



Влияние суперпластификатора на удобоукладываемость бетонной смеси в жарких сейсмоопасных регионах

А.Ю. Солобай¹, В.С. Воронкова², В.Н. Демченко³, Н.А. Кудайбергенова⁴, Ж.Б. Кулжабаева⁵

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 961.542

Научная статья

История

Подана в редакцию 22 сентября 2014
Принята 23 октября 2014

Ключевые слова

бетон,
испытания,
прочность бетона,
удобоукладываемость бетонной смеси,
суперпластификатор,
жаркий климат,
сейсмоопасный район

АННОТАЦИЯ

При строительстве в жарком климате возникает проблема удобоукладываемости бетонной смеси, влияющая на трудозатраты, сроки и стоимость строительства. Предметом исследования является влияние добавки суперпластификатора на свойства бетона разных классов. При проведении испытаний использован суперпластификатор КР 501 компании «SanNopca Korea», предоставленный компанией «Uneedus Group» LLP. Применение этой добавки позволило увеличить сроки схватывания бетонной смеси, улучшить водонепроницаемость, при этом сохранив физические свойства бетона в пределах допустимых норм. Подтвердилась эффективность применения жидкого суперпластификатора на основе поликарбоксилатных полимеров в летнее время для контроля пластичности (удобоукладываемости) бетонной смеси. Данная добавка нашла свое применение при строительстве жилых объектов в южных регионах Казахстана.

Содержание

1.	Введение	95
2.	Краткий обзор отечественной и зарубежной литературы	95
3.	Постановка задачи	95
4.	Результаты исследований	96
4.1.	Исходный состав бетонной смеси	96
4.2.	Добавка суперпластифицирующая на основе поликарбоксилата КР-501	98
4.3.	Результаты испытаний бетона	99
5.	Выводы	101

¹ Контактный автор:

+ 7 (965) 014 8422, solobayann@mail.ru (Солобай Анна Юрьевна, магистрант)

² + 7 (921) 183 3165, viktory2106@gmail.com (Воронкова Виктория Сергеевна, магистрант)

³ + 7 (921) 785 7757, devinifor@mail.ru (Демченко Виктория Николаевна, магистрант)

⁴ + 7 (911) 096 4006, kunail_919@inbox.ru (Кудайбергенова Наиля Абдирасимовна, студент)

⁵ + 7 (981) 964 3141, tulakraeva91@mail.ru (Кулжабаева Жазира Бауыржанкызы, студент)

1. Введение

При строительстве жилых объектов в южных районах Казахстана в летнее время возникают сложности с укладкой бетонной смеси. Из-за высоких температур (свыше 25 °С) скорость схватывания бетонной смеси увеличивается [26-28]. Так же принимается во внимание то, что в грунте этой местности содержится большое количество сульфатов. В связи с этим возникает необходимость использования добавок-пластификаторов при бетонировании. Так же в этом районе наблюдается высокая сейсмическая активность (7-8 баллов по шкале Рихтера), что влечет за собой необходимость использования в несущих конструкциях бетона классом не менее В25.

Для решения поставленных задач используются различные добавки. В этой статье рассмотрена добавка КР-501, которая позволяет обеспечить:

- повышение марки по удобоукладываемости с П1 до П5 без снижения прочности во все сроки, начиная с 3 суток;
- увеличение водонепроницаемости до марки W16 и выше без увеличения расхода цемента;
- увеличение морозостойкости до марки F400;
- снижение водопоглощения бетона более чем в 2 раза;
- повышение сохраняемости подвижности бетонной смеси до 4 часов и более.

2. Краткий обзор отечественной и зарубежной литературы

Проанализировав литературу по теме проектирования бетонной смеси, можно сделать вывод, что ее химический состав играет большую роль при строительстве зданий и сооружений.

