

УДК 666.972; 693.54

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННОГО БЕТОНА С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

*Н.С. Гуриненко, Э.И. Батяновский*

Белорусский национальный технический университет, Минск

e-mail: ngurinenko@gmail.com

*В статье представлены результаты исследований, целью которых являлась разработка полифункциональной добавки в бетон, содержащая в своем составе «гиперпластификатор», ускоряюще-уплотняющий компонент и ультрадисперсный микрокремнезем, обеспечивающая повышение темпа и уровня роста его прочности при снижении энергетических затрат на ускорение процесса твердения, как базы для снижения энергоемкости производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций. С использованием стандартизованных методик испытаний экспериментально подтверждена эффективность полифункциональной добавки, выразившаяся в росте плотности и качественных характеристик и свойств конструкционного тяжелого бетона: прочности на сжатие до 40...60 %, росте морозостойкости с марки F 250 до F 500, водонепроницаемости с W 6...8 до W 20 за счет снижения проницаемости бетона.*

**Ключевые слова:** цемент, бетон, ультрадисперсный микрокремнезем, микрокремнезем, твердение, цементный камень, структура, прочность, свойства.

### FEATURES OF TECHNOLOGY STRUCTURAL CONCRETE WITH POLYFUNCTIONAL ADDITIVE

*N. Gurinenko, E. Batyanovskiy*

Belarusian National Technical University, Minsk

e-mail: ngurinenko@gmail.com

*The article presents the results of research aimed at developing a new semi-functional additive in concrete containing a composition of plasticizer, an accelerating-sealing component and ultrafine silica fume, which provides an increase in the rate and level of growth of its strength while reducing energy costs to accelerate the hardening process, as a basis for reducing the energy intensity of concrete and reinforced concrete products and structures. Using standardized testing methods, the effectiveness of a multifunctional additive was experimentally confirmed, expressed in the growth of quality characteristics and properties of structural heavy concrete: compressive strength up to 40...60%, the increase in frost resistance from brand F 250 to F 500, water resistance from W6...8 to W20 by reducing the permeability of concrete.*

**Keywords:** cement, micro silica, micro silica ultra dispersible, hardening, cement stone, structure, strength, properties, concrete.

**Введение.** В современных условиях, несмотря на возросшее качество и наличие широкого выбора добавок в бетон, характеризующихся мононаправленным действием (например, ускорители твердения, пластификаторы, уплотняющие структуру и т.д.), все более широко и с большей эффективностью используются добавки полифункционального действия. При этом наибольший эффект достигается сочетанием химических высокоэффективных пластифицирующих и ускоряющих твердение веществ с высокодисперсной минеральной составляющей – микрокремнеземом. Такие добавки успешно используются при производстве сборных бетонных и железобетонных изделий и при строительстве из монолитного бетона и железобетона. В частности, тех из них, которые обеспечивают повышение темпа роста прочности бетона, и позволяют снижать температуру (особенно это важно в начальный период – 24...72 часа) твердения и сокращать время подвода тепла к бетону. Это позволяет снижать в 1,5...2 раза затраты энергии на тепловую обработку изделий (конструкций) по сравнению с традиционной тепловой обработкой.

**Материалы для исследований.** В исследованиях использовали материалы: портландцемент марки ПЦ 500 по ГОСТ 10178, соответствующий классу СЕМ I 42,5 N по СТБ EN 197-1; компоненты полифункциональной добавки: ускоритель твердения – сульфат натрия (CH;  $(\text{Na}_2\text{SO}_4)$  по ГОСТ 21458-75 и уплотняющий структуру цементного камня (бетона) – сульфат алюминия (CA;  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) по ГОСТ 12966-85; заполнители для бетона – щебень гранитный традиционный фракций 5...10 и 5...20 мм (ГОСТ 8267-93) и щебень кубовидный фракций 2...4; 4...6 мм (СТБ 1311–2002); песок природный Мк ~2,6...2,8 (ГОСТ 8736-93); в качестве активного минерального компонента добавки использовали традиционный микрокремнезем МК-85 (МК), соответствующий требованиям СТБ EN 197–1–2015 и ультрадисперсный микрокремнезем (УДМК), соответствующий ТУ 2168–002–14344269–09, характеризующийся большей удельной поверхностью за счет малых размеров частиц аморфного  $\text{SiO}_2$ , а значит и большим «реакционным» потенциалом.

