

УДК 624.01/04

Г. Э. ЯНОВИЧ, магистрант, М. Г. ОСМОЛЛОВСКАЯ, старший преподаватель, А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ «РЕЛАМИКС»

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

Введение. Ежегодное производство бетона в мире превышает 2 млрд м³, что намного превосходит производство любых других видов промышленной продукции. В индустриально развитых странах на одного жителя затрачивается в год до 2 м³ бетона и железобетона [1].

Количество модификаций бетона сегодня достигает многих десятков наименований. Это – легкие, ячеистые, радиоизолирующие и радиопроницаемые, напрягающие, полимерные, кислотостойкие, жаропрочные, серные и т.д. В то же время основная масса современных конструкций из бетона содержит еще большие резервы, которые должны быть вскрыты наукой и использованы на практике. Значительно могут быть улучшены физико-механические свойства различных видов бетона (прочность, деформативность, долговечность, плотность, выносливость, коррозионная стойкость и др.), снижена энергоемкость и сокращены сроки твердения, повышены однородность структуры и объемы использования промышленных отходов. В решении этих задач особая роль принадлежит различным модификаторам [1]. Уже в начале 80-х гг. прошлого века во многих промышленно развитых странах доля бетона, укладываемого с применением химических добавок, составляла более 50 % от общего объема, а в ряде стран с добавками выпускалось 60–80 % от общего объема бетона. За прошедшие годы эти цифры выросли и к настоящему времени в развитых странах мира составляют 90–100 % [1].

Применение модификаторов приводит к существенному изменению химических процессов твердения бетона, обеспечивающих улучшение его механических и физико-химических свойств. Оптимальное сочетание модификаторов, а при необходимости, совмещение с ними в небольших количествах и других органических и минеральных материалов, позволяет управлять реологическими свойствами бетонных смесей и модифицировать структуру цементного камня на микроуровне так, чтобы придать бетону свойства, обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность элементов и конструкций.

Совместная работа химических добавок с минералогическим составом клинкера цемента обеспечивает повышение прочности, плотности, морозостойкости и водонепроницаемости бетонов. Улучшать эти свойства могут добавки, обладающие одновременно пластифицирующим действием, свойством значительно ускорять конец схватывания, и являются ингибиторами коррозии стали в железобетонных элементах и конструкциях [2].

Таким требованиям отвечают комплексные химические добавки.

Основными преимуществами комплексных добавок перед индивидуальными являются [3]:

- 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, воздухововлечение, 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 выравнять общий эффект воздействия добавок на цементы различного состава;
- способность предупреждать или сокращать деструктивные процессы и ускорять твердение бетона при тепловой обработке изделий.

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

Основная часть. Для оценки возможностей изменения свойств бетона исследовали добавку «Реламикс».

«Реламикс» – ускоритель набора прочности и суперпластификатор на основе смеси неорганических и органических солей натрия. По своим потребительским свойствам добавка «Реламикс» отвечает требованиям к пластифицирующим, водоредуцирующим добавкам и ускорителям твердения.

Поставляется в сухом виде в мешках тканевых полипропиленовых с полиэтиленовым вкладышем массой 25 кг, контейнерах мягких специализированных массой 500–700 кг. В жидком виде – в железнодорожных цистернах, автоцистернах, пластиковых и металлических емкостях.

«Реламикс» применяется:

- для резкого повышения удобоукладываемости и формоустойчивости бетонных смесей с одновременным увеличением прочности и без снижения показателей долговечности бетона (при неизменном водоцементном отношении);
- существенного повышения физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетона, в том числе морозостойкости и водонепроницаемости (при сокращении расхода воды и неизменной удобоукладываемости);
- повышения удобоукладываемости бетонных смесей

и повышения физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетонов (при одновременном снижении водоцементного отношения и повышении удобоукладываемости);

- снижения расхода цемента без снижения удобоукладываемости бетонной смеси, физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетона (при снижении водосодержания бетонной смеси).

Комплексную добавку «Реламикс» рекомендуется применять:

- при возведении всех видов конструкций из монолитного тяжелого бетона классов по прочности на сжатие $C^{12}/_{15}$ и выше;

- изготовлении всех видов сборных железобетонных конструкций и бетонных изделий из тяжелого бетона, классов по прочности на сжатие $C^{12}/_{15}$ и выше;

- возведении всех видов конструкций из монолитного мелкозернистого бетона классов по прочности $C^8/_{10}$ и выше;

- возведении всех видов конструкций из монолитного бетона и изготовлении всех видов сборных железобетонных конструкций и бетонных изделий при высоких требованиях к ним по показателям морозостойкости и водонепроницаемости.

