

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА
В КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

**В.К.Жуковский, Ю.М.Заволока, В.Н.Выровой,
М.В.Заволока, А.Р.Гохман**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Введение

В нормативно-технической документации теплопроводность является основным параметром, определяющим эффективность КСМ для наружных ограждений с целью обеспечения комфортности проживания и экономии топливно-энергетических ресурсов. Теплопроводность КСМ является неким усредненным значением (величиной), в котором не учитываются структурные неоднородности, присущие гетерогенным материалам, что существенно влияет на изменчивость теплопроводности в материале, создавая неоднородную картину тепловых потоков.

Натурные исследования температуры поверхности ограждающих конструкций тепловизионными приборами показывает, что при стационарном тепловом потоке температуры поверхности материала ограждений неоднородны и это свидетельствует о существовании отдельных тепловых потоков с более высокой теплопроводностью материала.

Передачу тепла в КСМ в стационарном тепловом режиме можно моделировать электропроводностью твердых тел, которая в свою очередь зависит от механических характеристик и дефектности структуры [3], т.е. являются структурно-зависимым свойством. В работах В.В. Усова показано, что в металлах наблюдается анизотропия электропроводности в зависимости от структуры материала. В связи с этим определена задача исследования – изучить влияние структурных особенностей строительных материалов на механизм формирования тепловых потоков.

Влияние структуры на аномальное изменение коэффициентов теплопроводности отмечено для вспененных полимерных материалов и конструкционной керамики. Это позволяет предположить, что наличие в структуре КСМ трещин и внутренних поверхностей раздела, а также локальных и интегральных технологических деформаций ,

вызывает формирование линий токов тепла, что затрудняет объективно оценить значения коэффициента теплопроводности, определяемые действующими нормами.

Методика проведения эксперимента

Для проверки выдвинутой гипотезы в данной работе был создан тепловизионный сканер (рис.1) на базе инфракрасного датчика (ИК) MLX90614, который способен улавливать излучение объектов в температурном диапазоне -70°C - 380°C с точностью до $0,01^{\circ}\text{C}$.

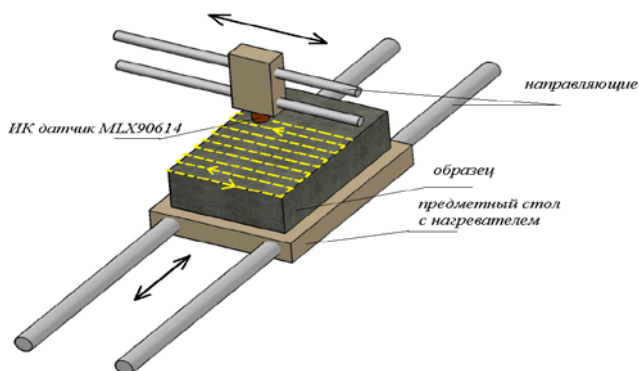


Рис. 1. Тепловизионный сканер

На предметном столе устанавливается нагревательный элемент с расположенным на нем исследуемым образцом (рис. 1). Нагреватель обеспечивает равномерный нагрев образца путем установки его в песок с нагревателем, таким образом, чтобы только верхняя поверхность образца контактировала с окружающей средой. Образцы нагреваются на $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$ выше температуры окружающей среды. Перед началом сканирования образцы выдерживаются 30-40 минут для установления термодинамического равновесия с окружающей средой, что обеспечивает стационарный тепловой поток в образце. Размер образцов $60\times 60\times 7$ мм.

При помощи термодатчика MLX90614, с шагом 1 мм измерялась температура поверхности вдоль осей X и Y.

На рис. 2. представлены образцы модели структуры бетона.

Результаты исследований.

Для эксперимента использовали модели КСМ, матричными

материалами в которых использовались цементный камень и эпоксидная смола с включениями зерен керамзита, эластичным материалом (кубики ластика) и круглыми включениями из эпоксидной смолы.

