

Для цитирования: Жильникова Т.Н., Корянова Ю.И., Несветаев Г.В. Интегральные показатели влияния рецептурно-технологических факторов на структурообразование цементного камня бетонов для инъектирования с двухстадийным расширением. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;43(4):153-166. DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-153-166.

For citation: Zhilnikova T.N., Koryanova Y.I., Nesvetaev G.V. Integral indicators of the influence of formula-technological factors on the cement matrix of concrete structure formation for injection with two-step expansion. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016; 43(4):153-166. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-153-166.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.335/ 691.542

DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-153-166

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЛИЯНИЯ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ БЕТОНОВ ДЛЯ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ С ДВУХСТАДИЙНЫМ РАСШИРЕНИЕМ

Жильникова Т.Н.², Корянова Ю.И.,³ Несветаев Г.В.¹,

^{1,2,3} Донской государственный технический университет,

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1,

¹ e-mail: nesgrin@yandex.ru,

² e-mail: zhilnikova.tatjana@yandex.ru, ³ e-mail: koryanova.yi@mail.ru

Резюме: Цель. Структурообразование цементного камня бетонов для инъектирования с двухстадийным расширением сложный процесс, на который оказывают влияние множество факторов, как рецептурного характера (состав и дозировка добавки, минералогический состав портландцементного клинкера, состав бетона, наличие химических добавок), так и технологического (тонкость помола цемента, температура твердения и т.д.). **Метод.** Для оценки влияния вышеуказанных факторов в статье предложено введение ряда интегральных показателей, характеризующих как процесс, на который оказывается влияние, так и фактор, производящий влияние. Для оценки влияния различных факторов на процесс газовой выделения авторами предложен коэффициент эффективности газовой выделения. **Результат.** В статье представлены результаты исследования влияния количества газообразующей добавки, вида и дозировки суперпластификатора на процесс газовой выделения способом вытеснения на растворной смеси. Авторами предложен коэффициент эффективности расширения. Уточнена степень зависимости относительного увеличения объема бетонной смеси на первой стадии расширения от концентрации заполнителя и увеличения объема цементного теста. Авторами предложена формула для описания зависимости относительных деформаций расширения от концентрации заполнителя. Для оценки условий, в которых находится смесь, предложено использовать показатель – коэффициент стесненности расширения.

Ключевые слова: бетон для инъектирования с двухстадийным расширением, рецептурно-технологические факторы, структурообразование цементного камня, коэффициент эффективности газовой выделения, коэффициент эффективности расширения, коэффициент стесненности расширения, коэффициент условий твердения, корректирующий коэффициент, концентрация заполнителя, интегральные показатели.

TECHICAL SCIENCE
BUILDING AND ARCHITECTURE

INTEGRAL INDICATORS OF THE INFLUENCE OF FORMULA-
TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE CEMENT MATRIX OF CONCRETE
STRUCTURE FORMATION FOR INJECTION WITH TWO-STEP EXPANSION

Tatjana N. Zhilnikova², Yulia I. Koryanova³, Grigory V. Nesvetaev¹

^{1,2,3} Don State Technical University

1 Gagarina Sq., Rostov on Don 344000, Russia,

¹ e-mail: nesgrin@yandex.ru,

² e-mail: zhilnikova.tatjana@yandex.ru, ³ e-mail: koryanova.yi@mail.ru

Abstract: Objectives. The formation of the structure of hardened concrete grouting with two-stage expansion is a complex process that is influenced by many factors, both of a prescriptive nature (composition and additive dosage, mineralogical composition of Portland cement clinker, concrete composition, the presence of chemical additives) and in terms of process (the fineness of cement grinding, temperature of curing, etc.). **Methods.** In order to assess the impact of the above factors, the article proposes the introduction of a number of integrated indicators being characterised as a process in which influences are shown alongside the factor generating the influence. For the evaluation of the influence of different factors on the process of gas generation, an effectiveness ratio of gas generation is proposed by the authors. **Results.** The article presents the results of an investigation into the influence of the amount of gassing agent and the type and dosage of superplasticiser on the process of gassing by means of the displacement method on the mortar mix. The authors similarly propose an expansion efficiency coefficient. The article presents the results of the investigation into the influence of the amount of gassing agent, the presence and amount of superplasticiser, the sand/cement ratio, aggregate size and water-cement ratio during the first stage of expansion of the mixture. The authors propose a formula for describing the dependence of the relative expansion deformations on the concentration of filler. In order to assess the conditions in which a mixture is present, it is proposed to use an indicator consisting in the constraint expansion coefficient. **Conclusion.** Use of the hardening condition coefficient is proposed as a means of accounting for the effect of curing conditions on the strength of the concrete grouting with two-stage expansion. The authors recommend taking the introduction of correction factors into account when considering the impact of formulation and technological factors.

Keywords: concrete grouting with two-stage expansion of formulation and technological factors, concrete structure, gassing efficiency coefficient, expansion efficiency coefficient, expansion constraint coefficient, curing condition coefficient, correction coefficient, concentration of filler, integrated indicators

Введение. Структурообразование цементного камня бетонов для инъектирования с двухстадийным расширением сложный процесс, на который оказывают влияние множество факторов, как рецептурного характера (состав и дозировка добавки, минералогический состав ПЦ клинкера, состав бетона, наличие химических добавок), так и технологического (тонкость помола цемента, температура твердения и т.д.).

Постановка задачи. Для оценки влияния вышеуказанных факторов целесообразно введение ряда интегральных показателей, характеризующих как процесс, на который оказывает влияние, так и факторы, оказывающие воздействие.

На первой стадии расширения центральными процессами являются газовыделение за счет введения в состав вяжущего газообразующей добавки (ГД), а так же расширение бетонной смеси за счет процесса газообразования.

Методы исследования. Для оценки влияния различных факторов на процесс газовойделения авторами предложен коэффициент эффективности газовойделения:

$$k_r = \frac{V_{H_2}^{\Phi}}{V_{H_2}^T}, \quad (1)$$

где $V_{H_2}^T$ – объем газа, теоретически способный выделиться при взаимодействии гидратирующегося цемента с некоторым количеством ГД; $V_{H_2}^{\Phi}$ – объем газа, фактически выделившийся при взаимодействии гидратирующегося цемента с тем же количеством ГД.

В ходе исследования было выявлено и оценено влияние количества ГД, вида и дозировки суперпластификатора (СП) на процесс газовойделения способом вытеснения на растворной смеси. Результаты представлены на рис. 1-3.

