

УДК 697.34.001.5 (477.61)

*к.т.н. Долголаптев В.М.,
к.т.н. Симонова И.Н.,
Симонов С.И.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ МАССОВЫХ СЕРИЙ ГОРОДА АЛЧЕВСКА

У статті наведено результати експериментальних досліджень житлових будинків типової серії 1-121 в місті Алчевську методом тепловізійної зйомки.

***Ключові слова:** енергетичний аудит, температурні поля, тепловізор, тепловтрати.*

В статье приведены результаты экспериментального исследования жилых домов типовой серии 1-121 в городе Алчевске методом тепловизионной съемки.

***Ключевые слова:** энергетический аудит, температурные поля, тепловизор, теплопотери.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. Экономия потребления тепловой энергии, в связи с повышением цен на энергоносители, является приоритетной задачей государственного регулирования, как в большинстве стран мира, так и в Украине. Основная доля использования тепловой энергии приходится на жилищно-коммунальный сектор, так на отопление зданий расходуется более 40% всех топливно-энергетических ресурсов страны. При этом доля энергопотребления на жилищно-коммунальный сектор превышает соответствующие показатели европейских стран более чем в два раза. Одним из путей решения экономии тепловой энергии в ЖКХ является эффективный энергоаудит. Энергетический аудит здания определяется как последовательность действий, направленных на определение энергетической эффективности здания и оценку мероприятий по повышению энергетической эффективности и энергосбережения. Необходимость проведения энергоаудита зданий заложена в современных нормах проектирования, которые требуют осуществлять контроль качества теплоизоляции каждого здания при приемке его в эксплуатацию методом термографического обследования.

Такой контроль поможет выявить скрытые дефекты и возможность их устранения до ухода строителей со строительного объекта. Но это все предусмотрено для вновь строящихся зданий, а для существующих зданий необходимо проводить мониторинг теплового состояния ограждающих конструкций зданий с определением фактических теплотехнических характеристик строительных конструкций в условиях их эксплуатации. Для этих целей существует эффективный метод контроля и определения пространственного распределения тепловых потоков (температур) по поверхности ограждающих конструкций зданий, основанный на применении прибора под названием "теповизор". Он способен регистрировать на одном кадре более 65 000 значений температур, усредненных на площади в несколько квадратных сантиметров [1].

Анализ последних достижений и публикаций.

Метод тепловизионного контроля используется во всем мире и поэтому накоплен значительный опыт проведения этих исследований.

Очень интересен опыт проведения тепловизионного обследования зданий в России. Так, технологическим институтом "ВЕМО" г. Москва разработана и внедрена в практику система комплексного теплового (теповизионного) обследования зданий и строительных сооружений в реальных условиях их эксплуатации (в летний и зимний периоды) с определением их количественных характеристик [1, 2, 3]. Методика позволяет произвести тепловой контроль строительных конструкций в натуральных условиях их эксплуатации (с определением приведенного сопротивления теплопередаче по стенам и окнам). Кроме того, в случае необходимости, возможно: определение точки росы и координаты плоскости промерзания в ограждающих конструкциях; определение остаточного теплового ресурса здания при аварийном отключении теплоснабжения; выдача рекомендаций по необходимым мероприятиям для устранения сверхнормативных теплопотерь на участках их обнаружения.

За рубежом, за два десятилетия интенсивного развития сформировалась система стандартов и методик по применению тепловидения в строительстве. В Украине, к сожалению, нет значительных успехов в области инфракрасной термографии строительства, а проведенные тепловизионные обследования – пока лишь редкие исключения, не охватывающие всех городов.

Авторами [4] детально описаны экспериментальные исследования жилых домов типовой серии 1-480А – одной из наиболее распространенных в г. Алчевске.

Постановка задач. Главная цель испытаний заключается в обследовании жилых зданий с различными конструктивными схемами типичными для г. Алчевска на предмет определения потерь тепла наруж-

ными ограждениями, накоплении опыта обследования, создании базы результатов испытаний и разработки рекомендаций по фактическому сбережению тепловой энергии.

