

ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКЦИОНЕРНАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ
КОМПАНИЯ «ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи
УДК: 699.86.022.3

Шаумаров Саид Санатович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ПАНЕЛЬНЫХ
СТЕН ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент – 2011

Работа выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Щипачева Елена Владимировна

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор
Акрамов Хуснитдин Ахрарович
кандидат технических наук, с.н.с.
Насонов Евгений Анатольевич

Ведущая организация: Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «____»_____2011 г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного совета К.018.01.01 при Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта по адресу: 100167, г. Ташкент, ул.Адылходжаева 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.

Автореферат разослан «____»_____2011 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент

Ф.Ф.Каримова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Известно, что значительная часть потерь тепла в зданиях (до 30%) происходит через ограждающие конструкции из-за недостаточной величины их сопротивления теплопередаче. Причем около 55% – через глухие участки стен. Основной потенциал энергосбережения содержится в эксплуатационной сфере, так как большая часть энергопотребления приходится на уже эксплуатируемые панельные жилые здания, имеющие низкий уровень тепловой защиты, вследствие многочисленных дефектов в структуре материалов панелей, образованных в результате их износа. Таким образом, снижение энергопотребления в панельных зданиях может быть достигнуто за счет повышения теплозащитных качеств наружных стен до уровня современных требований с учетом износа в процессе их эксплуатации.

Существующие подходы к проектированию тепловой защиты панельных стен не учитывают их эксплуатационного износа, а их методы оценки основаны на натурных испытаниях, что в реальных условиях является трудоёмким процессом.

В связи с этим, актуальным является научное обоснование рационального термообновления панельных стен эксплуатируемых жилых зданий для климатических условий Республики Узбекистан, основанное на мониторинге их технического состояния путём автоматизированной оценки остаточных теплозащитных свойств.

Степень изученности проблемы. Вопросам формирования внутреннего микроклимата помещений, воздухообмену и температурным полям наружных ограждений посвящено значительное количество научных работ, выполненных отечественными и российскими учеными (Табунщиковым Ю.А., Богословским В.Н., Васильевым Б.Ф., Граником Ю.Г., Маракаевым Р.Ю., Савиным В.К., Сухановым И.С. и др.). Однако все исследования проведены для наружных ограждающих конструкций, не имеющих фильтруемых дефектов. В работе Щипачевой Е.В. распределение температуры в ограждениях и их воздухопроницаемость рассматривались только на уровне естественных пор материала. Таким образом, они требуют уточнения для ограждающих конструкций с фильтруемыми трещинами, возникшими в результате эксплуатационного износа.

Известный подход к термообновлению стен зданий в основном базируется на изменении нормируемых параметров с течением времени (от года постройки до момента начала процесса термообновления), но не учитывает оценку фактических остаточных теплозащитных свойств ограждений, в связи с этим, требуется его совершенствование.

В отечественных публикациях также отсутствует информация по созданию системы мониторинга состояния жилищного фонда, а существующий опыт в Российской Федерации также очень малочисленен.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Исследования выполнены в соответствии с тематическим планом НИР ТашИИТ «Основы теплозащиты гражданских зданий в условиях резко континентального климата».

Цель работы – научное обоснование совершенствования термообновления панельных стен эксплуатируемых жилых зданий для климатических условий Республики Узбекистан с учетом их износа.

Задачи исследования:

- исследовать особенности взаимодействия ограждающих конструкций, подверженных износу, с параметрами окружающей среды на основе математического моделирования;
- на основе численных расчётов выявить зависимость между размерами фильтруемых трещин и теплозащитными свойствами стеновых панелей;
- выполнить натурные исследования и статистический анализ данных по оценке теплозащитных свойств панельных стен эксплуатируемых жилых зданий, подверженных износу, и проверить адекватность полученных математических моделей;
- разработать рекомендации по рациональному термообновлению наружных панельных стен эксплуатируемых жилых зданий.

Объект и предмет исследования. Объектом исследований являются теоретические основы теплотехнических методов и средств, направленных на разработку наружных ограждений энергоэффективных гражданских зданий, исходя из климатических особенностей Республики Узбекистан.

Предмет исследований - совершенствование тепловой защиты панельных стен эксплуатируемых зданий с учетом их износа.

Методы исследований. В работе использованы методы математического моделирования, численные вариационные методы, теория дифференциальных уравнений в частных производных, теория гидротермодинамики и тепломассообмена, методы математической статистики.

Для проведения натурных экспериментов применялись визуальные и инструментальные методы в соответствии с действующими стандартами.

