свойств смесей проникающего действия необходимо наличие сбалансированного количества свободной извести. Таким требованиям соответствует портландский цемент, что подтверждается проведенными нами термодинамическими расчетами [5]. А добавка шлака в данном случае забирает на себя и связывает свободную известь, нарушая расчетный баланс. Поэтому использование цементов с минеральными добавками даже в небольших количествах в смесях проникающей гидроизоляции ухудшает физико-механические свойства данных систем.

Список литературы: 1. *Бабушкин В.И., Костюк Т.А., Кондращенко Е.В., Прощин О.Ю.* Безусадочные сухие строительные смеси широкого спектра действия./Материалы Всероссийской научно-практической конференции// Сборник трудов: Строительное материаловедение – теория и практика. – М.: СИП РИА, 2006.- С.106-108. **2.** *Ушеров-Маршак А.В., Гергична З., Малолепши Я*. Шлакопортландцемент. – Харьков: Колорит, 2004. **3.** *Будников П.П., Значко-Яворский И.Л.* Гранулированные доменные шлаки и шлаковые цементы. – М.: Промстройиздат, 1953. – 223 с. **4.** *Рыбалко А.И., Грабенко П.Т., Файнер М.Ш., Лахова Т.Н*. Днепровский цемент (новое качество). – 2-е изд. – Днепродзержинск, 2001. – 41 с. **5.** *Бабушкин В.И., Мокрицкая Л.П., Новикова С.П., Зинов В.Г.* Исследование физико-химических процессов при гидратации твердения расширяющихся цементов // Тр. VI Междунар. конгр. по химии цемента.- М.: Стройиздат, 1976.- Т.3.- С. 187-189.

Поступила в редколлегию 12.04.07

УДК 691.327.332

Л.П. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, ***Д.А. БОНДАРЕНКО***, аспирант,
Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Зроблено спробу теоретично обґрунтувати доцільність використання електричного моделювання для дослідження температурних полів і граничних умов у конструкціях, що обгороджують.

In the article an attempt in a theory to ground expedience of the use of electric design for research of the temperature fields and scope terms in barriering constructions is done

Анализируя технические решения повышения теплозащитных функций ограждающих конструкций зданий и сооружений старой застройки можно заключить, что наиболее эффективными являются теплоизоляционные материалы, которые позволяют модернизировать их без выселения жильцов с одновременным обеспечением нормативного микроклимата, санитарно-гигиенической комфортности и условий энергосбережения.

Снижение тепловых потерь через светопрозрачные ограждения, современным строительным комплексом решается с помощью установки металлопластиковых окон, а вот решение выбора теплоизоляции наружной или внутренней остается за строителями. Кроме того, необходимо решить экономическую составляющую реконструкции жилого здания, вопросы, связанные с эффективностью и надежностью той или иной теплоизоляционной системы [1].

Используя математический подход для решения инженерных задач по установленным моделям и зависимостям можно увязать факторы, которые обеспечат достижение нормативных значений параметров микроклимата помещений в соответствии с современными санитарно-гигиеническими требованиями и требованиями по энергосбережению.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать такую схему модернизации наружных стен, при которой одновременно решаются задачи:

- повышение термического сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с целью экономии тепловой энергии;
- обеспечение требуемого воздухообмена за счет применения в ограждающих конструкция теплоизоляционного материала, который «дышит»;
- применения теплоизоляционных материалов для реконструкции зданий и сооружений с наименьшим коэффициентом Ц/К (цена/качество).

Исследовать температурные поля в ограждающих конструкциях можно методом электромоделирования [2] с помощью измерения распределения температур в плоских сечениях ограждающих конструкций, имеющих различные включения, замкнутые прослойки, пустоты и т.п. при стационарном тепловом режиме. Данное исследование возможно в силу того, что электрическое моделирование тепловых процессов основано на математическом подобии явлении теплопроводности и электропроводности. Несмотря на различную физическую сущность явлений, они описываются одинаковыми по форме уравнениями, отличающимися только размерностью величин, что оп-

ределяется общей теорией потенциалов в обоих случаях. В безразмерном виде уравнение, называемое уравнением Лапласа (1), описывает все случаи явлений тепло- и электропередачи в плоском температурном или электрическом поле при постоянных граничных условиях независимо от геометрических размеров тела, его физических свойств и взаимодействия с окружающей средой.

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0 \qquad (1)$$

При этом θ может выражать или температуру или электрический потенциал точки поля с координатами x и y в зависимости от выбранной цели. Следовательно, чтобы решить конкретную задачу по электромоделированию необходимо знать: геометрические размеры, одинаковые граничные условия, физические характеристики. Тогда техника моделирования сводится к определению значений электрических и тепловых величин на основании аналогий между этими величинами: тепловой поток – кДж, сила тока – А, температура, ^{o}C, напряжение (потенциал) – В; термическое сопротивление – ч·град·м^2/ккал, электросопротивление – Ом.