Эффективностью различных добавок в бетонной смеси занимались Ю.Г. Барабанщиков, А.С. Васильев, А.А. Гувалов и др. Они привели зависимость усадки и прочности за счет вяжущего. Показали, что для повышения трещиностойкости бетона целесообразно использовать золь кремниевую кислоту. Выявили эффективность бесщелочных добавок-ускорителей и влияние этих добавок на материалы (увеличивается тепловыделение, ускоряется процесс схватывания и твердения), в составе которых есть портландцементы. Разработали модификатор СА3-3, который позволяет сохранить подвижность бетонной смеси более 3 часов [1-14].

В частности, изучение суперпластификаторов и их влияния на бетонную смесь занимались Д. Голасzewский, Х. Ел-Дидамони, Л. Аяд, М. Хеикал, К. Зерг и др. По результатам проведенных испытаний было подтверждено, что с использованием суперпластификаторов в бетонной смеси уменьшается выделение тепла при гидратации. Также снижается расход воды и пористость, увеличивается объемная плотность, что приводит к увеличению прочности цементного теста на сжатие [15-23].

Вопрос подбора гранулометрического состава крупных и мелких заполнителей решали И.В. Боровских, Н.М. Морозов, Н.В. Суходоева и др. В результате их работ была разработана универсальная методика проектирования состава бетона, рассчитан оптимальный гранулометрический состав для высокопрочного тонкозернистого бетона [24-26].

Результаты влияния климатических условий на характеристики бетона привели Копылов В.Д., Нгуен К.Д., Хо К.Н. Они выявили, что в жарком климате самой главной проблемой является расширение бетона на ранней стадии выдерживания [26-28].

3. Постановка задачи

Целью настоящей работы является изучение изменения удобоукладываемости (подвижности) бетонной смеси и прочности бетона разных марок при добавлении суперпластификатора КР-501 и подбор оптимального состава бетонной смеси для несущих конструкций в сухом жарком климате при сейсмической опасности 7-8 баллов.

Получение заданных свойств бетона осуществляется применением жидкой суперпластифицирующей добавки на основе последнего поколения поликарбоксилатных эфиров. Преимуществом использования КР-501 является то, что на нее не влияет тип используемого цемента. Одной из центральных задач исследования является повышение пластичности бетона. Для лабораторных

исследований были изготовлены образцы из тяжелого бетона марок М100, М250, М350. В химический состав бетон вошли:

- Портландцемент: ПЦ-400-Д20;
- Щебень: фракции 5-20 мм, насыпная объемная масса щебня 1380 кг/м³ карьер «Бирлик 4» (Южно-Казахстанская область);
- Песок для строительных работ, с модулем крупности Мк-2,48 насыпная объемная масса 1590кг/м³ карьер «Бирлик 4» (Южно- Казахстанская область);
- Жидкая суперпластифицирующая добавка на основе последнего поколения поликарбоксилатных эфиров КР-501 компании «SanNopca Korea»;
- Вода.

4. Результаты исследований

4.1. Исходный состав бетонной смеси

Таблица 1. Исходный состав бетонной смеси

№ п/п	Наименование бетона	Класс бетона	Марка бетона	Подвижность бетонной смеси, ОК, см	Расход материалов на 1м ³				
					Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Добавка КР-501, кг	Вода, л
1	Тяжелый бетон	В 7.5	М100	10-12	230	790	1220	1.4	150
2	Тяжелый бетон	В 20	М250	10-12	405	765	1150	2.43	160
3	Тяжелый бетон	В25	М350	10-12	445	730	1150	2.55	165

Песок для строительных работ мытый, средний II класса.

Карьер: Бирлик 4 (Южно-Казахстанская область).

Количество образцов продукции: 25 кг.

Наименование нормативной документальности на продукцию: ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия».

Вид испытаний: контрольный.

Условия проведения испытаний: температура +27 °С; влажность 73 %; давление 725 мм. рт. ст.

