

DOI: 10.34031/article_5ca1f6338c33a9.58050025

^{1,*}Виноградова Л.А., ¹Русакова Ю.П.¹Ивановский государственный химико-технологический университет
Россия, 153000, г. Иваново, пр-т Шереметевский, 7

*E-mail: lavinogradova@ya.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА СП-2ВУ НА СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА

Аннотация. Эффективными модификаторами структуры и свойств бетонной смеси являются химические добавки, в первую очередь, пластификаторы и суперпластификаторы. В ходе работы изучено влияние введения суперпластификатора «Полипласт СП-2ВУ» в бетонную смесь, что позволяет модифицировать строительно-технологические показатели бетона. Анализ данных, полученных при определении скорости схватывания системы на основе цемента и различных концентраций регулятора, показал, что введение СП-2ВУ в цементный раствор приводит к существенному замедлению процесса схватывания вяжущей композиции по сравнению с бездобавочным цементом, отодвигая его начало схватывания с ~ 2 ч до ~ 12,5 ч. Вместе с тем также наблюдается постепенное замедление продолжительности схватывания системы в ~ 2 раза по сравнению с обычным бетоном. В присутствии СП-2ВУ (до концентрации 0,7 %) повышается прочность модифицированных бетонов по сравнению с обычным. Кроме того, установлена оптимальная концентрация добавки (0,5 %), способствующая набору необходимой скорости структурообразования системы, формированию плотного и прочного конгломерата с более упорядоченной и стабильной затвердевшей структурой, и определенными эксплуатационными характеристиками. При этом прочность образцов с содержанием 0,5 % модификатора в бетонной смеси повышается на 40 %.

Ключевые слова: суперпластификаторы, добавка СП-2ВУ, цементные растворы, добавки в бетоны, модифицирование бетонов, технология бетона, свойства бетонов.

Введение. В качестве основного строительного материала в третьем тысячелетии широкое применение находит модифицированный бетон. В таком искусственном композите в качестве регуляторов его свойств выступают различные химические добавки. Их введение в состав оказывается достаточно простым и легким решением в прогнозировании свойств бетона и повышении качества выпускаемой продукции. Правильный подбор модификаторов может приводить к некоторой экономии на производстве изделий [1–7].

Сегодня таким технологическим приемом пользуются на всех технологиях производства. Они способствуют появлению и развитию новых технологий, таких как производство высокопрочных, самоуплотняющихся бетонов и т.п. Более того, химические добавки позволяют значительно уменьшить количество расходов на выпуск одного изделия, улучшить его качественные характеристики и рентабельность некоторого ассортимента железобетонных конструкций, повысить их долговечность. Концентрация модификаторов в бетонном композите достаточно мало – это всего десятые доли процента от массового содержания портландцемента в смеси и все же этого достаточно для регулирования в различных направлениях свойств и скорости затвердевания бетона, меняя его некоторые эксплуатационно-технические характеристики [8–13].

Вместе с тем, необходимость подбора класса и концентрации добавок зависит от многих факторов. Одним из таких является, например, вид химического реагента в составе модификатора, который и задает характер влияния на свойства бетонной смеси и бетона: ускоряя или замедляя скорость схватывания системы, изменяя прочностные и др. характеристики готовых изделий. Так, ранее [14] нами изучено воздействие универсального регулятора БЕСТ на эксплуатационно-технические показатели бетонного композита с помощью регулирования процесса схватывания системы, а также изменение пределов прочности на сжатие бетона в различные сроки твердения. Анализ данных показал, что концентрация 0,3 % регулятора в бетонной смеси способствует ее продолжительному периоду схватывания (до 4 ч) благодаря образованию адсорбционного слоя добавки на поверхности зерен цемента, непроницаемого для воды. С повышением содержания (0,5–1,0 %) БЕСТ в системе установлено ускорение скорости схватывания вяжущей системы благодаря дефлокулирующему действию модификатора. Нами выявлено повышение прочностных показателей модифицированного бетона (на 41 %) относительно бездобавочного. Более того, ввод универсальной добавки БЕСТ позволяет регулировать морозостойкость конечного композита в ~2 раза возможно за счет ускоренного формирования гелей гидроксидов кальция.

