

УДК 624. 012

*А.В. Поздеев, А.М. Тищенко, канд. техн. наук, С.В. Поздеев, канд. техн. наук, В.А. Колесник***ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРЕВЕ**

Проведено экспериментальное исследование влияния модификаторов на механические характеристики бетона в условиях высокотемпературного нагрева. Осуществлено испытание цилиндрических образцов с модифицированным и не модифицированным составом с помощью установки комбинированных испытаний по одновременному нагреву и приложению нагрузки на образец. Построены диаграммы деформирования для образцов из бетонов без добавок, а также модифицированными суперпластификаторами и морозостойкими добавками при различных режимах прогрева. Получены зависимости коэффициента снижения прочности и модуля упругости бетона от температуры нагрева.

Ключевые слова: модифицированный бетон, комбинированные испытания, деформирование, коэффициент снижения прочности, модуль упругости, плотность бетона..

*A. Pozdneev, A. Tishchenko, Cand. of Sc. (Eng.), S. Pozdneev, Cand. of Sc. (Eng.), V. Kolesnik***RESEARCH OF INFLUENCE OF COMPOSITION OF THE MODIFIED CONCRETE ON HIS MECHANICAL DESCRIPTIONS IN THE CONDITIONS OF HIGH TEMPERATURE HEATING**

Experimental research of influence of modifiers is conducted on mechanical descriptions of concrete in the conditions of the high temperature heating. The test of cylindrical standards is carried out with the modified and not modified composition by setting of the combined tests on the simultaneous heating and appendix of loading on a standard. The diagrams of deformation are built for standards from concretes without additions, and also by the modified superplasticizers and frost-hardy additions at the different modes of warming up. Dependences of coefficient of decline of durability and module of resiliency of concrete are got on the temperature of heating.

Keywords: modified concrete, combined tests, deformation, coefficient of decline of durability, module of resiliency, closeness of concrete.

Бетоны с добавками используются преимущественно для изготовления сборных и монолитных армированных и неармированных изделий и конструкций. Ожидаемые эффекты, улучшающие свойства бетона, определяют существование широкого спектра добавок. Анализ их применения [1] показал, что наиболее часто применяются суперпластификаторы, морозостойкие добавки, а также комплексные составы (2 добавки и более). В работах [2-3] проведены экспериментальные исследования режимов прогрева модифицированного бетона. При проведении тепловых испытаний установлено, что наличие модификаторов повышает скорости прогрева бетонных образцов, причем наибольшим эффектом обладают пластификаторы. На основе полученных экспериментальных данных были рассчитаны теплофизические характеристики для модифицированного бетона испытанных образцов [2].

Следующим этапом исследования влияния модифицированного бетона на огнестойкость железобетонных конструкций является проведение эксперимента по нагреву цилиндрических образцов изготовленных из модифицированного и не модифицированного бетона при различных температурных режимах, с одновременным механическим воздействием на сжатие. Для оценки механических характеристик модифицированного и не

модифицированного бетона в условиях нагрева необходимо построение диаграмм деформирования, а также температурных зависимостей коэффициента снижения прочности и снижения модуля упругости.

Для исследования прочностных и деформационных свойств бетона при его нагреве под сжимающей нагрузкой использовались бетонные образцы 76 мм. Состав бетона, основное оборудование, а также методика изготовления экспериментальных образцов изложена в [2]. Испытания происходили при помощи специально собранной установки, разработанной в исследованиях [4], состоящей из муфельной печи и гидравлического прессы механического действия для создания постоянной сжимающей нагрузки. Схема и общий вид экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

