

УДК 624.01/04

М. Г. ОСМОЛОВСКАЯ, старший преподаватель, А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ «СТАХЕМЕНТ 2010»

Приведены результаты исследования эффективности применения в модифицированных бетонах комплексной добавки «СТАХЕМЕНТ 2010» для различных типов цемента. Показано, что применение добавки «СТАХЕМЕНТ 2010» значительно повышает удобоукладываемость бетонных смесей и прочность бетона на ранних сроках твердения.

Введение. Задача повышения эффективности и качества бетона и железобетона на сегодняшний день является одной из самых актуальных и в полной мере может быть успешно решена только при использовании в технологии бетона химических добавок.

Химические добавки, являясь одним из самых простых и доступных технологических приемов совершенствования свойств бетона, позволяют существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность большой номенклатуры железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК), увеличить срок службы как ЖБЭ и ЖБК, так и зданий и сооружений в целом. Поэтому применению химических добавок в технологии бетона в мировой практике уделяется огромное внимание. Так, например, к концу 90-х годов доля бетона с добавками различного назначения в Японии составляла более 80 %, в США, Германии, Франции и Италии – более 70 %. Для России в этот период доля бетонов с химическими добавками составляла около 40 % [1].

Назначение добавок весьма разнообразно. Их количество, нашедшее применение в производстве бетона и железобетонных элементов и конструкций, составляет более 300 наименований. В стадии исследования и промышленного испытания находятся около 1000 наименований добавок. Столь широкая номенклатура химических добавок для раствора и бетона обусловлена в большинстве случаев стремлением использовать для улучшения свойств бетона, снижения расхода цемента или уменьшения энергетических затрат при производстве железобетона различных отходов и попутных продуктов многих отраслей промышленности. С другой стороны, необходимость поиска все новых добавок обуславливается избирательным характером их модифицирующего эффекта, который зависит не только от химического состава добавок, но и от химического и минералогического состава цемента, тонкости его помола, наличия и количества щелочей в составе цемента. Величина модифицирующего эффекта многих добавок зависит и от удельного расхода цемента в бетонной смеси, содержания и типа минеральных добавок, водоцементного отношения, режимов тепловой обработки железобетонных конструкций. Таким образом, выбор добавок для совершенствования свойств бетона и технологии изготовления железобетонных элементов и конструкций является весьма непростой задачей. Поэтому для правильного выбора добавок применительно к конкретным условиям производства, назначения выпускаемой продукции и поставленным целям необхо-

димо четкое представление о классификации добавок по их назначению и механизме их действия.

Проблема использования добавок для модификации бетонов является многоплановой. В мировой практике в настоящее время нет единой классификации добавок к цементам и бетонам. В разных странах разработаны свои классификационные схемы. В основе этих схем лежит стремление авторов облегчить правильный выбор добавок для бетонов или растворов в соответствии с их назначением. В нашей стране согласно [2] наиболее изученные и широко используемые добавки, применяемые для модифицирования свойств бетонов и растворов в зависимости от основного эффекта действия, подразделяют на три группы:

1) добавки, регулирующие свойства готовых к потреблению бетонных и растворных смесей. К ним относятся: пластифицирующие – водоредуцирующие (суперпластифицирующие, сильнопластифицирующие, пластифицирующие); стабилизирующие; регулирующие сохранимость подвижности; поризующие (воздуховывлекающие, пенообразующие, газообразующие);

2) добавки, изменяющие свойства бетонов и растворов: регулирующие кинетику твердения (ускорители, замедлители), повышающие прочность; снижающие проницаемость; повышающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре; повышающие морозостойкость; повышающие коррозионную стойкость (повышающие сульфатостойкость, повышающие стойкость против коррозии, вызванной реакцией кремнезема заполнителей со щелочами цемента и добавок); регулирующие процессы усадки и расширения;

3) добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства: противоморозные; гидрофобизирующие; биоцидные; повышающие стойкость к высолообразованию.

Совместная работа химических добавок с минералогическим составом клинкера цемента обеспечивает повышение прочности, плотности, морозостойкости и водонепроницаемости бетонов. Обеспечивать улучшение этих свойств могут лишь те добавки, которые обладают одновременно пластифицирующим действием (повышающим качество бетонной смеси); свойством значительно ускорять конец схватывания, и являются ингибиторами коррозии стали в железобетонных элементах и конструкциях.

Такими требованиями обладают комплексные химические добавки. Применение комплексных химических добавок обусловлено стремлением максимально использовать положительные и устранить отрицательные

свойства индивидуальных добавок, главным образом ПАВ и ускорителей твердения. Правильно сочетая типы и количественные соотношения добавок, можно направленно регулировать структуру и, соответственно, физико-механические свойства цементного камня и бетона.