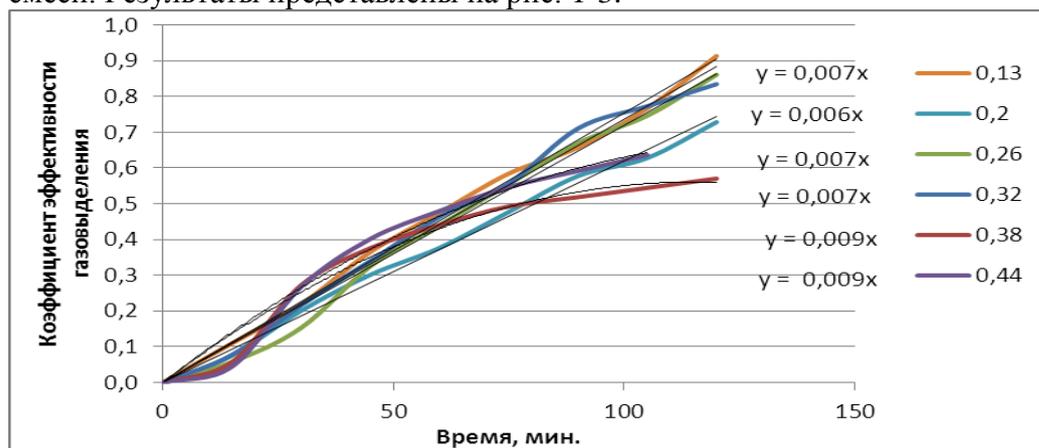


Рис.1. Коэффициент эффективности газовойделения во времени в зависимости от количества ГД: 0,13...0,44 – количество ГД, %Ц
Fig.1. Coefficient of gas release efficiency in time, depending on the amount of gas-forming additive: 0,13 ... 0,44 - amount of HD, % C

Из представленных на рис. 1 данных можно отметить, что существует предельная дозировка ГД 0,32%Ц при превышении которой, процесс газообразования меняет свой характер, как по объему выделения газа, так и по скорости выделения. В начальный момент времени (20 мин.) процесс газообразования в составах с дозировкой более 0,32%Ц замедлен относительно составов с меньшей дозировкой ГД, а скорость газовойделения в это время резко возрастает до своего максимума. Затем процесс газообразования стабилизируется и становится равномерным, однако конечное значение объема выделившегося газа составляет меньшую величину, нежели у составов с дозировкой ГД менее 0,32%Ц.

Данное явление можно объяснить тем, что процесс газообразования непосредственно связан с взаимодействием ГД и гидроксида кальция, зависит от количества данного гидроксида в растворной смеси.

В начальный момент времени происходит нехватка гидроксида вследствие большого количества ГД, вступающей в реакцию, за счет чего и наблюдается спад газообразования, в дальнейшем количество гидроксида увеличивается и процесс стабилизируется.

В составах с содержанием ГД менее 0,32%Ц гидроксида кальция хватает для вовлечения всей ГД в химическую реакцию, и процесс происходит линейно-равномерно.

Как известно, СП могут оказывать влияние на процесс гидратации цемента, в том числе напрягающего [1-17], особенно на ранних этапах, что может сопровождаться изменением количественного состава ионов в поровой жидкости, в связи с чем возможно изменение кинетики газообразования.

На рис. 2 представлены исследования влияния СП на процесс газообразования растворной смеси.

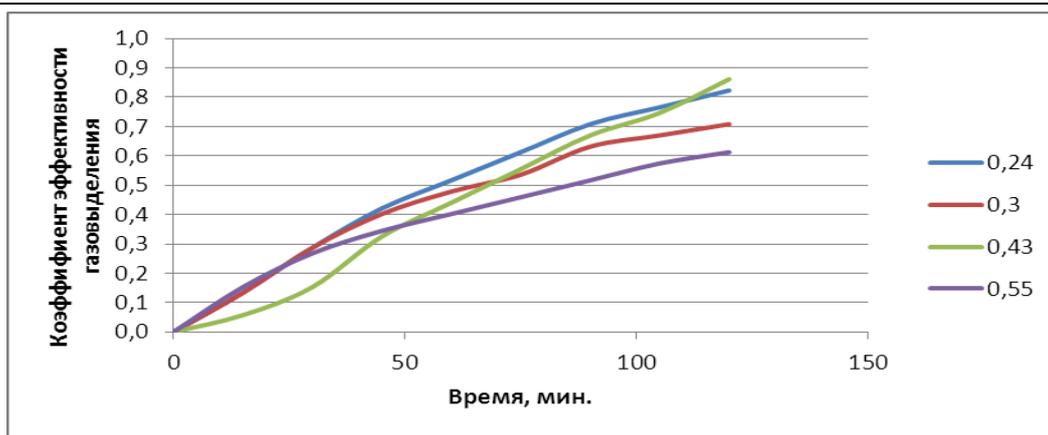


Рис. 2. Коэффициент эффективности газовой выделения во времени в зависимости от количества СП: 0,24...0,55 – количество СП, %Ц
Fig. 2. Coefficient of gas release efficiency in time, depending on the amount of superplasticizer: 0,24 ... 0,55 - amount of SP,% C

Анализируя полученные данные можно отметить, что существует оптимальная дозировка СП (0,43%Ц), при которой процесс газообразования является наиболее эффективным, так как в начальный период за счет замедляющего действия СП на процесс гидратации отодвигает нарастание максимальной скорости газообразования на момент, когда в растворяющей смеси находится достаточное количество гидроксида алюминия, необходимого для реакции газообразования. СП в других дозировках не влияет на характер газообразования и его скорости, и дозировка СП обратно пропорциональна количеству выделяющегося в растворяющей смеси газа.

Известно, что СП имеет индивидуальную совместимость с конкретным видом цемента, что в свою очередь может повлиять на процесс газообразования.

На рис.3 и в табл.1 представлены результаты исследования вида СП на процесс газообразования растворяющей смеси.

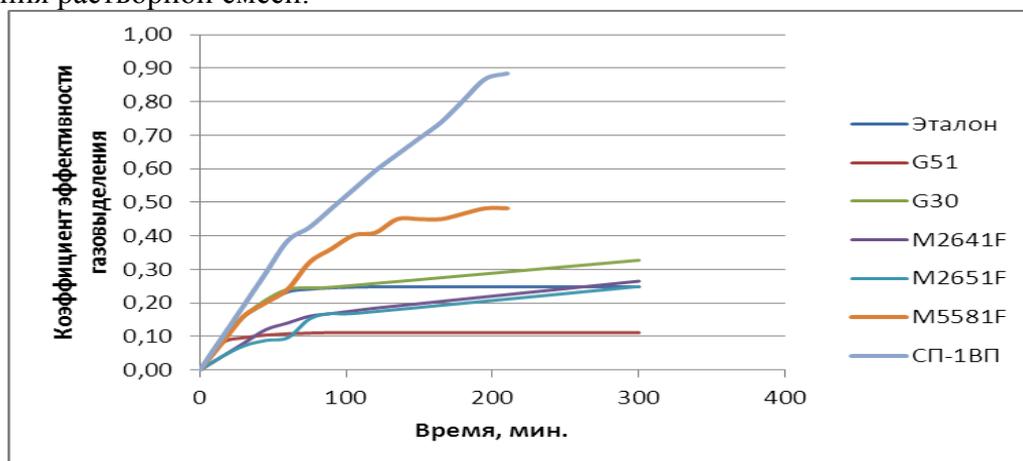


Рис. 3. Влияние вида СП на коэффициент эффективности газовой выделения: суперпластификаторы: G51- Glenium 51, G30 - Glenium 30, M2641F – Melflux 2641F, M2651F - Melflux2651F, M5581F - Melflux 5581F, СП-1ВП – СП-1ВП производства «Полипласт»