Таким образом, метод электрического моделирования позволит заменить измерение температурных параметров в конструкции электрическими, что упростит технику исследования и повысит точность результатов т.к. утечку тепла избежать трудней чем утечку электричества. Кроме того, электрическую модель плоского температурного поля можно изготовить из плоского листа электропроводного материала типа алюминиевая фольга (графитная бумага и др.) придав ему форму исследуемой конструкции. В случае, когда ограждающая конструкция состоит из нескольких слоев различных материалов или имеет теплопроводные включения (например, мостики холода) то электропроводимость модели также изменяют в данных местах, путем создания решетки на поверхности электропроводного материала. При этом сохраняется зависимость: отношения проводимости участков модели соответствует отношению коэффициентов теплопроводности участков образца. Граничные условия теплоперехода имитируются наращиванием по контуру модели дополнительного слоя фольги, толщиной $\delta = \lambda/\alpha$, где α – коэффициент теплоперехода.

Рассмотрение свойств и характеристик нового теплосберегающего покрытия ТС CERAMIC [3]. Данное покрытие представляет собой суспензию

белого цвета, состоящую из жидкого каучука, акрилового полимера и пустотелых стеклокерамических шариков микронного размера. Данная композиция может наноситься кистью или распылителем слое 0,4 мм, что по теплоизоляции заменяет слой в 1 керамический кирпич, толщиной 280 мм.

Взаимодействие между химическими агентами в материале ТС CERAMIC на молекулярном уровне создает настоящий лабиринт тепловых барьеров, надежно препятствуя проникновению холода и тепла внутрь здания (при наружном использовании). Подобный материал до сих пор используется для внешней термозащиты космических аппаратов, а в строительном материаловедении стал использоваться с 2005 г.

Для моделирования температурных полей в ограждающих конструкциях с использованием системы ТС CERAMIC методом электромоделирования было учтено, что в общем случае задача расчета поля сводится к отысканию в некоторой области Ω решения U уравнения

$$AU = f$$

при некоторых условиях на границе $\partial\Omega$ области Ω

$$L_i U = R_i \text{ на } \partial\Omega_i \ (i = 1,...,m),$$

где $\partial\Omega_i \subset \partial\Omega$, A и L_i – известные дифференциальные операторы, f и R_i функции, определенные внутри области Ω и на участках $\partial\Omega_i$ ее границы.

Поскольку краевая задача описывает реальные физические явления, помимо дифференциального уравнения при ее постановке важно учитывать также характер и количество краевых условий для обеспечения существования решения задачи. При этом решение должно быть единственным и непрерывно зависеть от коэффициентов уравнения, свободного члена (правой части уравнения) и краевых условий. Совокупность этих требований определяет корректность постановки задачи.

Приведенные в постановке краевой задачи функции U, f, R_i и операторы A и L_i называются аналитическими компонентами краевой задачи; область Ω, ее граница $\partial\Omega$, участки границы $\partial\Omega_i$ – называются геометрическими компонентами. Дифференциальное уравнение температурного поля выводится из закона теплопроводности Фурье и закона сохранения энергии. В общем случае дифференциальное уравнение теплопроводности имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(a_X \frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(a_y \frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(a_Z \frac{\partial T}{\partial z}\right)=W, \qquad (2)$$

где a_X, a_y, a_Z – компоненты коэффициента теплопроводности, W – плотность источника тепла внутри области Ω. В случае отсутствия источника тепла внутри области уравнение примет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(a_X \frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(a_y \frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(a_Z \frac{\partial T}{\partial z}\right)=0 \qquad (3)$$

Картина температурного поля зависит от свойств исследуемого тела Ω, определяемых значениями удельной теплоемкости – C, плотности материала – °, коэффициентов теплопроводности – a, распределения W плотности источников и от формы тела Ω, в котором это тепло распространяется. К теплофизическим параметрам среды относится также коэффициент теплоотдачи ~, характеризующий интенсивность теплового взаимодействия среды заданной температуры T_{cp} с поверхностью тела. Теплопроводность тел зависит от многих факторов (химический состав, физическое строение и состояние вещества, пористость материала, анизотропия, температура и др.). Поэтому очень часто коэффициент теплопроводности a определяют экспериментальным путем, иногда пользуются приведенными в литературе данными.

Коэффициент теплоотдачи ~ является сложной функцией термических, физических и динамических характеристик тела и окружающей среды. Определению данного коэффициента для конкретных систем посвящено большое количество экспериментальных и теоретических исследований. Коэффициент теплопроводности измеряется в Вт/(м·°С), коэффициент теплоотдачи – в Вт/(м^2 °С).