В настоящей работе представлены результаты изучения поведения бетонных композиций, включающих суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-2ВУ» с вододерживающим эффектом с разной массовой концентрацией в теле затвердевшего цементного раствора (0,1–0,9 %). Количественным показателем выбраны сроки схватывания бетонной смеси и предел прочности на сжатие бетонной композиции в результате гидротермальной обработки образцов.

Методология. Вяжущим компонентом в бетонной системе является портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Б ОАО «Мордовцемент», отвечающий требованиям ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия. Химический состав его клинкера (массовое содержание, %): CaO – 60,38; SiO₂ – 23,37; Al₂O₃ – 4,98; Fe₂O₃ – 4,03; SO₃ – 2,83; MgO – 1,13; K₂O – 1,08; Na₂O – 0,396; TiO₂ – 0,234; P₂O₅ – 0,227; SrO – 0,129; MnO – 0,046; ZnO – 0,027; Cr₂O₃ – 0,011. Минералогический состав его клинкера (массовое содержание, %): 3CaO·SiO₂ (C₃S) – 61,56; β-2CaO·SiO₂ – (β-C₂S) – 16,07; 3CaO·Al₂O₃ (C₃A) – 6,20; 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ (C₄AF) – 12,68.

В качестве мелкого заполнителя применяли обогащенный кварцевый песок Хромцовского месторождения с модулем крупности 2,4, соответствующий ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Крупным

заполнителем является гранитный щебень Орского месторождения фракции 5 – 20 мм с водопоглощением 0,2 %, отвечающий требованиям ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. В качестве регулятора использовали суперпластификатор со стабилизирующим эффектом «Полипласт СП-2ВУ» (СП-2ВУ), который выпускает ООО "Полипласт Новомосковск", г. Новомосковск в форме водного раствора коричневого цвета по ТУ 5745–015–58042865 –2006 Суперпластификатор «Полипласт СП-2ВУ». Технические условия.

Анализа инфракрасной спектроскопии (ИКС) материала осуществляли с помощью прибора – Avatar 360–FT–IP (фирмы «Nicolet») в области 500–4000 см⁻¹.

Регулирование свойств цементных композиций в результате добавления к ним с разной концентрацией СП-2ВУ проводили на основе исследования сроков схватывания вяжущей системы на основе теста нормальной консистенции. Прочностные показатели бетона, твердевшего в течение 3-, 7- и 28 суток, изменяли по ГОСТ 310.3–76 Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема (с Изменением № 1). Изучение прочности модифицированного бетона осуществляли на бетонных смесях марки М300, составы которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение компонентов в бетонной смеси

Состав бетонной смеси	Массовое содержание, %					
	без добавки	с добавкой				
Цемент	13,83	12,79	12,83	12,84	12,89	12,93
Песок	32,31	34,10	34,18	34,22	34,35	34,47
Гравий	46,95	46,47	46,58	46,64	46,80	46,98
Вода	6,91	6,64	6,41	6,30	5,96	5,62
Добавка СП-2ВУ	–	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90

Ввод пластифицирующего агента СП-2ВУ осуществляли с помощью приготовления водного раствора с концентрацией 0,1–0,9 % СП-2ВУ, взятого от массы цемента. Регулятор вводится всегда сверх 100 % всех компонентов бетонной системы.

Твердение бетонных композиций осуществлялось в условиях тепловлажностной обработке (ТВО) образцов в пропарочной камере при температурах до 80 °С и давлении 0,3 МПа.