Fig. 3. Influence of the type of superplasticizer on the coefficient of efficiency of gas evolution: Superplasticizers: G51-Glenium 51, G30-Glenium 30, M2641F-Melflux 2641F, M2651F-Melflux2651F, M5581F-Melflux 5581F, SP-1VP-SP-1VP produced by Polip>Last

Из представленных данных можно сделать вывод о том, что вид СП оказывает существенное влияние на кинетику газообразования и наиболее эффективными СП при работе с ГД являются СП-1ВП и Melflux 5581F.

Таким образом, регулируя количество ГД от 0,13 до 0,44% от массы Ц, при оптимальном количестве СП 0,43%Ц и его вид для наиболее эффективной работы с ГД (СП-1ВП, Melflux 5581F) можно управлять процессом газообразования.

Таблица 1. Коэффициент эффективности газовой выделении в присутствии СП
Table 1. Coefficient of gas evacuation efficiency in the presence of superplasticizer

№	Вид СП	Коэффициент эффективности газовой выделении
1	Отсутствует	0,284 (100%)
2	Glenium 30	0,247 (87%)
3	Glenium 51	0,112 (39,4%)
4	Полипласт СП-1ВП	0,884 (311%)
5	Melflux 2641F	0,185 (65,1%)
6	Melflux 2651F	0,169 (59,5%)
7	Melflux 5581F	0,482 (170%)

Увеличение объема смеси в результате газовой выделении будет определяться кинетикой и количеством выделяющегося газа, способностью смеси к деформированию без нарушения сплошности (вязкостью смеси), потерями газа вследствие разрывов смеси при деформировании.

В качестве интегрального показателя, характеризующего вышеуказанные факторы, авторами предложен коэффициент эффективности расширения, представляющий отношение роста объема смеси $\Delta V_{см}^{\Phi}$ при газовой выделении к объему газа, теоретически способного выделиться в процессе при взаимодействии ГД с цементом

$$k_p = \frac{\Delta V_{см}^{\Phi}}{V_{H_2}^T} \quad (2)$$

В ходе исследования изучалось влияние количества ГД, наличия и количества СП, соотношение П/Ц, крупность заполнителя и В/Ц на первой стадии расширения смеси.

Результаты представлены на рис. 4– 8.

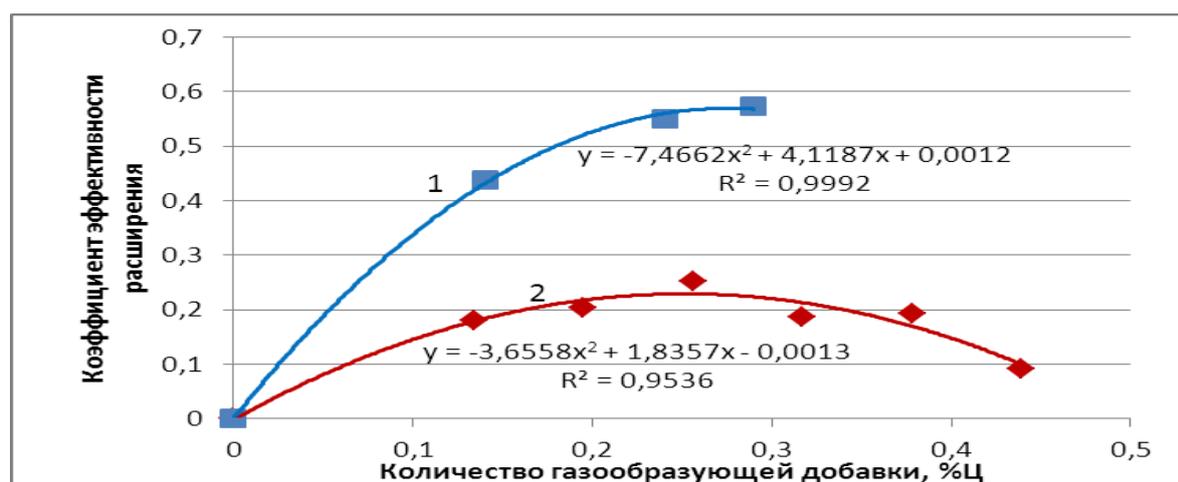


Рис. 4. Зависимость коэффициента эффективности расширения от количества ГД:
 1 – данные без СП; 2 – данные с СП в дозировке 0,43%Ц

Fig. 4. Dependence of the expansion efficiency factor on the number of gas-forming additive:

1 - data without SP; 2 - data from the joint venture at a dosage of 0,43% C

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что наличие в растворной смеси СП снижает изменение объема вследствие воздействия на ионный состав поровой жидкости,

замедляющего влияния СП на процесс гидратации и большей способности к деформированию, что привело к частичной потере газа. Однако следует отметить, что максимум коэффициента эффективности расширения приходится на одинаковую дозу ГД, что говорит о наличии ее оптимума.

Результаты исследования количества СП на расширение растворной смеси представлены на рис. 5.

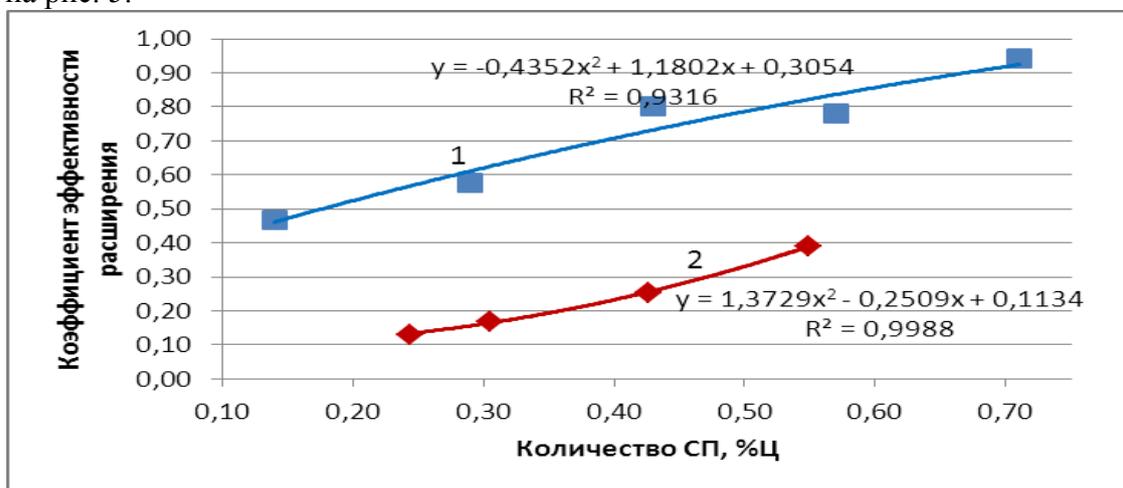


Рис. 5. Зависимость коэффициента эффективности расширения от количества СП:
 1 – данные при П/Ц = 2, В/Ц = 0,5; 2 – данные при П/Ц = 1,6, В/Ц = 0,34