Основными преимуществами комплексных добавок перед индивидуальными являются:

- полифункциональность действия, т.е. способность одновременно вызывать несколько эффектов (например, увеличивать подвижность смесей, ускорять твердение и ингибировать стальную арматуру);
- способность усилить какой-либо эффект по принципу аддитивности (например, воздухоовлечение, снижение водопотребности смеси и т.д.);
- возможность нейтрализации нежелательных последствий отдельных добавок, входящих в композицию (например, нейтрализация тормозящего действия ПАВ на гидратацию цемента одновременным введением добавки ускорителя твердения и т.п.);
- способность выравнивать общий эффект воздействия добавок на цементы различного состава;
- предупреждать или сокращать деструктивные процессы и ускорять твердение бетона при тепловой обработке изделий.

Каждое направленное изменение свойств в твердеющей системе позволит получить структуру, являющуюся носителем основных физико-механических и технологических свойств цементного камня и бетона.

Основным вопросом влияния комплексных химических добавок на цементные системы представляются установленные взаимосвязи между составами и их ролью в процессах гидратации и формирования структуры мономинеральных вяжущих и портландцементов различного минералогического и химического состава. Данные по этому вопросу в отечественной и зарубежной литературе крайне ограничены. Многие ученые, такие как Ф. И. Иванов, Ю. С. Черкинский и др., установили влияние низкомолекулярных органических веществ, содержащих различные функциональные группы: гидроксильные, карбоксильные, аминогруппы и др., на процессы схватывания и начального твердения цемента. Показано существенное влияние на эти процессы количества гидроксильных групп и расположения их в составе молекул [1].

Основная часть. Для оценки возможностей изменения свойств бетона исследовали добавку «Стахемент 2010» – добавку-пластификатор 1-й группы на основе

поликарбоксилатов. Поставляется в жидком виде 25-%-й концентрации. Она включена в каталог химических добавок МАиС Республики Беларусь, разрешенных к применению на территории нашей республики. Добавка белорусского производства и выпускается по ТУ ВУ 800013176.721-2010.

«Стахемент 2010» применяется для изготовления самоуплотняющегося бетона, сборного и монолитного железобетона, предварительно напряженного бетона, литых полов транспортбетона, при изготовлении густоармированных железобетонных изделий и изделий сложной конфигурации.

Применение добавки «Стахемент 2010» предполагает:

- изготавливать высокопрочные бетоны (класса $C^{30/37}$ и выше);
- получать высокопластичные бетонные смеси (до марки П5) при низком водоцементном отношении;
- повысить начальную и конечную прочность бетона, более эффективно использовать опалубку и формы, повысить их оборачиваемость;
- снизить расход цемента на 15–20 % в зависимости от состава бетона и требований к нему;
- улучшить свойства бетонной смеси, подаваемой бетононасосом, сохранить связность без сегрегации заполнителей;
- повысить водонепроницаемость бетона;
- улучшить стойкость бетона против климатического и химического воздействий.

Добавка не изменяет окраску бетона, не создает высолов на поверхности бетона, не содержит хлоридов и является подходящей для армированных и предварительно напряженных элементов и конструкций, не вызывает коррозии стальной арматуры в бетоне. Рекомендуемая дозировка добавки «Стахемент 2010» оставляет 0,8–1,5 кг в жидком состоянии на 100 кг цемента. Доза зависит от назначения бетонной смеси, ее подвижности, содержания цемента и желаемого эффекта.

При разработке составов модифицированных бетонов в качестве вяжущего приняты два типа цементов, цементных заводов: Цем I 42,5 Н ГОСТ 31108-2003 Белорусского цементного завода и Кричевского цементно-шиферного завода; Цем I 42,5 Н ГОСТ 31108-2003 Красносельского цементного завода и Ивано-Франковского цементного завода, Украина.

Портландцементы данных заводов имеют отличительные минералогические составы клинкера и технологические характеристики, приведенные в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Минералогический состав клинкера

Наименование компонентов	CaO, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	Прочие, %	ППП, %	Σ, %
БЦЗ и Кричевский цементно-шиферный завод							
Клинкер цемента	64,92–66,79	22,96–20,19	6,65–7,55	2,99–4,01	2,48–1,46	–	100,0
Красносельский цементный завод и Ивано-Франковский цементный завод							
Клинкер цемента	69,82–67,52	18,96–20,15	5,55–4,89	2,59–1,84	3,08–3,6	–	100,0

Таблица 2 – Технологические характеристики ПЦ

Наименование заводов	Насыпная плотность, ρ _n , кг/см ³	Тонкость помола, %	НГЦ, %
БЦЗ	1310	9,0	28–29
Кричевский цементно-шиферный завод	1320	11,0	28–29
Красносельский цементный завод	1350	7,5	26–27
Ивано-Франковский цементный завод	1340	8,0	26–27