Таблица 2. Гранулометрический состав песка

№	Основные параметры	НД на методы испытаний	Норма по НД	Фактические данные	
				Частный остаток:	Полный остаток:
1	Зерновой состав:	ГОСТ 8735-88			
	- Ø 2.5			15.0	15.0
	- Ø 1.25			8.5	23.5
	- Ø 0.63			4.5	28.0
	- Ø 0.315			28.0	56.0
	- Ø 0.14			41.5	97.5
	-Проход через сито с сеткой № 0.14			2.5	100

№	Основные параметры	НД на методы испытаний	Норма по НД	Фактические данные
2	Модуль крупности группа песка	ГОСТ 8735-88	Св. 2.0 до 2.5 средний	2.2
3	Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, % по массе в т.ч. глины в комках	ГОСТ 8735-88	3 0.5	1.5
4	Полный осадок песка на сите 0.63, % по массе	ГОСТ 8735-88	св. 30 до 45	28.0
5	Содержание зерен крупностью, в % по массе: св. 10 мм св. 5 мм меньше 0.14	ГОСТ 8735-88	для песка I класса - 15 15	- - 2.5
6	Насыпная плотность, кг/м ³	ГОСТ 8735-88	не норм.	1494

Щебень для строительных работ фракции от 10-20 мм.

Карьер: Бирлик 4 (Южно-Казахстанская область).

Количество образцов продукции: 25 кг.

Наименование НД на продукцию: ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия».

Вид испытаний: контрольный.

Условия проведения испытаний: температура +27 °С; влажность 73 %; давление 725 мм рт. ст.

Таблица 3. Гранулометрический состав щебня

№	Основные параметры	НД на методы испытаний	Требования по НД	Фактические данные
1	Зерновой состав щебня. Полный остаток на ситах по массе, %: - 1.25 D - D - 0.5 (d + D) - d	ГОСТ 8269.0-97	до 0.5 до 10 от 30 до 80 от 90 до 100	- 23.6 98.7 99.9
2	Группа щебня по содержанию зерен пластинчатой (лещавидной) и игловатой форм - содержание зерен пластинчатой (лещавидной) и игловатой форм, %	ГОСТ 8269.0-97	для 2 группы св. 15 до 25	17

№	Основные параметры	НД на методы испытаний	Требования по НД	Фактические данные
3	Содержание дробленых зерен в щебне, %	ГОСТ 8269.0-97	не менее 80	83
4	Содержание глины в комках, %	ГОСТ 8269.0-97	0.25	-
5	Марка по прочности (дроблености): -Потеря массы при испытании, %	ГОСТ 8269.0-97	для марки 1000 до 10 вкл	4.81
6	Насыпная плотность, кг/м ³	ГОСТ 8269.0-97	не норм.	1347
7	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	ГОСТ 8269.0-97	1	0.5
8	Содержание зерен слабых пород в щебне, %	ГОСТ 8269.0-97	10	-

4.2. Добавка суперпластифицирующая на основе поликарбоксилата КР-501

Описание продукта:

Жидкая суперпластифицирующая добавка на основе последнего поколения поликарбоксилатных эфиров, для обеспечения высокой производительности изготовления товарного бетона для гражданских, промышленных зданий, а также для железобетонных конструкции, строительства дорожных и аэродромных покрытий, эксплуатирующихся в сложных и агрессивных условий внешней среды (попеременное увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание). Существенно уменьшает проблемы, связанные с применением стандартных акриловых добавок, которые иногда могут зависеть от типа используемого цемента; позволяет поддерживать оптимальную удобоукладываемость и высокую начальную и конечную механическую прочность. КР-501 не содержит хлоридов.

Состав: водный раствор поликарбоксилатных полимеров.

Документация: соответствует стандарту UNIEN 934-2 ТЗ.1-3.2.

Характеристика/преимущества:

- изготовление бетона с низким водоцементным отношением без отрицательного влияния на удобоукладываемость и реологию свежего бетона;
- поддержание удобоукладываемости в течении длительного периода времени, особенно в летний период;
- гарантия оптимальной удобоукладываемости на время, необходимое для транспортировки и укладки, даже в жарком климате;
- получение прочного бетона, который соответствует стандартам EN 206-1 и UNI 11104.

