

УДК 614.841.332

А.И. Ковалев, к.т.н., АПБ им. Героев Чернобыля

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУР НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Исследовано влияние ошибок в измерении температур на точность определения теплофизических характеристик (теплопроводность и теплоемкость) бетона и вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ», производства ООО «ПТК «А+В Украина», для защиты железобетонного монолитного перекрытия.

Ключевые слова: монолитные железобетонные перекрытия, огнестойкость, вспучивающееся огнезащитное покрытие, теплофизические характеристики.

Постановка проблемы. В работах [1,2] были получены теплофизические характеристики (ТФХ) вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ», нанесенного на монолитное железобетонное перекрытие при испытаниях этих конструкций на огнестойкость при стандартном температурном режиме [3]. Существенное влияние на точность определения ТФХ оказывает точность получения температур с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия. При проведении испытания на огнестойкость, согласно [3] имеются погрешности измерений, которые учитываются в вычислительном эксперименте путем введения в значения температур искусственных ошибок случайного характера, соответствующих уровню реальных ошибок измерений. Обратные задачи, решаются как на «точных» значениях температур (без учета погрешностей экспериментальных измерений), так и на «возмущенных» значениях температур, чтобы показать влияние случайных составляющих ошибок измерений, на точность определения параметров модели [4]. Поэтому, анализ влияния ошибок в измерении температур с необогреваемой поверхности является важной задачей правильной оценки огнестойкости монолитных железобетонных перекрытий и настоящей целью данной работы.

Анализ последних достижений и публикаций. Для этого было спланировано и проведено испытание на огнестойкость двух образцов монолитных железобетонных перекрытий, размерами $600 \times 600 \times 60$, один из которых был обработан вспучивающимся огнезащитным составом «Феникс СТВ», общей средней толщиной 1,5 мм, а второй нет (рис. 1).



Рисунок 1 – Вид монолитного железобетонного перекрытия до испытания на огнестойкость:
а) с обогреваемой поверхности;
б) с необогреваемой поверхности.

Каждый образец препарировался термопарами хромель-алюмелевыми (ТХА) по центру четвертей на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности (ожидаемое место расположения несущей арматуры в железобетонных конструкциях). Дополнительно на каждом образце с необогреваемой поверхности устанавливались по две термопары ТХА. Испытания проводились при температуре воздуха 25 °С и относительной влажности 65%. Особенностью проведения испытаний было то, что термопары на глубине 20 мм невозможно было установить по изотерме к обогреваемой поверхности, как описано в [3], поэтому их устанавливали перпендикулярно к обогреваемой поверхности сверлением отверстий для их установки, а это приводит к погрешностям, которые имитировались с помощью генератора случайных чисел.

Изложение основного материала исследования. Температуры с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия без огнезащитного покрытия, полученные в результате испытаний на огнестойкость, возмущали на 10 %, имитируя случайные ошибки в измерении температур (рис. 2).