Диагностика (обследование) зданий заключается в осмотре объектов в инфракрасном диапазоне спектра («тепловая картинка»), измерении температуры в любой их точке, наблюдении динамики тепловых процессов, а также создании банка данных теплового состояния по каждому из наблюдаемых объектов.

Представление основного материала исследований с полным обоснованием полученных результатов.

Авторами на протяжении нескольких лет были проведены экспериментальные исследования теплотехнических характеристик существующего жилого фонда г. Алчевска методом тепловизионной съемки.

Объектом испытаний были элементы наружных стен (стыки, оконные откосы и др.), а также внутренние конструкции зданий. Попутно проверялось и качество отопительных приборов системы отопления.

Натурные обследования проводились при отрицательных температурах наружного воздуха, при отсутствии солнечного облучения, атмосферных осадков, тумана и других подобных явлений.

Термографирование проводилось последовательно по намеченным участкам с покадровой записью термограмм в компьютер и одновременным измерением и фиксацией температур реперных участков.

Термографирование наружной поверхности стен проводилось общим панорамным снимком, охватывающим всю стену или часть стены с вертикальными и горизонтальными стыками.

Данные по проекту с его техническими и строительными характеристиками отражались в протоколе проведения инструментального и тепловизионного обследования.

Тепловизионная регистрация температурных полей поверхности ограждающих конструкций производилась с учетом излучательной способности обследуемой поверхности.

Одновременно со съемкой тепловизором наружной поверхности ограждающих конструкций здания проводились дополнительные измерения и регистрация метеоусловий снаружи здания: температуры воздуха, направления и скорости ветра, а изнутри – температуры, подвижности и влажности воздуха.

В рамках одной статьи невозможно привести результаты исследований всех жилых домов города. Однако некоторые наиболее характерные мы приводим. Наиболее детально, с исследованием как наружных, так и внутренних стен, проводились экспериментальные исследования крупнопанельных жилых зданий типовой серии 1-121. При этом коэффициенты теплопередачи наружной и внутренних поверхностей ограж-

дающих конструкций определялись в реальных условиях. Первый исследуемый дом, приведенный на рисунке 1, располагался по адресу ул. Волгоградская № 149.



Рисунок 1 – Общая панорама исследуемого жилого дома

В банке данных экспериментального исследования этого дома накоплено около сотни кадров тепловизионной съёмки, выполненных на протяжении трех лет, часть из которых приведена на рисунках 2 – 4.

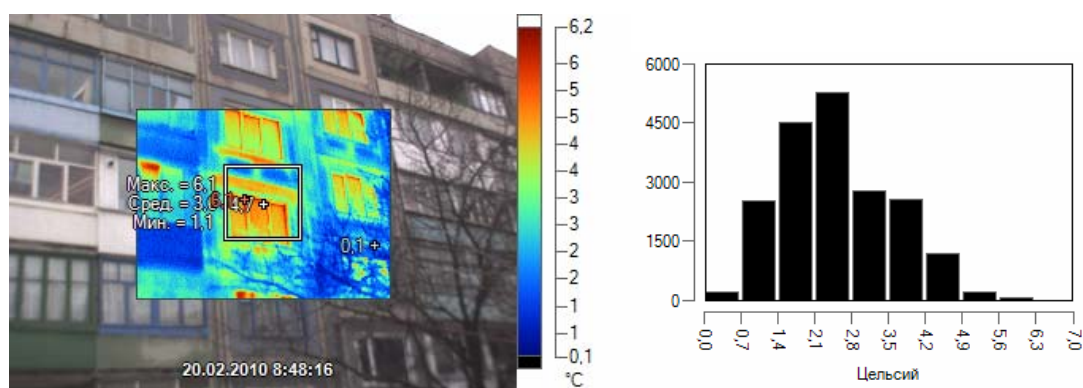


Рисунок 2 – Распределение температурного поля по поверхности стен, охватывающих несколько квартир

Проблема теплопотерь многих жилых домов в городе Алчевске – это неотапливаемые подьезды. Через внутренние стены, которые соприкасаются с неотапливаемым подьездом, происходит интенсивный теплообмен, приводящий к значительным теплопотерям.