Физико-химические свойства:

- плотность (г/см): 1.060±0.020;
- pH: 5.2±1;

- хлориды (CL⁻): нет;
- соответствие стандартам UNI EN 934-2 Т 3.1-3.2.

Испытания проводились согласно актуальной нормативной документации ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» на кубических образцах с длиной ребер 100 мм при температуре 28 °С и влажности 50 %. Режим твердения образцов: влажность 100 %. Испытания проводились на сухих заполнителях на осадку конуса 8-10 см

4.3. Результаты испытаний бетона

Таблица 4. Испытание бетона класса В7.5 на 7 и 28 суток

№	Возраст бетона, сут	Масса образца, г	Плотность, г/см ³	Водо-непроницаемость W6, МПа	Температура бетонной смеси, °С	Осадка конуса, см	Разрушающая нагрузка, КН (МПа)	Средняя прочность бетона, МПа (%)	
1	7	2284	2.30	W6 0.60	26	10	91		
							9.1		
2	7	2295				10	87.2		8.82
							8.72		89.8%
3	7	2315				10	86.3		
							8.63		
4	28	2325	2.34	W6 0.60	26	10	101		
							10.1		
5	28	2345				10	99.5		10.36
							9.95		105%
6	28	2335				10	110.3		

По результатам испытания бетона класса В7.5 средняя прочность бетона составила 10.36 МПа, что составило 105 % от требуемой по ГОСТу 26633-91 прочности бетона на сжатие в возрасте 28 суток, составляющей 98.2 кгс/см² (9.82 МПа).

Таблица 5. Испытание бетона класса В20 на 7 и 28 сутки

№	Возраст бетона, сут	Масса образца, г	Плотность, г/см ³	Водо-непроницаемость W6, МПа	Температура бетонной смеси, °С	Осадка конуса, см	Разрушающая нагрузка, КН (МПа)	Средняя прочность бетона, МПа (%)		
1	7	2390	2.40	W6 0.62	27	10	244.7			
							24.47			
2	7	2410				10	236.5		24.12	
							23.65		92.1%	
3	7	2400				10	242.3			
							24.23			
4	28	2385	2.37	W6 0.62	27	10	274.3			
							27.43			
5	28	2350				10	287.6			28.21
							28.76			108%
6	28	2365				10	284.5			
							28.45			

По результатам испытания бетона класса В20 средняя прочность бетона составила 28.21 МПа, что составило 108 % от требуемой по ГОСТу 26633-91 прочности бетона на сжатие в возрасте 28 суток, составляющей 261.9 кгс/см² (26.19 МПа).

Таблица 6. Испытание бетона класса В25 на 7 и 28 сутки

№	Возраст бетона, сут	Масса образца, г	Плотность, г/см ³	Водо-непроницаемость W6, МПа	Температура бетонной смеси, °С	Осадка конуса, см	Разрушающая нагрузка, КН (МПа)	Средняя прочность бетона, МПа (%)		
1	7	2355	2.352	W6 0.63	27	10	301.6			
							30.16			
2	7	2355				10	253.3		28.01	
							25.33		85.6%	
3	7	2345				10	285.3			
							28.53			
4	28	2360	2.372	W6 0.63	27	10	336.2			
							33.62			
5	28	2375				10	367.2			34.92
							36.72			107%
6	28	2380				10	344.2			
							34.42			

По результатам испытания бетона класса В25 средняя прочность бетона составила 34.92 МПа, что составило 107 % от требуемой по ГОСТу 26633-91 прочности бетона на сжатие в возрасте 28 суток, составляющей 327.4 кгс/см² (32.74 МПа).

