

УДК 502.7; 577.4

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО
ТЕПЛОПЕРЕНОСА ЧЕРЕЗ КАРКАСНЫЕ
СТЕНЫ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ И
ОБШИВКОЙ ИЗ ПРОФЛИСТА***А. В. Казарин, Т. А. Скорик*

Донской государственной технической
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

scuzzmn@mail.ruskorikta@yandex.ru

Рассматривается процесс построения модели теплопереноса через каркасные стены с различной теплоизоляцией при нестационарном тепловом режиме, методы решения задач, результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: тепловая защита, нестационарный теплоперенос, каркасные стены, теплоизоляция, эксперимент

Введение. Тепловая защита зданий, обеспечивая минимизацию энергозатрат, в том числе, тепловых нагрузок систем отопления традиционно ориентирована на сокращение теплопотерь. Она ограничивалась основным показателем — приведенным сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций в соответствии с СНиП II-3-79 [1]. Изменение норм по теплозащите зданий на базе СНиП 23-02-2003 [2], в котором реализован поэлементный подход к расчету наружных ограждающих конструкций и введен удельный расход тепловой энергии на отопление зданий в течение всего отопительного сезона, позволили сократить энергозатраты без сопутствующего обоснования и без учета всех составляющих теплового баланса. Следует отметить, что нормы по теплозащите зданий в России считаются одними из самых жестких в мире. Например, при расчете учитываются практически все теплопроводные включения, мостики холода, и характеристики температурных полей в наружных ограждающих конструкциях.

После принятия Федерального Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении» и СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3] стала обязательной разработка теплоэнергетического паспорта здания, содержащего теплозащитные и энергетические показатели зданий.

Часто при составлении энергопаспорта используются устаревшие математические модели теплофизических процессов, которые протекают в ограждающих конструкциях зданий [5,6]. Проведенный анализ этих моделей показывает низкий коэффициент точности вычислений (около 34%), что связано не только с проблемами проектирования, но и с ограниченностью выбора методов измерения.

В статье представлены результаты разработки и изучения математической модели процесса теплопереноса через ограждающие конструкции при нестационарном тепловом режиме [8], а также анализ проблем, связанных с теплопотерями в сложных строительных узлах [9, 10],

UDC 502.7; 577.4

**EXPERIMENTAL STUDIES OF UNSTEADY
HEAT TRANSFER THROUGH FRAMED
WALLS WITH THERMAL COVERING
FROM PROFILED SHEETING***A. V. Kazarin, T. A. Skorik*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

scuzzmn@mail.ruskorikta@yandex.ru

The article considers the process of building a model of heat transfer through frame walls with different thermal covering under unsteady temperature conditions, methods of solution to the problems, the results of the experimental studies

Keywords: thermal protection, unsteady heat transfer, frame walls, thermal covering, experiment

разработка новых методов измерения параметров процессов теплопереноса, в том числе, через слои различных теплоизоляционных материалов.

Сложность подобных конструкций объясняется тем, что в строительной индустрии постоянно появляются новые образцы строительных узлов и материалов с различными теплофизическими характеристиками.

Кроме того, новые узлы и материалы адаптированы к европейскому климату и ориентированы на строительную документацию стран Евросоюза. Для использования этих конструкций в нашей стране, необходимы корректировка порядка проектирования и строительства, а также проведение опытов для оценки их качества и свойств.

В качестве объектов исследования были приняты каркасные конструкции с теплоизоляционным слоем и обшивкой из профлиста (рис.1,2).

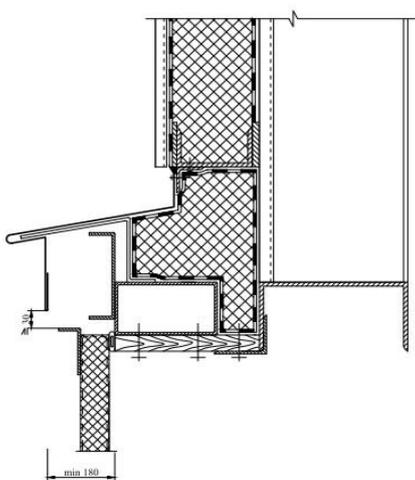


Рис. 1. Конструктивная схема строительного узла №1

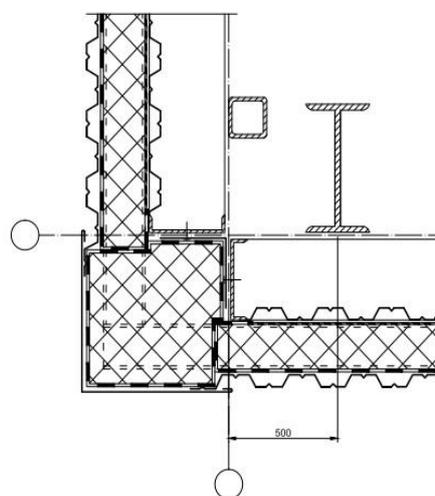


Рис. 2. Конструктивная схема строительного узла №2

Методы исследования базировались на таких областях, как строительная теплофизика, математическое моделирование, прикладное программирование. Точность результатов определения исследуемых теплофизических свойств оценивалась методом сравнительного анализа.