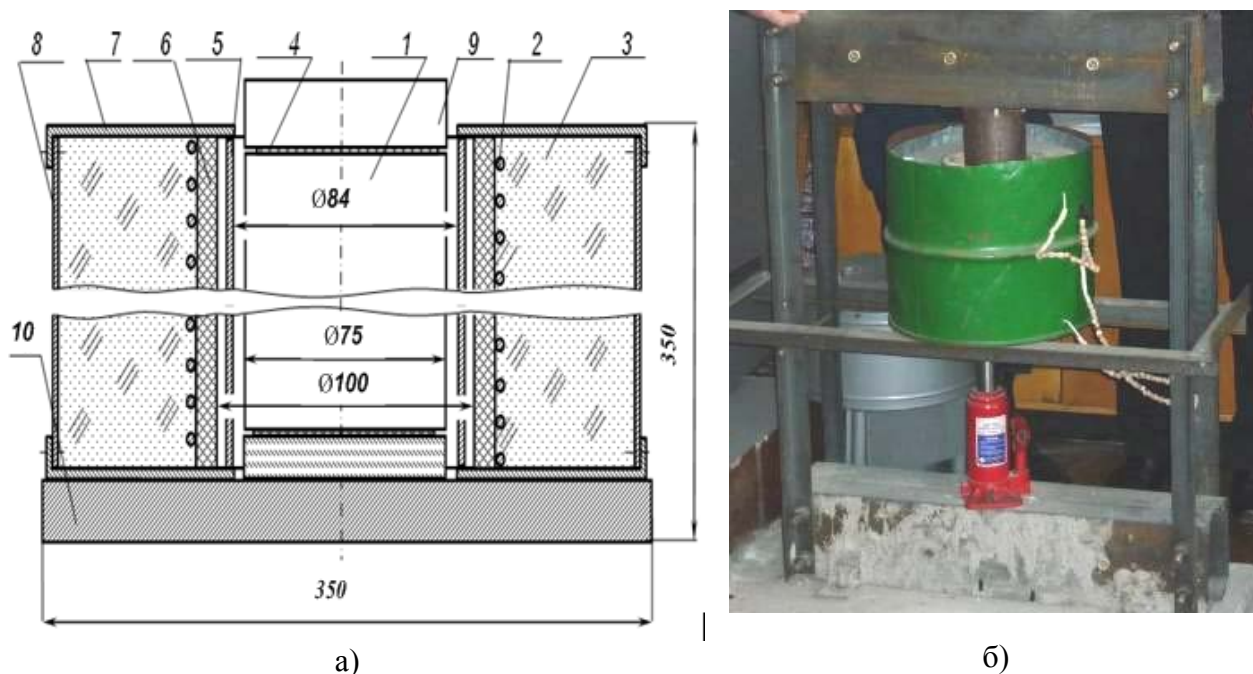


Рисунок 1 - Установка для комбинированных испытаний цилиндрических бетонных образцов

а) схема установки: 1 – образец; 2 – нихромовая спираль; 3 – асбесто-шамотная засыпка; 4 – асбестовая ткань; 5 – стальной муфель; 6 – стенка огнеупорной камеры; 7 – крышка; 8 – кожух печи; 9 – шарнирная губка прессы; 10 – основа; б) общий вид установки.

Муфельная печь изготовлена в виде трубы с муфелем из стали Ст. 3 для равномерного нагрева образца. Параметры печи приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры муфельной печи установки

Параметр	Единицы измерения	Величина
Мощность	кВт	2,5
Максимальная температура нагрева пространства камеры–	°С	900
Объем рабочей камеры	см ³	350
Диаметр сечения камеры	мм	150
Габаритные размеры:		
диаметр	мм	600
длина	мм	350
Максимальная скорость нагрева камеры	°С/мин	19

Пресс предназначен для осуществления постоянного сжимающего нагружения, моделирующего соответствующую нагрузку на элемент в железобетонной балке. Для такого наиболее всего подходит пресс гидравлического действия, где нагружение осуществляется при помощи гидроцилиндра. Величина нагрузки определяется по показателям манометра, контролирующего давление в рабочей камере гидроцилиндра.

После сборки установки вместе с образцом для испытания происходит нагрев и охлаждение образца согласно с предварительно рассчитанными режимами.

Задача заключается в определении такого режима нагрева камеры печи, чтобы температура образца совпадала с режимом нагрева соответствующего слоя с учетом феноменологии его поведения при этом. Режим нагрева слоев определялся расчетным путем с учетом стока теплоты за счет движения и испарения воды, а также фазовых переходов при дегидратации клинкерных минералов [5].

