R_t = 0,1575 \cdot R^{0,75}$  [8], но качественно несколько отличается от среднестатистических данных [7]. Для выявления причин различия выполнен анализ зависимости  $R_t = f(R)$  от вида СП (рис. 5) и вида ПЦ (рис. 6).



**Рис. 5.** Соотношение пределов прочности бетонов на осевое растяжение и сжатие

115, 430 – соответственно бетоны с СП Glenium 115 и Glenium 430; Т – по формуле  $R_t = 0,29 \cdot R^{0,6}$  [7].

Из рис. 5 очевидно, что закономерность соотношения «предел прочности на осевое растяжение/предел прочности на сжатие» для бетонов с СП Glenium 430 в принципе соответствует среднестатистическим данным, отмечается некоторое количественное изменение – значения прочности на осевое растяжение на 13 – 27% выше. Для бетонов на СП Glenium 115 закономерность соотношения «предел прочности на осевое растяжение/предел прочности на сжатие» имеет качественное отличие – в области невысоких значений прочности (в ранний период) отмечается снижение соотношения относительно среднестатистического до 12%, а в области высоких значений (в зрелом возрасте) отмечается повышение соотношения до 27%. Это эффект может быть связан как с отставанием нарастания прочности на осевое растяжение в ранний период в связи с влиянием СП на процессы гидратации, так и со снижением (спадом) прочности на сжатие в зрелом возрасте. Как будет показано далее, имеет место второй случай.

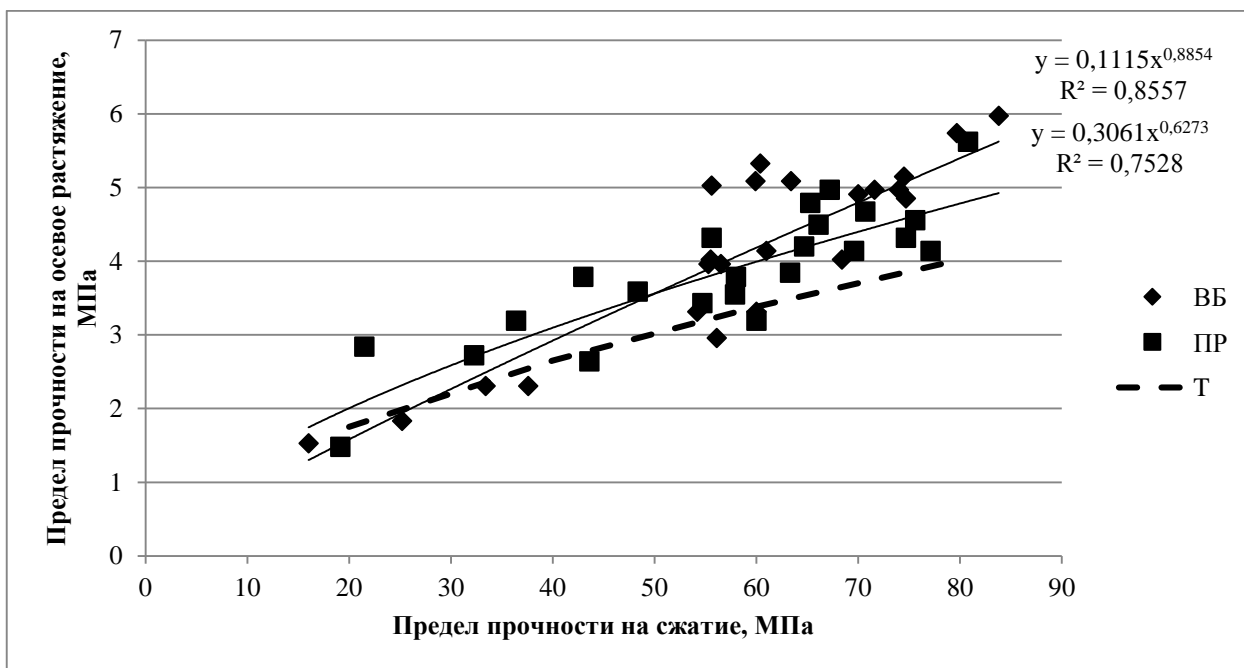


Рис. 6. Соотношение пределов прочности бетонов на осевое растяжение и сжатие

ВБ, ПР – соответственно бетоны на цементах «Верхнебаканский» и «Пролетарий»; Т – по формуле  $R_t = 0,29 \cdot R_c^{0,6}$  [7].