Эффективность действия добавки оценивали по увеличению подвижности смеси и по прочности бетона при одинаковом водоцементном отношении контрольных и основных составов образцов в соответствии с [3]. Удобно-

укладываемость (пластификация) бетонных смесей определялась в соответствии с [4]. Результаты исследования удобоукладываемости бетонных смесей на цементах различных заводов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Лабораторные исследования удобоукладываемости бетонных смесей

Состав бетонной смеси	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг					В/Ц	Объемная масса бетонной смеси, кг/см ³	ОК, см
	Ц, кг	П, кг	Щ, кг	В, кг	добавка, % (п) от массы цемента			
Красносельский и Ивано-Франковский цементные заводы								
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1150	190	–	0,54	2450	3,5
С добавкой «Стахемент 2010»	345	760	1150	185	0,8 (2,8)	0,54	2450	17,5
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1150	150	–	0,42	2410	4,0
С добавкой «Стахемент 2010»	345	760	1150	145	0,8 (2,8)	0,42	2410	5,5
БЦЗ и Кричевский цементно-шиферный завод								
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1140	185	–	0,52	2435	3,0
С добавкой «Стахемент 2010»	345	760	1140	180	1,0 (3,5)	0,52	2435	18,0
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1140	185	–	0,41	2395	3,0
С добавкой «Стахемент 2010»	345	760	1140	140	1,0 (3,5)	0,41	2395	6,0

Из таблицы 3 видно, что применение добавки «Стахемент 2010» позволило увеличить подвижность смеси с марки П1 для контрольной (бездобавочной) до П2 при использовании ПЦ БЦЗ и Кричевского цементно-шиферного завода для В/Ц = 0,41 и 0,52, до П2 при использовании ПЦ Красносельского и Ивано-Франковс-

кого цементных заводов для В/Ц = 0,42 и П4 – для В/Ц = 0,54.

Результаты исследования сохраняемости смесей представлены в таблице 4.

Сохраняемость подвижности смесей исследовали по показателю эффективности P_y в соответствии с [3].

Таблица 4 – Лабораторные исследования сохраняемости подвижности бетонных смесей

Наименование добавки	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг					В/Ц	Объемная масса, кг/м ³	Продолжительность выдерживания композита, ч–мин	Осадка конуса, см		Сохранение подвижности, ч–мин
	Ц	П	Щ	В	Д				фактическая	средняя по ГОСТ 30459	
Без добавки (БЦЗ и Кричевский ЦШЗ)	350	760	1140	185	–	0,52	2435	0–00	3,0	3,0	От 0–30 до 0–60
								0–30	3,0		
								1–00	3,0		
								1–30	2,5		
								2–00	2,0		
								2–30	1,5		
«Стахемент 2010»	345	760	1140	180	14,0 (1,0 %)	0,52	2435	0–00	18	18	До 4–00
								0–30	18		
								1–00	18		
								1–30	18		
								2–00	18		
								3–00	18		
Без добавки (Красносельский ЦЗ и Ивано-Франковский ЦЗ)	350	760	1140	190	–	0,54	2450	0–00	3,5	3,5	От 0–30 до 0–50
								0–30	3,5		
								1–00	3,5		
								1–30	3,0		
								2–00	1,0		
								3–00	0		
«Стахемент 2010»	345	760	1140	185	11,2 (0,8 %)	0,54	2450	0–00	17,5	17,5	До 4–00
								0–30	17,5		
								1–00	17,5		
								1–30	17,5		
								2–00	17,5		
								3–00	17,5		
	4–00	17,5									
	5–00	14,0									
	6–00	4,0									

Показатель эффективности P_y рассчитывали по формуле

$$P_y = t_{\text{осн}} / t_{\text{контр}},$$

где $t_{\text{осн}}$ и $t_{\text{контр}}$ – время сохраняемости подвижности, соответственно, основного и контрольного составов смесей, мин.

Для смесей с В/Ц = 0,52 и 0,54 при использовании ПЦ различных цементных заводов получен показатель эффективности $P_y = 4$, что свидетельствует об очень высокой сохраняемости подвижности бетонных смесей при использовании добавки «Стахемент 2010».

Прочность бетона на ранних сроках твердения (после 1, 7 и 14 суток) определяли в соответствии с [5]. Результаты исследований приведены на рисунках 1 и 2.