Испытания проводились при полном цикле нагрева и охлаждения образца. При разрушении образца эксперимент прекращался. Целые образцы после нагрева подлежали испытаниям на разрывной машине в режиме сжатия, в ходе которых измерялись их прочность и деформации в момент разрушения.

При исследовании влияния, которое может оказывать добавки в бетоны на их механические свойства при нагреве, были проведены исследования цилиндрических бетонных образцов при их испытаниях на сжатие с одновременным их нагревом

При формировании граничных условий для моделирования поведения внутренних слоев имеет значение совпадения температур прогрева образцов, и равномерность ее распределения при проведении испытаний на сжатие.

При определении параметров нагрева образца необходимо решить ОЗТ по восстановлению граничных условий. Параметрами, определяемыми при решении данной задачи является максимальная температура нагрева и время выдержки при данной температуре для выполнения поставленных условий равномерности и уровня температур прогрева образца. Исходными данными здесь являются температура образца, определяемая как среднее значение при стационарном режиме и коэффициенты переноса. Коэффициентами переноса являются коэффициент теплопроводности, удельная объемная теплоемкость, которые определены в [2], а также коэффициент теплообмена, температурная зависимость (рисунок 2) которого определена в [6].

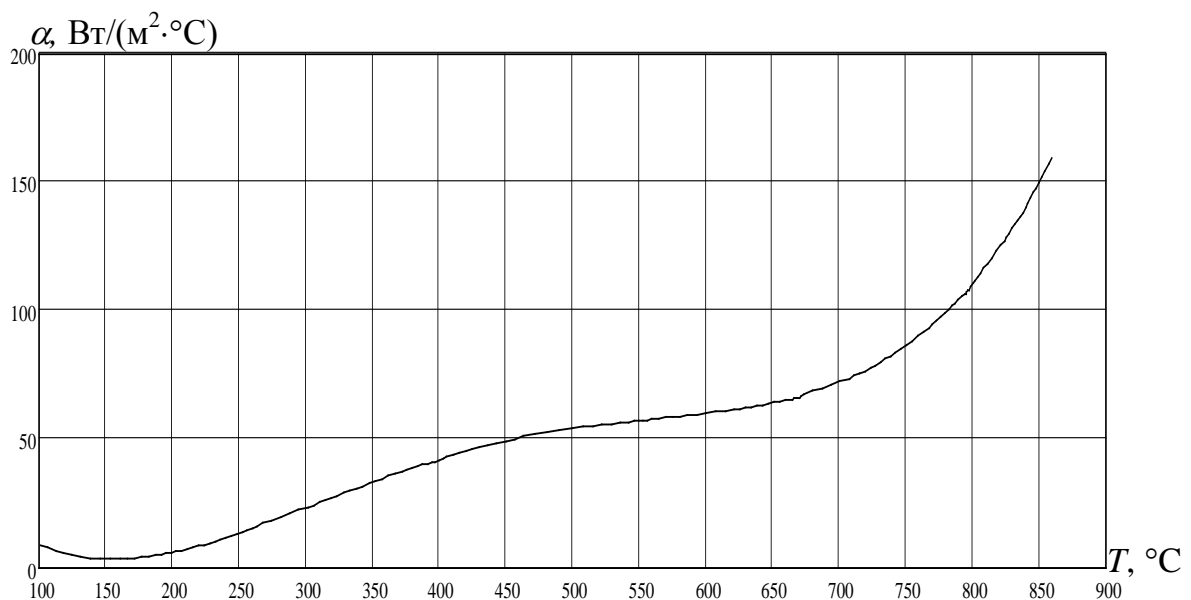


Рисунок 2 – Обобщенная зависимость коэффициента теплообмена от температуры среды

Расчет проводился в такой последовательности:

1. Путем решения прямой задачи теплопроводности при использовании стационарного уравнения теплопроводности (1) с ГУ первого рода, имеющих вид [7]:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \right) = 0, T_w = f(t) \text{ при } r = r_{\max}, \quad (1)$$

определялся средний разброс значений температур по сечению образца, после чего устанавливалось значение температуры сечения образца для реализации данного режима нагрева.

2. Методом автоматизированного подбора определялась температура поверхности цилиндрического образца.