Fig. 5. Dependence of the efficiency of expansion on the number of superplasticizer:
 1 - data for П / Ц = 2, В / Ц = 0,5; 2 - data at П / Ц = 1,6, В / Ц = 0,34

Полученные данные говорят о том, что с увеличением дозировки СП повышается эффективность расширения растворной смеси, это может быть связано с тем, что при введении СП повышается вязкость растворной смеси, которая способствует расширению без нарушения сплошности и потери образующегося в смеси газа. Наряду с влиянием дозировки СП следует отметить влияние соотношения П/Ц на процесс расширения, что связано с изменением как концентрации, так и удельной поверхности заполнителя.

На рис. 6 представлены результаты исследования влияния модуля крупности заполнителя на расширение растворной смеси.

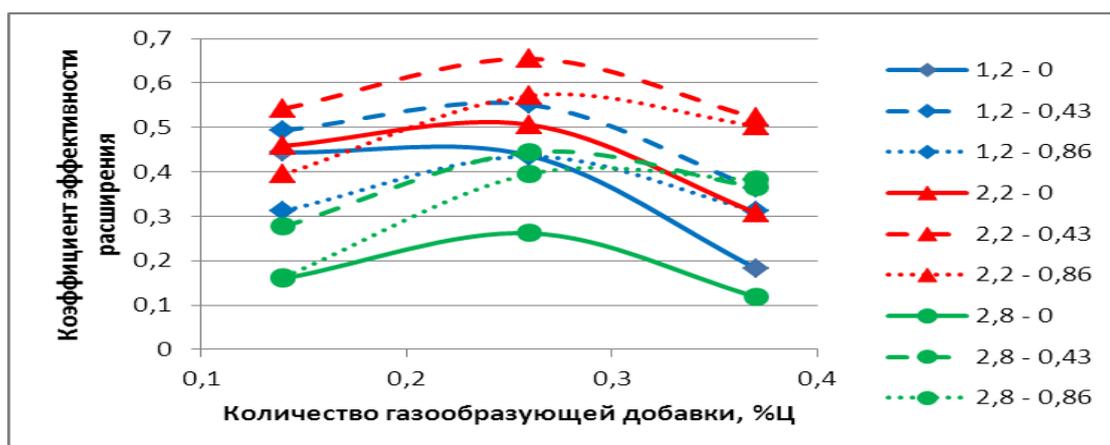


Рис.6. Зависимость коэффициента эффективности расширения от количества ГД:
 1,2 ... 2,8 – модуль крупности песка; 0 ... 0,86 – дозировка СП, %Ц

Fig.6. Dependence of the expansion efficiency factor on the number of gas-forming additive: 1,2 ... 2,8 - module of the size of sand; 0 ... 0,86 - dosage of the joint venture, % C

Анализируя полученные данные можно отметить, что все составы вне зависимости от модуля крупности заполнителя и количества СП имеют наиболее эффективную дозировку ГД 0,25%Ц.

По количеству СП оптимальным значением является 0,43%Ц, по модулю крупности заполнителя значение 2,2.

На рис. 7, 8 представлены результаты исследования влияния соотношения П/Ц на расширение растворной смеси.

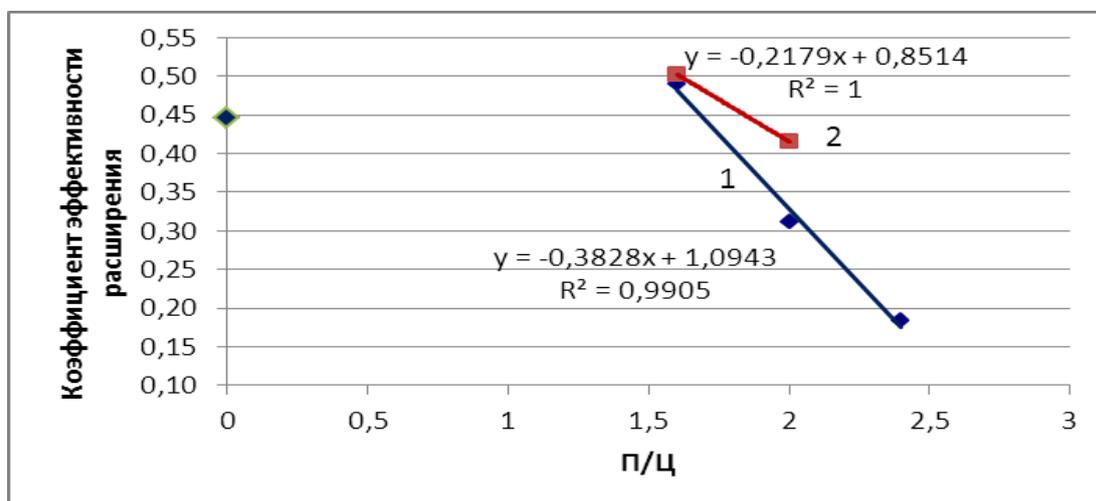


Рис.7. Зависимость коэффициента эффективности расширения от соотношения П/Ц:

1 – данные при дозировке СП 0,43%Ц; 2 – данные при дозировке СП от 0,43 до 0,67%Ц

Fig.7. Dependence of the coefficient of efficiency of expansion on the ratio of П / Ц:

1 – data at dosage of SP 0,43% Ц; 2 - data at a dosage of the superplasticizer from 0,43 to 0,67%