Основные положения, выносимые на защиту:

- математическая модель взаимодействия наружной ограждающей конструкции здания, имеющей фильтруемую трещину, с внешними климатическими факторами;
- математическая модель изменения температурного поля на внутренней поверхности наружного стенового ограждения, имеющего фильтруемую трещину, в условиях нестационарного теплового потока;
- результаты натурных испытаний стеновых панелей эксплуатируемых жилых зданий на воздухопроницаемость и определение температурных полей на внутренней поверхности;

- система комплексного мониторинга технического состояния ограждающих конструкций, позволяющая осуществлять контроль за изменением теплотехнических свойств наружных ограждающих конструкций и управление технической эксплуатацией объектов;

- методика построения номограмм для определения воздухопроницаемости и максимального температурного перепада между температурой внутренней поверхности ограждения с фильтруемой трещиной и температурой внутреннего воздуха для оценки остаточных теплозащитных свойств ограждений в конкретных условиях эксплуатации;

- рекомендации по термообновлению наружных панельных стен эксплуатируемых жилых зданий.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- разработана математическая модель взаимодействия наружной ограждающей конструкции здания, имеющей фильтруемую трещину, с внешними климатическими факторами;

- разработана математическая модель изменения температурного поля на внутренней поверхности наружного стенового ограждения, имеющего фильтруемую трещину, в условиях нестационарного теплового потока;

- разработан автоматизированный метод расчета воздухопроницаемости и температурных полей на внутренней поверхности ограждений с фильтруемыми трещинами;

- предложена методика оценки степени снижения теплозащитных свойств стеновых панелей по объемному расходу воздуха через ограждение с фильтруемой трещиной и характеру температурных полей на внутренней поверхности ограждения.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Результаты исследований расширяют теорию тепловой защиты гражданских зданий и являются научной базой для совершенствования подходов к термообновлению ограждающих конструкций гражданских зданий с учетом их износа.

Практическое значение работы:

- разработан программный комплекс для оценки степени снижения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий;

- разработаны рекомендации по термообновлению наружных панельных стен эксплуатируемых жилых зданий с учетом их износа;

- изданы учебные пособия «Обследование и реконструкция сооружений» для студентов магистратуры, обучающихся по специальности 5А580204, и «Техническая эксплуатация зданий» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 5580200.

Апробация работы. Результаты работы доложены на Республиканских конференциях с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» в

г. Ташкенте в 2007, 2008 и 2009 г.г., на VII Международной научно-практической конференции «TRANS-MECH-ART-CHEM» в г. Москве в 2010 г, а также на семинаре при специализированном совете К.018.01.01 при Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Опубликованность результатов. Основное содержание и результаты диссертационной работы изложены в 12 научных статьях, опубликованных в зарубежной и республиканской периодической и тематической научной печати, а также в 2 учебных пособиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка из 121 наименований, изложена на 162 стр. печатного текста, содержит 13 табл. и 43 рис. и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава посвящена анализу современного состояния вопроса тепловой защиты панельных стен жилых зданий. Рассмотрены и проанализированы существующие подходы к термообновлению стеновых ограждающих конструкций, а также современные системы тепловой защиты. Было установлено, что внедрение в отечественную практику зарубежного опыта по утеплению наружных стен не достаточно эффективно, так как большинство предлагаемых на строительном рынке систем мало приспособлены к природно-климатическим условиям Республики Узбекистан и достаточно дороги. Кроме того, все известные системы утепления предназначены для использования в новом строительстве, а при термообновлении зданий ограждающие конструкции подвержены значительному износу. Последнее обстоятельство никак не отразилось на существующем методическом подходе к проектированию систем теплозащиты для эксплуатируемых зданий.

Было выявлено, что важнейшие теплозащитные свойства ограждений зависят от степени их износа, так как образование щелей и трещин в них при ветровом и тепловом давлении приводит к повышенному воздухообмену, связанному с потерями тепла. Это указывает на необходимость разработки нового подхода к термообновлению наружных ограждений, учитывающего их техническое состояние (дефектность структуры материала), а также рекомендаций по рациональной теплозащите наружных панельных стен эксплуатируемых жилых зданий.

Анализ существующих методов исследования износа ограждающих конструкций позволил сделать вывод, что для установления степени влияния дефектов на теплозащитные свойства стеновых панелей наиболее

целесообразным является метод математического моделирования теплофизических процессов в ограждениях.

Исследование вопроса состояния процесса термообновления зданий определило и еще одну важную задачу, требующую решения, – это разработка системы мониторинга состояния жилищного фонда Республики Узбекистан, которая позволила бы планомерно и корректно осуществлять диагностику технического состояния ограждающих конструкций, включая проверку соответствия теплозащитных характеристик ограждений нормативным параметрам, установленным в современных документах.

Во второй главе приводятся материалы, конструкции, методы и методика теоретических и экспериментальных исследований.

В качестве основных инструментов теоретических исследований были использованы методы вычислительной математики, математического моделирования, численные вариационные методы, теория дифференциальных уравнений в частных производных, теория гидротермодинамики и теплообмена.

