

УДК 697.329

А.Д. ЧЕРЕДНИК, аспирант, А.А. РЕДЬКО, д-р техн. наук, проф.,
А.В. ГВОЗДЕЦКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ ВОДЯНЫМИ ПАНЕЛЯМИ

В данной статье рассматривается проблема энергосбережения, которая является одной из важнейших для строительного комплекса Украины. Одним из вариантов энергосберегающих технологий является применение потолочного водяного панельно-лучистого отопления. Использование потолочных инфракрасных излучающих панелей является наиболее эффективным при отоплении: промышленных помещений; автосалонов; торговых залов; аэровокзалов; ангаров; спортивных залов; автомоек; бассейнов; влажных помещений; трибун; офисов; гостиничных номеров; коттеджей. В статье описана система потолочного лучистого водяного отопления, приведены основные преимущества данной системы. Так же был проведен анализ существующих публикаций, материалов, методик расчета водяных отопительных панелей. Были рассмотрены и приведены общие требования к проектированию систем панельно-лучистого отопления. На базе кафедры теплогазоснабжения вентиляции и использования вторичных энергоресурсов была спроектирована и смонтирована экспериментальная установка с использованием подвесной лучистой отопительной панели, которая позволяет смоделировать фрагмент системы радиационного водяного отопления. В результате экспериментально полученных данных и их дальнейшей математической обработки было получено уравнение регрессии радиационного потока в зависимости от температуры теплоносителя и высоты помещения. Результаты экспериментов и обработки данных показали эффективность использования потолочного лучистого водяного отопления в производственных и административных помещениях.

Ключевые слова: лучистое отопление, плотность теплового потока.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одним из прогрессивных методов отопления помещений больших объемов является лучистое отопление, которое, по сравнению с классическим паровым и газовым отоплением, требует значительно меньших затрат.

В качестве теплоносителя в потолочных излучающих панелях используется тёплая или горячая вода (от 40 до 120°C), которая передаёт тепло трубам и излучающему экрану. Нагретый экран начинает излучать волны в инфракрасном диапазоне. Так как потолочная панель покрыта сверху изоляцией, всё излучение идёт только вниз. Волны при соприкосновении с телами и поверхностями в помещении преобразуются в тепло. Нагретые таким образом тела также в свою очередь начинают излучать тепло, а также передавать его воздуху посредством конвекции. За счёт этого в помещении достигается ровный температурный профиль.

Потолочные излучающие панели характеризуются низкой тепловой инерционностью и обеспечивают короткое время реагирования, что позволяет существенно уменьшить энергозатраты. Поскольку инфракрасное излучение проходит сквозь воздух практически без потерь энергии (оно не нагревает воздух), а превращается в тепло непосредственно в рабочей зоне, такой вид отопления является наиболее эффективным и экономичным для помещений с большой высотой потолка. Также потолочное лучистое отопление незаменимо при зональном отоплении, например, в цехах, где часть площади занимают станки, и необходимо отапливать лишь проходы, в которых работают люди.

Преимущества лучистого водяного отопления:

- равномерное комфортное распределение тепла;
- очень долгий срок службы;
- практически полное отсутствие затрат на техническое обслуживание;
- отсутствие сквозняков и перемещения пыли благодаря сведению конвекционных процессов к минимуму;
- совершенно бесшумная работа системы;
- возможность применения альтернативных источников энергии (тепловых насосов) и техники максимального использования теплоты сгорания топлива (рекуператоров тепла);
- нет неэффективного расхода тепла из-за перепадов температуры (теплая крыша и холодный пол), вертикальный градиент температуры менее 0,3 К на метр высоты помещения;

экономия пространства: ничем не загроможденные пол и стены;
 простое и эффективное регулирование системы, короткое время реагирования за счет небольшого объема воды;
 специальные исполнения, дополнительные функции освещения и шумопоглощения;
 высококачественная покраска поверхности методом нанесения порошковой эмали в электростатическом поле с последующим обжигом в высокотемпературных печах.

Использование потолочных инфракрасных излучающих панелей является наиболее эффективным при отоплении: промышленных помещений; автосалонов; торговых залов; аэровокзалов; ангаров; спортивных залов; автомоек; бассейнов; влажных помещений; трибун; офисов; гостиничных номеров; коттеджей.

В системах отопления производственных и административных помещений, спортивных зданиях, находят применение водяные панели различных фирм-производителей Италии, Германии и др.

