

УДК 614.841.332

А.И. Ковалев, Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля МЧС Украины,
П.Г. Круковский, д.т.н., проф., Институт технической теплофизики НАН Украины,
А.А. Абрамов, ЧП «Испытательный центр ТЕСТ»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ОГНЕЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Исследовано влияние ошибок измерения температур на погрешность определения теплофизических характеристик (теплопроводность и теплоемкость) и характеристики огнезащитной способности штукатурного огнезащитного покрытия «Эндотерм 210104» железобетонного многопустотного перекрытия.

Ключевые слова: многопустотные железобетонные перекрытия, огнестойкость, штукатурные огнезащитные покрытия, характеристика огнезащитной способности покрытий, теплофизические характеристики.

Постановка задачи. Для определения зависимости толщины штукатурного покрытия от толщины защитного слоя бетона для обеспечения требуемого предела огнестойкости, которая называется характеристикой огнезащитной способности (ХОС), необходимы знания об теплофизических характеристиках (ТФХ) таких покрытий [1]. К таким характеристикам относятся коэффициент теплопроводности и удельная объемная теплоемкость. Для большинства огнезащитных материалов ТФХ зависят от температуры, вследствие протекающих в них физико-химических процессов во время нагрева. Для определения ТФХ и ХОС штукатурного покрытия используются результаты испытаний на огнестойкость многопустотных плит перекрытия, а также компьютерные модели теплового состояния многопустотного железобетонного перекрытия, описанные в [2].

Анализ последних достижений и публикаций.

Для определения ТФХ и ХОС штукатурного покрытия «Эндотерм 210104», производства НПП «Спецматериалы» г. Донецк, было проведено испытание на огнестойкость 2-х многопустотных железобетонных перекрытий, защищенных этим штукатурным покрытием толщиной 37 мм [1,3]. Для измерения средней и максимальной температуры на необогреваемой поверхности каждого образца (рис. 1,2) было установлено по 5 термопар (Т1-Т5), одна термопара (Т1) в центре образца и четыре в геометрических центрах четвертей образца. Испытания проводились при температуре воздуха 24 °С, относительной влажности воздуха 65 %.



Рис. 1 – Вид многопустотного железобетонного перекрытия с огнезащитным покрытием до испытания.

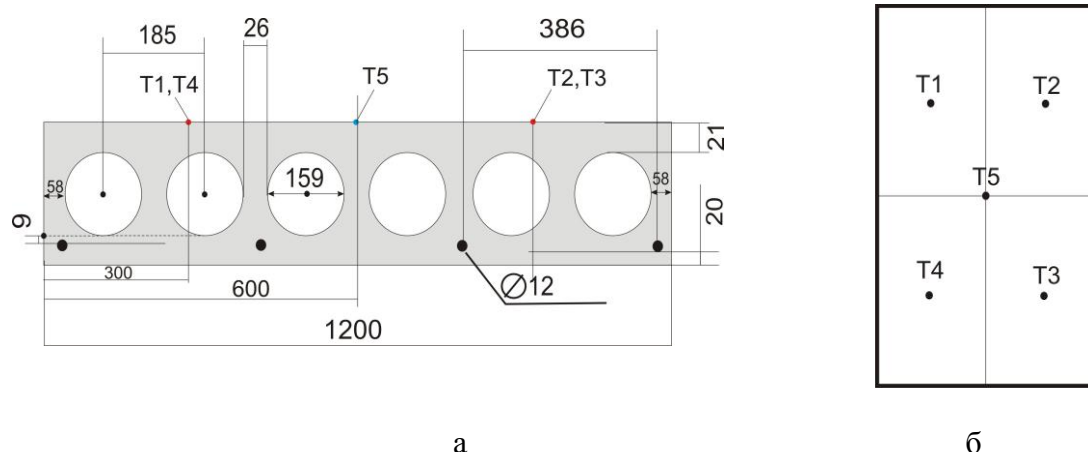


Рис. 2 – Схема расположения термопар с необогреваемой поверхностью многопустотного железобетонного перекрытия: а – вид спереди; б – вид сверху.

