

УДК 725.3

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ НАРУЖНЫХ СТЕН ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Шаумаров С.С., к.т.н., доцент(ТашиИТ)

Щипачева Е.В., д.т.н., профессор(ТашиИТ)

Снижение энергопотребления при эксплуатации гражданских зданий в условиях постоянного роста цен на энергоносители является чрезвычайно актуальной задачей. При оценке энергоэффективности жилых зданий с кирпичными стенами, находящимися в длительной эксплуатации, установлено, что поддерживать благоприятный микроклимат их помещений возможно лишь при повышенном расходе энергии на функционирование систем отопления и кондиционирования.

Низкий уровень теплозащиты наружных кирпичных стен связан с наличием многочисленных дефектов (трещин, щелей, неплотностей), появившихся в них на стадиях возведения и эксплуатации (рис. 1). Очевидно, что такие здания требуют термообновления – достаточно дорогого и трудоёмкого процесса. Для определения состава и объёма по повышению теплозащитных свойств наружных стен работ необходимо произвести оценку степени их физического износа и соответственно величины теплопотерь через них [1].

Практически во всех зданиях, находящихся в длительной эксплуатации, наблюдаются многочисленные дефекты ограждений в виде микротрещин в самом массиве стены (как по кирпичу, так и по раствору кладки), трещины и щели в стыках кирпичных стен с оконными и дверными блоками, которые не оказывают серьезного влияния на несущую способность кирпичной кладки, но значительно ухудшают её теплозащитные свойства.

Одним из показателей теплотехнической неоднородности наружных стен являются температурные поля на их внутренней поверхности. Их построение возможно в результате проведения экспериментальных исследований или путём математического моделирования происходящих теплотехнических процессов. Натурные испытания достаточно трудоёмки. Кроме того, многочисленные факторы влияют на точность результатов – это и параметры наружного воздуха, и влажностное состояние ограждающей конструкции, и скорость и направление ветра, и стихийность расположения дефектов, и неоднородность материала конструкции и т.п. В связи с этим, изучение кинетики изменения температурных полей на внутренней поверхности кирпичной стены в зависимости от размера дефекта при помощи математического моделирования представляется наиболее целесообразным.

Проведя ряд теоретических исследований [1,2,3], нами была получена математическая зависимость, позволяющая при её численной реализации определить температуру на поверхности наружного ограждения, имеющего сквозную фильтруемую трещину:

$$T = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(\Phi - n \cdot a \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_e - t_n) \right) \cdot \exp(-n^2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{a \tau}{\delta^2}) + \\ + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(T_{tr} - \Phi + n \cdot a \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_e - t_n) \right) \cdot \operatorname{erfc} \frac{y}{2\sqrt{a\tau}}$$

где: $\Phi = T(x, y, 0)$ – распределение температуры в начальный момент времени;

$\operatorname{erfc}(\cdot) = 1 - \operatorname{erf}(\cdot)$ – дополнительная к интегралу вероятностей;

t_n и t_e – наружная и внутренняя температура воздуха;

δ – толщина ограждения; α - коэффициент температуропроводности материала ограждения; r - ширина раскрытия трещины.

Для оценки адекватности математических моделей были проведены натурные эксперименты на двух жилых домах, расположенных в г. Ташкенте и Ташкентской области.

Исследования проводились в зимний период для участков кирпичных стен с трещинами (рис. 1).



Рис.1. Трещины в кирпичных стенах эксплуатируемых жилых зданий

Температура на внутренней поверхности стен измерялась бесконтактным инфракрасным термометром (пирометр) GM-550 (рис. 2).

Скорость ветра и температура воздуха - цифровым анемометром AR-816+ (рис. 3).

Геометрические характеристики трещин определялись при помощи стальной рулетки (длина трещины), микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,02 мм (ширина раскрытия трещины) и транспортира (угол наклона трещины). Результаты экспериментов, обработанные методами математической статистики, представлены в таблице.

Таблица

Результаты испытаний по определению температуры внутренних поверхностей кирпичных стен с дефектами

Размеры фрагмента стены, м	Ширина трещины, м	Длина трещины, м	Угол наклона трещины, 0	Внутренняя темпера- тура, 0C	Наружная температура, 0C	Скорость ветра, м/с	Координаты замеров		Температура на внут- ренней поверхности ограждения, 0C		
							по вы- соте стены (Y),м	по длине стены (X),м	экспери- менталь- ные зна- чения	расчётные значения	
Стена №1											
2,8 x 4,0	0,002 4	0,72	112	+17, 2	-6,4	3,4	2,8	3,0	13,6	13,43	
							2,8	3,2	12,8	13,26	

							2,8	3,4	13,4	13,04
							2,8	3,6	15,2	14,75
							2,4	3,0	14,4	13,84
							2,4	3,2	13,6	13,38
							2,4	3,4	12,8	13,31
							2,4	3,6	13,2	13,65
							2,0	3,0	14,4	14,17
							2,0	3,2	13,2	13,68
							2,0	3,4	13,8	13,44
							2,0	3,6	14,2	13,78
Стена №2										
2,8 x 4,0	0,0018	0,83	73	+19, 8	-2,4	3,2	1,0	2,2	15,2	15,76
							1,0	2,4	15,6	16,02
							1,0	2,6	16,2	15,91
							1,0	2,8	16,8	16,02
							0,6	2,2	17,2	16,64
							0,6	2,4	17,4	15,86
							0,6	2,6	16,8	16,04
							0,6	2,8	16,6	16,11
							0,2	2,2	15,8	15,92
							0,2	2,4	15,2	15,63
							0,2	2,6	15,4	15,88
							0,2	2,8	15,6	16,24

Далее был произведен расчет температурных полей на внутренней поверхности выбранных участков кирпичных стен путём численной реализации полученной математической модели с помощью разработанной расчётной программы «Расчёт воздухопроницаемости и температурных полей ограждений с фильтруемой трещиной»[4].