Нестационарные тепловые процессы, благодаря присутствию дополнительной переменной — времени, являются, по сравнению со стационарными процессами, источником полной информации об основных теплофизических характеристиках объекта исследования.

Они предлагают большое разнообразие экспериментального оформления, позволяют осуществлять комплексные исследования теплопроводности, теплоемкости и температуроводности веществ.

Для получения опытных данных была использована экспериментальная установка (рис.3).

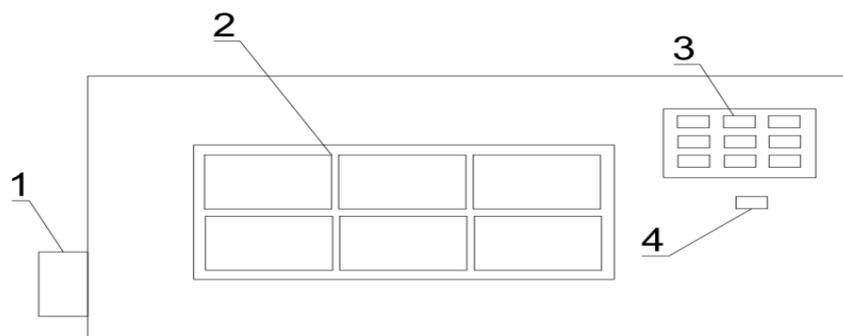


Рис. 3. Схема экспериментальной установки:

1 – Модуль подключения; 2 – Опытные образцы; 3 – Измерители ТРМ-200 внутренней и наружной температур образцов; 4 – Контроллер-Монитор КМС-Ф1, показывающий численное значение теплового потока

Экспериментальная установка представляет собой стенд с 6-тью испытываемыми образцами, с прикрепленными к ним термопарами. Со стороны внутренней поверхности образцов помещен электрический нагреватель, который обеспечивает нагрев внутренней поверхности образцов до температуры 80°C в течение различных временных промежутков (0,5 часа и 1 час).

Температура поверхностей испытываемых образцов измеряется термопарами с помощью измерителей ТРМ-200, которые показывают температуру внутренней и наружной стенки каждого опытного образца. Количество теплоты, передаваемое от нагревателя к образцам, т.е. тепловой поток, фиксируется контроллер-монитором КМС-Ф1. Установка так же снабжена наличием модуля подключения и автоматикой для контроля над параметрами процесса.

Результаты опыта показаны на рисунке 4. Значения температур внутренней и наружной поверхности всех шести образцов фиксировались каждые 30 секунд. Обработка этих данных позволила определить характер нагрева и определяющие факторы процесса. Анализ полученных графиков (рис.4) позволил установить, что повышение температуры данных образцов описывается логарифмической функцией.