Из рис. 6 очевидно, что закономерность соотношения «предел прочности на осевое растяжение/предел прочности на сжатие» для бетонов на цементе «Пролетарий» в принципе соответствует среднестатистическим данным, отмечается некоторое количественное изменение – значения прочности на осевое растяжение на 13 – 19% выше. Для бетонов на цементе «Верхнебаканский» СП закономерность соотношения «предел прочности на осевое растяжение/предел прочности на сжатие» имеет качественное отличие – в области невысоких значений прочности (в ранний период) отмечается снижение соотношения относительно среднестатистического до 17%, а в области высоких значений (в зрелом возрасте) отмечается повышение соотношения до 37%. Это эффект может быть связан как с отставанием нарастания прочности на осевое растяжение в ранний период в связи с влиянием СП на процессы гидратации, так и со снижением (спадом) прочности на сжатие в зрелом возрасте. Как будет показано далее, имеет место второй случай. Таким образом, можно констатировать, что формирование свойств бетонов на цементе «Пролетарий» происходит примерно одинаково с обоими СП и не отличается качественно от среднестатистических данных. Для

цемента «Верхнебаканский», особенно в сочетании с СП Glenium 115 характерна некоторая нестабильность формирования свойств в разные периоды твердения.

На рис. 7 представлены данные об изменении предела прочности бетонов во времени.

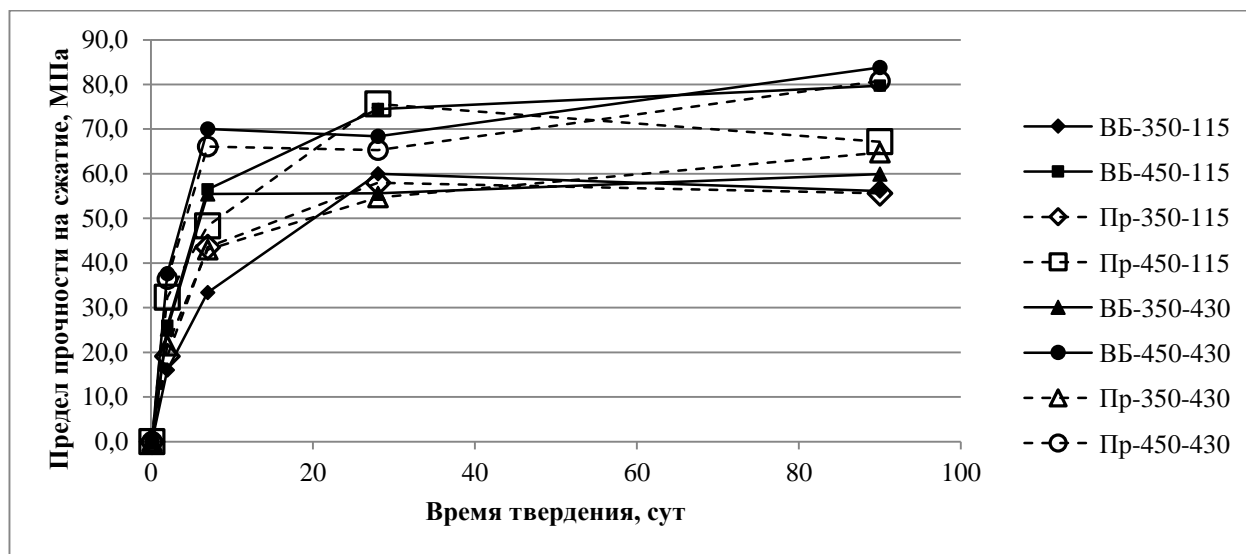


Рис. 7. Нарастание прочности бетона на сжатие

ВБ-350-115 – ПР-450-430 – соответственно цементы «Верхнебаканский», «Пролетарий»; расход цемента 350 и 450 кг/м<sup>3</sup>; СП Glenium 115 и Glenium 430.

