PolotskSU

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 666.972.16

ПРИМЕНЕНИЕ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА В МАНСАРДНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

канд. техн. наук Л.М. ПАРФЕНОВА, А.Н. ЯГУБКИН
(Полоцкий государственный университет)

Приведены исследования кинетики набора прочности бетонов, модифицированных добавками поликарбоксилатного суперпластификатора ГП-1 и Стахемент F. Установлено снижение темпа набора прочности бетона, модифицированного добавкой ГП-1, в первые сутки твердения. Показано, что при соответствующей корректировке водосодержания добавка ГП-1, начиная со вторых суток, обеспечивает интенсивность твердения, сопоставимую с эффектом от введения добавки Стахемент F, содержащей ускоряющий компонент. Отмечается, что возведение несущих конструкций мансард из монолитного бетона и одновременное утепление стен может быть выполнено с использованием несъемных опалубок из пенополистирола. Применение в зимних условиях несъемных опалубок позволяет осуществлять работы по методу «термоса». Установлено, что бетоны, модифицированные добавкой ГП-1, при твердении в условиях «термоса» при температуре наружного воздуха 0 ºС обеспечивают набор 70 % от $f^{G}_{c,cube}$ *бетона класса* $C^{16}/_{20}$ *к 9 – 10 суткам при температуре бетонной смеси в момент укладки 18 ºС. Установлены значения осадки конуса модифицированных бетонов и исследовано изменение подвижности бетонной смеси во времени. Показано, что строительство мансард из монолитного модифицированного бетона в сочетании с несъемной опалубкой может конкурировать с организационно-технологическими решениями, основанными на применении сборных конструкций.*

Введение. Строительство мансард при реконструкции зданий является одним из эффективных способов увеличения площади существующего жилого фонда. Для возведения мансард предлагаются разные конструктивно-технологические решения. Наибольшее распространение находят рамные конструкции из дерева, металла и комбинированные с последующим устройством ограждающей конструкции с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Технология строительства включает работы по укрупнительной сборке несущих конструкций с целью сокращения сроков строительства, что требует применения мощной грузоподъемной техники.

Основная часть. В настоящее время недостаточно внимания уделяется технологическим решениям, связанным с применением монолитного бетона в мансардном строительстве, которые позволят значительно снизить энерго- и трудоемкость строительного производства. Сплошная стена из монолитного бетона существенно увеличит нагрузку на фундамент, поэтому железобетонные монолитные рамы являются альтернативным решением.

Технологически осуществить работы по возведению рам из монолитного бетона и одновременно провести утепление стен позволяют несъемные опалубки из пенополистирола. Особое внимание заслуживают опалубочные системы, изготовленные по технологии «Пластбау». С помощью таких опалубок можно возводить вертикальные бетонные и железобетонные колонны 160×160 мм с шагом 300 мм, и ребристые железобетонные дисковые перекрытия. Вес одного квадратного метра стены составляет 290 кг. Опалубки из пенополистирола имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными опалубочными системами: одновременное выполнение функций опалубки и функций теплоизоляции; работы по монтажу и бетонированию можно вести зимой; промышленное изготовление и точность размеров; опалубка легко режется в соответствии с заданными параметрами [1]. Возведение теплых мансардных этажей снижает себестоимость одного квадратного метра жилой площади.

Применение монолитного бетона в мансардном строительстве предоставляет широкие возможности:

- во-первых, для сокращения сроков строительства, которого можно добиться не только за счет введения многосменной работы, но и за счет сокращения темпов твердения бетона;
- во-вторых, переход на беспрогревные технологии на основе современных модификаторов снижает энергоемкость строительства;
- в-третьих, изготовление конструкций в пенополистирольной опалубке позволит наиболее полно использовать экзотермию цемента при организации работ в зимних условиях.

Для оценки эффективности использования современных добавок для возведения несущих конструкций монолитных мансард в пенополистирольной опалубке, в том числе в зимних условиях, были