В указанных работах [1,3] дано понятие характеристики огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий как зависимость минимальной толщины огнезащитного покрытия от толщины защитного слоя бетона в перекрытии, при которой обеспечивается требуемый предел огнестойкости железобетонного перекрытия. Разработана такая характеристика для огнезащитного штукатурного покрытия «Эндотерм 210104», производства НВП «Спецматериалы» г. Донецк, но не исследовано влияние ошибок в измерении температур с необогреваемой поверхности на 10, 20 % на погрешность определения теплофизических и огнезащитных характеристик покрытий железобетонных перекрытий.

Поэтому исследование влияния ошибок в измерении температур на точность определения ТФХ и ХОС штукатурного покрытия «Эндотерм 210104» и есть целью настоящей работы.

Постановка задачи и ее решение.

Как известно из [4], при проведении испытаний на огнестойкость довольно сложно учесть систематические ошибки в измерении температур. Поэтому предлагается имитировать ошибки в измерении температуры при испытании с помощью генератора случайных чисел.

Изложение основного материала исследования.

Для этого был использован вычислительный эксперимент (ВЭ), имитирующий испытания на огнестойкость. в результате которого были получены расчетные значения температур на необогреваемой поверхности железобетонного перекрытия (рис.3, кривая 1). Проведено исследование влияния погрешностей в измерении температуры на необогреваемой поверхности железобетонного перекрытия на точность определения ТФХ бетона, покрытия и ХОС штукатурного покрытия.

Вводились случайные погрешности 10 и 20 % в измерении температур на необогреваемой поверхности перекрытия без огнезащитного покрытия с помощью генератора случайных чисел (рис. 3, 4, кривые 2).

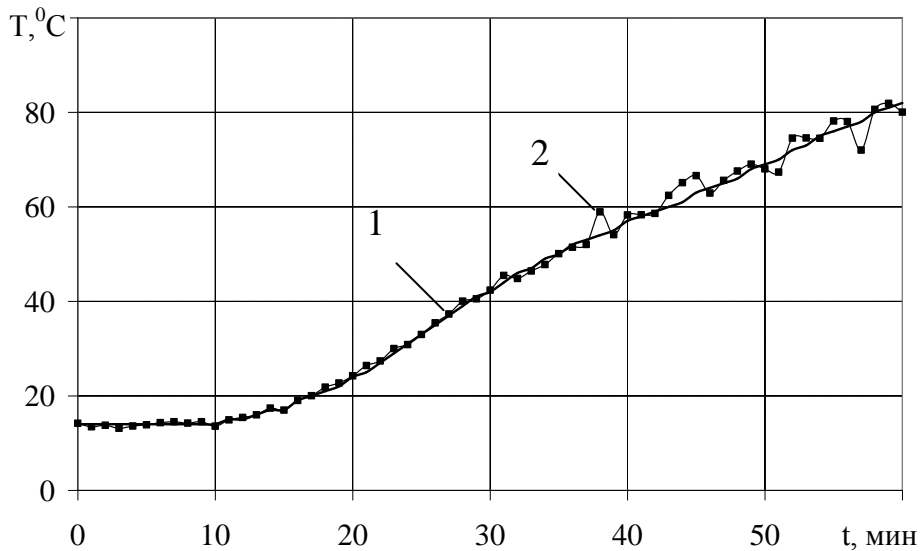


Рис. 3 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности железобетонного перекрытия, толщиной 220 мм, где:
1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
2 – возмущенная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности.