Как следует из представленных на рис. 7 данных, у ряда составов отмечаются «сбросы» прочности, возможность которых неоднократно отмечалась исследователями. Для анализа зависимости выявленных сбросов прочности от вида ПЦ и вида СП на рис. 8 представлены данные об изменении относительной прочности бетона во времени.

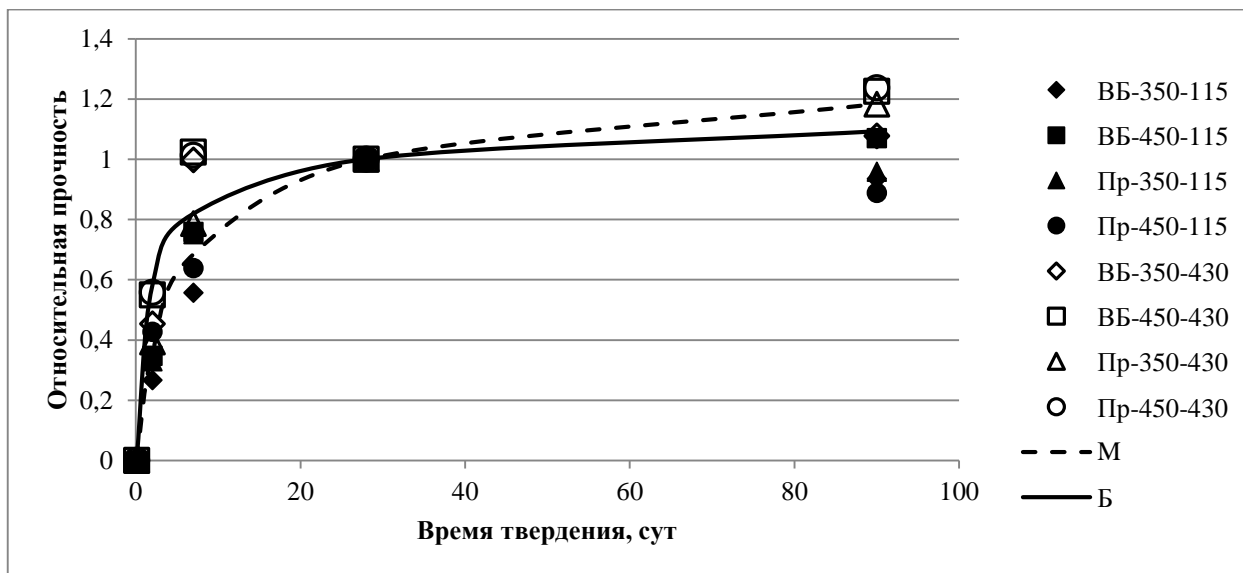


Рис. 8. Изменение относительной прочности бетона на сжатие (за 1 принята прочность в возрасте 28 сут.)

ВБ-350-115 – ПР-450-430 – соответственно цементы «Верхнебаканский», «Пролетарий»; расход цемента 350 и 450 кг/м<sup>3</sup>; СП Glenium 115 и Glenium 430; М, Б –



соответственно для медленно ( $k = 0,38$ ) и быстротвердеющего ( $k = 0,2$ ) цемента по формуле  $R_{\tau} = R_{28} \exp(k(1 - \sqrt{\frac{28}{\tau}}))$  [7].