5. Выводы

Исследования показали, что применение суперпластификатора на основе поликарбоксилатных эфиров КР-501 дает следующий эффект:

- улучшение подвижности (удобоукладываемости) бетонной смеси, что видно из увеличения осадки конуса с 5-8 см до 10-12 см без изменения соотношений инертных вяжущего и воды;
- прочность бетона на 28 сутки составила 105 % (для В7,5), 108 % (для В20), 107 % (для В25).

Таким образом, испытания показали, что добавка КР-501 увеличивает удобоукладываемость бетонной смеси, не снижая физических характеристик бетона и даже повышая их.

Также разработан оптимальный состав бетонной смеси на основе бетона класса В25 для строительства жилых объектов в сейсмически опасных регионах Южного Казахстана.

Состав бетонной смеси на 1 м³:

4. цемент (М400-Д20 Портландцемент) – 360 кг;
5. песок – 872 кг;
6. щебень (фр. 5-20) – 971 кг;
7. вода – 157 кг;
8. добавка (КР-501) 0.7 % – 2.52 кг.

Для прокачки бетонной смеси в автобетононасосе разработаны специальные составы, осадка конуса которых составила соответственно 15-16 см и 18 см:

Вариант 1:

1. цемент (М400-Д20 Портландцемент) – 384 кг;
2. песок – 878 кг;
3. щебень (фр. 5-20) – 934 кг;
4. вода – 163 кг;
5. добавка (КР-501) 0.7 % – 2.68 кг.

Вариант 2:

1. цемент (М400-Д20 Портландцемент) – 399 кг;
2. песок – 868 кг;
3. щебень (фр. 5-20) – 901 кг;
4. вода – 168 кг;
5. добавка (КР-501) 0.7 % – 2.80 кг.

Литература

- [1]. Регулирование сроков схватывания цемента химическими добавками / Барабанщиков Ю.Г., Соколов В.А., Васильев В.С., Шевелев М.В. // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2012. № 3(25). С. 32-41.
- [2]. Васильев А.С., Барабанщиков Ю.Г. Эффективность добавок-ускорителей схватывания и твердения для торкрет-бетона // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8(34). С. 72-78.
- [3]. Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В. Суперпластификатор с-3 и его влияние на технологические свойства бетонных смесей // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6(21). С. 58-69.
- [4]. Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. Бетон с пониженной усадкой и ползучестью // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 7(22). С. 52-165.
- [5]. Гувалов А.А., Кузнецова Т.В. Управление сохраняемостью подвижности бетона регулированием состава модификатора // Техника и технология силикатов. 2012. № 1(19). С. 7-10.
- [6]. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О. Влияние параметров состава минерально-щелочного вяжущего на прочность и усадку бетона // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. 2012. № 27. С. 78-83.
- [7]. Бороуля Н.И., Краснова Т.А. Проблемы обеспечения сохранения свойств бетонных смесей во времени // Технологии бетонов. 2013. № 6(83). С. 8-11.
- [8]. Степанова И.В. Инженерно-химические основы получения высокопрочного бетона // Естественные и технические науки. 2013. № 3. С. 327-330.
- [9]. Максимов С.В., Кудряшова Р.А., Рябцев В.Ю. Применение суперпластификатора «Полипласт сп-3» в конструкционном керамзитобетоне // Вестник ульяновского государственного технического университета. 2010. № 1(49). С. 63-65.
- [10]. Ионов Д.С. Взаимодействие полиэтиленгликоля с продуктами гидратации цемента и его влияние на свойства бетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 9(657). С. 15-22.
- [11]. Вовк А.И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов // Технологии бетонов. № 4. 2013. С. 13-15.
- [12]. Zhang L., Lai J., Qian X., Hu D. (2012). Influence of mineral admixtures on early shrinkage of ordinary concrete. *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 450-451. 2012. pp. 135-139.
- [13]. He Z., Qian C., Gao X. (2012) The autogenous shrinkage and creep characteristics of concrete with modified admixtures. *Advanced Science Letters*. Vol. 12. pp. 402-406.
- [14]. Исследование возможности модификации карбоксилатных пластификаторов в составе модифицированных бетонных смесей / Киски С.С., Агеев И.В., Пономарев А.Н., Козеев А.А., Юдович М.Е. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8. С. 42-46.
- [15]. Superplasticizer polymeric additives used in concrete / Fiat D., Lazar M., Baciu V., Hubca G. // *Materiale Plastice*. 2012. No. 49(1). pp. 62-67.
- [16]. Ait-Aider H., Hannachi N.E., Mouret M. (2007). Importance of W/C ratio on compressive strength of concrete in hot climate conditions. *Building and Environment*. 2007. No. 42(6). pp. 2461-2465.
- [17]. Effect of a superplasticizer on the properties of the concrete oil formwork interface / Bouharoun S., De Caro P., Dubois I., Djelal C., Vanhove Y. // *Construction and Building Materials*. 2013. No. 47. pp. 1137-1144.
- [18]. Effect of different types of superplasticizer on fresh, rheological and strength properties of self-consolidating concrete / Mardani-Aghabaglou A., Tuyan M., Yilmaz G., Ariöz Ö., Ramyar K. // *Construction and Building Materials*. 2013. No. 47. pp. 1020-1025.
- [19]. Effect of superplasticizer and extra water on workability and compressive strength of self-compacting geopolymer concrete / Memon F.A., Nuruddin M.F., Demie S., Shafiq N. (2010). // *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2010. No. 4(5). pp. 407-414.
- [20]. El-Didamony H., Aiad I., Heikal M., et al. (2014). Impact of delayed addition time of SNF condensate on the fire resistance and durability of SRC-SF composite cement pastes. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 50. pp. 281-290.
- [21]. Fan W., Stoffelbach F., Rieger J. et al. (2012). A new class of organosilane-modified polycarboxylate superplasticizers with low sulfate sensitivity. *Cement and concrete Research*, 2012. Vol. 42. pp. 166-172.
- [22]. Gołaszewski J. (2012). Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 35. pp. 586-596.