Для исследования изменений свойств ограждающих конструкций в процессе их эксплуатации была построена математическая модель воздухо-, тепло- и массообмена в системе «воздушная среда – ограждающая конструкция с различным физическим износом». Решение дифференциального уравнения для расчета воздухопроницаемости осуществлялось методами Бубнова–Галёркина и Ритца. При решении дифференциального уравнения, описывающего изменение температуры воздуха в фильтруемой трещине, применялся метод Петрова–Галёркина. Для расчета температурных полей ограждений с фильтруемой трещиной применялся метод интегрального преобразования Лапласа.

Методы математического моделирования были реализованы на базе пакета «Microsoft Developer Studio» с помощью разработанного программного комплекса на универсальном языке программирования «Fortran 99 for Scientists and Engineers» для расчета воздухопроницаемости и температурных полей ограждений с фильтруемыми трещинами.

Для проведения натурных экспериментов применялись визуальные и инструментальные методы в соответствии с действующими стандартами и по стандартным методикам. Результаты экспериментальных и теоретических исследований обрабатывались методами математической статистики.

Третья глава посвящена исследованию методом математического моделирования изменений теплозащитных свойств наружных стеновых панелей, как функции их износа.

Был рассмотрен вопрос воздухообмена через наружную ограждающую конструкцию с фильтруемой трещиной. При выводе математической зависимости рассматривалась фильтруемая трещина в ограждении, проходящая в произвольном направлении и имеющая

размеры L – длина, r – ширина раскрытия, δ – глубина. Было принято, что течение воздуха в трещине является результатом перепада давления «внутренняя – наружная поверхность ограждения» и описывается уравнением Навье–Стокса – уравнением движения вязкой несжимаемой жидкости в отсутствие внешних массовых сил.

Путем необходимых математических преобразований, была получена зависимость расхода воздуха Q через трещину от ее размеров $\{r, L, \delta\}$ и перепада давления P с наружной и внутренней сторон ограждения

$$Q = \frac{P \cdot r^3}{12\eta \cdot L \cdot \delta \cdot \xi}, \quad (1)$$

где

$$\xi = \frac{64}{\pi^4} \cdot \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{(-1)^{\left(\frac{k+l}{2}\right)-1} \cdot (-1)^{\left(\frac{k+1}{2}\right)-1} \cdot (-1)^{\left(\frac{l+1}{2}\right)-1}}{k^3 l + l^3 k} -$$

– эмпирический коэффициент, зависящий от количества учтенных в промежуточных преобразованиях членов тригонометрического ряда.

В результате численных расчетов была построена поверхность объемного расхода воздуха, как функции ширины раскрытия трещины и перепада давления, анализ которой показал, что при ширине раскрытия трещины $r < 1$ мм расход воздуха через нее не имеет существенного значения. Здесь часть поверхности имеет форму, близкую к горизонтальной поверхности и величину воздухообмена соизмеримого с таковой для пор материала ограждения. При дальнейшем увеличении величины r расход воздуха резко возрастает, что проявляется в форме поверхности, принимающей параболический характер ($1 \text{ мм} < r \leq 3 \text{ мм}$). При $r > 3$ мм начинается повышенная инфильтрация воздуха.

Для исследования процесса формирования температурных полей на внутренней поверхности ограждения с фильтруемой трещиной, была построена математическая модель нестационарных температур воздуха в трещине. При этом исходили из следующих физических предпосылок и некоторых приближений:

1. Главный механизм передачи тепла – теплопроводность и конвекция воздуха.

2. Лучистый теплообмен в трещине отсутствует.

3. Процесс свободной конвекции рассматривается как результат взаимодействия температуры и скорости движения воздуха в трещине, имеющей произвольную ориентацию относительно вектора силы тяжести.

4. С учетом того, что ширина раскрытия трещины r значительно меньше ее длины L и глубины δ , изменения температуры происходят только вдоль L и δ .

В качестве исходного уравнения было принято известное уравнение теплопроводности в движущей среде в виде:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} + v \frac{\partial t}{\partial y} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right), \quad \tau > 0, \quad (2)$$

где t [K] – температура воздуха в щели; u, v, w [м/с] – составляющие скорости среды вдоль осей координат x, y, z ; a [м²/с] – коэффициент теплопроводности воздуха в щели.

Используя соответствующие преобразования, проекционный метод Галёркина, метод Петрова–Галёркина и на основании выявленной динамики температуры воздуха в трещине, проявляющейся в переходе от нестационарного состояния в стационарное состояние, уравнение (2) было представлено как для установившейся конвективной диффузии в виде:

$$\frac{u \left(\delta_x \theta - 0,5 \alpha^x \delta_x^2 \theta \right)}{h} + \frac{v \left(\delta_y \theta - 0,5 \alpha^y \delta_y^2 \theta \right)}{h} - \frac{\delta_x^2 \theta - \delta_y^2 \theta}{h^2} = 0, \quad (3)$$

$$\alpha^x \equiv \alpha_{i, j=\text{const}}, \quad \alpha^y \equiv \alpha_{i=\text{const}, j}.$$

где $\theta = \frac{t_n - t}{t_n - t_b}$, здесь t_n [°C] – наружная температура воздуха; t_b [°C] – внутренняя температура воздуха.