PolotskSU

подобраны составы бетонов (табл. 1). Одновременно готовили образцы бетона расчетного состава без добавки и с добавками суперпластификатора ГП-1 (ТУ РБ 100230600.449-2006) и суперпластификатора Стахемент F (сертификат соответствия требованиям СТБ 1112 № BY/11203.1.3). Одна серия образцов хранилась в нормально-влажностных условиях, другая – в морозильной камере при температуре 0 ºС в условиях «термоса». В исследованиях использовались цементы завода Кричевцементношифер: портландцемент ПЦ 500-ДО и шлакопортландцемент ШПЦ 400. Суперпластификатор ГП-1 разработан в лаборатории модифицированного бетона УП «БелНИИС» и представляет собой добавку, состоящую из двух компонентов: поликарбоксилатной основы и пеногасителя. Отмечается [2], что суперпластификатор ГП-1 не уступает по основным свойствам зарубежным аналогам. Его водоредуцирующая способность составляет около 40 %, что на 18...35 % выше, чем у зарубежных суперпластификаторов Stahement-2000, Sika ViscoCrete5-600. Содержание добавки для достижения коэффициента пластификации 0,25 ниже соответственно в 1,67 и 3,3 раза. Стоимость в среднем ниже на 20 %.

Таблица 1

Составы модифицированного бетона

Номер состава	Содержание материалов				В/Ц	Вид и количество добавки (% от массы цемента)
	цемент, кг/м^3	песок, кг/м^3	щебень, кг/м^3	вода, л		
1	350	760	1070	220	0,63	–
2	350	780	1095	175	0,5	–
3	350	885	990	175	0,5	ГП-1 (0,2 %)
4	420	892	912	176	0,42	ГП-1 (0,3 %)
5	350	885	990	175	0,5	Стахемент F (0,8 %)

Стахемент F является добавкой, сочетающей свойства пластификатора С-3 и ускорителя за счет содержащихся в нем солей; используется для повышения прочности, ускорения твердения бетона, для сокращения времени и снижения температуры пропаривания, необходимых для достижения отпускной или передаточной прочности бетона. Рекомендуется применять в зимних условиях. Вводится в состав бетона в количестве 0,5…1,5 % от массы цемента [3].

Исходя из проведенных исследований [4] сроков схватывания цементного теста нормальной густоты было установлено, что добавка ГП-1, как и все добавки-пластификаторы, снижает скорость физико-химических процессов формирования структуры цементного камня – если начало схватывания цементного теста без добавок наступало через 3 ч 20 мин, а конец схватывания через 4 ч 45 мин, то при введении добавки ГП-1 в количестве 0,2 % от массы цемента сроки схватывания цементного теста нормальной густоты составили 3 ч 30 мин (начало схватывания) и 5 ч 10 мин (конец схватывания). При сохранении значения водоцементного отношения начало схватывания наступило через 7 ч 55 мин, конец схватывания – через 9 ч 15 мин. Чем выше дозировка добавки ГП -1, тем замедление схватывания цементного теста происходило более существенно. При введении добавки ГП-1 в количестве 0,4 % от массы цемента сроки схватывания цементного теста нормальной густоты составили 4 ч (начало схватывания) и 5 ч 35 мин (конец схватывания); при сохранении значения водоцементного отношения начало схватывания наступило через 9 ч 25 мин, конец схватывания – через 10 ч 55 мин.

Таким образом, добавка суперпластификатора ГП-1 при неизменном водосодержании и дозировке 0,2 % увеличивает время начала схватывания на 137 %, при дозировке 0,4 % – на 183 %.

В работе [5] отмечается, что влияние широко распространенной добавки суперпластификатора С-3 при дозировке 0,35…0,8 % от массы цемента (без корректировки водосодержания) проявляется в увеличении времени начала схватывания на 15…55 %, в большей степени для вяжущих меньшей активности и с увеличением дозировки добавки. Следовательно, добавка суперпластификатора ГП-1 вызывает более ощутимый отрицательный эффект от присутствия в системе «цемент – вода», который характерен для добавок-пластификаторов в целом, и заключается в препятствии доступа молекул воды к поверхности цемента и соответствующем «торможении» процесса гидратации вяжущего и последующего твердения.

Замедление процессов структурообразования сказывается на ранней прочности бетона. Полученные показатели подвижности бетонной смеси и кинетика набора прочности бетона, модифицированного добавками ГП-1 и Стахемент F, представлены в таблице 2.

Результаты исследований показывают, что прочность бетона, модифицированного добавкой ГП-1, в возрасте одних суток составляет всего 2…4 % от прочности бетона в возрасте 28 суток, но уже на вторые сутки – 24…26 %, а на третьи – 30…36 % (составы 3, 4).