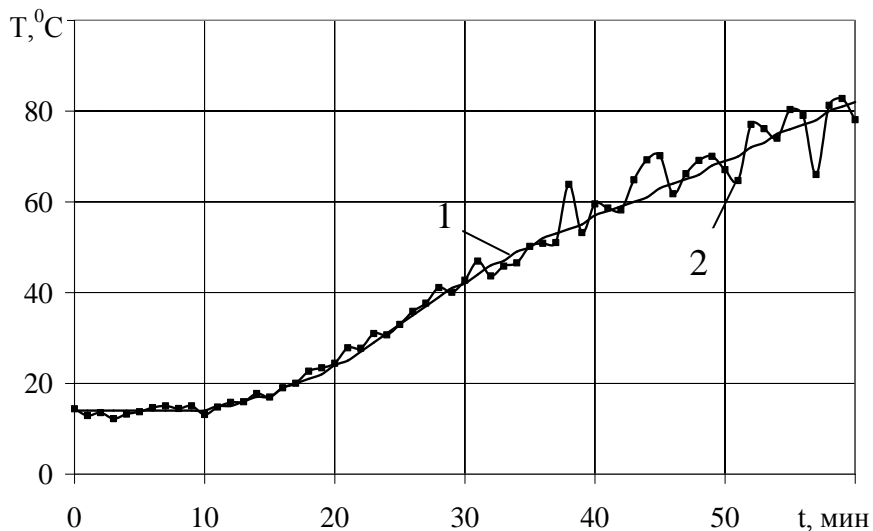


Рис. 4 – Точные и возмущенные до 20 % значения температур на необогреваемой поверхности железобетонного перекрытия, толщиной 220 мм, где:
1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
2 – возмущенная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности.

Полученные возмущенные температуры использовали при поиске ТФХ бетона перекрытия решением обратных задач теплопроводности (ОЗТ).

В результате исследования установлено, что случайные погрешности в измерении температуры на 10 и 20 % на необогреваемой поверхности плиты перекрытия не значительно влияют на точность определения ТФХ бетона плиты. Неточность в измерении температур с необогреваемой поверхности перекрытия на 10 % приводит к погрешности в значениях ТФХ бетона в 0,6 %, а на 20 % к погрешностям в 1,6 %. При этом величина (критерий) среднеквадратичного отклонения расчетных температур от «экспериментальных», полученных в ВЭ с добавлением возмущения температур на 10 %, составил 3,56 °С, а при возмущении на 20 % – 4,44 °С.

Полученные ТФХ слоев бетона многопустотного железобетонного перекрытия использовали при нахождении коэффициента теплопроводности штукатурного покрытия с помощью ОЗТ (рис. 5).

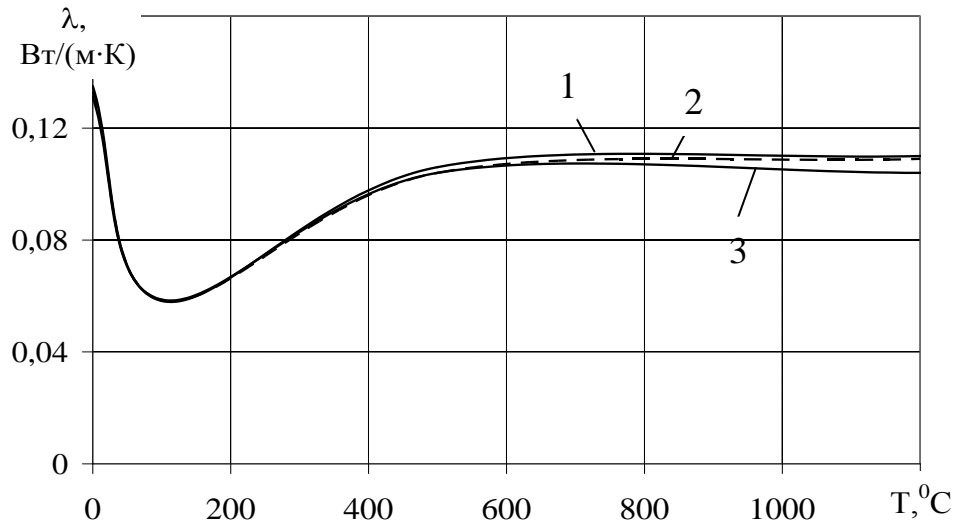


Рис. 5 – Зависимости эффективных коэффициентов теплопроводности штукатурного покрытия от температуры, где:

- 1 – точные коэффициенты;
- 2 – коэффициенты, полученные решением ОЗТ при возмущенных температурах на 10 %;
- 3 – коэффициенты, полученные решением ОЗТ при возмущенных температурах на 20 %.