В качестве пластификатора использовали «Стахемент 2000-М Ж 30» (Ст), выпускаемый по ТУ ВУ 800013176.004-2011, который согласно СТБ 1112-98 относится к пластифицирующим добавкам I группы.

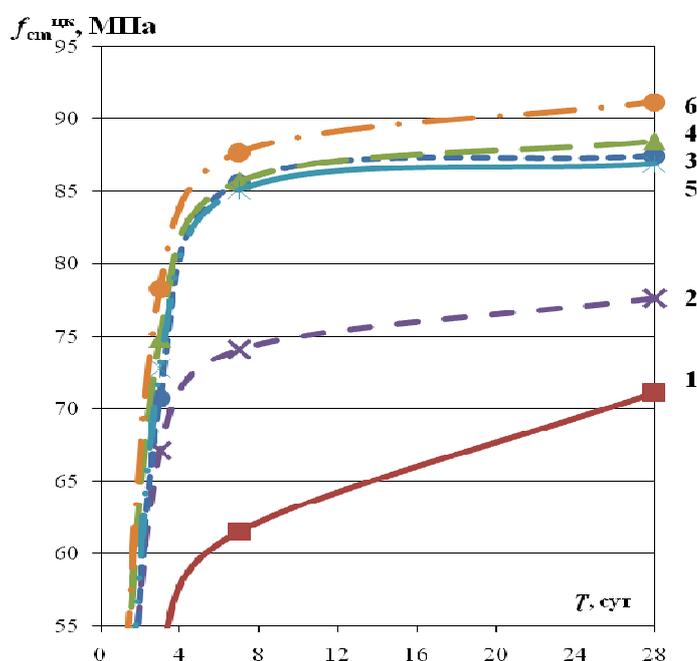
Целью исследований было получение комплексной полифункциональной добавки [1, 2], характеризующейся пластифицирующим и ускоряющим твердение бетона действием. Для ее достижения на начальном этапе исследовали кинетику роста прочности цементного камня и особенности его структурно-морфологических характеристик, выявленных с помощью рентгенофазового и дериватографического анализов, а также при оценке количества химически связываемой цементом воды и степени его гидратации.

**Свойства цементного камня.** На рисунке 1 частично представлены экспериментально выявленные изменения в кинетике твердения (в нормально-влажностных условиях) образцов (20\*20\*20 мм; 6...12 шт. в серии) цементного камня без добавки (№ 1), с добавкой пластификатора 0,5 % Ст (№2), с пластификатором и микрокремнеземом 0,5 % Ст + 10 % МК (№3), с пластификатором и ультрадисперсным микрокремнеземом в разных количествах: 0,5 % Ст + 1,0 % УДМК (№4), 0,5 % Ст + 1,5 % УДМК (№5), и полифункциональной комплексной добавкой, включающей пластификатор, ультрадисперсный микрокремнезем и ускоряюще-уплотняющую составляющую (CH + CA), в составе:

0,5 % Ст + 1,0 % УДМК + + 0,5 % СН + 0,25 % СА (№6). Все образцы были изготовлены из теста нормальной густоты ( $K_{нг} = 0,255$  дол.ед. («чистый цемент»),  $K_{нг} = 0,20$  дол.ед. (с пластификатором)).

Из результатов экспериментов (рисунок 1) очевиден эффект от комплексной полифункциональной добавки – 0,5 % Ст + 1,0 % УДМК + 0,5 % СН + 0,25 % СА, как в сравнении по темпу роста, так и по уровню прочности цементного камня.

С учетом того обстоятельства, что введение аморфного кремнезема (УДМК) в цементный камень (бетон) способствует связыванию гидроксида кальция ( $Ca(OH)_2$ ) в нерастворимые гидросиликаты кальция и может понизить за этот счет уровень щелочности среды в бетоне, было необходимо провести соответствующую оценку влияния УДМК на этот показатель.