Решение уравнения (3) численным методом позволило определить, что распределение температуры воздуха по длине трещины существенно нелинейно и лишь вблизи границ поверхности (с обоих концов ограждения) можно видеть ее квазилинейное изменение.

Кривая распределения температуры зависит от угла наклона трещины: чем больше угол наклона, тем быстрее происходит убывание (возрастание) температур от границ к середине трещины по ее длине. Однако качественно кривые температуры независимо от угла наклона имеют очень близкую форму. Данное свойство позволило аппроксимировать полученные кривые, полиномом n -ой степени, а затем, путем осреднения коэффициентов полинома, получить некоторую кривую, описывающую среднее распределение температуры воздуха в трещине независимо от угла ее наклона, то есть некоторое среднестатистическое распределение температуры воздуха в трещине.

$$\bar{\theta}(X) = 0,00666 + 0,1354x - 1,4774x^2 + 10,4338x^3 - 13,2238x^4 + 5,136x^5, \quad (4)$$

где x – независимая переменная (безразмерная глубина).

Решение задачи формирования температурного поля в ограждающей конструкции с фильтруемой трещиной выполнялось со следующими допущениями:

1. Решаемая задача: найти распределение температуры на поверхности ограждающей конструкции при наличии в ней фильтруемой трещины.

2. Физические граничные условия: на границах рассматриваемой области поддерживается заданным образом распределение температуры, являющейся функцией времени.

3. Способы теплопередачи: по материалам ограждения теплота передается кондуктивным переносом; охлаждение (нагревание) поверхностей трещины осуществляется в результате теплообмена с воздухом трещины, температура $T_{тр}$ которого определяется методами, изложенными выше (уравнение (3)).

4. Математическая область решения задачи: рассматривается прямоугольник, на сторонах которого поддерживается заданное, в соответствии с пунктом 2, распределение температуры.

Уравнение, описывающее рассматриваемую задачу, относится к уравнению диффузионного типа (параболические уравнения), а именно, конвективной диффузии, описывающей процессы теплопроводности. Это уравнение было записано в виде двумерной задачи в соответствии с поставленными условиями:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \tau > 0, 0 \leq x \leq \delta, 0 \leq y < \infty, \quad (5)$$

где $T=T(x,y,\tau)$ – температура, как функция плоских координат x , y и времени τ .

Для решения данного уравнения использован метод интегрального преобразования Лапласа (по временной координате τ), и конечное синус преобразование Фурье (по пространственной координате X).

Окончательно решение задачи было получено в виде:

$$T = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(\Phi - n \cdot a \cdot \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_s - t_n) \right) \cdot \exp(-n^2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{a\tau}{\delta^2}) + \\ + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \left[\frac{n \cdot \pi \cdot x}{\delta} \right] \cdot \left(T_{тр} - \Phi + n \cdot a \cdot \frac{\pi^2}{\delta^2} (t_s - t_n) \right) \cdot \operatorname{erfc} \frac{y}{2\sqrt{a\tau}}. \quad (6)$$

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

Для численной реализации математических моделей был разработан специальный программный комплекс на языке программирования – FORTRAN-99. Базовая платформа – WINDOWS XP (2000 и прочие модификации, за исключением системы «VISTA»). Задействован пакет «Microsoft Developer Studio» с оболочкой «Microsoft Fortran PowerStation version 4.0». Графическая поддержка – GOLDEN SOFTWARE: Surfer Version 7.04 (и выше), 3D Graphing System; Grapher Version 1.06 (и выше), 2D Graphing System.

Были выполнены численные расчеты температурных полей в толще ограждения для конкретно заданного случая.

Анализ результатов деформации профиля температуры в толще ограждения, вследствие образования в ней фильтруемой трещины, выявил нелинейный характер распределения кривой профиля температуры в соответствии с законами термодинамики конвективного теплообмена и

теплопередачи. Кроме того полученные результаты указывают на возможность падения температуры внутренней поверхности ограждения в холодный период года ниже точки росы при образовании в стеновой панели фильтруемой трещины.

При исследовании влияния угла наклона трещины к вектору силы тяжести на особенности распределения профиля температуры в толще ограждения было установлено, что максимум температуры зимой и минимум летом приходится на пространственный период $0,95\pi$, что составляет $0,48$ часть от толщины ограждения в направлении от наружной к внутренней поверхности. Этот результат подчеркивает нетривиальный процесс теплопередачи и конвективного теплообмена в толще ограждения с фильтруемой трещиной.