Критерий среднеквадратичного отклонения при поиске коэффициента теплопроводности штукатурного покрытия по возмущенным на 10 % температурам составил 1,9 °C, а по возмущенным на 20 % температурам – 2,66 °C. Точные и расчетные температуры на необогреваемой поверхности плиты перекрытия показаны на рис. 6.

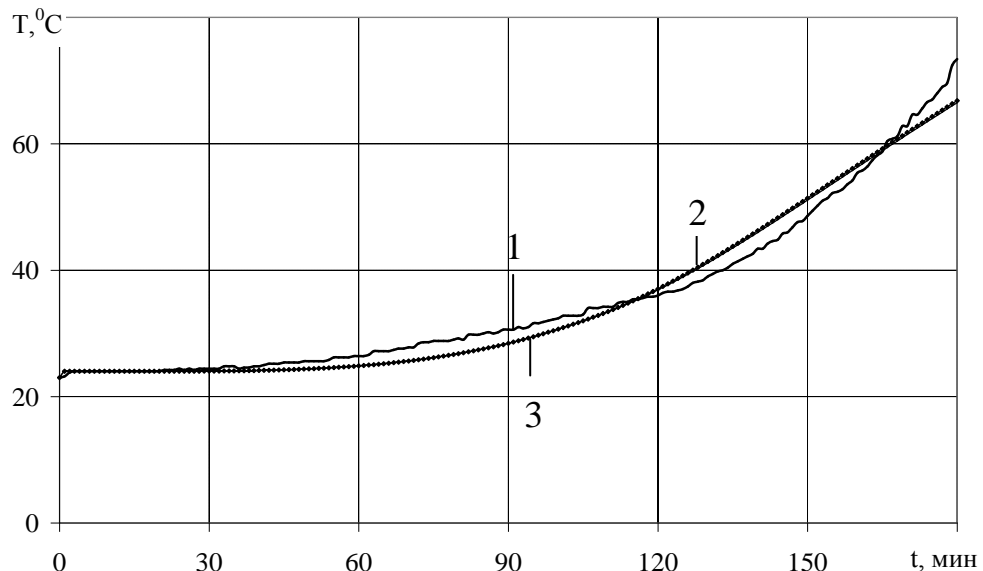


Рис. 6 – Зависимости температуры от времени огневого воздействия на не обогреваемой поверхности перекрытия со штукатурным покрытием, где:

- 1 – кривая, полученная в результате испытаний на огнестойкость;
- 2 – расчетная возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 3 – расчетная возмущенная на 20 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности.

Точные и возмущенные на 10, 20 % температуры с необогреваемой поверхности многопустотного железобетонного перекрытия со штукатурным покрытием «Эндотерм 210104» показаны на рис. 7, 8.