Основная часть. Модифицирующим эффектом в структурообразовании и прогнозировании свойств бетона обладают химические реагенты, особенно пластификаторы и суперпластификаторы. Последние оказывают влияние на по-

верхностные слои твердых частиц и микроструктурные механизмы схватывания и твердения бетонной системы, что дает возможность управлять некоторыми свойствами композиции и позволяет получать бетоны с улучшенными характеристиками. Данные реагенты на основе ПАВ изменяют в основном реологические свойства цементобетонных систем, приводя к существенному разжижающему эффекту, который не способствует снижению показателей по прочности затвердевшего конгломерата. Ярким представителем таких модификаторов может быть суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-3», проведенные ранее исследования [15] с которым показали, что нахождение его в составе цементобетонной смеси поз-

воляет регулировать технологические характеристики в разных направлениях. Так, содержание 0,5–1,0 % регулятора в составе композиции способствует замедлению процесса структурообразования системы благодаря пептизирующему влиянию СП–3. Нами также выявлена приемлемая концентрация модификатора, способствующая набору необходимой скорости схватывания бетонной смеси с последующим формированием прочного конгломерата с определенными эксплуатационными характеристиками. При концентрации 0,5 % регулятора СП–3 в бетонной смеси наблюдается прирост прочностных показателей на 22 %. В связи с этим, было интересно проанализировать влияние еще одного суперпластификатора «ПОЛИПЛАСТ СП–2ВУ» с вододерживающим эффектом на строительные-технологические свойства бетонных композиций.

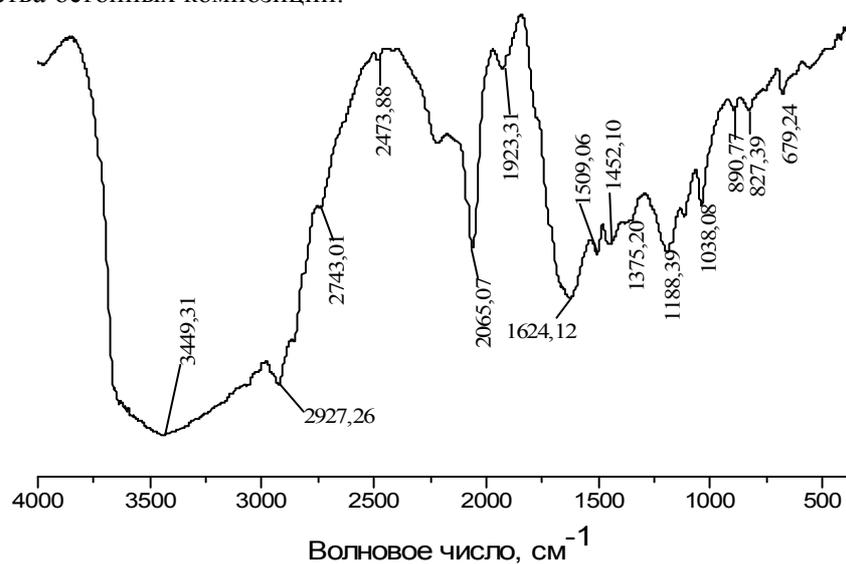


Рис. 1. ИК–спектр водного раствора Полипласт СП–2ВУ

При 2230 см^{-1} обнаруживается полоса, предположительно отвечающая колебаниям акрилонитрильной группы $-\text{C}\equiv\text{N}$, и компонент сложной полосы (1667 см^{-1}) – для амидной группы. Можно также отметить полосы ~ 1300 и $\sim 1100\text{ см}^{-1}$, свойственные валентным колебаниям сульфогруппы. Достоверность полученных данных подтверждается идентификацией основных пиков.