В четвертой главе представлены результаты натурных и теоретических исследований влияния физического износа панельных наружных стен на их теплозащитные свойства. Были проведены натурные исследования на трех стеновых панелях жилых домов, расположенных в г. Ташкенте. По стандартным методикам с использованием специального оборудования изучались воздухопроницаемость стеновых панелей с фильтруемыми трещинами и температурные поля на их внутренней поверхности. А затем для этих же панелей воздухопроницаемость и температурные поля на внутренней поверхности были рассчитаны при помощи специально разработанного программного комплекса. Основной целью исследований являлось доказательство адекватности полученных в третьей главе математических моделей. В результате статистической обработки полученных результатов, были установлены коэффициенты корреляции: для определения воздухопроницаемости он составил $R=0,98$, а для определения температуры на внутренней поверхности стеновой панели $R=0,89$, что подтвердило адекватность математических моделей и указало на возможность использования при определении теплозащитных свойств ограждающих конструкций с трещинами разработанного программного комплекса.

В целях унификации подхода к оценке остаточных теплозащитных свойств стеновых панелей, имеющих фильтруемые дефекты, разработана методика построения и автоматизированного расчета номограмм, позволяющих по геометрическим размерам фильтруемых трещин оценивать воздухопроницаемость наружных ограждений и температуру на их внутренних поверхностях, а также выполнить мониторинг стеновых панелей на предмет установления потери ими теплозащитных свойств.

Кроме того, было установлено, что наибольшее влияние на потерю теплозащитных свойств стеновых панелей оказывает ширина раскрытия трещин. При ширине раскрытия трещин свыше 2 мм начинается процесс резкого падения термического сопротивления теплопередаче. В целях унификации можно считать, что при ширине раскрытия трещин более $1,8$

мм необходим учет снижения сопротивления теплопередаче таких стеновых панелей при теплотехническом расчете их на предмет термообновления.

Пятая глава посвящена разработке мероприятий по рациональной тепловой защите панельных стен эксплуатируемых жилых зданий в климатических условиях Республики Узбекистан.

Предложена информационно-аналитическая система мониторинга технического состояния ограждающих конструкций, позволяющая планомерно и корректно осуществлять контроль за изменением теплотехнических свойств наружных ограждающих конструкций и управление технической эксплуатацией объектов (рис.).



Рис. Составляющие мониторинга технического состояния наружных ограждающих конструкций

Использование разработанного программного комплекса значительно сокращает количество измеряемых составляющих мониторинга, так как основные параметры, определяющие состояние

микроклимата помещения (температура, воздухопроницаемость, воздухообмен и др.), являются выходными параметрами (результатами) выполнения численных процедур комплекса. Поэтому измерительная часть мониторинга значимо сокращается и просто пополняется в результате выполненных расчетов на ПЭВМ по конкретным данным диагностируемого здания о техническом состоянии его ограждающих конструкций.

Постоянная часть мониторинга предполагает регулярный контроль над изменениями параметров внутренней среды помещений путем сравнения их с нормативными показателями. В рамках предлагаемой методологии мониторинга эта часть должна выполняться автоматизированным способом.

Непрерывно функционирующая часть мониторинга – данные о состоянии микроклимата эксплуатируемых зданий, может быть использована для разработки перспективных планов и различных оптимизационных моделей управления техническим состоянием зданий в целях повышения экономической и социальной эффективности капитальных ремонтов.

В результате анализа особенностей термографических исследований была установлена одна из прикладных ролей, полученной в данной диссертационной работе модели оценки воздухопроницаемости и формирования профиля температуры в толще ограждения. Так, на момент термографического обследования, для корректной интерпретации результатов, необходима информация о распределении температурных полей поверхностей ограждения, профиля температуры толщи ограждения, как эталонных «изображений». Разработанная модель позволяет получить такую информацию, а после получения данных термографического обследования ее уточнить. Такая схема «взаимодополняемости» полностью укладывается в рамки собственно понятия «моделирование» и органически увязывается с физикой самих процессов уже в рамках «причинно-следственных» превращений. Таким образом, разработанный программный комплекс может явиться основой для создания объективных методов анализа термографической информации с использованием информационных технологий.

Для того, чтобы определить сколь существенно влияние фильтруемых трещин на конструктивное решение термообновления, и в каких случаях необходим учет влияния трещин, были проведены сопоставительные теплотехнические расчеты с применением программного комплекса и компьютерной программы «BASE»(версия 7.3). В первом случае влияние трещины на снижение термического сопротивления теплопередаче керамзитобетонной панели не учитывалось, а во втором, соответственно, вводились соответствующие поправки. Для конкретного случая было установлено, что:

- наличие фильтруемых трещин с шириной раскрытия свыше 1 мм свидетельствуют о необходимости их учета при проектировании термообновления стеновых панелей, так как в противном случае рассчитанная толщина утеплителя для обеспечения III уровня теплозащиты может оказаться заниженной на 5–34% и более в зависимости от толщины ограждения и размера трещины;