PolotskSU

Таблица 2

Кинетика набора прочности бетона, модифицированного добавками ГП-1 и Стахемент F

Номер состава по таблице 1 (условия твердения)	Прочность бетона, МПа, в возрасте					Подвижность бетонной смеси, см
	1 сут	2 сут	3 сут	7 сут	28 сут	
1 (НВУ)	–	–	10,4	14,8	25,8	20
2 (НВУ)	–	–	26,7	32,4	52,3	3
3 (НВУ)	0,8	12,3	15	27,2	51,8	21
4 (НВУ)	2,3	14,8	20,5	37,8	56,2	24
5 (НВУ)	3,8	15,6	21,6	33,1	44,3	14
3* (НВУ)	–	–	12,4	19,8	39,7	20
5* (НВУ)	–	–	12,6	21,4	35,8	21
3 (Т = 0 ºС)	–	–	1,6	7,7	16,2	21
4 (Т = 0 ºС)	–	–	2,5	14,8	29,3	24
* – бетоны на основе шлакопортландцемента.						

Эффект снижения водоцементного отношения с 0,63 до 0,5 (составы 1 и 3) становится очевидным уже на вторые сутки твердения. Так, если бездобавочный состав с водоцементным отношением 0,63 приобрел к третьим суткам прочность 10,4 МПа, то равноподвижный модифицированный добавкой ГП-1 состав с водоцементным отношением 0,5 достиг такую же прочность ко вторым суткам твердения, а семисуточная прочность бездобавочного состава достигнута на третьи сутки.

Добавка Стахемент F (0,8 %) обеспечивает более интенсивный набор прочности бетона в первые сутки твердения по сравнению с добавкой ГП-1 – это 14,7 % от прочности в возрасте 28-ми суток. Прочность в возрасте 28-ми суток ниже на 8 % по сравнению с бездобавочным бетоном с таким же водоцементным отношением. Следует отметить, что, начиная со вторых суток твердения, бетон, модифицированный добавкой ГП-1, при более низком водоцементном отношении имеет такую же интенсивность твердения как и бетон, модифицированный добавкой Стахемент F (составы 4, 5).

Бетоны на шлакопортландцементе ШПЦ 400 (составы 3* и 5*), модифицированные добавками ГП-1 и Стахемент F, с водоцементным отношением, сниженным до 0,5, набирают прочность в возрасте 3-х суток на уровне бездобавочного бетона с водоцементным отношением 0,63 на портландцементе ПЦ500-Д0; в возрасте 7-ми суток прочность уже выше соответственно на 34 и 44 %; в возрасте 28-ми суток соответственно на 54 и 39 %. Как и для бетонов на портландцементе, добавка Стахемент F снижает 28-ми суточную прочность бетонов на основе шлакопортландцемента.

Для исследования термосного выдерживания бетонная смесь с температурой 18 ºС укладывалась в опалубку, утепленную пенополистиролом, и образцы без предварительной выдержки помещалась в морозильную камеру с температурой 0 ºС.

Испытания показали, что при введении добавки ГП-1 в количестве 0,3 % от массы цемента и снижении водоцементного отношения с 0,63 до 0,42 (состав 4) набор прочности модифицированного бетона начиная с 7-х суток твердения при «термосном» выдерживании такой же, как и для бездобавочного бетона в нормально-влажностных условиях.

Согласно расчетам, для возведения несущих конструкций монолитных мансард требуется бетон класса не ниже С $^{16}/_{20}$ ($f^{G}_{c,cube}$ = 25,7 МПа).

Продолжение последующих работ допустимо при наборе бетоном прочности 70 % от $f^{G}_{c,cube}$ (18 МПа).

Приняв за 100 % проектную прочность 25,7 МПа, по данным таблицы 1 построены графики, отражающие кинетику набора прочности модифицированных бетонов в нормально-влажностных (рис. 1) и «термосных» условиях твердения (рис. 2). Анализ графиков показывает, что 70 % от $f^{G}_{c,cube}$ бетона класса С$^{16}/_{20}$ бетон, модифицированный добавкой ГП-1, набирает на третьи сутки твердения (состав 4) при использовании цемента ПЦ 500-Д0 и на 7 сутки твердения – при использовании цемента ШПЦ 400. При термосном выдерживании модифицированные бетоны обеспечивают набор требуемой прочности к 9...10 суткам твердения без применения дополнительного обогрева и ускорителей твердения. При возведении конструкций из монолитного бетона имеет большое практическое значение показатель сохранения удобоукладываемости бетонных смесей. Подача и укладка бетонной смеси должна вестись без проблем. Для определения времени сохранения удобоукладываемости бетонной смеси определялась подвижность бетонной смеси по осадке конуса через 5, 30, 60, 90 и 120 мин с момента затворения водой. Результаты измерений приведены в таблице 3.