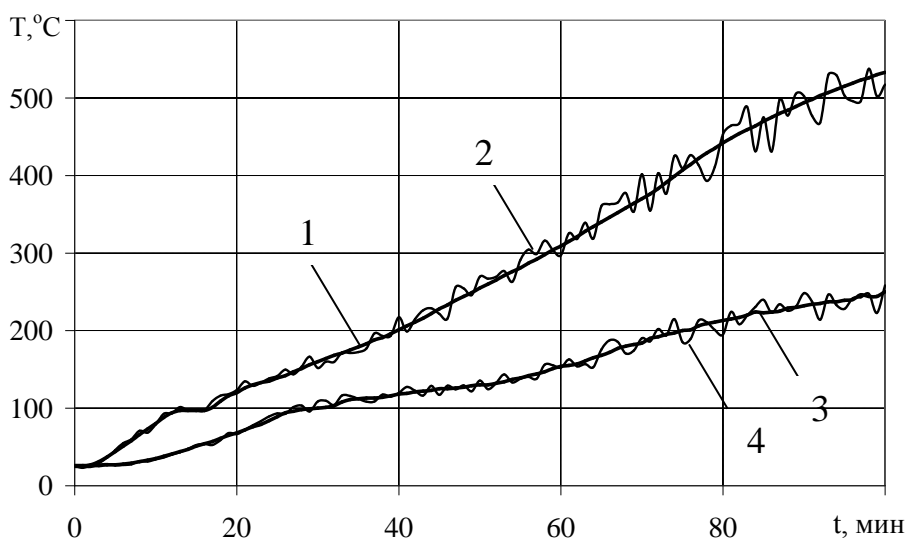


Рисунок 2 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия без огнезащитного покрытия, где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 3 – точная кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности;
- 4 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности.

Далее по этим температурам, решением обратных задач теплопроводности (ОЗТ), искали ТФХ бетона, зависящие от температуры (рис. 3,4).

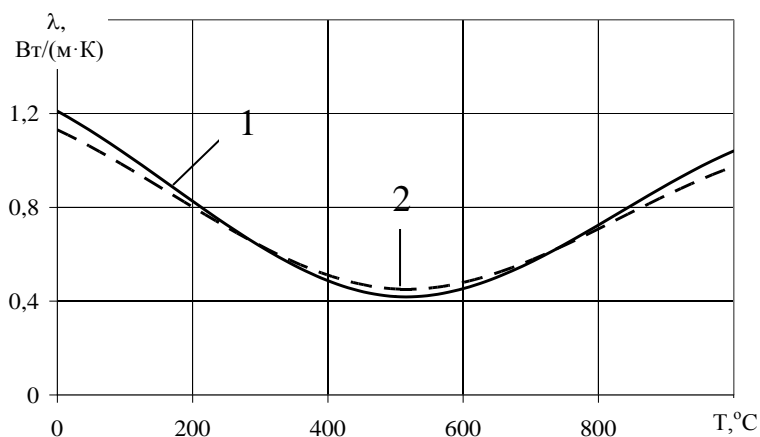


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплопроводности бетона от температуры, где:
 1 – точная зависимость;
 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

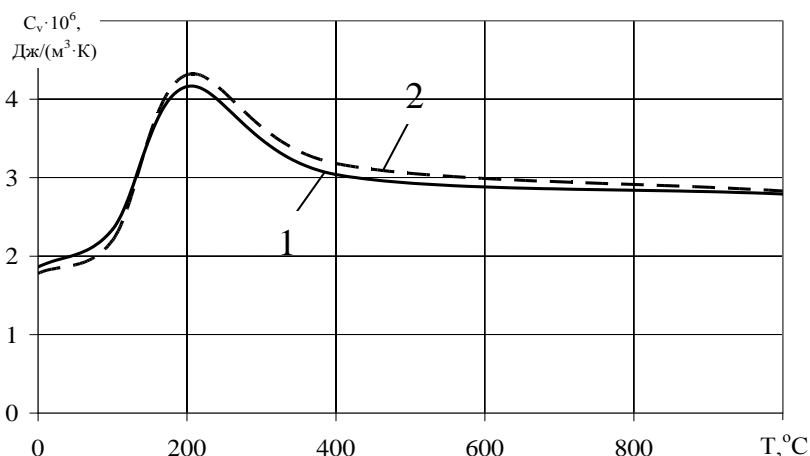


Рисунок 4 – Зависимость удельной объемной теплоемкости бетона от температуры, где:
 1 – точная зависимость;
 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

Из рисунков 3,4 видно, что зависимости ТФХ исследуемых образцов монолитных перекрытий реагируют на весьма существенные погрешности в температурах, но качественно и количественно они не сильно отличаются от точных. Отклонение точных значений от возмущенных составляет 8 %, что вполне приемлемо для инженерных расчетов. При этом величина (критерий) среднеквадратичного отклонения расчетных температур от «экспериментальных», полученных в вычислительном эксперименте с добавлением возмущения температур на 10 %, составил 14,2 °С.