Анализ представленных на рис. 8 данных о кинетике относительной прочности бетона в сравнении с нормируемыми значениями показал, что:

- нарастание прочности бетона на обоих цементах с расходом цемента  $350 \text{ кг/м}^3$  и СП Glenium 115 в ранний период происходит с отставанием от нормируемых значений для медленнотвердеющих бетонов, что, вероятно связано с замедляющим эффектом СП в составах с относительно высоким значением В/Ц. Эффект замедления в составе на Верхнебаканском цементе отмечен и в возрасте 7 сут.;
- практически все составы с СП Glenium 115 показали спад прочности после 28 сут., исключение – состав с расходом Верхнебаканского цемента  $450 \text{ кг/м}^3$ , у которого отмечен незначительный прирост прочности. В составах с применением СП Glenium 430 после 28 сут. отмечается прирост прочности пределах нормируемых значений;
- нарастание прочности всех бетонов характеризуется изменчивым характером, что проявляется в смене темпов твердения в разные периоды, что свидетельствует об активном влиянии СП на процесс гидратации. Следует отметить, что ранее в [Н, К] по совокупности данных о влиянии СП на пористость, прочность на сжатие и растяжение был сделан вывод о невысокой эффективности сочетания указанных СП и цементов, что в принципе подтверждено данными настоящего исследования.

Удельный расход цемента, один из показателей экономической эффективности бетонов [9], в исследованных составах составляет от  $6,1$  до  $7,1 \text{ кг/м}^3$ , что в принципе соответствует среднестатистическим значениям для бетонов в исследованном диапазоне прочности, однако в [10] были получены составы самоуплотняющегося бетона с СП Glenium 430 и показателем удельного расхода цемента менее  $6 \text{ кг/м}^3$ , что свидетельствует о более эффективном сочетании СП с использованным в [10] цементом.

## Выводы

1. Уточнены количественные значения величин, входящих в известные зависимости «предел прочности =  $f(\text{В/Ц})$ », «предел прочности =  $f(\text{пористости})$ », «предел прочности на растяжение =  $f(\text{предела прочности на сжатие})$ », «предел прочности =  $f(\text{время твердения})$ » для бетонов из высокоподвижных смесей (П5) с расходом от  $350$  до  $450 \text{ кг/м}^3$  цементов заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский», полученных с применением СП Glenium 430 и Glenium 115. Бетоны характеризуются удельным расходом цемента от  $6,1$  до  $7,1 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{МПа)}$ .
2. Показано влияние спадов прочности в процессе твердения на формирование свойств бетонов и возможность подбора эффективного сочетания «цемент – суперпластификатор» на основе анализа отклонений фактических значений от среднестатистических по аналогии с представленными в работе оценками.
3. Полученные в работе результаты могут использоваться в качестве основы для производства бетонов классов от В45 до В70 в ЮФУ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. - М: АСВ, 2006. – 368 с.
2. Бабков, В.В. Структурообразование и разрушение цементных бетонов / В.В. Бабков, В.Н. Мохов, С.М. Капитонов, П.Г. Комохов. – Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.
3. Несветаев, Г.В., О влиянии суперпластификаторов на пористость цементного камня / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Научное обозрение. - 2014. - №7. – С. 837-841.
4. Несветаев, Г.В. Влияние суперпластификаторов на условно-закрытую пористость цементного камня и бетона / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Научное обозрение. - 2014. - №8. – С. 914-918.
5. Давидюк, А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава / А.Н. Давидюк, Г.В. Несветаев // Строительные материалы. – 2009. - №5. – С. 54-57.
6. Несветаев, Г.В. О прочности цементного камня с суперпластификаторами / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Научное обозрение. - 2014. - №8. – С. 919-924.
7. Несветаев, Г.В. Бетоны / Г.В. Несветаев. – Ростов/Д: «Феникс», 2013. – 381 с.
8. Берг, О.Я., Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко. – М.: Стройиздат, 1971. – 207 с.
9. Несветаев Г.В., О прочности бетона с каркасной структурой / Г.В. Несветаев, С.В. Халезин // Интернет-журнал «Наукоеведение», 2015. - №3 (28) [Электронный ресурс] - М.: Наукоеведение, 2015. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf>.
10. Несветаев Г.В., Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и ее растворной составляющей / Г.В. Несветаев, Ю.Ю. Лопатина // Наукоеведение 48TVN515 Том 7, номер 5 (выпуск 5(30) сентябрь-октябрь).