- [23]. Zeng C., Gong M., Gui M. et. al. (2012). Influence of superplasticizer on anti-carbonation property of concrete (Conference Paper). Applied Mechanics and Materials International. 2012. Vol. 204-208. 2012. pp. 3790-3794.
- [24]. Суходоева Н.В., Бабицкий В.В. Методика проектирования состава бетона // Вестник белорусско-российского университета. 2009. № 2. С. 167-176.
- [25]. Боровских И.В., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Оптимизация гранулометрического состава песка для получения высокопрочного тонкозернистого бетона // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 2(10). С. 121-124.
- [26]. Котов Д.С. Деформации усадки бетона, модифицированного химическими и тонкодисперсными минеральными наполнителями // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 7. С. 11-21.
- [27]. Копылов В.Д., Нгуен К.Д., Хо К.Н. Физические процессы, протекающие в твердеющем в жарком климате бетоне // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 5. С. 49-52.
- [28]. Proske T., Graubner C.A. (2010). Formwork pressure of highly workable concrete - experiments focused on setting, vibration and design approach. RILEM Bookseries. 2010. No. 1. pp. 255-267.

Influence of super-plasticizer on workability concrete mix in the hot earthquake-prone regions

A.Yu. Solobay¹, V.S. Voronkova², V.N. Demchenko³, N.A. Kudayberengova⁴, Zh.B. Kulzhabayeva⁵

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 22 September 2014
Accepted 26 October 2014

Keywords

concrete,
survey,
concrete strength,
workability concrete mix,
super-plasticizer,
hot climate,
earthquake-prone.

ABSTRACT

When building in a hot climate there is a problem of workability of the concrete mix, affecting the human labor, time and cost of construction. The subject of survey is the effect of additives on the properties of concrete superplasticizer different classes. In tests used superplasticizer KR 501 companies «SanNopca Korea», provided by «Uneedus Group» LLP. The use of this additive has increased the setting time of the concrete mix, improve water resistance, while maintaining the physical properties of concrete within the permissible limits. Confirmed the effectiveness of liquid superplasticizer based on polycarboxylate polymers in the summer to control plasticity (workability) of concrete. This additive has found its application in the construction of residential units in the southern regions of Kazakhstan.