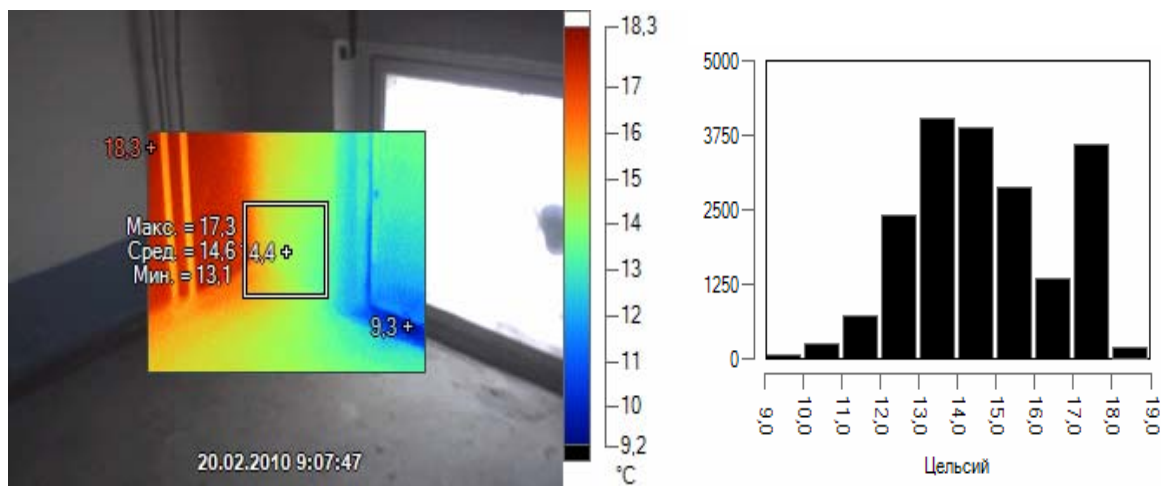


Рисунок 3 – Распределение температурного поля по поверхности внутренней стены, выходящей на лестничную клетку

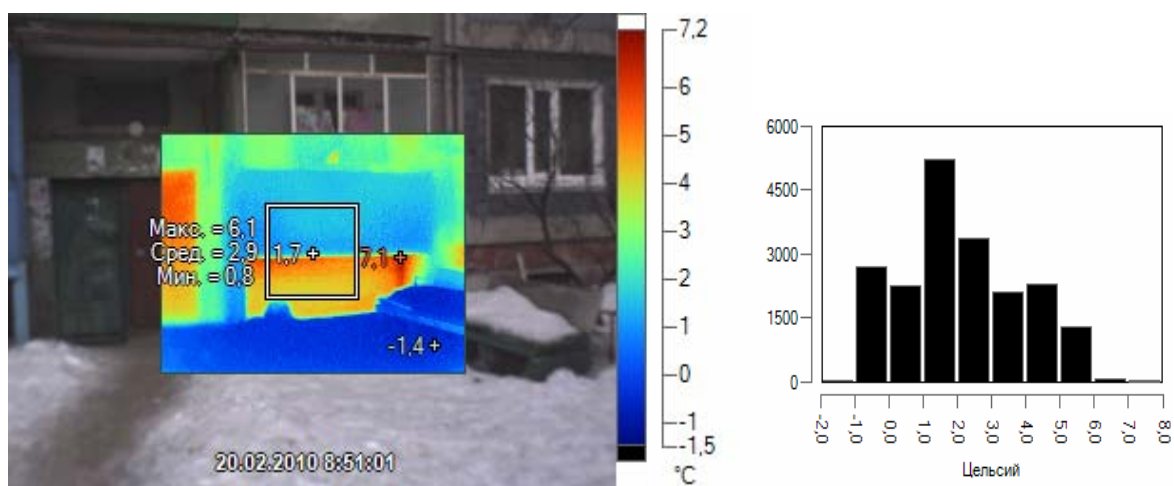


Рисунок 4 – Распределение температурного поля через панели входа в здание и цокольной панели с гистограммой

В исследуемой квартире имеется индивидуальное отопление, поэтому температура внутреннего воздуха была довольно высокой. На основании рассмотренных кадров составлялась таблица определения коэффициентов теплоотдачи наружной поверхности и сопротивлений теплопередачи, таблица 1.