К пластическим свойствам, позволяющим изменять в достаточно широких пределах процессы структурообразования бетонной смеси и зависящим от многих параметров, относят сроки схватывания. Схватывание цементного теста – это момент, при котором относительно подвижная смесь цемента с водой постепенно густеет с потерями цементной пастой подвижности и приобретает такую начальную прочность, при которой ее дальнейшее механическое изменение (формование) становится практически затруднительным и даже невозможным (в конце схватывания). Поэтому нами проведены исследования

В ходе работы был сначала изучен химический состав суперпластификатора с помощью ИК–спектроскопии. Полученные ИК–спектры СП–2ВУ представлены на рис. 1. Так как добавка взята в виде водного раствора, для нее характерна очень широкая полоса в области $3100\text{--}3650\text{ см}^{-1}$, в которой поглощают ОН–группы, соединенные водородными связями. Присутствует также полоса $\sim 1600\text{ см}^{-1}$, свойственная свободной воде. При 2927 см^{-1} поглощают метиленовые группы $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$. Умеренно интенсивные колебания метиленовых мостиков наблюдаются и в области $680\text{--}900\text{ см}^{-1}$. Заметные полосы соответствуют группам $-\text{C}-\text{OH}$ ($1512, 1452\text{ см}^{-1}$), $-\text{C}=\text{O}$ (перегиб при 1785 см^{-1}), $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ ($1188, 1038\text{ см}^{-1}$).

процесса схватывания обычного цемента и с введением различных концентраций пластифицирующего реагента в смесь.

Так, проанализировав кинетику набора скорости схватывания различных композиций (табл. 2), получили, что в результате присутствия в цементном растворе СП–2ВУ наблюдается существенное замедление процесса структурообразования системы в отличие от без добавочного цемента. Концентрации 0,3 и 0,5 % реагента в цементном тесте позволяет замедлить процесс его схватывания на 9,5 ч, что является важным и очень удобным при транспортировании бетонной смеси на большие расстояния.

Увеличение содержания СП–2ВУ в бетонной смеси отодвигает начало ее схватывания до $\sim 11,5$ ч, что в последствии может повлечь организацию предварительного твердения и скажется на увеличении времени гидротермальной обработки при пропаривании железобетонных

изделий. Вместе с тем также наблюдается постепенное замедление продолжительности схватывания системы в ~ 2 раза по сравнению с обычным бетоном.

Таблица 2

Сроки схватывания бетонной смеси, ч-мин

Концентрация добавки СП-2ВУ	Начало схватывания	Конец схватывания
0	1–39	5–55
0,1	2–50	7–48
0,3	6–05	11–24
0,5	9–30	17–11
0,7	10–28	18–49
0,9	11–18	18–37

Полученный эффект от введения пластифицирующего реагента в бетонную смесь заключается в адсорбции коллоидных молекул ПАВ, входящих в состав добавки, на всех частицах твердой фазы цемента и заполнителя, тем самым покрывая поверхность зерен плотной пленкой со существенным отрицательным ζ -потенциалом (рис. 2) и затрудняя доступ воды к активным центрам.

Важнейшей характеристикой при строительстве является механическая прочность бетонного камня. Она определяется пределом прочности на сжатии, изгиб, растяжение и скалывание образцов разной конфигурации. С повышением и ускорением скорости набора прочностных показателей затвердевшего конгломерата улучшается качество цемента или другого вяжущего вещества.

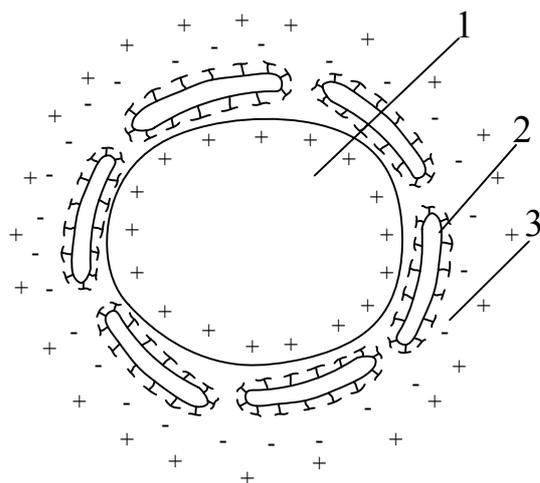


Рис. 2. Механизм воздействия пластифицирующей добавки: 1 – зерна цемента или заполнителя; 2 – коллоидная молекула модификатора с отрицательными зарядами на поверхности (анионные группы); 3 – водная оболочка [1, 2].