3. Используя зависимость коэффициента теплообмена, определялась температура камеры печи.

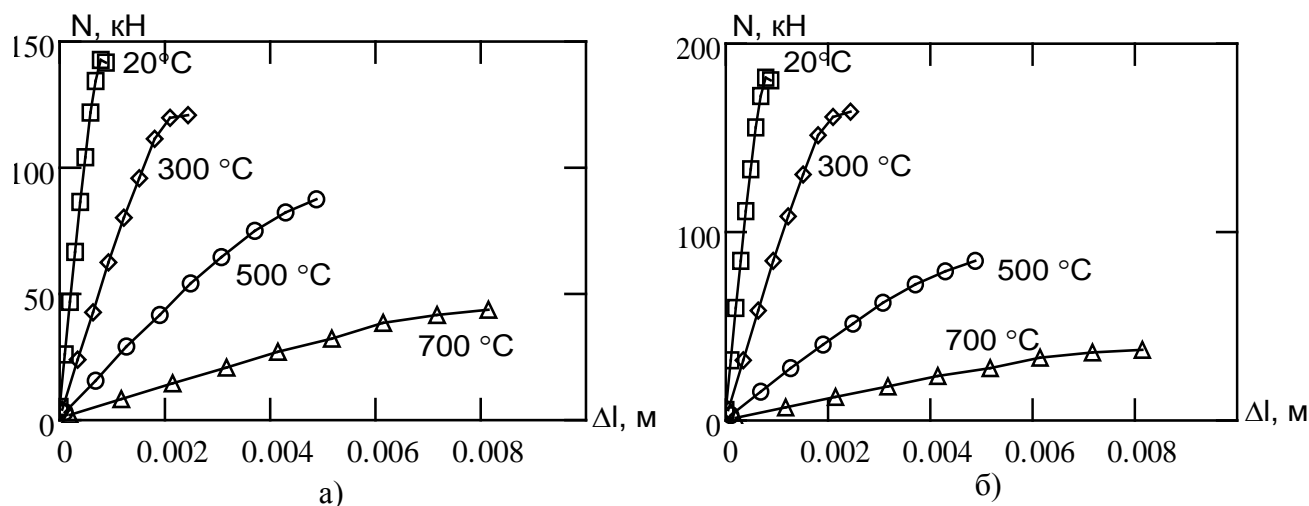
4. На основе решения прямой задачи нестационарной теплопроводности при использовании математического аппарата [2] определялось время выдержки образца при заданной температуре.

В таблице 2 приведены параметры режимов нагрева образцов.

Таблица 2 - Параметры режимов нагрева при испытаниях цилиндрических образцов

Образец из бетона с добавкой:	Параметры режимов нагрева					
	Средняя температура нагрева образца 300 °С		Средняя температура нагрева образца 500 °С		Средняя температура нагрева образца 700 °С	
	Максимальная температура в печи, °С	Время выдержки, мин	Максимальная температура в печи, °С	Время выдержки, мин	Максимальная температура в печи, °С	Время выдержки, мин
без добавок	430	20	715	35	910	47
«Coral MasterSILK»	395	23	689	32	890	45
«MasterFIX»	369	23	677	31	885	40
«Sika Antifreeze»	405	23	691	33	895	47

Разброс температур по сечению образца составил в среднем 34 °С, что является приемлемым для данных испытаний [6]. На рисунке 3 приведены результаты испытаний.