№1 - "без добавок"; №2 - 0,5%Ст; №3 - 0,5%Ст+ 10%МК; №4 - 0,5%Ст+1,0% УДМК;  
 №5 - 0,5%Ст+1,5%УДМК; №6 - 0,5%Ст+1,0%УДМК+ 0,5%СН + 0,25%СА

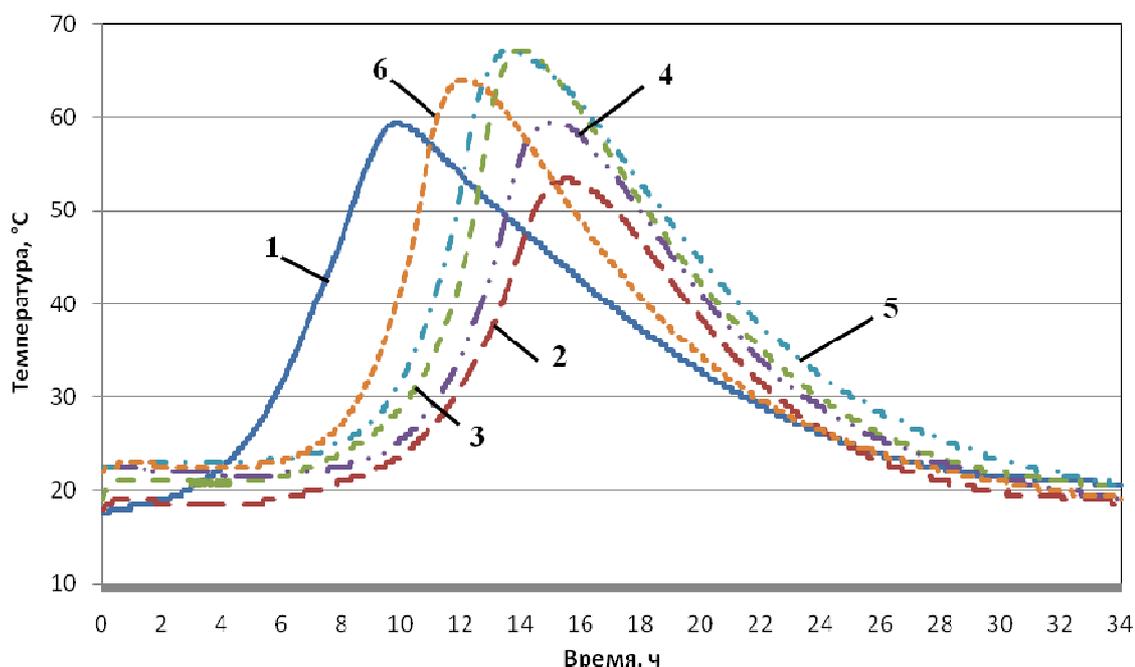
Рисунок 1. – Кинетика твердения цементного камня

Измерения проводили с помощью портативного рН-метра марки HI 83141 (таблица 1). Из данных приведенных в таблице 1 следует, что вводимое вещество (УДМК) в целом не критически снижает рН-фактор и, соответственно, при использовании УДМК в железобетоне не потребуются дополнительной защиты арматуры.

Одной из задач исследований, выполненных по методике, описанной в источнике [3], являлась оценка влияния разрабатываемой полифункциональной добавки на тепловыделение цемента, так как тепло экзотермии позволяет существенно снизить энергетические затраты на ускорение твердения бетона как в производстве сборных изделий, так и в монолитном строительстве (рисунок 2).