В нашем случае выявлено, что модифицирование бетонных систем способствует изменению кинетики набора прочности. Так, наибольший

набор прочностных показателей бетона, твердеющего в условиях ТВО, установлен в основном для 0,3–0,5 % концентраций регулятора в затвердевших композитах (рис. 3, кривые 2–4). Такой эффект происходит благодаря тому, что в период равномерного схватывания происходит разрушение флокуляционной оболочки и молекулы пластифицирующего реагента адсорбируют игольчатые кристаллы этрингита и таким образом освобождают часть иммобилизованной гидросульфоалюминатом кальция воды. В результате облегчается доступ воды к непрореагировавшим частицам цемента с последующим появлением новообразований и формированием прочного конгломерата.

В следствие последующего повышения концентрации СП-2ВУ (до 0,9 %) в цементобетонном композите отмечается постепенный спад прочностных показателей бетона (рис. 3, кривые 5, 6), что предположительно связано с уменьшением плотности за счет воздухововлечения, характерного для высоких концентраций пластифицирующего регулятора, в результате обязательного длительного перемешивания смеси.

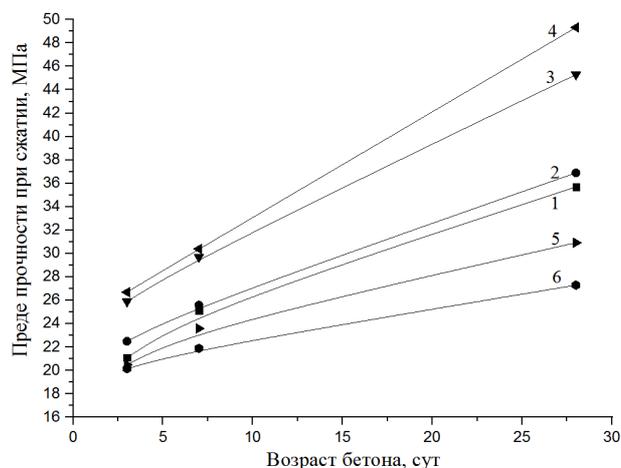


Рис. 3. Зависимость прочностных характеристик от возраста бетонных композиций, твердеющих в условиях ТВО и содержащих различное количество СП-2ВУ. Концентрация регулятора в бетоне, %: 1 – 0; 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5; 5 – 0,7; 6 – 0,9

Именно такая система способствует набору. На основании полученных сроков схватывания и прочностных характеристик нами установлена оптимальная концентрации суперпластификатора СП-2ВУ, которая составляет 0,5 % необходимой скорости и прочности структурообразования. Более того, ИК-спектры подтверждают формирование более упорядоченной и стабильной структуры при введении регулятора в количестве 0,5 % (рис. 4), объясняя повышенную прочность цементного камня. Так, спектры цементного раствора с добавкой содержат в основном полосы

поглощения, характерные для гидратированных клинкерных минералов. Это полосы валентных колебаний $-\text{Si}-\text{O}-$ связей, присутствующих как в изолированных ($900-950 \text{ см}^{-1}$), так и в связанных

($1100-1200, 833 \text{ см}^{-1}$) кремний-кислородных тетраэдрах, алюмокислородных октаэдрах ($707-718, 592 \text{ см}^{-1}$).