Таблица 1 – Определение коэффициентов теплоотдачи наружной поверхности и сопротивлений теплопередачи

Наружная поверхность стены										
$R_{o.n.}$	α_n	α_k	α_d	ν	C_0	C_1	C_2	t_n	τ_n	t_g
1,14	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	0,5	27
1,07	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	0,6	27
1,00	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	0,7	27
0,95	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	0,8	27
0,90	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	0,9	27
0,85	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1	27
0,81	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,1	27
0,78	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,2	27
0,74	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,3	27
0,71	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,4	27
0,68	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,5	27
0,66	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,6	27
0,63	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,7	27
0,61	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,8	27
0,59	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	1,9	27
0,57	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	2	27
0,55	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	2,1	27
0,53	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	2,2	27
0,52	16,42	15,67	0,75	4	5,67	0,92	5,67	-1	2,3	27

Аналогичным образом проводились исследования 9-ти этажных жилых домов 121 серии, расположенных по ул. Гмыри, рисунки 5-7.



Рисунок 5 – Общий вид жилого дома серии 1-121 по улице Гмыри

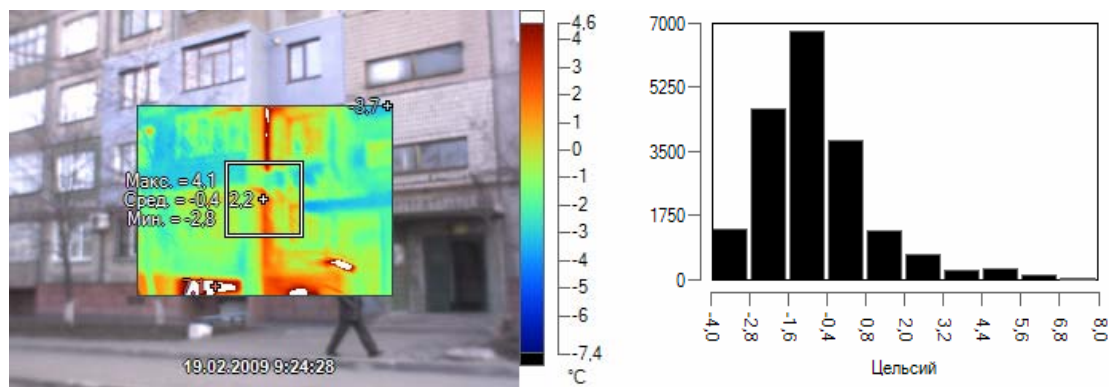


Рисунок 6 – Распределение температуры по поверхностям стеновых панелей первого и второго этажей с гистограммой

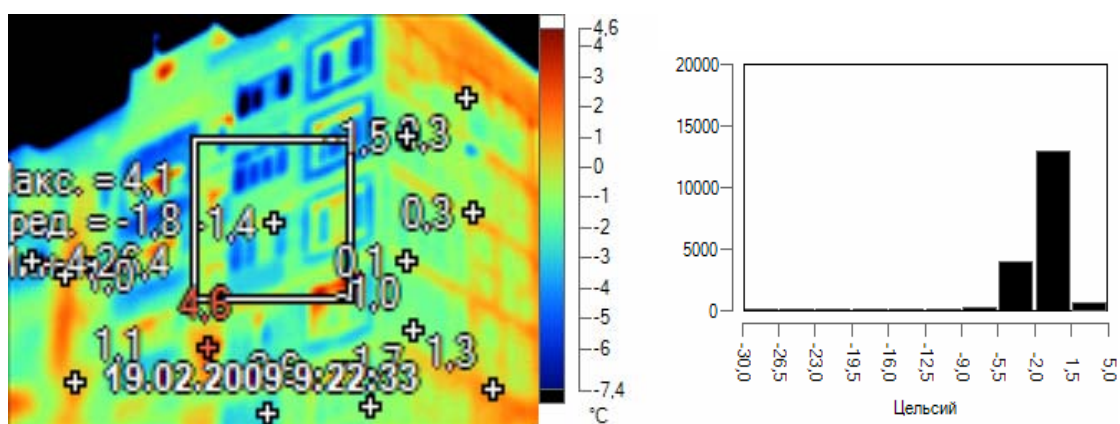


Рисунок 7 – Распределение температурного поля, которое охватывает угол здания с гистограммой