Таблица 1. – pH водных вытяжек образцов цементного камня

Время твердения	"Без добавок"	0,5%Ст	0,5%Ст+ 10%МК	0,5%Ст+ 1%УДМК	0,5%Ст+ 1,5%УДМК	0,5%Ст+ 1%УДМК+ 0,5%СН+ 0,25%СА
1 мин	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
2 мин	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3
10 мин	12,55	12,55	12,44	12,41	12,40	12,41
30 мин	12,55	12,55	12,44	12,41	12,40	12,41
60 мин	12,55	12,55	12,44	12,41	12,40	12,41
2 сут.	12,73	12,73	12,71	12,65	12,65	12,50
10 сут.	12,73	12,73	12,71	12,65	12,65	12,50
20 сут.	12,70	12,71	12,69	12,65	12,63	12,55
30 сут.	12,70	12,70	12,67	12,63	12,61	12,50
60 сут.	12,70	12,70	12,67	12,63	12,61	12,50



№1 - "без добавок"; №2 - 0,5%Ст; №3 - 0,5%Ст+ 10%МК; №4 - 0,5%Ст+1%УДМК; №5 - 0,5%Ст+1,5%УДМК; №6 - 0,5%Ст+1,0%УДМК+ 0,5%СН+ 0,25%СА

Рисунок 2. – Кинетика изменения температуры цементного теста

Очевидно, что введение 10 % МК (3) и 1,0 % УДМК (4), а также 1,5 % УДМК (5), характеризуется практически равенством их влияния на тепловыделение цемента и саморазогрев цементного камня, твердевшего в условиях теплоизоляции, в оцениваемых временных пределах и соблюдении правила прочих равных условий. Логично, что наибольший эффект по совокупности явлений темпа саморазогрева и уровня температуры, обеспечило введение полифункциональной добавки (6), в состав которой входит ускоряюще-уплотняющий компонент, способствующий ускорению процесса гидратации цемента.

Полученные результаты подтверждаются данными оценки степени гидратации цемента (таблица 2; рост в пробах с полифункциональной добавкой составил ~ 38 %), а также дериватографический (термогравиметрический анализатор TGA/DSC1-1/1600 HF (METTLER TOLEDO); рисунок 4) и рентгенофазовый анализы (дифрактометр D8 Advance Bruker AXS (Германия); рисунок 5) проб цементного камня.

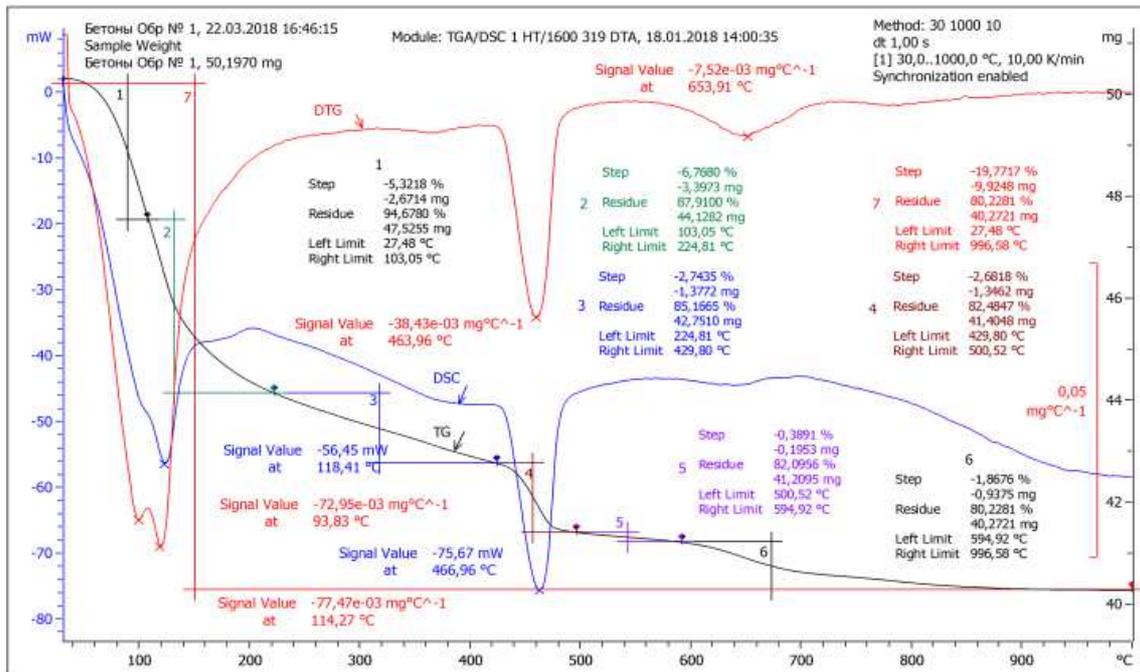
Таблица 2. – Результаты определения степени гидратации цемента