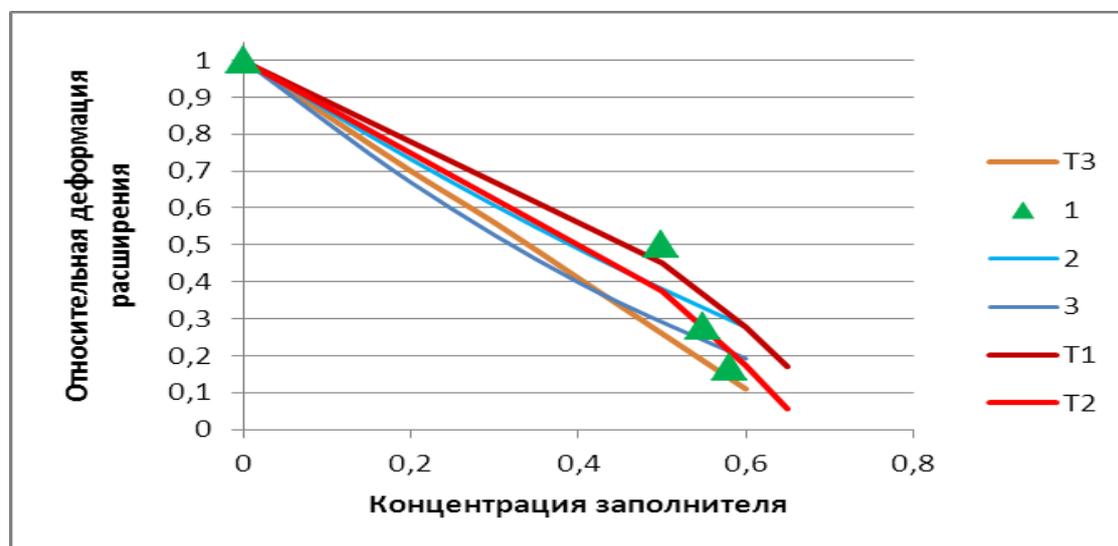


Рис.8 Зависимость относительного расширения от концентрации заполнителя:

1 – данные авторов; 2 – данные по формуле (3) при К=1,4; 3 – данные по формуле (3) при К=1,8; T1 – данные по формуле (4) при к=0,79; T2 – данные по формуле (4) при к=0,9; T3 – данные Чмель Г.В. [18] по расширению

Fig.8 Dependence of relative expansion on aggregate concentration:

1 - the data of the authors; 2 - data on the formula (3) with K = 1,4; 3 - data on the formula (3) at K = 1,8; T1 - data according to the formula (4) with k = 0,79; T2 - data according to formula (4) with k = 0,9; T3 - data Chmel G.V. [18] to expand

Усадка бетона с концентрацией заполнителя связаны зависимостью вида:

$$\frac{\Delta V}{V_{\text{бс}}} = \left(\frac{\varepsilon_{\text{ц}}}{\varepsilon_{\text{бс}}} \right)^3 = (1 - V)^{3k} \quad (3)$$

$$k = 1,4 - 1,8$$

Из представленных данных следует, что данная зависимость не может быть использована при описании полученной зависимости, так как не отражает ее характера. Расширение бетона с концентрацией заполнителя по данным [13] связано линейной зависимостью, которая не подходит для описания.

В связи с этим, для описания зависимости относительных деформаций расширения от концентрации заполнителя авторами предлагается формула следующего вида:

$$\frac{\Delta V_{\text{бс}}}{\Delta V_{\text{цт}}} = 1 + k * \text{Ln}(1 - V) \quad (4)$$

$$k = 0,79 - 0,9.$$

Обсуждение результатов. Варьируя рецептурно-технологические факторы, а именно количество ГД от 0,13 до 0,44%Ц, количество СП от 0,14 до 0,86%Ц, модуль крупности заполнителя от 1,2 до 2,8, соотношение П/Ц от 0 до 2,4, при оптимальном соотношении В/Ц от 0,37 до 0,42 можно управлять процессом расширения бетонной смеси и получать расширение от 6,03 до 63,99% от первоначального объема.

Увеличение объема растворной смеси может происходить в условиях ограничения возможного расширения, т.е. растворная смесь увеличивается в объеме больше, чем ей это позволяет пространство.

Такие условия называются стесненностью расширения и могут влиять как на структуру цементного камня посредством изменения плотности и пористости, так и на прочностные показатели.

Для оценки условий, в которых находится смесь, авторами предложено использовать показатель – коэффициент стесненности расширения:

$$K_{\text{фикс}} = \frac{\Delta V_{\text{фикс}}}{\Delta V_{\text{св.}}} \quad (5)$$

где $\Delta V_{\text{фикс}}$ – возможный объем изменения системы, %

$\Delta V_{\text{св.}}$ - изменение объема системы в свободном (не стесненном) состоянии.

Значение коэффициента $K_{\text{фикс}}$ лежит в пределах от 0 до 1.

При $K_{\text{фикс}} = 0$ дополнительная пористость будет нулевая, при $K_{\text{фикс}} = 1$ дополнительная пористость будет равна дополнительной пористости в свободном состоянии. Задачей являлось нахождение промежуточных значений, выявление зависимостей влияния $K_{\text{фикс}}$ на прочностные показатели и выявление оптимального значения данного параметра.

К числу факторов, влияющих на кинетику твердения, относятся не только рецептурные (состав и дозировка добавки, минералогический состав ПЦ клинкера, состав бетона, наличие химических добавок), но и технологические (тонкость помола цемента, температура твердения и т.д.), что делает задачу управления процессами структурообразования достаточно сложной.

Для учета влияния условий твердения на прочность бетонов для инъектирования с двухстадийным расширением авторами предложено использование коэффициента условий твердения, равного отношению предела прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при заданных условиях твердения к пределу прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при нормальных условиях твердения (6).

$$K_{ут} = R_i / R_{н.у.} \quad (6)$$

R_i – предел прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при заданных условиях твердения;

$R_{н.у.}$ – предел прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при нормальных условиях твердения.

Чем выше значение данного коэффициента, тем более благоприятными являются условия твердения по отношению к показателю прочности.

В табл. 2 представлены результаты исследования влияния условий твердения на прочность образцов.

Таблица 2. Условия твердения
Table 2. Conditions of hardening

Условия/№	1	2	3	4	5	6	7 (Э)	8	9
Температура, °С	20	20	20	20	35	35	20	5	5
Степень заполненности цилиндров, доли	1	0,95	1	0,95	1	0,95	1	1	0,95
Среда твердения	воздух	воздух	вода	вода	воздух	воздух	воздух	воздух	воздух
Коэффициент условий твердения $K_{ут}$	1	1	0,83	0,67	1,09	0,86	1,23	0,69	0,51

Известно, что прочность бетона является функцией нескольких переменных, таких как: В/Ц отношение, активность ПЦ, качество заполнителя и т.д., регулируя которые можно добиться необходимой прочности.

Однако введение в состав бетона добавок, изменение условий выдерживания образцов, ограничение объема может влиять на прочность, вследствие воздействия, как на кинетику процессов гидратации, так и на структурообразование цементного камня [19, 20].