Рис.2. Внешний вид цифрового анемометра AR-816+.

а)



Рис.3. Внешний вид бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) GM-550

б)

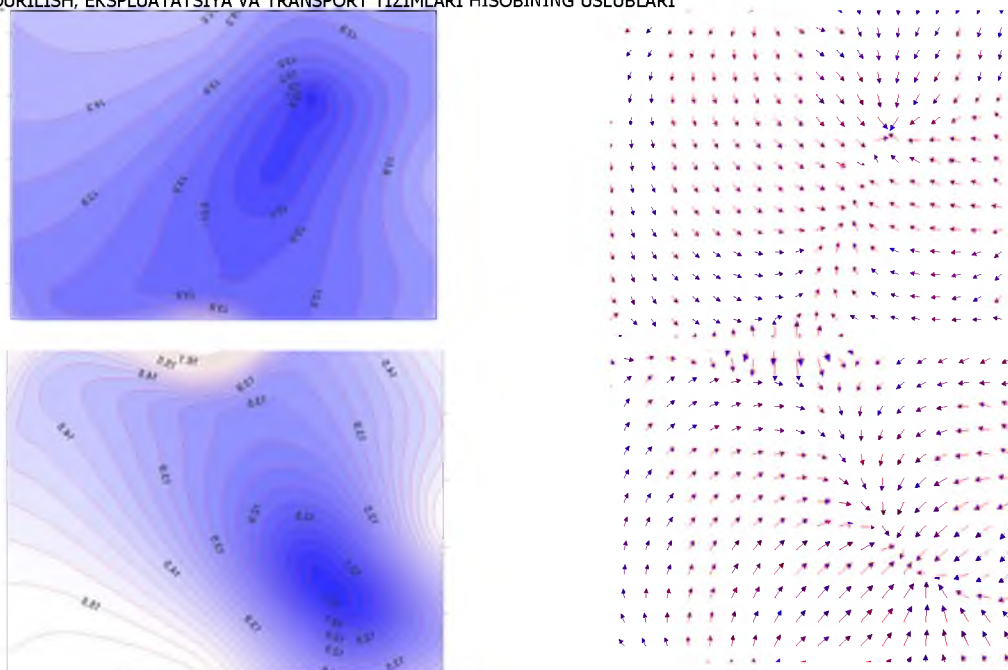


Рис.4. Температурные поля (а) и поля воздушных течений (б)
для фрагментов кирпичных стен

В качестве исходных данных были использованы определенные при натурном эксперименте геометрические размеры трещин и стен, температуры внутреннего и наружного воздуха, скорость ветра. Для упрощения идентификации, в расчете температурных полей принималось, что кирпичные стены не имеют оконных проемов, а все расчеты выполнялись для принятых ранее точек, из которых около 90% расположены в непосредственной близости с трещиной.

Температурные поля и поля воздушных течений на внутренних поверхностях кирпичных стен представлены на рис.4, а теоретически полученные значения температуры на внутренних поверхностях стен - в таблице.

Коэффициент корреляции определения температуры на внутренней поверхности кирпичных стен составил $R=0,775$, что подтверждает адекватность полученной математической модели (Рис.5).

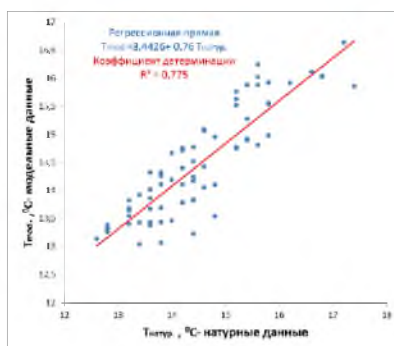


Рис.5. Регрессионная зависимость между модельными и натурными данными, иллюстрирующая степень адекватности рассчитанных температур на внутренней поверхности кирпичных стен натурным измерениям.

Таким образом, полученная математическая зависимость и разработанная для её численной реализации компьютерная программа «Расчёт воздухопроницаемости и температурных полей ограждений с фильтруемой трещиной» может быть использована для оценки остаточных теплозащитных свойств и теплотехнической неоднородности кирпичных наружных стен, что, в свою очередь, позволит оптимизировать мероприятия по термообновлению зданий.

Список литературы

1. Шаумаров С.С., Щипачева Ю.А. Комплексный подход к проблеме стен панельных зданий // «TRANS-MECH-ART-CHEM»/ Тр. VII Междунар. науч.-практич. конф. – М.: МИИТ, 2010.- С. 239-241.
2. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Современный подход к оценке воздухопроницаемости наружных ограждений зданий // Вестник ТашИИТ. – Ташкент: 2009. – № 3/4 – С. 3 – 9.
3. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Метод математического моделирования для описания процесса формирования температурного поля наружного ограждения со сквозной трещиной // Проблемы архитектуры и строительства. – Самарканд: 2010.- № 1.
4. Шаумаров С.С., Щипачева Е.В. «Расчёт воздухопроницаемости и температурных полей ограждений с фильтруемой трещиной» программа для электронно-вычислительных машин свидетельство № DGU 03151 из агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Аннотация

Мақолада ғиштли турар-жой бинолари ташқи деворларини эскириши уларнинг иссиқлик изоляция хусусиятларига таъсирини аниқлаш бўйича ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқот натижалари келтирилган.

The summary

The article presents the results of experimental and theoretical studies of the effect of the degree of wear of brick walls of residential buildings on their thermal insulation properties.