Значения ТФХ (рис. 3, 4) использовали в расчетах для нахождения ТФХ вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ». Температуры с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия с огнезащитным покрытием, полученные в результате испытаний на огнестойкость, возмущали на 10 %, имитируя случайные ошибки в измерении температур (рис. 5).

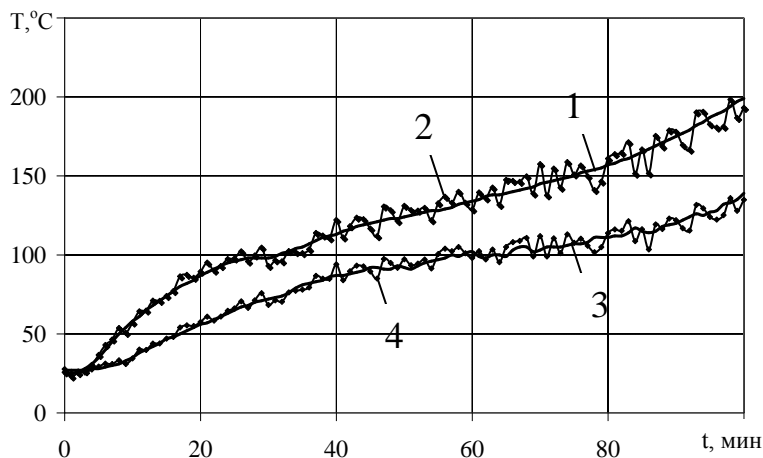


Рисунок 5 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия со вспучивающимся огнезащитным покрытием «Феникс СТВ», где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 3 – точная кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности;
- 4 - возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности.

Используя возмущенные на 10 % температуры (рис. 5), решением ОЗТ искали ТФХ вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ».

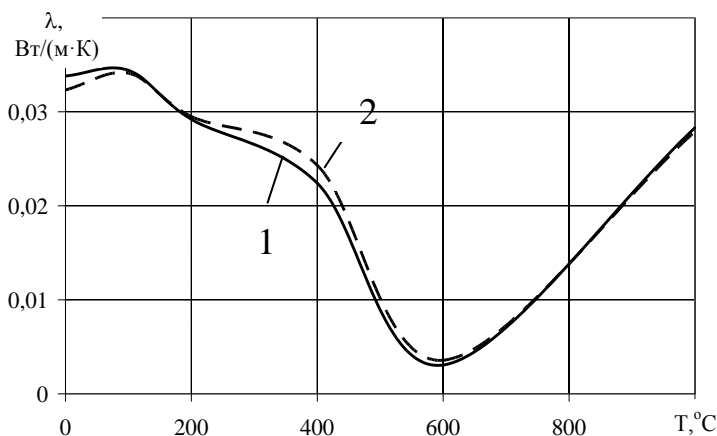


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента теплопроводности покрытия «Феникс СТВ» от температуры, где:

- 1 – зависимость, полученная решением ОЗТ по результатам испытаний на огнестойкость;
- 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

Выводы.

В результате исследования влияния случайных погрешностей в измерении температур на 10 % с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия установлено, что случайные погрешности слабо влияют на точность определения

теплофизических характеристик бетона и теплофизических характеристик вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ» (максимальная погрешность до 8 %).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Круковский П.Г. Методика определения характеристики огнезащитной способности вспучивающихся огнезащитных покрытий на бетонных перегородках расчетно-экспериментальным методом / П.Г. Круковский, А.И. Ковалев // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – № 7. – С. 170-185.
2. Экспериментальное исследование огнезащитной способности вспучивающегося огнезащитного покрытия на бетонной плите / А.И. Ковалев, П.Г. Круковский, Е.В. Качкар [и др.] // Пожежна безпека. – 2010. – №17. – С. 172-179.
3. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К.: Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
4. Качкар Е.В. Идентифицируемость параметров модели теплового состояния сэндвич-панелей с минераловатными плитами / Е.В. Качкар // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. - № 27. – С. 70-76.