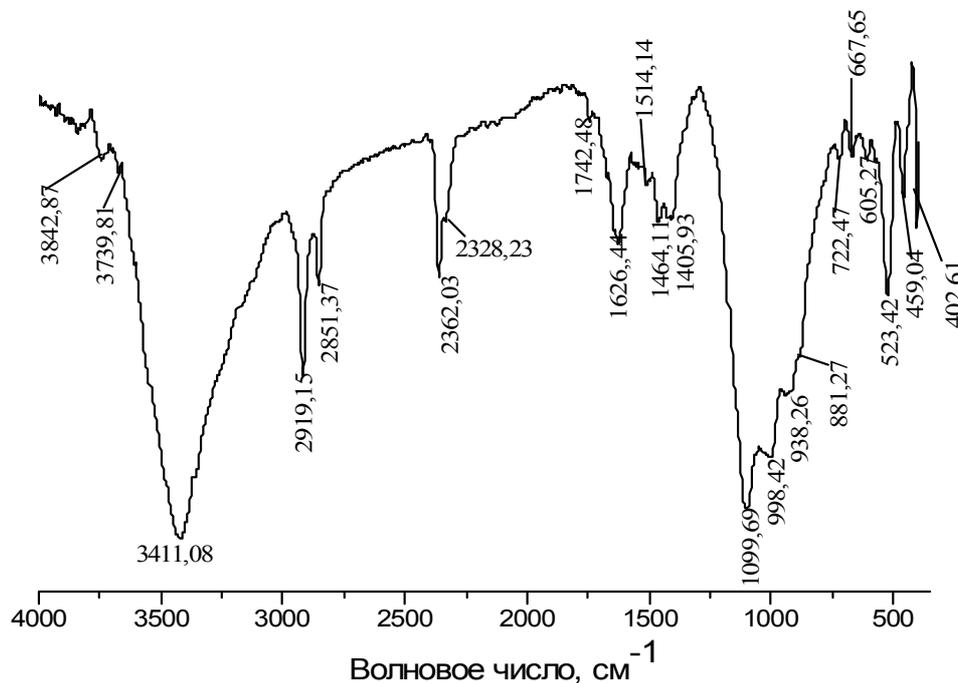


Рис. 4. ИК-спектр цементных растворов с 0,5 % концентрацией добавки СП-2ВУ

Первая полоса в спектре (рис. 4) отвечает главным образом колебаниям полимерных гидроксидов, а также хорошо выражено поглощение при 2850 и 2920 см^{-1} . Полосы для комбинации деформационных и крутильных колебаний H_2O ($2100-2300 \text{ см}^{-1}$) в спектре четко прослеживаются. Полоса $1621-1626 \text{ см}^{-1}$ для межслоевой воды также более дифференцирована.

Выводы. Таким образом, нами было достигнуто улучшение строительно-технологических характеристик модифицированного СП-2ВУ бетона. Ввод различных концентраций реагента в цементное тесто позволяет замедлить процесс его схватывания до $11,5 \text{ ч}$, что дополнительно сопровождается постепенным увеличением периода между началом и концом схватывания системы в ~ 2 раза по сравнению с обычным бетоном.

В присутствии СП-2ВУ в системе наблюдается изменение кинетики набора прочности модифицированных бетонов. Наибольший набор прочностных показателей бетона, твердеющего в условиях гидротермальной обработки, установлен в основном для $0,3-0,5 \%$ концентраций регулятора в затвердевших композитах. Нами установлена оптимальная концентрация добавки ($0,5 \%$), способствующая набору необходимой скорости структурообразования системы и формированию плотных и прочных структур тверде-

ния с высокими эксплуатационными характеристиками. Заметный прирост прочности образцов с содержанием $0,5 \%$ модификатора в бетонной смеси составляет 40% . При этом ИК-спектры подтверждают формирование более упорядоченной и стабильной структуры при введении СП-2ВУ в количестве $0,5 \%$, объясняя повышенную (в этом случае) прочность цементного камня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
2. Виноградова Л.А., Катаргина В.К., Копосов И.А. Основы технологии железобетонных изделий: учеб. пособие. Ивановск. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2016. 227 с.
3. Bazhenov Y., Alimov L., Voronin V. Concrete composites of double structure formation. В сборнике: MATEC Web of Conferences 26. Сер. "RSP 2017 – 26th R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering". 2017. С. 00015.
4. Ущеров-Маршак А., Кабусь А. Современный бетон. Информационное обозрение. Харьков, Госпром. 2010. 42 с.
5. Баженов Ю.М. Пути развития строительного материаловедения: новые бетоны // Технологии бетонов. 2012. № 3-4 (68-69). С. 39-42.
6. Jing Z. et al. Influence of tobermorite formation on mechanical properties of hydrothermally

solidified blast furnace slag // Journal of Materials Science. 2008. Т. 43. №. 7. С. 2356–2361.

7. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2 е изд., перераб. и доп. М., 1998. 768 с.

8. Ahmedzade P., Yilmaz M. Effect of polyester resin additive on the properties of asphalt binders and mixtures // Construction and building materials. 2008. Т. 22. №. 4. С. 481–486.

9. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Палеотип, 2006. 244 с.

10. Ikotun B.D., Erelu S. Strength and durability effect of modified zeolite additive on concrete properties // Construction and Building Materials. 2010. Т. 24. №. 5. С. 749–757.

11. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учеб.-справ. Пособие. 2 е изд. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 221 с.

12. Зоткин А.Г. Бетоны с эффективными добавками. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 160 с.

13. Sanchez-Alonso E. et al. Evaluation of compactability and mechanical properties of bituminous mixes with warm additives // Construction and Building Materials. 2011. Т. 25. №. 5. С. 2304–2311.

14. Виноградова Л.А., Грачева Ю.Н. Влияние универсальной добавки БЕСТ на свойства бетона // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. №. 4. С. 301–307. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-301-307.

15. Vinogradova L.A. Effect of introducing poliplast sp-3 superplasticizer on the properties of concrete // GLASS AND CERAMICS, Издательство: Springer New York Consultants Bureau. 2018. Т. 75. № 3–4. Р. 160–162.

Информация об авторах

Виноградова Любовь Алексеевна, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии керамики и наноматериалов. E-mail: lavinogradova@ya.ru. Ивановский государственный химико-технологический университет. Россия, 153000, г. Иваново, просп. Шереметевский, д. 7.

Русакова Юлия Павловна, бакалавр кафедры технологии керамики и наноматериалов. E-mail: lafigleam@ya.ru. Ивановский государственный химико-технологический университет. Россия, 153000, г. Иваново, просп. Шереметевский, д. 7.

Поступила в январе 2019 г.

© Виноградова Л.А., Русакова Ю.П., 2019

^{1,*}**Vinogradova L.A., ¹Rusakova, Yu.P.**

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology
Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetievskiy ave., 7

*E-mail: lavinogradova@ya.ru

THE EFFECT OF SUPERPLASTICIZER SP-2VU ON CONSTRUCTION AND ENGINEERING PROPERTIES OF CONCRETE

Abstract. Chemical additives, namely, plasticizers and superplasticizers are effective modifiers of the concrete mix properties and structures. The additives allow to control properties of the concrete mix and to obtain its optimal structure, acting on the surface phenomena and microstructure of the cement paste. In the course of the study, the effect of introducing the superplasticizer SP-2VU into the concrete mix is studied. This allows to modify the construction and engineering properties of concrete. Analysis of the data obtained in determining the setting speed of the system based on cement and various concentrations of the regulator shows that the introduction of SP-2VU into the cement mortar leads to a significant slowdown in the process of setting the binder composition in comparison with additive-free cement, slowing the cement setting from ~ 2 hours to ~ 12.5 hours. In addition, the superplasticizer in an amount of up to 0.5 % contributes to some preservation of the cement mixture mobility to ~5 h, while in the absence of an additional composition - up to ~2.5 h. The SP-2VU (to a concentration of 0.7 %) increases the strength of modified concrete compared to conventional. Moreover, the optimal concentration of the additive (0.5 %) is established, which contributes to the set of the required speed of structure formation of the system and the formation of strong hardening structures with a more ordered, stable solidified structure and certain performance characteristics. At the same time, the strength of samples containing 0.5 % of the modifier in the concrete mixture increases by 40 %.