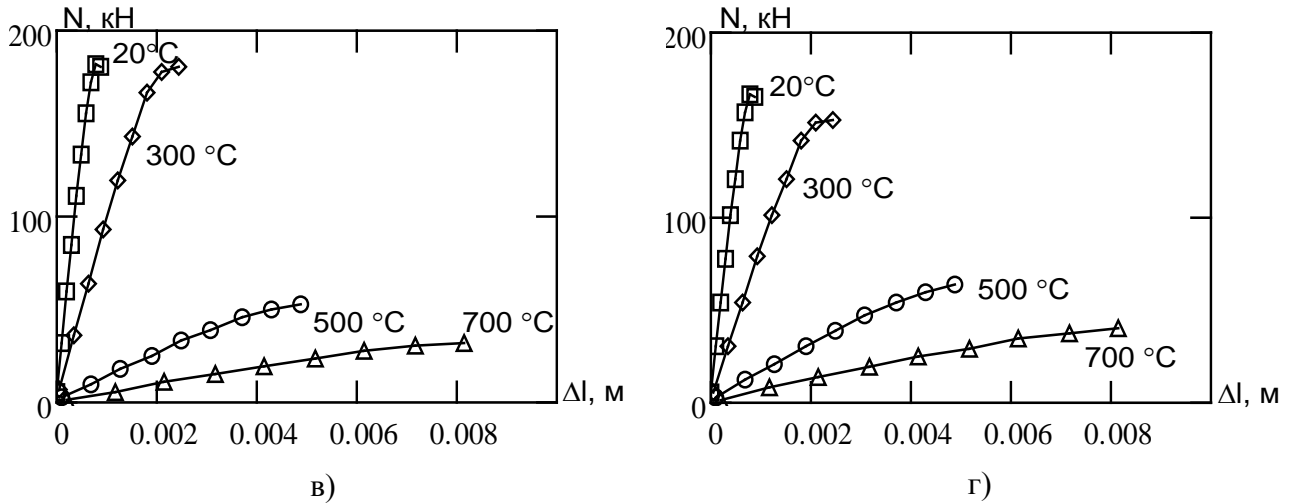


Рисунок 3 – Диаграммы деформирования образцов бетонных образцов

а) бетон без добавок; б) бетон с суперпластификатором «Coral MasterSILK»; в) бетон с суперпластификатором «MasterFIX»; г) бетон с противоморозной добавкой «Sika Antifreeze».

При оценке возможного влияния добавок на механические свойства был проведен сравнительный анализ на построенных диаграммах в координатах «напряжения - относительные деформации». На рисунке 4 показаны диаграммы деформирования для определенных температур режимов нагрева образцов.