Авторами предложено учитывать влияние рецептурно-технологических факторов при помощи введения корректирующих коэффициентов. Корректирующий коэффициент можно представить в общем виде:

$$K_i = (a * P + 1) * \frac{R_{отн.,i}}{R_{отн.}} \quad (7)$$

где, P – дополнительная пористость,

$R_{отн.}$ – относительная прочность без добавочного эталона/ эталона хранящегося в н.у., полученная по формуле Рышкевича,

$R_{отн.,i}$ – относительная прочность состава с добавкой/ состава, хранящегося в условиях отличных от н.у.,

a – коэффициент учитывающий вид добавки/ условия твердения.

Влияние исследованных рецептурно-технологических факторов:

– ГД a = -1,36

– СП a = 3,66

– модуль крупности заполнителя a = -0,56

– ограничение объема a = 0,53

– РД a = -0,81

– РД совместно с НТФ a = -1,02

– ограничение объема и совместное введение ГД, СП, РД и НТФ a = -5,64

– длительность твердения в воде:

28 суток a = -7,18; 90 суток a = -12,34

Представленные на рис. 9, 10 данные говорят о том, что прочность скелета возрастает, как с увеличением продолжительности твердения в воде, так и с повышением температуры твердения.

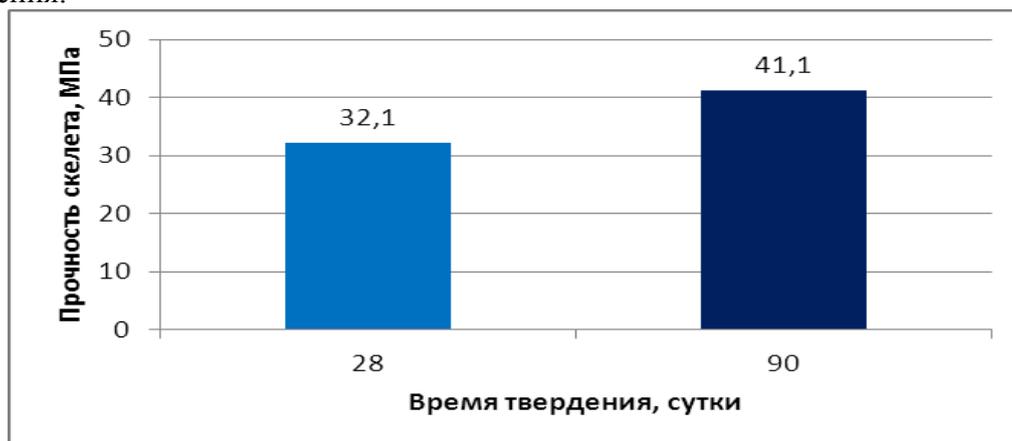


Рис.9. Зависимость прочности скелета от продолжительности твердения
Fig.9. Dependence of the strength of the skeleton on the duration of hardening
- температура твердения: 5 °С а = -8,296; 20 °С а = -4,052; 35 °С а = -7,45

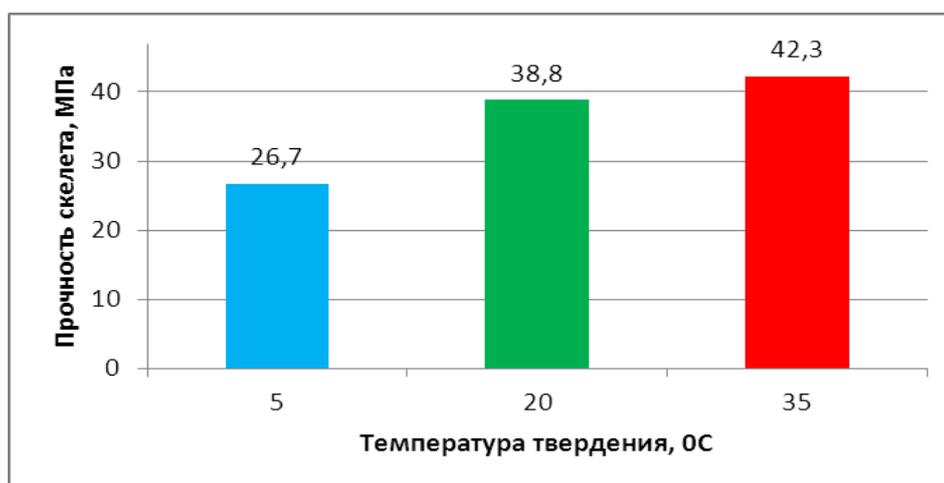


Рис.10. Зависимость прочности скелета от температуры твердения
Fig.10. Dependence of the strength of the skeleton on the hardening temperature

Таким образом, путем введения корректирующих коэффициентов в зависимости от вида добавки/ условий твердения можно рассчитать состав бетонной смеси для получения заданной прочности.

Вывод:

1. Увеличение количества газообразующей добавки от 0,13 до 0,44% от массы Ц, при дозировке СП от 0,14 до 0,86% в зависимости от вида СП значение коэффициента эффективности газовыделения может изменяться до 8 раз (!), от 39,4 до 311%.

2. Увеличение количества газообразующей добавки от 0,13 до 0,44% от массы Ц, при дозировке СП от 0,14 до 0,86%, в зависимости от модуля крупности заполнителя в пределах от 1,2 до 2,8 при соотношении П/Ц от 0 до 2,4, величины В/Ц от 0,37 до 0,42 увеличение объема мелкозернистой бетонной смеси на первой стадии расширения изменяется в пределах от 6 до 64%. Значение коэффициента эффективности расширения смеси изменяется на порядок (! от 0,09 до 0,94).

3. Уточнена зависимость относительного увеличения объема бетонной смеси на первой стадии расширения от концентрации заполнителя и увеличения объема цементного те-

ста. При концентрации заполнителя в пределах 0,4-0,6 увеличение объема бетонной смеси составляет 0,6 – 0,18 от увеличения объема цементного теста.

4. В зависимости от величины коэффициента стесненности при оптимальных значениях рецептурных факторов возможно повышение относительной прочности до 18%.

5. Учитывая коэффициент условий твердения возможно определить благоприятные условия выдерживания бетона для инъектирования с двухстадийным расширением.

6. Путем введения корректирующих коэффициентов в зависимости от вида добавки/ условий твердения можно рассчитать состав бетонной смеси для получения заданной прочности.