¹ Corresponding author:

+ 7 (965) 014 8422, solobayann@mail.ru (Anna Yurievna Solobay, Graduate Student)

² +7 (921) 183 3165, viktory2106@gmail.com (Viktoria Sergeevna Voronkova, Graduate Student)

³ +7 (921) 785 7757, devinifor@mail.ru (Viktoria Nikolayevna Demchenko, Graduate Student)

⁴ +7 (911) 096 4006, kunail_919@inbox.ru (Nailya Abdirasimovna Kudaibergenova, Student)

⁵ +7 (981) 964 3141, tulakpaeva91@mail.ru (Zhazira Bauirzhankyzy Kulzhabayeva, Student)

References

- [1]. Adjustment of cement setup time with chemical admixtures / Barabanshchikov Yu.G., Sokolov V.A., Vasiliev A.S., Shevelev M.V. // *Alitinform: Cement. Concrete. Dry mix.* 2012. No. 3(25). pp. 32-41.
- [2]. Vasil'ev A.S., Barabanshchikov Yu.G. *Jefferktivnost' dobavok – uskoritelej shvatyvanija i tverdenija dlja torkret-betona* // *Civil Engineering Journal.* 2012. No. 8(34). pp. 72-78. (rus)
- [3]. Barabanshchikov Yu.G., Komarinskij M.V. *Superplastifikator s-3 i ego vlijanie na tehnologicheskie svojstva betonnyh smesej* // *Construction of unique buildings and structures.* 2014. No. 6(21). pp. 58-69. (rus)
- [4]. Barabanshchikov Yu.G., Arkharova A.A., Ternovskii M.V. *Concrete with the lowered shrinkage and creep* // *Construction of unique buildings and structures.* 2014. No. 7(22). pp. 52-165.
- [5]. Guvalov A.A., Kouznetsova T.V. *Management of preserving mobility of concrete regulation of composition modifier* // *Technique and technology of silicates.* 2012. No. 1(19). pp. 7-10.
- [6]. Eroshkina N.A., Korovkin M.O. *Vlijanie parametrov sostava mineral'no-shhelochnogo vjashushhego na prochnost' i usadku betona* // *Vestnik volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: stroitel'stvo i arhitektura.* 2012. No. 27. pp. 78-83. (rus)
- [7]. Boroulja N.I., Krasnova T.A. *Problemy obespechenija sohraneniya svojstv betonnyh smesej vo vremeni* // *Tehnologii betonov.* 2013. No. 6(83). pp. 8-11. (rus)
- [8]. Stepanova I.V. *Inzhenerno-himicheskie osnovy poluchenija vysokoprochnogo betona* // *Estestvennye i tehicheskie nauki.* 2013. No. 3. pp. 327-330. (rus)
- [9]. Maksimov S.V., Kudrjashova R.A., Rjabcev V.Ju. *Primenenie superplastifikatora «Poliplast sp-3» v konstrukcionnom keramzitobetone* // *Vestnik ul'janovskogo gosudarstvennogo tehicheskogo universiteta.* 2010. No. 1(49). pp. 63-65. (rus)
- [10]. Ionov D.S. *Vzaimodejstvie polijetilenglikolja s produktami gidratacii cementsa i ego vlijanie na svojstva betona* // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo.* 2013. No. 9(657). pp. 15-22. (rus)
- [11]. Vovk A.I. *Dobavki na osnove otechestvennyh polikarboksilatov* // *Tehnologii betonov.* No.4. 2013. pp. 13-15. (rus)
- [12]. Zhang L., Lai J., Qian X., Hu D. (2012). Influence of mineral admixtures on early shrinkage of ordinary concrete. *Advanced Materials Research.* 2012. Vol. 450-451. 2012. pp. 135-139.
- [13]. He Z., Qian C., Gao X. (2012) The autogenous shrinkage and creep characteristics of concrete with modified admixtures. *Advanced Science Letters.* Vol. 12. pp. 402-406.
- [14]. *Issledovanie vozmozhnosti modifikacii karboksilatnyh plastifikatorov v sostave modifitsirovannyh betonnyh smesej* / Kiski S.S., Ageev I.V., Ponomarev A.N., Kozeev A.A., Judovich M.E. // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal.* 2012. No. 8. pp. 42-46. (rus)
- [15]. Superplasticizer polymeric additives used in concrete / Fiat D., Lazar M., Baciú V., Hubca G. (2012). // *Materiale Plastice.* 2012. No. 49(1). pp. 62-67.
- [16]. Ait-Aider H., Hannachi N.E., Mouret M. (2007). Importance of W/C ratio on compressive strength of concrete in hot climate conditions. *Building and Environment.* 2007. No. 42(6). pp. 2461-2465.
- [17]. Effect of a superplasticizer on the properties of the concrete/oil/formwork interface / Bouharoun S., De Caro P., Dubois I., Djelal C., Vanhove Y. (2013). // *Construction and Building Materials.* 2013. No. 47. pp. 1137-1144.
- [18]. Effect of different types of superplasticizer on fresh, rheological and strength properties of self-consolidating concrete / Mardani-Aghabaglou A., Tuyan M., Yilmaz G., Ariöz Ö., Ramyar K. (2013). // *Construction and Building Materials.* 2013. No. 47. pp. 1020-1025.
- [19]. Effect of superplasticizer and extra water on workability and compressive strength of self-compacting geopolymer concrete / Memon F.A., Nuruddin M.F., Demie S., Shafiq N. (2010). // *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology.* 2010. No. 4(5). pp. 407-414.
- [20]. El-Didamony H., Aiad I., Heikal M., et. al. (2014). Impact of delayed addition time of SNF condensate on the fire resistance and durability of SRC-SF composite cement pastes. *Construction and Building Materials.* 2014. Vol. 50. pp. 281-290.
- [21]. Fan W., Stoffelbach F., Rieger J. et al. (2012). A new class of organosilane-modified polycarboxylate superplasticizers with low sulfate sensitivity. *Cement and concrete Research,* 2012. Vol. 42. pp. 166-172.
- [22]. Gołaszewski J. (2012). Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance. *Construction and Building Materials.* 2012. Vol. 35. pp. 586-596.