Определение коэффициентов теплоотдачи и сопротивлений теплопередачи наружной поверхности стеновых панелей сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение коэффициентов теплоотдачи и сопротивлений теплопередачи наружной поверхности

Наружная поверхность стены										
$R_{o.n.}$	α_n	α_k	α_l	ν	C_0	C_1	C_2	t_n	τ_n	t_e
1,58	13,70	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,8	22
1,46	13,70	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,7	22
1,36	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,6	22
1,26	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,5	22
1,19	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,4	22
1,12	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,3	22
1,05	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,2	22

Продолжение таблицы 2

Наружная поверхность стены										
$R_{o.n.}$	α_n	α_k	α_l	v	C_0	C_1	C_2	t_n	τ_n	t_g
1,00	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2,1	22
0,95	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-2	22
0,90	13,71	12,98	0,72	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,9	22
0,86	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,8	22
0,82	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,7	22
0,79	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,6	22
0,76	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,5	22
0,73	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,4	22
0,70	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,3	22
0,68	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,2	22
0,65	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1,1	22
0,63	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-1	22
0,61	13,71	12,98	0,73	3	5,67	0,92	5,67	-4	-0,9	22

Выводы и перспективы дальнейшего развития. Проведенные тепловизионные экспериментальные исследования позволяют быстро, массово и оперативно, в режиме реального времени, не разрушая конструкцию стены, определить фактические сопротивления теплопередачи конструкции, выявлять ее дефекты, а также некачественную теплоизоляцию стен.

Температура поверхностей строительных конструкций зависит от теплофизических свойств их материалов, наличия теплопроводных включений, как конструктивно обусловленных, так и случайных, которые являются технологическими или конструктивными дефектами. Если пользоваться традиционными методами, то для определения теплофизического состояния ограждающих конструкций здания необходимо установить несколько сотен или тысяч термодатчиков. Конечно, большая трудоемкость и высокая стоимость такой работы затрудняет осуществление необходимого контроля теплофизических свойств во время приема зданий в эксплуатацию и, особенно, перед капитальным ремонтом или реконструкцией. Тепловизор позволяет не только одновременно зарегистрировать более 65000 значений температур, усредненных на исследуемой площади ограждающей конструкции (гистограммы к каждому кадру), но и получить тепловой "портрет" здания. Также имеется возможность проанализировать изображение на компьютере и принять экспертный вывод по способу теплоизоляции здания, а после выполне-

ния работ по утеплению – снова снять тепловой "портрет" ограждающей конструкции и проверить качество выполненных работ. После компьютерной обработки изображения и распечатки на цветном принтере тепловые "портреты" могут быть официальными документами состояния конструкции здания.

В результате проведенных натурных экспериментальных исследований создан банк данных теплового состояния жилых зданий первых массовых серий в реальных условиях эксплуатации, для которых экспериментально определены коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности и сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций. Дальнейшие исследования будут направлены на создание практических рекомендаций по определению теплопотерь обследованных жилых домов города Алчевска.

Библиографический список

1. Бударин О.Н. *Тепловой неразрушающий контроль изделий* / О.Н. Бударин, А.И. Потапов, В.И. Колганов и др. – М.: Наука, 2002. – 476 с.

2. Васильев Г.П. *Результаты натурных исследований теплового режима экспериментального энергоэффективного дома* / Г.П. Васильев // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 2002. – №6. – С. 3 – 5.

3. *Энергетические обследования – способ реального энергосбережения и получения дополнительной прибыли: методическое пособие (нормативные документы, информационно-справочные материалы)* / под. ред. Т.Е. Троицкого-Маркова, О.Н. Бударина, В.И. Сучкова, В.Ю. Скоборева. – М.: изд. СК, 2002. – 209 с.

4. *Питання енергозбереження при реконструкції житлових будинків: Монографія* / Долголатєв В.М., Симонова І.М., Симонов С.І., Ніколаєва О.К./ *Донбаський державний технічний університет*. – Луганськ, СПД Резніков В.С., 2010. – 322 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.