- чем толще стеновая панель, тем существеннее влияние трещины на снижение теплозащитных свойств ограждения, так при толщине панели 300 мм и трещине длиной 0,2 м с шириной раскрытия 3,2 мм требуется увеличение толщины наружного утеплителя из минеральной ваты на 19%, а при этих же размерах трещины, но толщине стеновой панели 400 мм - на 34,3%, то есть влияние возрастает в 1,8 раз, при этом происходит снижение термического сопротивления несущего слоя керамзитобетонной панели в 1,3 раза.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований были положены в разработку рекомендаций по проектированию рациональных теплозащитных мероприятий для стен панельных зданий, находящихся в длительной эксплуатации и подверженных физическому и значительному моральному износу. Рекомендации устанавливают основные положения проектирования термообновления стеновых однослойных легкобетонных панелей жилых зданий, имеющих нарушения сплошности структуры материала (фильтруемые трещины), но несущая способность которых обеспечена. При разработке рекомендаций использованы положения действующих нормативных документов, наиболее эффективные технические решения теплозащиты зданий, применяемые в мировой практике.

Рекомендации включают в себя следующие разделы: 1. Общие положения; 2. Порядок проектирования термообновления стеновых панелей; 3. Наружные климатические условия; 4. Требования к внутренней среде помещений; 5. Требования к наружным стеновым панелям; 6. Методика обследования наружных стеновых панелей; 7. Расчет воздухопроницаемости панели с трещиной, построение температурных полей на ее внутренней поверхности и оценка степени износа; 8. Порядок принятия решения о термообновлении стеновых панелей; 9. Порядок расчета дополнительного утепления панельных стен с фильтруемыми трещинами; 10. Рекомендуемые конструктивные решения термообновления стеновых панелей.

Для практического использования в Рекомендациях представлены рассчитанные и построенные номограммы, позволяющие для керамзитобетонных панелей типовых серий жилых домов по размерам трещины определить их соответствие нормативным требованиям по воздухопроницаемости и по величине температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения

при обеспечении III уровня теплозащиты, а также возможные типы технических решений термообновления керамзитобетонных стеновых панелей толщиной 350 мм с фильтруемыми трещинами различных геометрических размеров для основных климатических зон территории Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработан методологический подход к проблеме термообновления наружных стеновых панелей эксплуатируемых гражданских зданий для климатических условий Республики Узбекистан, основанный на получении объективных данных об остаточных теплозащитных свойствах ограждений, расширяющий перспективные исследования в области тепловой защиты.

2. Теоретически исследованы на основании модельных расчетов теплофизические процессы, протекающие в ограждающих конструкциях с фильтруемыми трещинами при их взаимодействии с внешней средой. Установлено, что:

- при ширине раскрытия трещин менее 1 мм величина расхода воздуха через нее практически мало отличается от аналогичного показателя через естественные поры материала ограждения;
- распределение температуры воздуха в фильтруемой трещине по ее длине зависит от угла ее наклона по толщине ограждения;
- при образовании фильтруемой трещины в структуре стеновой панели, возможно падение температуры на внутренней поверхности ограждения ниже точки росы.

3. Предложена методика оценки степени снижения теплозащитных свойств стеновых панелей, использующая в качестве критериев:

- объемный расход воздуха через ограждение с фильтруемой трещиной, зависящий от перепада давления между внутренней и наружной поверхностями ограждающей конструкции;
- характер температурных полей на внутренней поверхности ограждения.

4. Для реализации методики оценки степени снижения теплозащитных свойств стеновых панелей разработан программный комплекс, основанный на полученных:

- математической модели взаимодействия ограждающей конструкции здания, имеющей фильтруемую трещину, с внешними климатическими факторами;
- уравнении, описывающем изменение температурного поля на внутренней поверхности стенового ограждения с фильтруемой трещиной в условиях нестационарного теплового потока.

Адекватность указанных математических зависимостей доказана путем сравнения и статистической обработки данных, полученных в результате проведения натурных экспериментов и численной реализации моделей.

5. Предложена система комплексного мониторинга технического состояния наружных ограждений, позволяющая планомерно и корректно осуществлять контроль за изменением теплотехнических свойств наружных ограждающих конструкций и управление технической эксплуатацией объектов.

Постоянно функционирующая часть мониторинга - данные о состоянии микроклимата эксплуатируемых зданий, автоматизированная при помощи разработанного программного комплекса, может быть использована для разработки перспективных планов и оптимизации моделей управления техническим состоянием зданий в целях повышения экономической и социальной эффективности капитальных ремонтов.

6. Разработаны научно обоснованные практические рекомендации по термообновлению наружных панельных стен эксплуатируемых жилых зданий, позволяющие рационализировать комплекс необходимых восстановительных мероприятий и, тем самым, повысить эффективность капитальных вложений.