№ пробы	Состав пробы	Масса пробы, г		Кол-во химически связанной воды, дол.ед	Кол-во воды, связанное при полной гидратации цемента, дол.ед.	Степень гидратации цемента, %
		высушенной при t=105°C	прокаленной при t=700°C			
1	Без добавки	7,71	6,9	0,1174	0,227	51,71
2	0,5%Ст	6,22	5,55	0,1207		53,18
3	0,5%Ст +10%МК	6,22	5,43	0,1455		64,09
4	0,5%Ст +1,0%УДМК	8,22	7,15	0,1490		65,62
5	0,5%Ст +1,5%УДМК	8,72	7,53	0,1580		69,62
6	0,5%Ст+1,0%УДМК+ +0,5%СН+0,25%СА	8,75	7,53	0,1620		71,37

Анализ графиков «DSC» и «DTG» рисунка 3 (а) – проб «чистого» цементного камня, с рисунком 3 (б) – проб с полифункциональной добавкой, показывает, во-первых, разницу в зоне температуры ~ 110 °С, отражающей потери «свободной» (находящейся в поровом пространстве проб цементного камня) воды. Снижение показателя проб «чистого» камня составляет ~ 70 mW (мВт), а проб с добавкой ~ 60 mW (мВт), то есть существенно меньше. Это свидетельствует об уменьшении объема пор в пробах цементного камня с добавкой, т.е. о росте плотности его структуры. Во-вторых, существенно уменьшилась площадь эндотермического «пика» в зоне температуры ~ 420...480 °С, отражающего разложение гидроксида кальция (Ca(OH)<sub>2</sub>), что свидетельствует о его «связывании» аморфным SiO<sub>2</sub> с образованием гидросиликатов кальция. Как следствие, увеличилась площадь эндотермического «пика» в зоне температур ~ 650...750 °С; при этом в пробах с добавкой снижается уровень минимальной температуры разложения: с 653,91 °С (проба без добавок) до 648,91 °С для пробы с добавкой, что связано с появлением низкоосновных силикатов кальция [4, 5].

Результаты рентгенофазового анализа (в статье не приводятся) по оценке возможных изменений в морфологии продуктов гидратации цемента под влиянием веществ полифункциональной добавки подтвердили ранее полученные данные о появлении гидросиликатов кальция низкой основности CSH и увеличении количества этtringита. Кроме этого, отличие заключается в снижении количества Ca(OH)<sub>2</sub> для пробы с полифункциональной добавкой, при уменьшении отражений клинкерных минералов цемента, что свидетельствует о росте степени его гидратации и согласуются с ранее приведенными (таблица 2) данными.