Чтобы из множества решений дифференциального уравнения (2) выбрать нужное (характеризующее конкретный процесс), необходимо к уравнению присоединить граничные и начальные условия. Начальное условие состоит в задании закона распределения температуры в теле в начальный момент времени и обычно имеет вид:

$$T(x, y, z, 0)=T_0(x, y, z), \qquad (4)$$

где $T_0(x, y, z)$ – известная функция. При равномерном распределении температуры в теле начальное условие имеет вид: $T=T_0=const$.

Начальное температурное поле $T_0(x, y, z)$ проявляет свое влияние лишь в некотором начальном временном интервале, вне которого температурное поле вполне определяется свойствами тела Ω, интенсивностью источников W и граничными (краевыми) условиями. Граничные условия могут быть заданы несколькими способами, в зависимости от характера взаимодействия тела Ω с окружающей средой. В данной задаче использовали граничные условия четвертого рода, поскольку они задаются на границе между телом и окружающей средой (при конвективном теплообмене) или на границе соприкасающихся твердых тел и отражают равенство температур и плотностей тепловых потоков на границе раздела. Граничные условия четвертого рода можно записать в виде:

$$T_1\Big|_{\partial\Omega_{12}} = T_2\Big|_{\partial\Omega_{21}} \tag{5}$$

$$\text{а}_1 \frac{\partial T}{\partial \neg}\Big|_{\partial\Omega_{12}} = \text{а}_2 \frac{\partial T}{\partial \neg}\Big|_{\partial\Omega_{21}} \tag{6}$$

Здесь T_i – температура в той части тела Ω_i, где коэффициент теплопроводности равен а_i $(i = 1,2)$, а ¬ – нормаль к поверхности контакта $\partial\Omega_i$.

Внутри каждой части рассматриваемого объекта, где теплоемкость С, плотность материала ° и коэффициент теплоотдачи ~ непрерывны, искомая функция $T(x, y, z)$ удовлетворяет соответствующему уравнению теплопроводности, а на границе контакта сред с различными а – условиям контакта вида (5), (6). Равенство (5) выражает непрерывность температурного поля, а равенство (6) закон сохранения энергии на поверхности соприкосновения двух сред. Условия (5), (6) – моделируют условия идеального теплового контакта. Однако часто на практике контакт на границе двух тел не является идеальным, например, если соприкасающиеся поверхности покрыты тонким слоем краски, теплоизоляции, окисленной пленки, или когда между ними существует газовая прослойка, смазка. Теплофизические свойства таких покрытий отличаются от свойств самих тел, что приводит к скачку температур на границе раздела. В этом случае граничные условия четвертого рода задаются с учетом термического сопротивления контакта R:

$$\text{а}_1 \frac{\partial T}{\partial \neg}\Big|_{\partial\Omega_{12}} = \text{а}_2 \frac{\partial T}{\partial \neg}\Big|_{\partial\Omega_{21}} = \frac{1}{R}(T_1 - T_2). \tag{7}$$

Условия (7) называются условиями сопряжения при неидеальном контакте.

Таким образом, электрическое моделирование граничных условий и сечений ограждающей конструкции, состоящей из слоев различных материалов (бетон, краска ТС CERAMIC) позволит исследовать характеристики температурного поля с помощью характеристик электрического поля и сопоставить их с полученными расчетными значениями с учетом граничных условий четвертого рода.

Список литературы: 1. *Семенова Э.У.* К вопросу модернизации жилых зданий старой застройки с обеспечение комфортных условий проживания / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2006, №3.- С.69. **2.** *Хренов В.А., Гордица Д.Д.* Методические указания к лабораторным работам по строительной теплофизике / Харьков: ХИСИ, 1988.- С.37-41. **3.** Термос на кончике кисти- ТС CERAMIC. Новое теплосберегающее покрытие/ Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2006, №6, С.26-27. **4.** *Богословский В.Н.* Строительная теплофизика. - М. :Высшая школа, 1982.- 412с. **5.** *Шевченко Л.П.* R-функції та регіонально-структурний метод у математичному моделюванні температурних та термомеханічних полів: Автореф. дис....канд.. техн. наук. – Харків: ХПІ, 1993. – 16 с.

Поступила в редколлегию 17.04.07

УДК 666.21

О.В. САВВОВА, канд. техн. наук, ***Л.Л. БРАГИНА***, докт. техн. наук,
О.В. ШАЛИГИНА, канд. техн. наук,
Я.А. ПОКРОЄВА, инж. II категории, НТУ «ХПИ»

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЦИНКТИТАНОВЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ ПО ДАННЫМ РАССЕЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ПОД МАЛЫМИ УГЛАМИ

В статті вивчено мікронеоднорідну будову цинктитанових боросилікатних стекол та процесів фазового розділу в них за даним розсіяння нейтронів під малими кутами. Зроблено висновок про характер розподілення часток, що виділяються за розмірами, які змінюються в дослідних стеклах в залежності від вмісту в них TiO_2 та ZnO. Встановлено вплив наявності мікронеоднорідностей після варки на характер їх фазовогорозподілення.