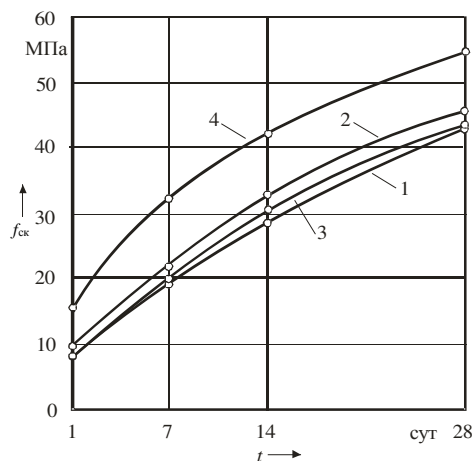


Рисунок 1 – Изменение прочности бетона для цемента БЦЗ и Кривчевского цементно-шиферного заводов:
1 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,52;
2 – состав с добавкой «Стахемент 2010» с В/Ц = 0,52;
3 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,44;
4 – состав с добавкой «Стахемент 2010» с В/Ц = 0,44

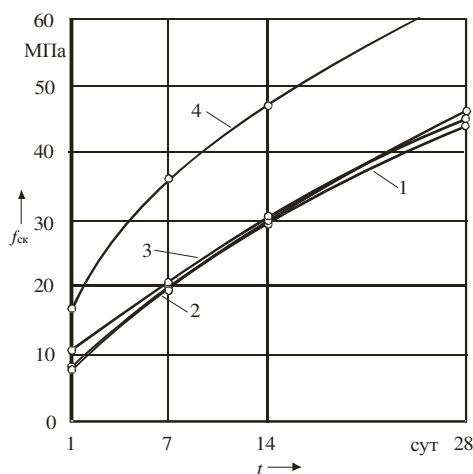


Рисунок 2 – Изменение прочности бетона для цемента Красносельского и Ивано-Франковского цементных заводов:
1 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,52;
2 – состав с добавкой «Стахемент 2010» с В/Ц = 0,52;
3 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,44;
4 – состав с добавкой «Стахемент 2010» с В/Ц = 0,44

Получено 31.05.2014

M. G. Osmolovskaya, A. A. Vasilyev. Efficiency investigation of complex additive “STAHEMENT 2010” application.

There are given the results of efficiency investigation of complex additive “STAHEMENT 2010” application in modified concretes for different cement types. It is shown that application of the “STAHEMENT 2010” complex additive considerably improves concrete pouring process and strength at early terms of hardening.

На рисунках 1 и 2 для 28 суток твердения приведены расчетные значения прочности бетона.

Изменение прочности бетона ($\Delta R, \%$) исследовали в соответствии с [3] и определяли по формуле

$$\Delta R = \left| \frac{R_t^{\text{контр}} - R_t^{\text{осн}}}{R_t^{\text{контр}}} \right| 100,$$

где $R_t^{\text{контр}}$ и $R_t^{\text{осн}}$ – прочность бетона контрольного и основного составов, МПа; t – возраст бетона нормального твердения через 1, 7 и 14 суток.

Результаты исследований показывают, что использование добавки «Стахемент 2010» значительно повышает прочность бетона на ранних сроках твердения, особенно для составов с более низким В/Ц. Так, для бетонов на ПЦ БЦЗ и Кривчевского цементно-шиферного завода с В/Ц = 0,41 увеличение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольными составило: через сутки – 40,3, трое суток – 66,0, семь суток – 36,9 %. Для бетонов на ПЦ Красносельского и Ивано-Франковского цементных заводов с В/Ц = 0,42 увеличение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольными составило: через сутки – 59,8, трое суток – 79,1, семь суток – 53,2 %.

Заключение. Комплексная добавка «Стахемент 2010» полифункциональна. Ее применение позволяет получить высокопластичные бетонные смеси, повысить начальную и конечную прочность бетона, выравнять общий эффект воздействия добавки на цементы различного состава.

Список литературы

- 1 Химические добавки для модификации бетона : [монография] / В. С. Изотов, Ю. А. Соколова. – М. : Казанский гос.archit.-строит. ун-т : Изд-во «Палеотип», 2006. – 244 с.
- 2 СТБ 1112–98. Добавки для бетонов. Общие технические условия. – Введ. 1999–01–01. – Минск : М-во archit. и стр-ва Респ. Беларусь, 1999. – 32 с.
- 3 ГОСТ 30459–2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности : межгос. стандарт. – Взамен ГОСТ 30459–2003; введ. 2008–12–10. – М. : МНТКС, 2008. – 24 с.
- 4 ГОСТ 10181.1–81. Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости. – Введ. 1982–01–01 [впервые]. – М. : ГСК СССР, 1982. – 8 с.
- 5 ГОСТ 10180–90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Взамен ГОСТ 10180–78; введ. 1991–01–01. – М. : ГСК СССР, 1990. – 48 с.