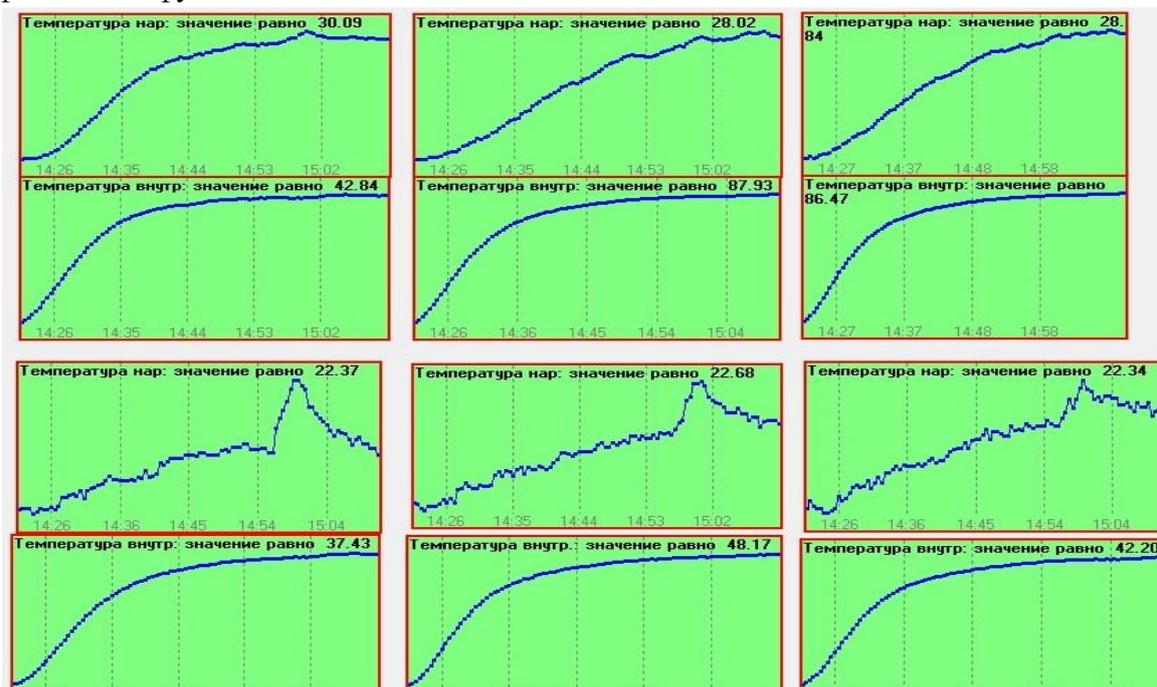


Рис. 4. Результаты опыта в виде графика распределения температуры во времени

Теплофизические свойства испытательных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Теплофизическая характеристика опытных образцов

Наименование образца	Свойства образца			
	δ , мм	ρ , кг/м ³	λ , Вт/(м · К)	c , кДж/(кг · °С)
Акустик	50	45	0,040	0,045
Акустик	100	45	0,040	0,045
ТехБаттс	50	40	0,045	0,045
ТехБаттс	100	40	0,045	0,045
ВентиБаттс	50	90	0,041	0,045
ВентиБаттс	100	90	0,041	0,045

В дальнейшем, чтобы произвести сравнительный анализ между практическими и теоретическими значениями температур опытных образцов, необходимо составить универсальную формулу, которая в определенный промежуток времени описывала бы зависимость температур внутренней и наружной поверхностей этих образцов с использованием логарифмической функции.

Например, вывод формулы определения внутренней температуры опытного образца типа «Акустик» с толщиной 100 мм. Данная формула была выявлена путем аппроксимации функции полученных опытных данных и имеет следующий вид:

$$y = 4,098 \ln(x) + 3,769 \quad (1)$$

где 4,098 — амплитуда колебаний температуры для всего опыта;

3,769 — средняя температура за время опыта;

R^2 — сходимость функции с ее исходными значениями.

На графике (рис.5) приняты: ось x — продолжительность опыта (в секундах), ось y — температура внутренней поверхности образца (в градусах Цельсия).