Библиографический список:

1. Давидюк А.Н., Несветаев Г.В. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня // Строительные материалы. 2010. - № 1. С. 44-46

2. Демьянова В.С., Калашников В.И., Ильина И.Е. Сравнительная оценка влияния отечественных и зарубежных суперпластификаторов на свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2002. - №9. С. 4-6

3. К вопросу оценки блокирующей функции суперпластификаторов на кинетику твердения цементов / В.С. Демьянова, В.И. Калашников, А.С. Мишин, Ю.С. Кузнецов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции: Композиционные строительные материалы. Теория и практика. – Пенза, 2002. С. 54-60

4. Калашников В.И., Демьянова В.С., Борисов А.А. Классификационная оценка цементов в присутствии суперпластификаторов для высокопрочных бетонов // Известия вузов. Строительство. 1999.- № 1. С. 39-42

5. Усадка и усадочная трещиностойкость цементного камня из пластифицированных и непластифицированных композиций / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, Е.Ю. Селиванова, А.С. Мишин, А.П. Кандауров // Современные проблемы строительного материаловедения: Седьмые академические чтения РААСН. ч. 1. – Белгород, 2001. С. 171 – 179

6. Контракция портландцемента в присутствии суперпластификаторов и минеральных модификаторов/ Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян, Та Ван Фан, Л.А. Хомич, А.М. Блягоз // Новые технологии. - Майкоп: ФГБОУ ВПО «МГТУ», вып. 4. 2012. С. 125-128

7. Несветаев Г.В. Оценка эффективности суперпластификаторов: Дни современного бетона/ Мат-лы 11 межд. науч.-практ. конф. / ООО «Будиндустрия ЛТД», Запорожье, 2012. С. 19-27

8. Несветаев Г.В., Виноградова Е.В. О влиянии суперпластификаторов и расширяющей добавки на тепловыделение портландцемента в ранний период твердения/ Наука, техника и технология XXI века: Мат-лы второй Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2. – Нальчик: КБГУ, 2005. С. 130 – 135

9. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Гиперпластификаторы «Melflux» для сухих строительных смесей и бетонов // Строительные материалы. 2010. - №3. С. 38 – 40

10. Несветаев Г.В., Корчагин И.В., Потапова Ю.И. О тепловыделении портландцемента в присутствии суперпластификаторов // Научное обозрение. 2014.- №8. С. 907-913

11. Несветаев Г.В., Тимонов С.А., Чмель Г.В. К оценке эффективности суперпластификаторов // Железобетон, строительные материалы и технологии в третьем тысячелетии. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2001. С.29-32

12. Оценка эффективности суперпластификаторов / Г.В. Несветаев, Г.В. Чмель, М.А. Ужахов, А.В. Жуков, Е.В. Виноградова, А.В. Налимова, Т.В. Тен // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: Материалы 3-й межд. конф. – Ростов-на-Дону, 2004. С.274 – 280

13. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны: Издательство АСВ, 2006. - 368с.

14. Батраков В.Г. Комплексные модификаторы свойств бетона // Бетон и железобетон. – 1977. - № 7. – С. 4-6

15. Каприелов С.С., Шеренфельд А.В., Батраков А.В., Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. 1996. - №6. С. 6-10
16. Несветаев Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах// Строительные материалы. 2006. - № 10. – С. 23-25
17. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава// Строительные материалы. – 2009. - № .5. – С. 54-57
18. Чмель Г.В. Модифицирование расширяющихся вяжущих веществ с целью управления собственными деформациями и прочность бетонов // Автореф. дис. канд. техн. наук./ Ростов-на-Дону, 2004. 20 с.
19. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Влияние нитрилотриметилфосфоновой кислоты на процессы структурообразования напрягающих цементов // Наукоедение. 2015. №. 5 (7).С. 1-17. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/130TVN515.pdf>, свободный. Загл. с экрана.
20. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Влияние условий твердения бетона с двухстадийным расширением на деформативно-прочностные показатели // Наукоедение. 2015. №. 5 (7).С. 1-15. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN515.pdf>, свободный. Загл. с экрана.

References:

1. Davidyuk A.N., Nesvetaev G.V. Vliyanie nekotorykh giperplastifikatorov na poristost, vlazhnostnyye deformatsii i morozostoykost tsementnogo kamnya. Stroitelnyye materialy. 2010;1:44-46. [Davidyuk A.N., Nesvetaev G.V. Influence of some giperplasticizers on porosity, humidity deformation and frost resistance of a cement stone. Constructional materials. 2010;1:44-46. (In Russ.)]
2. Demyanova V.S., Kalashnikov V.I., Ilyina I.E. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya otechestvennykh i zarubezhnykh superplastifikatorov na svoystva tsementnykh kompozitsiy. Stroitelnyye materialy. 2002;9:4-6. [Demyanova V.S., Kalashnikov V.I., Ilyina I.E. Comparative evaluation of the impact of domestic and foreign superplasticizers on the properties of cement compositions. Constructional materials. 2010;1:44-46.(In Russ.)]
3. Demyanova V.S. Kalashnikov V.I. Mishin A.S., Kuznetsov Yu.S. K voprosu otsenki blokiryuyushchey funktsii superplastifikatorov na kinetiku tverdeniya tsementov. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Kompozitsionnye stroitelnyye materialy. Teoriya i praktika. Penza; 2002. 54-60. [Demyanova V.S. Kalashnikov V.I. Mishin A.S., Kuznetsov Yu.S. To the question of blocking the function of superplasticizers on the kinetics of hardening cement. Collection of scientific works of the International Scientific-Practical Conference: Composite building materials. Theory and practice. Penza; 2002. 54-60. (In Russ.)]
4. Kalashnikov V.I., Demyanova V.S., Borisov A.A. Klassifikatsionnaya otsenka tsementov v prisutstvii superplastifikatorov dlya vysokoprochnykh betonov. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 1999;1: 39-42. [Kalashnikov V.I., Demyanova V.S., Borisov A.A. Classification assessment of cements in the presence of superplasticizer for high-strength concrete. News of Higher Institutions. Building. 1999;1: 39-42. (In Russ.)]
5. Kalashnikov V.I., Demyanova V.S., Selivanova E.Yu., Mishin A.S., Kandaurov A.P. Usadka i usadochnaya treshchinostoykost tsementnogo kamnya iz plastifitsirovannykh i neplastifitsirovannykh kompozitsiy. Sovremennyye problemy stroitel'nogo materialovedeniya: Sedmye akademicheskie chteniya RAASN. Ch. 1. Belgorod; 2001. 171–179. [Kalashnikov V.I., Demyanova V.S., Selivanova E.Yu., Mishin A.S., Kandaurov A.P. Shrinkage and shrinkage crack of cement paste of plasticized and unplasticized compositions. Modern problems of building materials: Seventh academic reading RAASN. Pt.1. Belgorod; 2001. 171–179. (In Russ.)]
6. Nesvetaev G.V., Kardumyan G.S., Fan T.V., Khomich L.A., Blyagoz A.M. Kontraktsiya Portland tsementa v prisutstvii superplastifikatorov i mineralnykh modifikatorov. Novyye tekhnologii. Makop: FGBOU VPO "MGTU"; 2012;4:125-128. [Nesvetaev G.V., Kardumyan G.S., Fan T.V., Khomich L.A., Blyagoz A.M. Contraction of Portland cement in the presence of superplasticizers and mineral modifiers. New Technologies. Maikop: MSTU; 2012;4:125-128. (In Russ.)]