- необходимости изготовления бетонной смеси с применением нестандартных заполнителей, в том числе мелких песков;

- изготовлении элементов мощения из тяжелого и мелкозернистого бетона;

- изготовлении изделий из ячеистого неавтоклавного бетона;

- при изготовлении всех видов сборных железобетонных конструкций и бетонных изделий на пористых заполнителях классов по прочности на сжатие $C^8/_{10}$ и выше;

- возведении монолитных конструкций с применением напрягающего цемента или при использовании минеральных расширяющих добавок.

Пластифицированные «Реламиксом» бетонные смеси с высокой удобоукладываемостью рекомендуется

применять в густоармированных конструкциях, тонкостенных конструкциях, конструкциях сложной конфигурации и т.п. Бетонные смеси со сниженным водоцементным отношением (водоредуцированные «Реламиксом») рекомендуется применять для возведения монолитных конструкций и изготовления сборных железобетонных конструкций и бетонных изделий, к которым предъявляются высокие требования по прочности, в том числе в ранние сроки, водонепроницаемости, морозостойкости, сопротивлению коррозионным воздействиям и др.

«Реламикс» не содержит хлоридов и в дозировке не более 1 % может применяться при изготовлении армированных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Рекомендуемая дозировка комплексной добавки «Реламикс» – 0,4–1,0 % массы цемента (в расчете на сухое вещество). Дозировка зависит от назначения бетонной смеси, содержания в цементе трехкальциевого алюмината, активных минеральных добавок и дисперсности цемента. Добавку «Реламикс» вводят в бетоносмеситель в виде водного раствора рабочей концентрации через дозатор химических добавок или через дозатор воды с водой затворения. Из добавки в форме порошка перед применением готовят водный раствор рабочей концентрации путем растворения «Реламикса» в воде.

Результаты экспериментов и их обсуждение. 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 [4]. Удобоукладываемость бетонных смесей определялась в соответствии с [5]. Результаты исследования удобоукладываемости бетонных смесей на цементах различных заводов приведены в таблице 3.

В соответствии с ними видно, что применение добавки «Реламикс» позволило увеличить подвижность смеси с марки П1 для контрольной (бездобавочной) до П2 при использовании ПЦ БЦЗ и Кричевского цементно-шиферного заводов для В/Ц = 0,44 и 0,52, до П2 при использовании ПЦ Красносельского и Ивано-Франковского цементных заводов для В/Ц = 0,40 и П4 для В/Ц = 0,54.

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, % (л) от массы цемента			
Красносельский и Ивано-Франковский цементные заводы								
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1150	190	–	0,54	2450	3,5
С добавкой «Реламикс»	345	760	1150	185	1,5 (5,25)	0,54	2450	16,0
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1150	150	–	0,40	2400	3,5
С добавкой «Реламикс»	345	760	1150	145	1,5 (5,25)	0,40	2400	4,0
БЦЗ и Кричевский цементно-шиферный завод								
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1140	185	–	0,52	2435	3,0
С добавкой «Реламикс»	345	760	1140	180	1,2 (4,2)	0,52	2435	6,0
Контрольный (бездобавочный)	350	760	1140	185	–	0,44	2405	3,0
С добавкой «Реламикс»	345	760	1140	155	1,2 (4,2)	0,44	2405	5,5

Сохраняемость подвижности смесей исследовали по показателю эффективности Π_y в соответствии с [4].

Результаты исследования сохраняемости смесей представлены в таблице 4.

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		
								3–00	1,0		
«Реламикс»	345	760	1140	180	8,75 (1,2 %)	0,52	2435	0–00	16	18	До 4–00
								0–30	16		
								1–00	16		
								1–30	16		
								2–00	16		
								3–00	14		
								4–00	10		
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		
								4–00	0		
«Реламикс»	345	760	1140	185	11,2 (0,8 %)	0,54	2450	0–00	16,0	16,0	До 2–00
								0–30	16,0		
								1–00	16,0		
								1–30	16,0		
								2–00	16,0		
								2–30	4,0		

Показатель эффективности Π_y рассчитывали по формуле

$$\Pi_y = \frac{t_{осн}}{t_{контр}}$$

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

Так, для смесей с В/Ц = 0,52 и 0,54 при использовании ПЦ различных цементных заводов получен показатель эффективности $\Pi_y = 4$, что свидетельствует об очень высокой сохраняемости подвижности бетонных смесей при использовании добавки «Реламикс».