7. Результаты выполненных исследований были использованы при оценке остаточных теплозащитных свойств наружных стеновых панелей реконструируемых объектов г. Ташкента: бывшего колледжа самолетостроения, расположенного в Сабир-Рахимовском районе, и 9-ти этажного панельно-каркасного здания общежития, расположенного по ул. Шох-Жахон в Яккасарайском районе, а также при написании учебных пособий «Обследование и реконструкция сооружений» для студентов магистратуры, обучающихся по специальности 5А580204, и «Техническая эксплуатация зданий» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 5580200.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1.1. Шаумаров С.С. Пути повышения теплозащитных свойств наружных стен эксплуатируемых крупнопанельных жилых зданий //Материалы межвузовской научно-практической конференции – Ташкент, ТашИИТ, 2006. –С. 54-56.

2.2. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Пути повышения теплозащитных свойств наружных стен гражданских зданий //Материалы межвузовской научно-практической конференции – Ташкент, ТашИИТ, 2006. – С.94-96.

3.3. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. К оценке теплофизических свойств панельных стен эксплуатируемых жилых зданий

//Ресурсосберегающие технологии в строительстве: в Межвузовском сб. научн. трудов, вып.1 – Ташкент, ТашИИТ, 2007. –С.48-50.

4.4. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Энергоэффективность ограждающих конструкций жилых зданий в Республике Узбекистан //Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном строительстве: Материалы Республиканской науч.-технич. конференции, –Ташкент, ТашИИТ, 2008. –С.46-48.

5. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С., Щипачева Ю.А. Обследование и реконструкция сооружений. Уч.пособие для ВУЗов. –Ташкент.: ТашИИТ, 2009. –143 с.

5.6. Шаумаров С.С. Компьютерное моделирование теплофизических процессов – объективный метод анализа термографической информации при исследовании строительных конструкций //Ресурсосберегающие технологии в строительстве: в Межвузовском сб. научн. трудов, вып.4 –Ташкент, ТашИИТ, 2009.-С. 90-99.

6.7. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Моделирование формирования температуры воздуха в сквозной трещине наружного ограждения здания // Ресурсосберегающие технологии в строительстве: в Межвузовском сб. научн. трудов, вып.4 –Ташкент, ТашИИТ, 2009. – С.60-71

8. Шаумаров С.С., Щипачева Е.В., Основные принципы моделирования параметров микроклимата помещений, как функции износа ограждающих конструкций здания // Ресурсосберегающие технологии в строительстве: в Межвузовском сб. научн. трудов, –Ташкент, ТашИИТ, 2009. – С.45-49.

9. Шаумаров С.С. Информационно-техническая диагностика и мониторинг технического состояния зданий // Архитектура и строительство Узбекистана . – Ташкент, 2009.- № 9 – С.34-35.

10. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С. Современный подход к оценке воздухопроницаемости наружных ограждений зданий // Вестник ТашИИТ. – Ташкент, 2009. – № 3/4- С.3-9.

11. 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, 2009.- №4- С.27-30.

12. Шаумаров С.С., Щипачева Ю.А. Комплексный подход к проблеме термообновления стен панельных зданий // TRANS-MECH-ART-CHEM: Труды VII Междунар. науч.-практич. конф. – Москва: МИИТ, 2010.- С. 239-241.

13. Шаумаров С.С. Аналитическое и экспериментальное исследование эксплуатационных свойств наружных стеновых панелей// Вестник ТашИИТ. – Ташкент, 2010. – № 2– С. 6-10.

14. Щипачева Е.В., Шаумаров С.С., Щипачева Ю.А. Техническая эксплуатация зданий. Учеб.-метод. пособие для ВУЗов. –Ташкент, ТашИИТ, 2010. –146 с.

Р Е З Ю М Е

диссертации Шаумарова Саида Санатовича на тему: «Совершенствование тепловой защиты панельных стен эксплуатируемых жилых зданий» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Ключевые слова: эксплуатируемые здания, энергосбережение, комфортный микроклимат, физический и моральный износ, математическая модель, теплозащита, теплопередача.

Объекты исследования: теоретические основы теплотехнических методов и средств, направленных на разработку наружных ограждений энергоэффективных жилых зданий.

Цель работы: научное обоснование совершенствования термообновления панельных стен эксплуатируемых жилых зданий для климатических условий Республики Узбекистан с учетом их износа.

Методы исследований: математического моделирования, численные вариационные методы, теория дифференциальных уравнений в частных производных, теория гидротермодинамики и тепломассообмена, методы математической статистики, инструментальные методы.

Полученные результаты и их новизна: предложены математические модели взаимодействия наружного ограждения с фильтруемой трещиной с внешними климатическими факторами; разработан автоматизированный метод расчета воздухопроницаемости и температурных полей на внутренней поверхности ограждений с фильтруемыми трещинами; предложена методика оценки износа по объемному расходу воздуха через ограждение с фильтруемой трещиной и характеру температурных полей на их внутренней поверхности.

Практическая значимость: Результаты исследований расширяют и углубляют теорию тепловой защиты гражданских зданий в области проектирования термообновления наружных панельных стен.