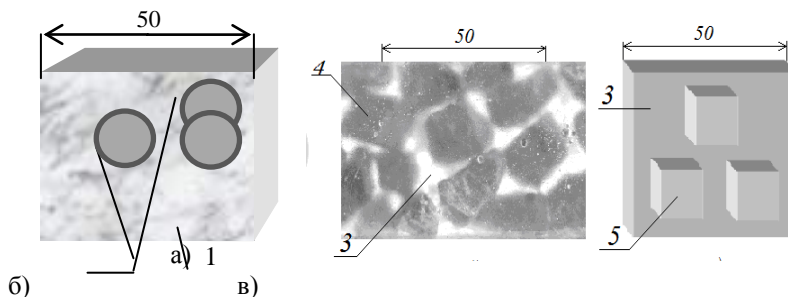


Рис. 2. Модели структуры бетона: 1, 3 – эпоксидная смола; 2 - вставки из эпоксидной смолы; 4-керамзитовый гравий; 5- заполнители квадратной формы (ластик)

На рис. 3. представлена структурная модель - эпоксидная смола с включениями ластика. На рис. 3а приведено поле температур, на рис. 3б представлено поле распределения среднеквадратического отклонения температуры из выборки окружения отдельного пикселя. Следует отметить, что такая модель характеризуется по предыдущим работам незначительными остаточно-напряженными участками структуры, что и мы наблюдаем по данным на рис. 3а, 3б.

Более сложную структуру имеет температурное поле структурной модели – эпоксидная смола-керамзит (рис. 4). В этом случае керамзит находится внутри эпоксидной матрицы и не имеет контакта с нагревателем. Но, тем не менее, проявляет себя на поверхности структурной модели как ярко выраженная структурная неоднородность, что видно по градиентам температур матричного материала и керамзита.

На рис. 5 представлена структурная модель – эпоксидная смола с четырьмя круглыми включениями из той же эпоксидной смолы. В данной модели следует отметить незначительный градиент температур вдоль образца, что связано с тем, что за время сканирования образец продолжал нагреваться, это проявилось в том, что средняя температура в начале эксперимента и в конце незначительно изменилась. Однако, процедура присваивания пикселю среднеквадратического значения из выборки (рис. 5б), что позволило выявить структурные неоднородности даже на такой «испорченной»

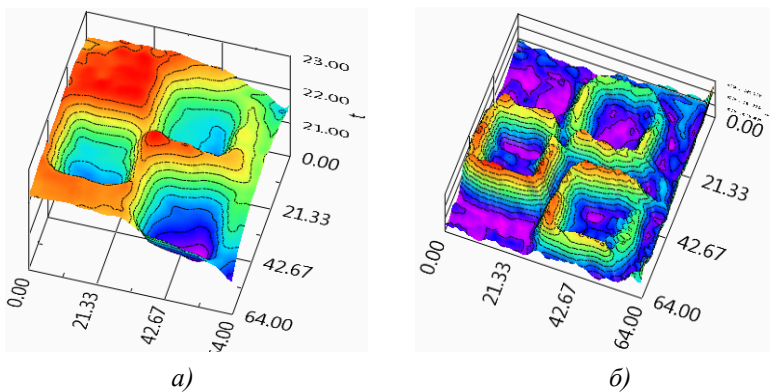


Рис. 3. Характер формирования полей температур (а) и полей распределения среднеквадратического отклонения температуры из выборки окружения отдельного пикселя (б)

картинке.

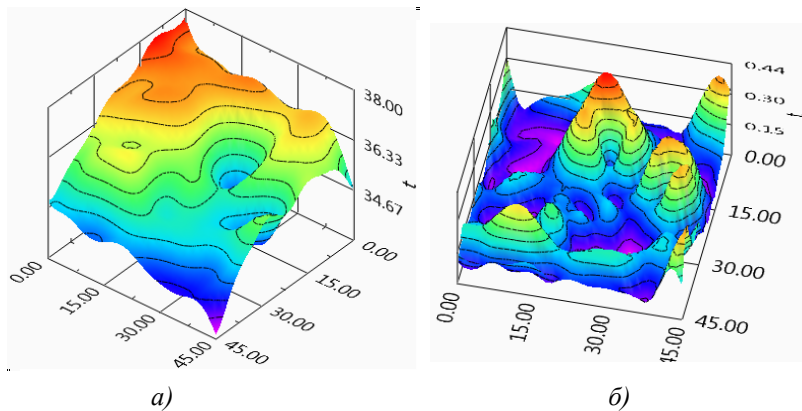


Рис. 4. Характер формирования полей температур (а) и полей распределения среднеквадратического отклонения температуры из выборки окружения отдельного пикселя (б)