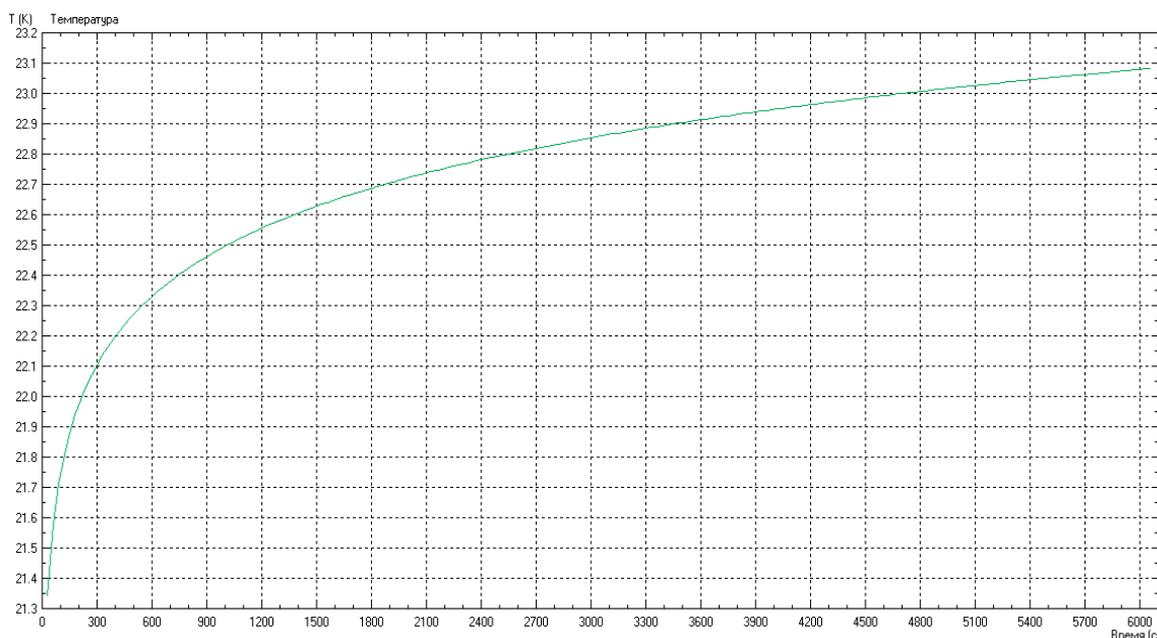


Рис. 5. Изменение температуры внутренней поверхности от времени нагрева

Для расчета параметров температурного поля для данного опытного образца, была использована программа Elcut, которая позволяет решать двумерные краевые задачи математической физики, описываемые эллиптическими дифференциальными уравнениями в частных производных относительно скалярной или однокомпонентной векторной функции.

При дальнейшем анализе характеристик данного образца и самого процесса теплопереноса выполнялось сравнение практических результатов и теоретической модели.

Исходя из этого, по графику (рис.6), можно предполагать поведение утеплителя при различных внешних и внутренних условиях, изучать физическую основу процессов, протекающих в нем, определять связи между их параметрами, получать необходимую информацию о действительных значениях температур и тепловых потоков.

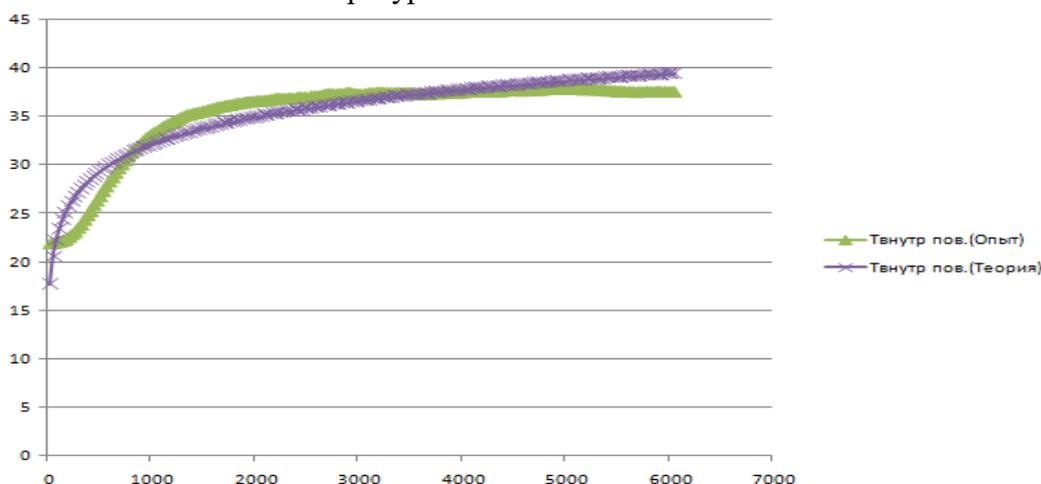


Рис.6. Сравнительный график экспериментальной (1) и теоретической (2) зависимости температуры внутренней поверхности от продолжительности нагрева

Заключение. Данный метод рекомендуется применять для изучения и прогнозирования поведения процессов теплопереноса различных строительных узлов и материалов при нестационарном тепловом режиме.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработаны алгоритмы расчета конструкции в режиме реального времени и теплофизических параметров ограждающих конструкций зданий.
2. Разработан набор алгоритмов для прогнозирования динамики нагрева и остывания обследуемого объекта в программе Elcut.
3. Получена теоретическая зависимость и разработана математическая модель процесса изменения температуры теплоизоляционного слоя в зависимости от времени для нестационарного теплового режима.

Библиографический список

1. СНиП II-3-79. Строительная теплофизика. — Москва : Минстрой, 1995.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. /Госстрой России, — ФГУП ЦПП, 2004.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. — Москва : Минрегион России, 2012.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. — Москва : Минрегион России, 2012.
5. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий/ К.Ф. Фокин — Москва: Стройиздат, 1973 — 287 с.
6. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика/В. Н. Богословский — Санкт-Петербург : Издательство «АВОК Северо-Запад», 2006. — 400 с.



7. СП 60.13330.2012.Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. — Москва : Минрегион России, 2012.
8. Малявина, Е. Г. Теплотери здания: справочное пособие /Е. Г. Малявина — Москва : АВОК-ПРЕСС, 2007. — 144 с.
9. Малявина, Е. Г. Строительная теплофизика: учебное пособие / Е. Г. Малявина — Москва : МГСУ, 2011. — 152 с.
10. Гагарин, В. Г. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций /В. Г. Гагарин, В. В. Козлов // Строительные материалы —№12 — 2010. — С. 4–12.