Степень внедрения:

Результаты выполненных исследований были использованы при оценке остаточных теплозащитных свойств наружных стеновых панелей реконструируемых объектов г. Ташкента; изданы учебные пособия «Обследование и реконструкция сооружений» для студентов магистратуры, обучающихся по специальности 5A580204, и «Техническая

эксплуатация зданий» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 5580200.

Область применения: проектирование и строительство.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Шаумаров Саид Санатовичнинг 05.23.01 «Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар» ихтисослиги бўйича "Эксплуатация қилинувчи тураржой биноларининг панели деворларини иссиқликдан ҳимоялашни такомиллаштириш" мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕ СИ

Таянч (энг муҳим) сўзлар: эксплуатация қилинувчи бинолар, энергия тежаш, комфорт микроиклим, жисмоний ва маънавий эскириш, математик модель, иссиқлик ҳимояси, иссиқлик узатиш.

Тадқиқот объектлари: тураржой биноларининг ташқи тўсиқларини энергосамарали қилиб ишлаб чиқишга қаратилган теплотехник усул ва воситаларнинг назарий асослари.

Ишнинг мақсади: Ўзбекистон Республикаси иқлими шароитида эксплуатация қилинувчи тураржой биноларининг панелилли деворларини эскиришини ҳисобга олган ҳолда уларнинг термоянгилашни такомиллаштиришнинг назарий асослари.

Тадқиқот усули: математик моделлаштириш, рақамли ҳисобий вариациялаш усуллари; хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар назарияси, гидротермодинамика ва иссиқлик-масса алмашинуви назарияси, математик статистика усуллари, асбоб-ускунали усуллар.

Олинган натижа ва уларнинг янгилиги: филтрловчи ёриғи бўлган ташқи тўсиқлар билан ташқи иқлимий омилларининг ўзаро таъсирлашувининг математик моделлари таклиф қилинган; филтрловчи ёриқли тўсиқларнинг ҳаво ўтказувчанлиги ва ушбу тўсиқларнинг ички юзасидаги ҳарорат майдонларини автоматлаштирилган ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган; филтрловчи ёриғи бўлган тўсиқдан ўтувчи ҳавонинг ҳажмий сарфи ва тўсиқ ички юзасидаги ҳарорат майдонларининг ўзига ҳослиги бўйича эскиришни баҳолаш услуби таклиф этилади.

Амалий аҳамияти: Тадқиқотларнинг натижалари фуқаро биноларининг ташқи панелилли деворларини термоянгилашни лойиҳалаш соҳасида иссиқлик ҳимояси назарисини кенгайтиради ва чуқурлаштиради.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Ўтказилган тадқиқот натижалари Тошкент шаҳридаги реконструкция қилинаётган биноларнинг панелилли ташқи деворларини қолдиқ иссиқдан ҳимоялаш хусусиятларини баҳолашда қўлланилган; 5А580204 ихтисослиги

бўйича таълим олувчи магистратура талабалари учун “Биноларни текшириш ва реконструкция қилиш” ва 5580200 йўналиши бўйича таълим олувчи бакалавриат талабалари учун “Иншоотларни техник эксплуатация қилиш” ўқув қўлланмалари чоп этилди.

Қўлланиш (фойдаланиш) соҳаси: лойиҳалаш ва қурилиш.

THE RESUME

Thesises of Shaumarov Said Sanatovich on the theme: « Perfection of thermal protection of panel walls of maintained inhabited buildings », on competition of a scientific degree of the doctor of engineering science on a speciality 05.23.01 «Building constructions, building and facility»

Keywords: Maintained buildings, power-efficiency, comfortable microclimate, physical and obsolescence, mathematical model, heat-shielding, heat transfer.

The object of study: Theoretical bases thermo technical of methods and means directed on development of outside protections energy effective of inhabited buildings.

The purpose of operation: Scientific substantiation improving of term updating of panel walls of maintained inhabited buildings for climatic conditions of Republic of Uzbekistan taking into consideration of their deterioration.

Methods of studies: mathematical modeling, numerical variation methods, the theory of differential partial equations, theory of hydro thermodynamics and thermomassa exchange, methods of mathematical statistics, tools methods.

The results and their novelty: where showed the methods of mathematical modeling of interacting exterior walls with filtering cracks and outside climatic conditions; was worked out automatical method of calculation of air penetration and term areas on internal surface of the wall with the filtering cracks; was introduced the method of estimation of deterioration by means of air flow through the wall with the filtering cracks and features of term areas on the internal surface of the wall.

Scientific and practical significance: The results of researches expand and deepen the theory of thermal protection of civil buildings in the field of designing term updating of outside panel walls.

Extent of implementation: The results of the executed researches were used for estimation of residual heat-shielding properties outside wall's panels of reconstructing objects of Tashkent; the manuals "Inspection and reconstruction of structures " for the students magistrature, training on a speciality 5A580204,

and " Technical operation of buildings " for the students of the bachelor, trainees on a direction 5580200 are issued.

Range of application: engineering and building.