a



b

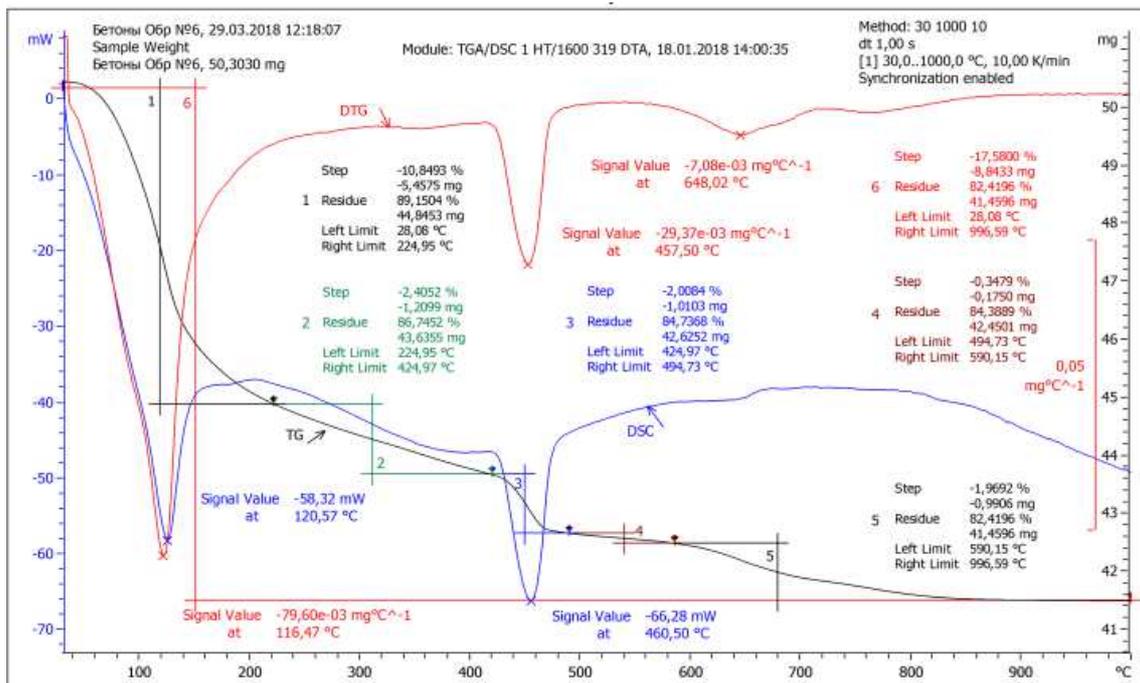


Рисунок 3. – Дериватограмма пробы «чистого» цементного камня (а) и цементного камня, содержащего 0,5%Ст+1,0%УДМК+ 0,5%СН+ 0,25%СА (б) от массы цемента

Свойства бетона. Основной задачей исследований, результаты которых представлены в таблице 3, была оценка эффективности применения разрабатываемой полифункциональной добавки в «рядовом» по прочности конструктивном тяжелом бетоне, характеризующемся расходом цемента (в данном случае марки М500 (класс

СЕМ 42,5)) в 250...450 кг на 1 м<sup>3</sup> и прочностью на сжатие менее класса С 35/45 (СТБ 1544-2005), или по абсолютной величине не более «требуемой» прочности:  $f_{cm} \leq 57,8$  МПа.

Таблица 3. – Средняя плотность и прочность на сжатие образцов тяжелого бетона при различном содержании цемента

Расход цемента, кг на 1 м <sup>3</sup>	(В/Ц) <sub>бетона</sub>	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Класс бетона*
		1 сутки		3 сутки		7 сутки		28 сутки		
А. Составы, содержащие 0,5 % Ст										
250	0,42	2510	11,7	2510	21,0	2515	31,8	2530	35,5	С 22/27,5
300	0,35	2505	12,5	2510	25,0	2510	41,3	2520	44,5	С 28/35
350	0,31	2505	14,1	2507	32,3	2515	49,0	2525	51,5	С 30/37
400	0,29	2500	15,9	2510	37,2	2510	51,5	2520	55,9	С 32/40
450	0,28	2500	16,0	2505	38,5	2510	52,0	2510	58,0	С 35/45
Б. Составы, содержащие 0,5 % Ст + 0,5 % СН + 0,25 % СА + 1,0 % УДМК										
250	0,36	2535	18,1	2545	29,8	2555	51,2	2570	59,2	С 35/45
300	0,34	2530	19,2	2540	35,1	2550	59,8	2560	68,2	С 40/50
350	0,31	2530	20,2	2540	39,4	2550	64,1	2560	71,4	С 45/55
400	0,30	2530	22,3	2542	50,2	2550	68,6	2560	75,3	С 45/55
450	0,28	2520	24,1	2540	55,1	2550	74,1	2555	80,2	С 50/60

\* класс бетона на сжатие по СТБ 1544–2005

С этой целью были изготовлены серии образцов бетона из равноподвижных бетонных смесей (П2), но при разных расходах цемента. При этом в состав вводили только пластификатор (в оптимальной дозировке, равной 0,5 % Ст от массы цемента), а в сопоставляемые – разрабатываемую полифункциональную добавку «0,5 % Ст + 0,5 % СН + 0,25 % СА + 1,0 % УДМК».