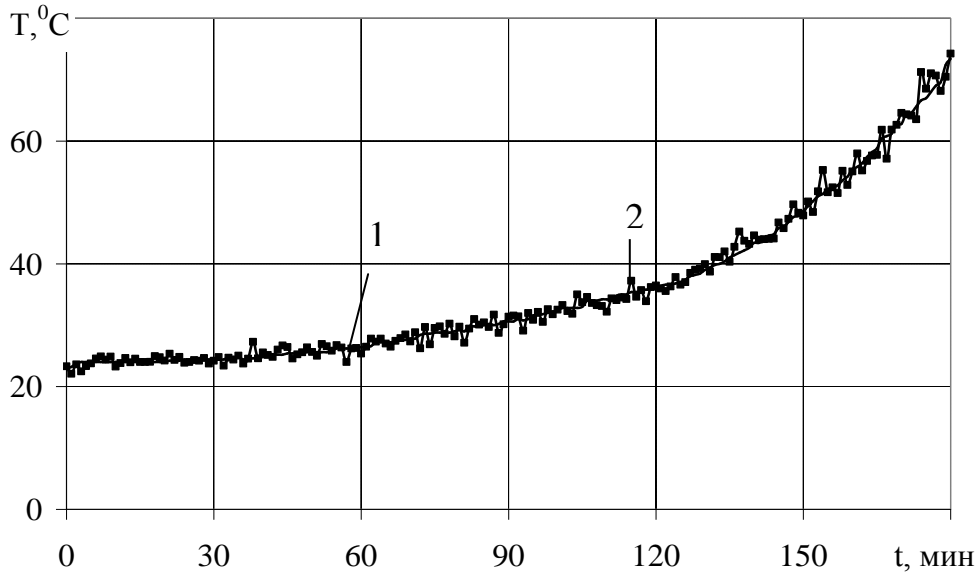


Рис. 7 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности перекрытия, покрытой штукатурным составом, где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности.

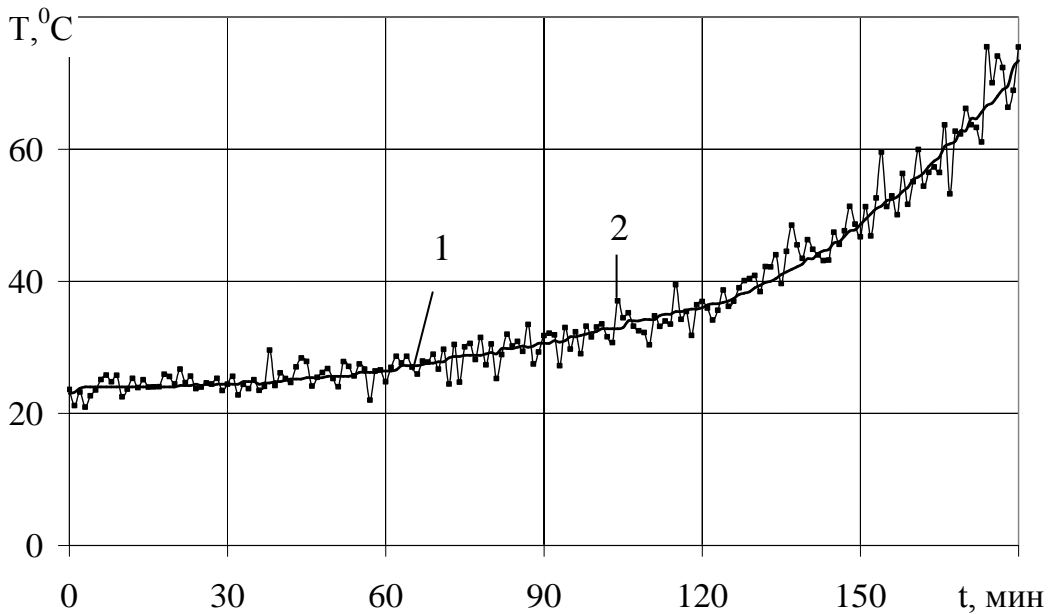


Рис. 8 – Точные и возмущенные до 20 % значения температур на необогреваемой поверхности перекрытия, покрытой штукатурным составом, где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности.

Найденные ТФХ бетона, штукатурного покрытия использовали для нахождения ХОС штукатурного покрытия для предела огнестойкости в 180 минут (рис. 9).