**Рецензент:** Маилян Дмитрий Рафаэлович, заведующий кафедрой «Железобетонных и каменных конструкций», доктор технических наук, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет».

**Nesvetaev Grigory Vasilievich**  
Rostov State University of Civil Engineering  
Russia, Rostov-on-Don  
E-mail: nesgrin@yandex.ru

**Korchagin Igor Viacheslavovich**  
International Building Systems  
Russia, Sochi  
E-mail: igor\_korchagin@inbox.ru

## **The structure and properties of concrete made with Glenium superplasticizers and Portland cements "Proletariy" and "Verkhnebakansky" plants**

**Abstract.** Widespread use of superplasticizers in concrete technology requires clarification in a number of cases known dependencies "recipe-technology-structure-property" and the development of methodologies to assess the effectiveness of the joint use of superplasticizers with cements. Refined quantitative values of quantities in the form according to "tensile strength = f (W / C)" "tensile strength = f (porosity)" "tensile strength = f (crush strength)", "tensile strength = f (hardening time" for concrete mixtures of highly mobile (P5) with a flow rate of 350 to 450 kg / m<sup>3</sup> cement factories "Proletariy" and "Verkhnebakansky" obtained using superplasticizer Glenium 430 and Glenium 115. Concrete characterized by specific cement content by 6.1 to 7.1 kg / (m<sup>3</sup> · MPa). The effect of recessions strength during the formation of hardening properties of concrete and the possibility of selecting an effective combination of "cement - superplasticizer", based on the analysis of the results provided by the method. The results obtained can be used as a basis for the production of concrete classes from B45 (C35/45) to B70 (C55/67) in SFU.

**Keywords:** concrete; cement; superplasticizer; compressive strength; tensile strength; porosity; compressive strength development.

## REFERENCES

1. Bazhenov, Y.M. Modified high-quality concrete / Y.M. Bazhenov, V.S. Demyanova, V.I. Kalashnikov. – M.: DIA, 2006. - 368 p.
2. Babkov, V.V. Pattern formation and destruction of the cement concrete / V.V. Babkov, V.N. Mokhov, S.M. Kapitonov, P.G. Komokhov. - Ufa, SUE "Ufa Polygraph", 2002. - 376 p.
3. Nesvetaev, G.V., On the influence of superplasticizers on the porosity of the cement stone / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Scientific Review. - 2014. - №7. - P. 837-841.
4. Nesvetaev, G.V. Influence of superplasticizers conditionally closed porosity of the cement stone and concrete / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Scientific Review. - 2014. - №8. - P. 914-918.
5. Davidyuk, A.N. SCC: the strength and composition of the design / A.N. Davidyuk, G.V. Nesvetaev // Building materials. - 2009. - №5. - P. 54-57.
6. Nesvetaev, G.V. On the strength of cement stone with superplasticizers / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Scientific Review. - 2014. - №8. - P. 919-924.
7. Nesvetaev, G.V. Concrete / G.V. Nesvetaev. - Rostov / Don: "Phoenix", 2013. – 381 s.
8. Berg, O.J., High-strength concrete / O.J. Berg, E.N. Shcherbakov G.N. Pisanko. - M.: Stroyizdat, 1971. - 207 p.
9. Nesvetaev G.V., On the strength of concrete framing / G.V. Nesvetaev, S.V. Khalezin // Internet journal "Naukovedenie" 2015, №3 (28) [electronic resource] - M.: Naukovedenie, 2015. - Access: <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf>.
10. Nesvetaev G.V. Design macrostructure self-compacting concrete and its mortar component / G.V. Nesvetaev, Y.Y. Lopatina // Naukovedenie 48TVN515 Volume 7, Number 5 (Release 5 (30) September-October).