Прочность бетона на ранних сроках твердения (после 1, 7 и 14 суток) определяли в соответствии с [6]. Результаты исследований приведены на рисунках 1 и 2.

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

Изменение прочности бетона (ΔR , %) исследовали в соответствии с [4].

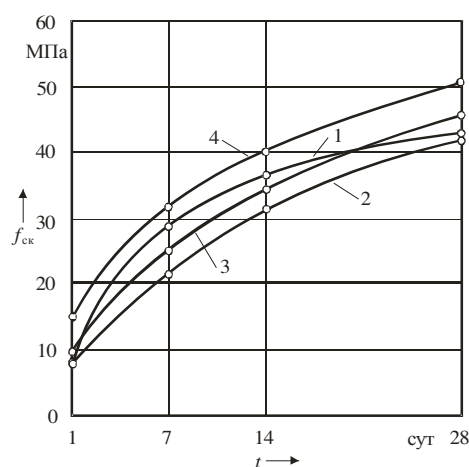


Рисунок 1 – Изменение прочности бетона для цементов БЦЗ и Кричевского цементно-шиферного заводов: 1 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,52; 2 – состав с добавкой «Реламикс» с В/Ц = 0,52; 3 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,44; 4 – состав с добавкой «Реламикс» с В/Ц = 0,44

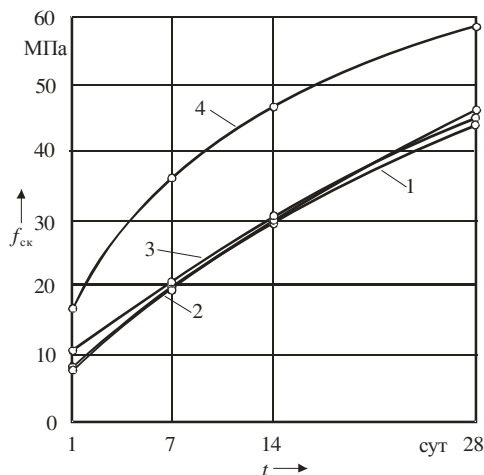


Рисунок 2 – Изменение прочности бетона для цементов Красносельского и Ивано-Франковского цементных заводов:

- 1 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,52;
- 2 – состав с добавкой «Реламикс» с В/Ц = 0,52;
- 3 – состав контрольный (бездобавочный) с В/Ц = 0,40;
- 4 – состав с добавкой «Реламикс» с В/Ц = 0,40

Изменение прочности бетона ($\Delta R, \%$) определяли по формуле

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

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 «Реламикс» значительно повышает прочность бетона на ранних сроках твердения, особенно для составов с более низким В/Ц. Так, для бетонов на ПЦ БЦЗ и Кричевского цементно-шиферного завода

Получено 20.11.2014

G. E. Yanovich, M. G. Osmolovskaya, A. A. Vasilyev. Efficiency investigation of complex additive “RELAMIX” application.

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

с В/Ц = 0,40 увеличение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольными: через сутки – 5,5, трое суток – 28,0, семь суток – 24,2 %. Для бетонов на ПЦ Красносельского и Ивано-Франковского цементных заводов с В/Ц=0,42 увеличение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольными: через сутки – 73,3, трое суток – 84,9, семь суток – 56,7 %.

Заключение. Комплексная добавка «Реламикс» полифункциональна. Ее применение позволяет получить высокопластичные бетонные смеси, повысить начальную и конечную прочность бетона, выровнять общий эффект воздействия добавки на цементы различного состава без снижения долговечности.

Список литературы

- 1 Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М. : Готика, 2001. – 684 с.
- 2 **Изотов, В. С.** Химические добавки для модификации бетона : [монография] / В. С. Изотов, Ю. А. Соколова. – М. : Казанский гос. архитектурно-строит. ун-т; Изд-во «Палеотип», 2006. – 244 с.
- 3 **СТБ 1112–98.** Добавки для бетонов. Общие технические условия. – Введ. 1999–01–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 1999. – 32 с.
- 4 **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.
- 5 **ГОСТ 10181.1–81.** Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости. – Введ. 1982–01–01 [впервые]. – М. : ГСК СССР, 1982. – 8 с.
- 6 **ГОСТ 10180–90.** Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Взамен ГОСТ 10180–78; введ. 1991–01–01. – М. : ГСК СССР, 1990. – 48 с.