Очевидна эффективность полифункциональной добавки в бетоне, отраженная в росте его прочности во все сроки твердения, для всех вариантов состава (по расходу цемента) и при примерном равенстве водоцементного отношения составов бетона, характеризующихся равенством расхода цемента.

К изложенному следует добавить, что эффективность полифункциональной добавки в конгломератном материале – бетоне, существенно выше, чем в цементном камне. Очевидно, что рост прочности бетона обеспечивается как за счет собственно роста прочности цементного камня, так и за счет существенного роста сил сцепления в зоне его контакта с заполнителем. Этот вывод подтверждается как установленным ее ростом, так и (как это будет показано далее) ростом воздухо-, водонепроницаемости бетона с полифункциональной добавкой, т.е. ростом его плотности и непроницаемости.

Одной из задач настоящих исследований является *снижение энергетических затрат* в технологии производства бетонных и железобетонных изделий при использовании разрабатываемой полифункциональной добавки. В таблице 4 приведены экс-

периментальные данные по оценке изменений в кинетике твердения и уровню прочности бетона с ускоряюще-уплотняющим компонентом (0,5 % СН + 0,25 % СА) полифункциональной добавки и с полифункциональной добавкой, образцы которого твердели по режиму: 2 ч – предварительная выдержка, 2 ч подъем температуры до 40...45 °С (до температуры бетона в образцах ~ 30...35°С), 12 ч – выдержка в тепловом устройстве, распалубка образцов и первые испытания на сжатие. Далее образцы бетона до испытаний хранили в камере нормально-влажностного твердения. Данный режим имитировал производственные условия твердения бетонных и железобетонных изделий по энергосберегающей технологии [6].

Таблица 4. – Прочность на сжатие образцов тяжелого бетона без добавок, содержащего ускоряюще-уплотняющий компонент (0,5 % СН + 0,25 % СА) и полифункциональную добавку: 0,5 % Ст + 0,5 % СН + 0,25 % СА + 1,0 % УДМК, при различном содержании цемента (подвижность смеси ОК ~ 5...6 см) с начальным разогревом до 30...35 °С

№ состава бетона	Расход цемента, кг на 1 м <sup>3</sup>	(В/Ц) <sub>бетона</sub>	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте					Класс бетона
			16 ч****		24 ч	3 сутки	28 суток	
			МПа	% от f <sub>см.28</sub>				
1	250*	0,61	16,0	55,6	16,8	22,3	28,8	С 18/22,5
2	350*	0,47	25,1	60,2	26,3	32,5	41,7	С 25/30
3	450*	0,43	30,5	62,5	32,3	39,8	48,8	С 30/37
4	250**	0,58	23,3	72,1	24,3	25,2	32,3	С 20/25
5	350**	0,45	33,9	74,0	35,7	38,0	45,8	С 28/35
6	450**	0,41	40,4	77,0	42,5	44,6	52,5	С 32/40
7	250***	0,42	40,3	71,2	41,9	47,1	56,6	С 32/40
8	350***	0,31	54,2	76,9	55,9	58,5	70,5	С 45/55
9	450***	0,28	63,1	81,1	65,0	69,1	77,8	С 50/60
10 (Ж2)	350***	0,26	67,1	90,9	69,5	72,0	73,8	С 45/55

\* бетон из смесей равной подвижности без добавок;  
 \*\* бетон с добавкой 0,5 % СН + 0,25 % СА;  
 \*\*\* бетон с полифункциональной добавкой;  
 \*\*\*\* испытания «горячих» образцов (t ~ 30...35°С) сразу после распалубки;

Анализ соотношения прочности бетона сразу после «прогрева» (в 16 ч) к прочности в проектном возрасте (28 сут.; после «дозревания» бетона в нормально-влажностных условиях) показывает, что ее уровень составляет ~ 70...80 % от «проектной» для образцов с обоими видами добавки; без добавок прочность после «прогрева» ниже и составляет ~ 55...62 % от 28 суточной. При этом большие значения относительной прочности бетона из пластичных смесей соответствуют составам № 8 и № 9 с большими содержанием цемента и наличием полифункциональной добавки.

Кроме означенного, использование полифункциональной добавки создает условия для экономии цемента, что позволяет снижать до 10...15 % расход цемента по критерию обеспечения требуемой прочности бетона.