- [23]. Zeng C., Gong M., Gui M. et. al. (2012). Influence of superplasticizer on anti-carbonation property of concrete (Conference Paper). Applied Mechanics and Materials International. 2012. Vol. 204-208. 2012. pp. 3790-3794.
- [24]. Suhodoeva N.V., Babickij V.V. Metodika projektirovanija sostava betona // Vestnik belorusko-rossijskogo universiteta. 2009. No. 2. pp. 167-176. (rus)
- [25]. Borovskih I.V., Morozov N.M., Hozin V.G. Optimizacija granulometricheskogo sostava peska dlja poluchenija vysokoprochnogo tonkozernistogo betona // Izvestija kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2008. No. 2(10). pp. 121-124. (rus)
- [26]. Kotov D.S. Deformacii usadki betona, modificirovannogo himicheskimi i tonkodispersnymi mineral'nymi napolniteljami // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2009. No. 7. pp. 11-21. (rus)
- [27]. Kopylov V.D., Nguen K.D., Ho K.N. Fizicheskie processy, protekajushhie v tverdejušhem v zharkom klimate betone // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2012. No. 5. pp. 49-52. (rus)
- [28]. Proske T., Graubner C.A. (2010). Formwork pressure of highly workable concrete - experiments focused on setting, vibration and design approach. RILEM Bookseries. 2010. No. 1. pp. 255-267.