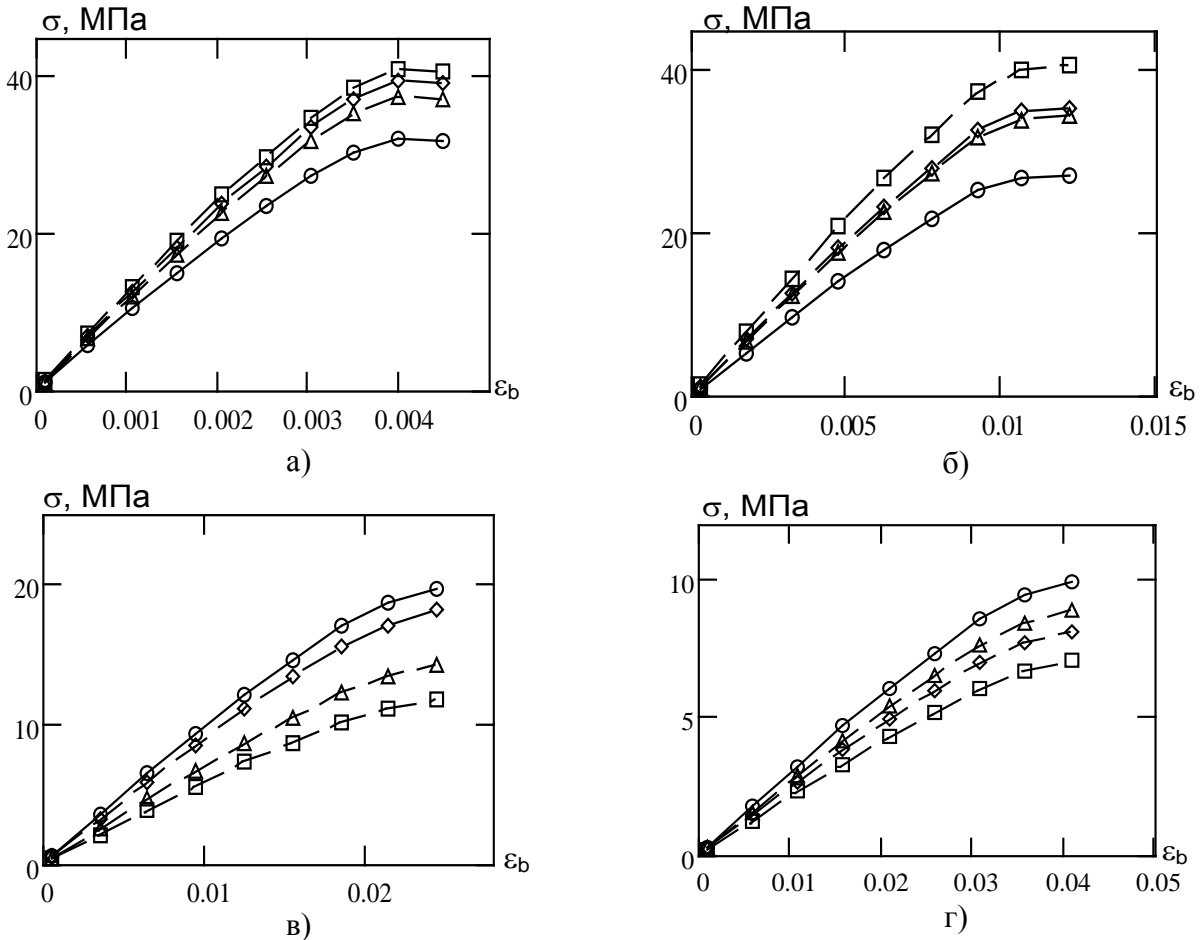


Рисунок 4 - Диаграммы деформирования при различных режимах нагрева для бетона

а) бетон при нормальных условиях; б) бетон при температуре 300 °С; в) бетон при температуре 500 °С; г) при температуре 700 °С

⊙⊙⊙ - без добавок; ◆◆◆ - с суперпластификатором «Coral MasterSILK»; ⊠⊠⊠ - с суперпластификатором «MasterFIX»; ▲▲▲ - с противоморозной добавкой «Sika Antifreeze».

Анализ рисунков 3, 4 показал, что при данных испытаниях, при температурах от 500 °С и выше прочность образцов с добавками ощутимо ниже чем бетона без добавок. При этом данный эффект наступает быстрее, что связано с более равномерным прогревом образцов, а значит почти одновременной деградацией прочностных свойств бетона.

На рисунке 5 (а) приведен график зависимости коэффициента работы бетона, который описывает динамику снижения прочности бетона при нагреве при данных испытаниях.