На рис. 5б выделена область с глухим отверстием, высверленной одной из эпоксидных вставок, отчетливо просматривается область, где отсутствует адгезия между одной из вставок «эпоксидной» и эпоксидной матрицей.

На структурных моделях хорошо видны температурные неоднородности по поверхности образцов. Очевидно, это связано с распределением более мелких дефектов структуры в виде неоднородного распределения остаточных деформаций, микротрещин и др.

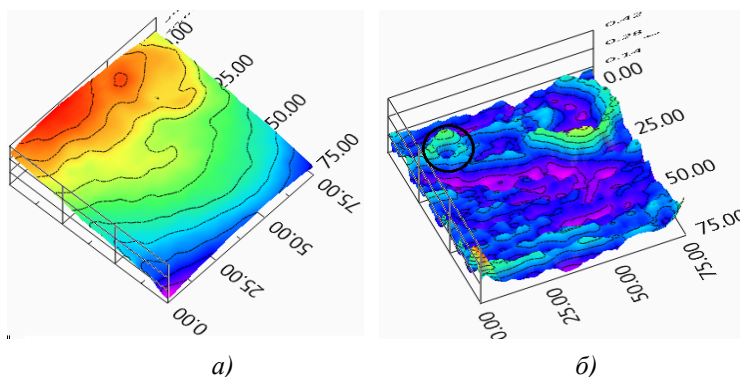


Рис. 5. Характер формирования полей температур (а) и полей распределения среднеквадратического отклонения температуры из выборки окружения отдельного пикселя (б)

Выводы

В результате выполненных исследований следует отметить, что предложенный метод температурного сканирования позволяет достоверно выявить ряд структурных неоднородностей, не прибегая к более дорогим и трудоемким методам дефектоскопии, таким как ультразвуковые и рентгеновские.

Исследования структурных моделей температурным сканированием подтвердили закон Видермана-Франца образованием на поверхности композиционных строительных материалов зон с различными температурными градиентами, которые отражают наличие структурных неоднородностей в виде поверхности раздела остаточных деформаций и другие.

Установлено, образование градиентов температуры предполагает, что в материале формируются сложные траектории тепловых потоков, регулирование которыми дает возможность изменять термозащитные свойства теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов.

Summary

The method of thermal scanning hard materials organized to determine the peculiarities of heat flows at a steady heat.

Литература

1. В.К. Жуковский, А.Р. Гохман, Ю.М. Заволока, В.Н. Выровой. Спекл-интерферометрические методы при анализе технологической деформаций различных сред // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2010, №39, с. 230-237.

2. В.К. Жуковский, А.Р. Гохман, Ю.М. Заволока, В.Н. Выровой. Исследование напряженно-деформационного состояния композиционных строительных материалов методом спекл-интерферометрии // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, №43, 2011, с. 154-158.

3. В.К. Жуковский, А.Р. Гохман. Связь коэффициента линейного температурного расширения с остаточными напряжениями // Журнал технической физики, 79 (2009) №4, с. 90-97.

4. Най Дж. Физические свойства кристаллов: Пер. с англ. – М.: Мир. – 1967. – 385с.

5. Ю.М. Заволока, В.Н. Выровой. Особенности процессов теплопередачи в гетерогенных материалах // Сборник докладов. Том 3. Научно-практическая конференция. Проблемы строительной теплофизики и энергосбережения в зданиях, М.: - 1997. – 313с.

6. В.К. Жуковский, А.Р. Гохман, Ю.М. Заволока, В.Н. Выровой. Исследование напряженно-деформационного состояния композиционных строительных материалов методом спекл-интерферометрии // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, № 47, 2012, с. 139-147.