Keywords: superplasticizers, additive SP-2VU; cement mortars, concrete additives, concrete manufacturing technology, concrete modification, concrete properties.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona: uchebnik. M.: Izd-vo ASV, 2002, 500 p.
2. Vinogradova L.A., Katargina V.K., Kopysov I.A. Osnovy tekhnologii zhelezobetonnykh izdelij: ucheb. Posobie. Ivanovsk. gos. him.-tekhno. un-t. Ivanovo, 2016, 227 p.
3. Bazhenov Y., Alimov L., Voronin V. Concrete composites of double structure formation. MATEC Web of Conferences 26. Ser. "RSP 2017 – 26th R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering". 2017, p. 00015.
4. Ushherov-Marshhak A., Kabus A. Sovremennyy beton [Modern concrete. News Review]. Informacionnoe obozrenie [Information Review], 2010, p.42.
5. Sun L., Yu W. Y., Ge Q. Experimental research on the self-healing performance of micro-cracks in concrete bridge. Advanced Materials Research. Trans Tech Publications, 2011, vol. 250, pp. 28–32.
6. Jing Z. et al. Influence of tobermorite formation on mechanical properties of hydrothermally solidified blast furnace slag. Journal of Materials Science, 2008, vol. 43, no. 7, pp. 2356–2361.
7. Batrakov V.G. Modificirovannyye betony. Teoriya i praktika. 2 e izd., pererab. i dop. M., 1998. 768 p.
8. Ahmedzade P., Yilmaz M. Effect of polyester resin additive on the properties of asphalt binders and mixtures. Construction and building materials, 2008, vol. 22, no. 4, pp. 481–486.
9. Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Himicheskie dobavki dlya modifikatsii betona. M.: Paleotip, 2006. 244 p.
10. Ikotun B.D., Ekolu S. Strength and durability effect of modified zeolite additive on concrete properties. Construction and Building Materials, 2010, vol. 24, no. 5, pp. 749–757.
11. Kastornyyh L.I. Dobavki v betony i stroitel'nye rastvory: ucheb.-sprav. Posobie. 2 e izd. Rostov n/D: Feniks, 2007. 221 p.
12. Zotkin A.G. Betony s ehffektivnymi dobavkami. M.: Infra-Inzheneriya, 2014, 160 p.
13. Sanchez-Alonso E. et al. Evaluation of compactability and mechanical properties of bituminous mixes with warm additives. Construction and Building Materials, 2011, vol. 25, no. 5, pp. 2304–2311.
14. Vinogradova L.A., Gracheva Yu.N. The influence of universal additive BEST on the concrete properties. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET], 2018, vol. 80, no. 4, pp. 301–307. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-301-307.
15. Vinogradova L.A. Effect of introducing poliplast SP-3 superplasticizer on the properties of concrete. glass and ceramics, publishing house Springer New York Consultants Bureau, 2018, vol. 75, no. 3–4, pp. 160–162.

Information about the authors

Vinogradova, Lyubov A. PhD, Assistant professor. E-mail: lavinogradova@ya.ru. Ivanovo State University of Chemistry and Technology. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetievskiy ave., 7.

Rusakova, Yuliya P. Bachelor student. E-mail: lafigleam@ya.ru. Ivanovo State University of Chemistry and Technology. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetievskiy ave., 7.

Received in January 2019

Для цитирования:

Виноградова Л.А., Русакова Ю.П. Исследование влияния суперпластификатора СП-2ВУ на строительные-технологические показатели бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №3. С. 93–99. DOI: 10.34031/article_5ca1f6338c33a9.58050025

For citation:

Vinogradova L.A., Rusakova Yu.P. The effect of superplasticizer SP-2VU on construction and engineering properties of concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 3, pp. 93–99. DOI: 10.34031/article_5ca1f6338c33a9.58050025