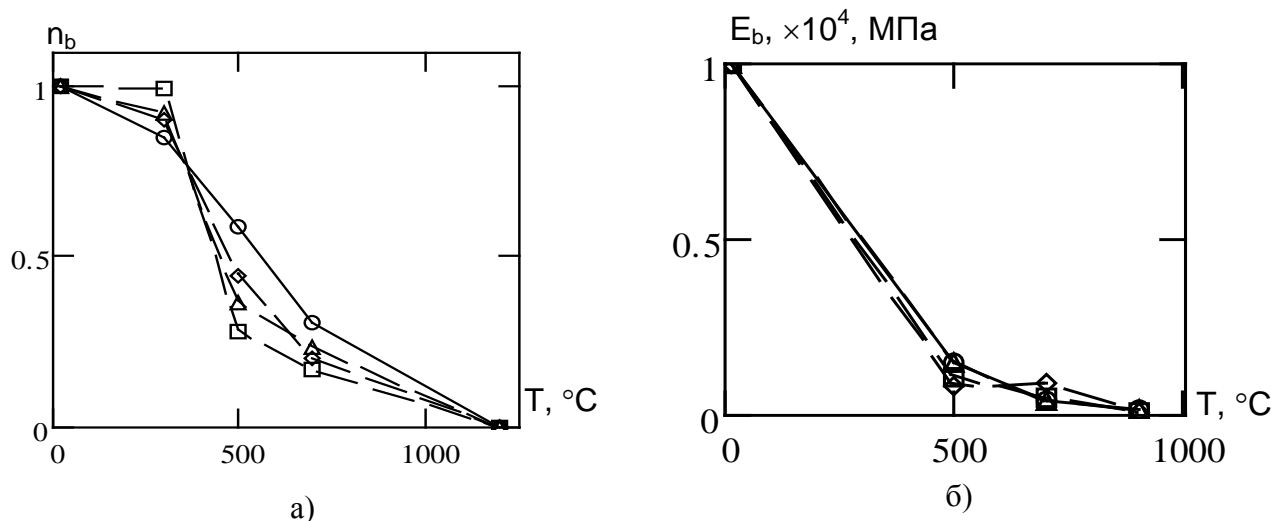


Рисунок 5 - Зависимости коэффициента снижения прочности от температуры нагрева бетона и начального модуля упругости от температуры нагрева бетона

а) зависимость коэффициента снижения прочности от температуры нагрева бетона;
 б) зависимость начального модуля упругости от температуры нагрева бетона.

⊙⊙⊙ - без добавок; ◆◆◆ - с суперпластификатором «Coral MasterSILK»; ⊠⊠⊠ - с суперпластификатором «MasterFIX»; ▲▲▲ - с противоморозной добавкой «Sika Antifreeze».

Графики на рисунке 5 (а) показывают существенное изменение прочности модифицированного бетона по сравнению с бетоном без добавок при температурах от 500 °С и выше.

Таким образом, исследования цилиндрических образцов из модифицированного бетона подтверждают наличие характерного снижения прочности, описанного выше. Данный эффект не может не оказать влияние на величину предела огнестойкости по предельному состоянию потери несущей способности железобетонных строительных конструкций.

Также исследовались деформационные характеристики. На рисунке 5 (б) показан характер изменения модуля упругости бетона в зависимости от температуры нагрева. Исследования изменения модуля упругости в зависимости от температуры показали, что характер его изменения для модифицированного и немодифицированного бетона существенных отличий не имеет.

Основные выводы.

Усовершенствована экспериментальная и расчетная база для испытаний цилиндрических образцов при одновременном нагреве и механическом сжатии.

При помощи усовершенствованной расчетной и испытательной базы проведены исследования прочностных и упруго пластических свойств модифицированного бетона.

Показано, что при температурах от 500 °С и выше происходит существенное изменение прочности модифицированного бетона по сравнению с бетоном без добавок в большей степени для суперпластификаторов и в меньшей степени для противоморозных добавок.

Показано, что наличие модификаторов существенно не влияет на изменение модуля упругости модифицированного бетона при разных температурах по отношению к немодифицированному бетону.

Показано, что наличие модификаторов в составе бетона существенно меняют прочностные и упругопластичные свойства, что в свою очередь влияет на пределы огнестойкости несущих железобетонных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поздеев А.В., Осипенко В.И., Гвоздь В.М., Стащенко С.И., Нуянзин В.М. Влияние модифицирующих добавок в бетоны на обеспечение огнестойкости железобетонных строительных конструкций // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. Черкаси: АПБ. – Випуск 7. - 2011 - С. 123-129.
2. Поздеев А.В. Определение теплофизических характеристик модифицированного бетона расчетно-экспериментальным методом // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 2(24). – С. 104-112.
3. Влияние добавок, повышающих подвижность бетонной смеси на теплофизические характеристики при пожаре / Поздеев А.В., Тищенко А.М., Некора О.В., [и др.] // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – № 9. – С. 106-114.
4. Поздеев С.В. Экспериментально-расчетный метод построения диаграмм деформирования бетона при высоких температурах / Поздеев С.В. // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск : ДонДТУ. – № 33. – 2011. – С. 275–283.
5. Некора О.В. Исследование эффективности математических моделей для решения теплотехнической задачи при определении огнестойкости железобетонных конструкций/ Некора О.В., Поклонский В.Г., Поздеев А.В.// Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. Вып. 52 в 2-х частях – Дн-вск, ГВУЗ ПГАСА, 2010. – С. 44-48.
6. Некора О.В. Расчетно-экспериментальный метод определения огнестойкости сжатых элементов железобетонных строительных конструкций: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Черкасы 2007.
7. Власова Е.А., Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Приближенные методы математической физики: Учебн. для вузов/ Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001. – 700 с.