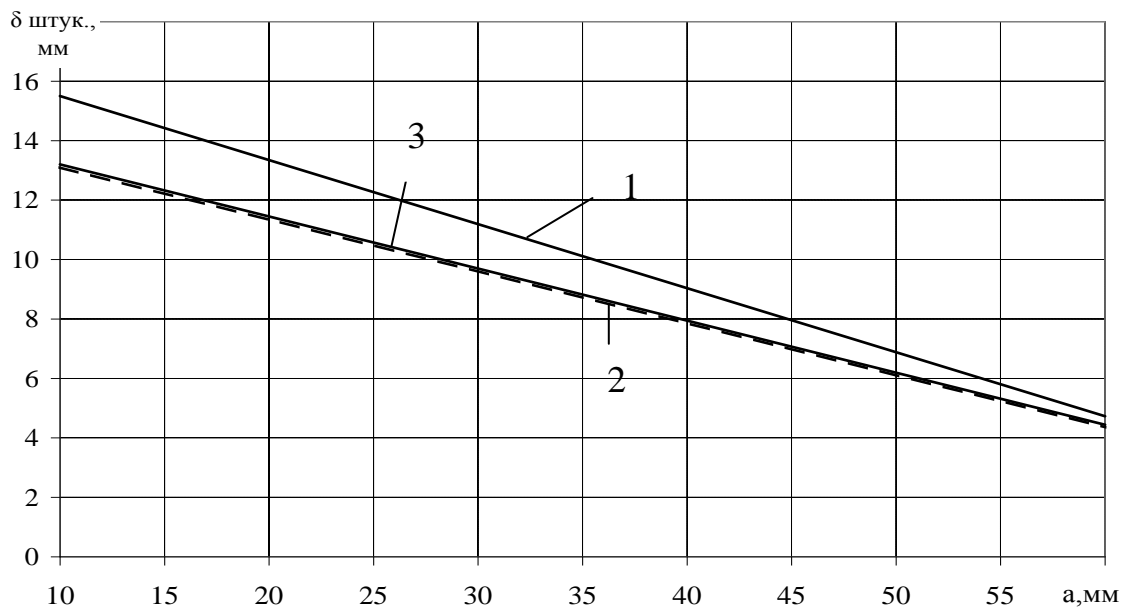


Рис. 9 – Характеристика огнезащитной способности штукатурного покрытия «Эндотерм 210104» для предела огнестойкости 180 мин, где:

- 1 – полученная на точных данных;
- 2 – полученная на возмущенных до 10 % данных;
- 3 – полученная на возмущенных до 20 % данных.

Как видно из рис. 9, максимальное отклонение ХОС от точных данных при возмущении на 10 % составляет 15,5 %, что подтверждает теорию о сильном влиянии случайных погрешностей в измерении температур на необогреваемой поверхности плиты перекрытия на точность определения ХОС штукатурного покрытия.

Можно предположить, что такие отклонения обусловлены конструктивным выполнением многопустотных плит перекрытий в сочетании с особенностями массопереноса влаги (естественной и химически связанной) при высокотемпературном воздействии.

Выводы. В результате исследования влияния случайных погрешностей в измерении температур на 10, 20 % на необогреваемой поверхности железобетонного перекрытия установлено, что случайные погрешности слабо влияют на точность определения теплофизических характеристик многопустотного железобетонного перекрытия, но сильнее влияют на точность определения теплофизических характеристик (максимальная погрешность до 3 %) и наиболее сильно на характеристику огнезащитной способности штукатурного покрытия «Эндотерм 210104» (максимальная погрешность до 15,5 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круковский П.Г. Методика определения характеристики огнезащитной способности покрытий многопустотных железобетонных плит перекрытий / П.Г. Круковский, А.И. Ковалев // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 1 (23). – С. 87-101.

2. Ковалев А.И. Усовершенствование метода оценки огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий: дисс. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Ковалев Андрей Иванович. – К., 2012. – 163 с.
3. 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.
4. Качкар Е.В. Обоснование параметров трехслойных перегородок с минераловатными плитами для зданий и сооружений с учетом их огнестойкости : дис. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Качкар Евгений Владимирович. – К., 2009. – 157 с.