7. Nesvetaev G.V. Otsenka effektivnosti superplastifikatorov: Dni sovremennogo betona. Mat-ly 11 mezhd. nauch.-prakt. konf. OOO "Budindustriya LTD". Zaporozhye; 2012. 19-27. [Nesvetaev G.V. Evaluating the effectiveness of superplasticizers: days of contemporary concrete. Proc. of 1 Int. Scientific-Practical. Conf. LLC Budindustriya Ltd. Zaporozhye; 2012. 19-27. (In Russ.)]

8. Nesvetaev G.V., Vinogradova E.V. O vliyaniy superplastifikatorov i rasshiryayushchey dobavki na teplovydelenie portlandtsementa v ranniy period tverdeniya. Nauka, tekhnika i tekhnologiya KhKhI veka: Mat-ly vtoroy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ch. 2. Nalchik: KBGU; 2005. 130-135. [Nesvetaev G.V., Vinogradova E.V. On the influence of superplasticizers and expanding additives on heat Portland cement in the early period of hardening. Science, technology and the technology of the XXI century: Materials of the Second All-Russian Scientific and Technical Conference. Pt. 2. Nalchik: KBSU; 2005. 130-135. (In Russ.)]

9. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Giperplastifikatory "Melflux" dlya sukhikh stroitelnykh smesey i betonov. Stroitelnyye materialy. 2010;3:38-40. [Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Giperplasticizers "Melflux" for dry building mixes and concrete. Construction materials. 2010;3:38-40. (In Russ.)]

10. Nesvetaev G.V., Korchagin I.V., Potapova Yu.I. O teplovydelenii portlandtsementa v prisutstvii superplastifikatorov. Nauchnoye obozrenie. 2014;8:907-913. [Nesvetaev G.V., Korchagin I.V., Potapova Yu.I. On the heat dissipation of Portland cement in the presence of superplasticizers. Scientific Review. 2014;8:907-913. (In Russ.)]

11. Nesvetaev G.V., Timonov S.A., Chmel G.V. K otsenke effektivnosti superplastifikatorov. Zhelezobeton, stroitelnyye materialy i tekhnologii v tretyem tysyacheletii. Rostov-na-Donu: RGSU; 2001. 29-32. [Nesvetaev G.V., Timonov S.A., Chmel G.V. To the assessment of effectiveness of superplasticizers. Reinforced concrete, building materials and technology in the third millennium. Rostov-on-Don: RSUCI; 2001, 29-32 (In Russ.)]

12. Nesvetaev G.V., Chmel G.V., Uzhakhov M.A., Zhukov A.V., Vinogradova E.V., Nalimova A.V., Ten T.V. Otsenka effektivnosti superplastifikatorov. Beton i zhelezobeton v tretyem tysyacheletii: Materialy 3-y mezhd. konf. Rostov-na-Donu; 2004. 274-280. [Nesvetaev G.V., Chmel G.V., Uzhakhov M.A., Zhukov A.V., Vinogradova E.V., Nalimova A.V., Ten T.V. Evaluating the effectiveness of superplasticizers. Concrete and reinforced concrete in the third millennium: Proceedings of the 3rd Int. Conf. Rostov-on-Don; 2004. 274-280 (In Russ.)]

13. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S., Kalashnikov V.I. Modifitsirovannyye vysokokachestvennyye betony. Izdatelstvo ASV; 2006. 368 s. [Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S., Kalashnikov V.I. Modified high-quality concrete. ASV Publ.; 2006. 368 p. (In Russ.)]

14. Batrakov V.G. Kompleksnyye modifikatory svoystv betona. Beton i zhelezobeton. 1977;7:4-6. [Batrakov V.G. Complex modifiers of concrete properties. Concrete and reinforced concrete. 1977;7:4-6. (In Russ.)]

15. Kaprielov S.S., Sherenfeld A.V., Batrakov A.V. Modifitsirovannyye betony novogo pokoleniya: realnost i perspektiva. Beton i zhelezobeton. 1996;6:6-10. [Kaprielov S.S., Sherenfeld A.V., Batrakov A.V. Modified concretes new generation: reality and prospects. Concrete and reinforced concrete. 1996;6:6-10. (In Russ.)]

16. Nesvetaev G.V. Effektivnost primeneniya superplastifikatorov v betonakh. Stroitelnyye materialy. 2006;10:23-25. [Nesvetaev G.V. The effectiveness of superplasticizers in concrete. Construction materials. 2006;10:23-25. (In Russ.)]

17. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Samouplotnyayushchiesya betony: prochnost i proektirovanie sostava. Stroitelnyye materialy. 2009;5:54-57. [Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. The self-consolidating concrete: durability and design of structure. Construction materials. 2009;5:54-57. (In Russ.)]

18. Chmel G.V. Modifitsirovanie rasshiryayushchikhsya vyazhushchikh veshchestv s tselyu upravleniya sobstvennymi deformatsiyami i prochnost betonov. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk.

Rostov-na-Donu, 2004. 20 s. [Chmel G.V. Modifying expanding binders to manage their own deformations and strength of concrete. Abstract of PhD thesis. Rostov-on-Don; 2004. 20 p. (In Russ.)]

19. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Vliyanie nitrilotrimetilfosfonovoy kisloty na protsessy strukturoobrazovaniya napryagayushchikh tsementov. *Naukovedenie*. 2015;5(7):1-17. [Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Influence nitrilotrimetilfosfonic acid on structure formation processes straining cements. *Science studies*. 2015;5(7):1-17. (In Russ.)]. Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/130TVN515.pdf>, svobodnyy. Zagl. s ekrana.

20. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Vliyanie usloviy tverdeniya betona s dvukhstadiynym rasshireniem na deformativno-prochnostnye pokazateli. *Naukovedenie*. 2015;5(7):1-15. [Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Influence of conditions of concrete hardening with a two-stage expansion on deformability and strength indicators. *Science studies*. 2015;5(7):1-15. (In Russ.)]. Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN515.pdf>

Сведения об авторах

Несветаев Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства, академия строительства и архитектуры.

Жильникова Татьяна Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, академия строительства и архитектуры.

Корянова Юлия Игоревна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии строительного производства, академия строительства и архитектуры.

Information about the authors.

Grigory V. Nesvetaev – Dr. Sc.(Technical), Prof., Department technology of construction production, academy of civil engineering and architecture

Tatjana N. Zhilnikova – Cand. Sc.(Technical), Assoc.Prof., Department technology of construction production, academy of civil engineering and architecture.

Yulia I. Koryanova - Cand. Sc.(Technical), Senior lecturer, Department technology of construction production, academy of civil engineering and architecture

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 25.09.2016.

Принята в печать 29.11.2016.

Conflict of interest

Received 25.09.2016.

Accepted for publication 29.11.2016.