PolotskSU

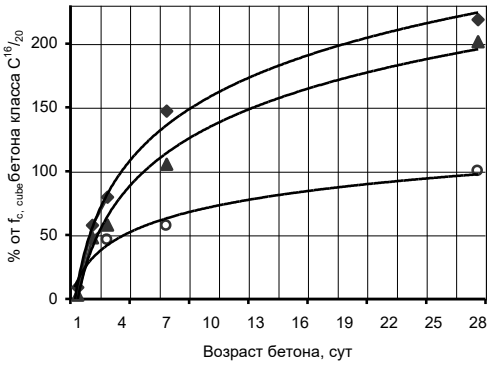


Рис. 1. Кинетика набора прочности модифицированным бетоном в нормально-влажностных условиях

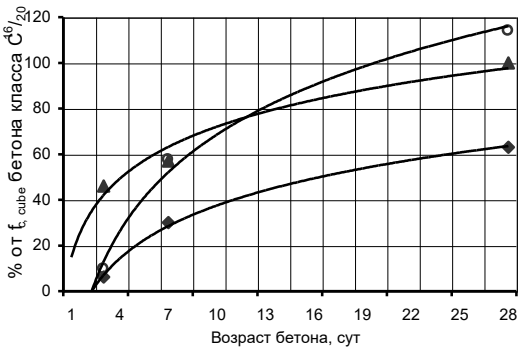
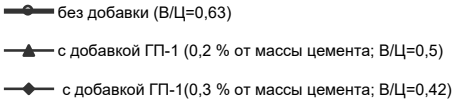


Рис. 2. Кинетика набора прочности модифицированным бетоном в условиях «термоса» при температуре наружного воздуха 0 ºС



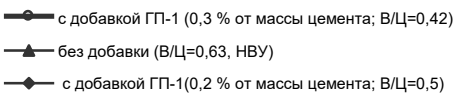


Таблица 3

Изменение подвижности бетонной смеси во времени

Номер состава (см. табл. 1)	Вид добавки	Осадка конуса, см,					Расплыв конуса, см,	
		5 мин	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	5 мин	120 мин
2	ГП -1 (0,2 %)	21	20	18	10	8,5	46	20
3	ГП -1 (0,3 %)	24	23	20	15	10	48	21
4	Стахемент F (0,8 %)	14	12	8	6	3	–	–

Заключение. Согласно полученным данным добавка ГП-1 при введении в количестве 0,2 % от массы цемента увеличила подвижность бетонной смеси с 3 до 21 см, а при 0,4 % от массы цемента – до 24 см, при неизменном водоцементном отношении.

Подвижность бетонной смеси на шлакопортландцементе при введении добавки ГП-1 в количестве 0,2 % составила 20 см, а расплыв конуса – 36 см.

Не вызвала значительного эффекта пластификации добавка Стахемент F, введенная в количестве 0,8 % от массы цемента в бетонную смесь на портландцементе (осадка конуса 14 см), в то время как при введении в том же количестве в бетонную смесь на шлакопортланцементе подвижность составила 21 см, расплыв конуса 36 см. Очевидно, что дозировка добавки для используемого портландцемента должна быть увеличена до 1,0...1,2 % от массы цемента.

Бетонные смеси, модифицированные добавкой ГП-1, сохраняют свою подвижность в течение 45…60 мин, что достаточно при выполнении бетонных работ с продолжительным периодом доставки.

В целом следует отметить, что применение добавки суперпластификатора ГП-1 и соответствующая корректировка составов позволяет обеспечить набор прочности в заданные сроки. Возведение монолитных несущих конструкций мансардного этажа для 3-х секционного крупнопанельного жилого дома с ритмом твердения бетона трое суток позволит выполнить бетонные работы в летнее время согласно расчетам в течение 24-х суток, в зимнее время в условиях «термоса» – в течение 42-х суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уютное жилье в два счета // Мастерская. – № 1 – 2. – С. 43.
2. Блещик, Н.П. Модификаторы бетона нового поколения / Н.П. Блещик, Н.Н. Калиновская // Строительная наука и техника. – 2006. – № 1. – С. 30 – 41.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.stachema.-m.by.ru
4. Парфенова, Л.М. Новая эффективная добавка суперпластификатор для бетонов / Л.М. Парфенова, В.В. Борода // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2005. – № 9. – С. 128 – 133.
5. 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.

Поступила 07.05.2007