Рост плотности бетона сопровождается снижением объема капиллярной открытой пористости, что отражается в снижении водопоглощения «рядового» бетона на ~ (25...30) % и росте других качественных характеристик бетона (таблица 5).

Таблица 5. – Результаты оценки эксплуатационных свойств бетона

Характеристика состава бетона (класс по прочности на сжатие)	Водопоглощение по массе, %	Водонепроницаемость (по воздухопроницаемости)		Морозостойкость		Защитная способность ( $i$ , мкА/см <sup>2</sup> при E=300мВ)
		$a_i$ , см <sup>3</sup> /с	Марка, W	Количество циклов в 5 % растворе NaCl (1-ый метод)	Марка, F*	
1. Бетон без добавок (С 25/30)	4,8	0,150	4	8 (300)	300	4,4
2. Бетон с полифункциональной добавкой (С 45/55 при исходном С 25/30)	3,5	0,095	8	15 (500)	500	3,0

\* марка по морозостойкости приведена для бетона общестроительного назначения

За счет роста непроницаемости бетона, оцениваемой водонепроницаемостью и определенной по «прососу» воздуха, рост составил от марки W4 до марки W8, т.е. практически в 2 раза. В этой связи для «рядового» по прочности бетона обеспечивается рост морозостойкости до марки F500, что для бетона общестроительного назначения предполагает возможность его использования для всех видов гражданского, жилищного и промышленного строительства.

Возросшая защитная способность бетона с добавкой по отношению к стальной арматуре ( $i \sim 3,0$  мкА/см<sup>2</sup> при E = 300 мВ) гарантированно обеспечивает возможность его использования в преднапряженных конструкциях при внешней агрессии эксплуатационной среды, т.к. по СТБ 1168-99 плотность тока в этом случае не должна превышать величину в 5,0 мкА/см<sup>2</sup>.

**Заключение.** Разработаны составы и экспериментальное обоснование получения новой полифункциональной добавки в бетон, обеспечивающей повышение темпа роста и уровня его прочности в проектном возрасте до 40...60 % при одновременном существенном снижении энергетических затрат на ускорение процесса его твердения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуриненко, Н.С. Основы эффективности ультрадисперсного микрокремнезема в цементном бетоне / Н.С. Гуриненко, Э.И. Батяновский // Проблемы современного строительства: сб. науч.-техн. ст. (материалы научно-технич. конференции), Минск, 30 мая 2018 г. / Белор. нац. технич. ун-т ; редкол.: В. Ф. Зверев [и др.]. – Минск, 2018. – Ч. 2. – С. 256-264.
2. Гуриненко, Н.С. Об эффективности применения в цементном камне и бетоне полифункциональной добавки с ультрадисперсным микрокремнеземом / Н.С. Гуриненко, Э. И. Батяновский // Перспективные направления инновационного развития строительства

- и подготовки инженерных кадров : сб. науч. ст. XXI Междунар. научно-методич. семинара, Брест, 25–26 октября 2018 г. : в 2 ч. / Брестс. гос. технич. ун-т ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест, 2018. – Ч. 2. – С. 14-22.
3. Бирик, М.С. Оценка кинетики твердения цементного камня с использованием термодатчиков системы «Термохрон» / М.С. Бирик, В.В. Бабицкий // Строительная наука и техника. – 2010. – № 4. – С. 23–26.
  4. Тейлор, Х. Химия цемента. Пер. с англ. / Х. Тейлор. – М: Мир, 1996. – 500 с.
  5. Чистяков, В.В. Интенсификация твердения бетона / В.В. Чистяков, Ю.М. Дорошенко, И.Г. Гранковский; под ред. А.А. Пащенко. – Киев: Будівельник, 1988. – 118 с.
  6. Батяновский, Э.И. Эффективность и проблемы энергосберегающих технологий цементного бетона / Э.И. Батяновский, Е.А. Иванова, Р.Ф. Осос // Строительная наука и техника. – 2006. – № 3. – С. 7–17.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**  
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379.**

**ISBN 978-985-531-701-3**

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

---

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>