Анализ публикаций, материалов, методов. Для оценки параметров систем лучистого отопления необходимо выполнить подробный расчет распределения лучистого тепла по внутренним поверхностям помещений, а также определять уровень облученности находящихся в них людей или животных с учетом закономерностей лучистого теплообмена. Наиболее полно закономерности лучистого теплообмена применительно к задачам строительной теплофизики рассмотрены В.Н. Богословским. Так, в монографии «Строительная теплофизика» [1] приведены основные зависимости и данные о распределении лучистого тепла по внутренним поверхностям ограждающих конструкций. В технической и справочной литературе, например [2-4,], имеются формулы и графики для расчета угловых коэффициентов облучения для конкретных условий взаимного расположения поверхностей, участвующих в теплообмене. Непосредственное использование этих формул для расчетов распределения лучистого тепла по поверхностям помещений весьма трудоемкая работа даже для компьютерных расчетов. Для упрощения расчетов предложены вспомогательные материалы (таблицы, графики). Однако эти методики весьма сложны и разработаны для определенных типов нагревательных панелей, параметров теплоносителя и т.д. Поэтому применение их для практических расчетов зачастую не представляется возможным. Так в [5] были исследованы тепловые режимы панельных трубчатых излучателей с температурой 100-250 °С для водяных и тепломаляных систем радиационного отопления.

Общие требования к проектированию систем панельно-лучистого отопления:

Системы отопления должны быть рассчитаны на обеспечение в отапливаемых помещениях при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства и в течение отопительного периода температуры внутреннего воздуха в допустимых пределах, установленных в ГОСТ 30494-96 для жилых и общественных зданий и в ГОСТ 12.1.005-88 для административно-бытовых и производственных зданий, а также с учетом требований СНиП 41-01-2003.

Температуру теплоносителя следует принимать не менее чем на 20 % ниже температуры самовоспламенения веществ, находящихся в помещении. Горячие поверхности отопительного и вентиляционного оборудования, трубопроводов и воздухопроводов, размещаемых в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения газов, паров, аэрозолей или пыли, следует изолировать, предусматривая температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции не менее чем на 20 % ниже температуры их самовоспламенения.

Отопительное и вентиляционное оборудование, трубопроводы и воздухопроводы не следует размещать в указанных помещениях, если отсутствует техническая возможность снижения температуры на поверхности изоляции до указанного уровня.

Температуру поверхности панелей для обогрева отдельных рабочих мест не следует принимать выше 60°С.

Система отопления должна быть рассчитана на постоянное рабочее давление теплоносителя, но не менее 0,4 МПа при расчетной температуре теплоносителя.

Пробное давление воды превышает рабочее давление в системе отопления в 1,5 раза, но не менее 0,6 МПа при постоянной температуре воды 95°С.

Система считается выдержавшей испытание, если в течение 5 мин, когда она находится под пробным давлением, потери давления не превысят 0,02 МПа и будет отсутствовать тяга в сварных швах, трубах, резьбовых соединениях, арматуре, отопительных приборах и оборудовании.

Комфортные параметры микроклимата при использовании систем панельно-лучистого отопления следует принимать по ГОСТ 30494-96 и СНиП 41-01-2003.

Результирующую температуру помещения при использовании систем панельно-лучистого отопления на постоянных рабочих местах принимают равной нормируемой температуре воздуха в обслуживаемой зоне помещения.

При этом температура воздуха в обслуживаемой зоне помещения не должна быть более чем на 3°C ниже результирующей температуры помещения, а поверхностная плотность лучистого теплового потока на рабочем месте не должна превышать 35 Вт/м².

Значение температурного напора при отоплении может быть рассчитано арифметически или может быть взято из таблиц [1]

$$t_i = t_E = \frac{(t_U + t_L)}{2}; \quad \Delta t_{uber} = \frac{(t_{HVL} + t_{HRL})}{2},$$

где $t_i = t_E$ - температура в помещении (°C) - ощущаемая температура (°C); t_U - температура ограждающих конструкций (°C) - среднему арифметическому температур поверхностей предметов в помещении и температуры ограждающих поверхностей (°C); t_L - температура воздуха (°C); Δt_{uber} - температурный напор при отоплении (K); t_{HVL} - температура подающей линии при отоплении (°C); t_{HRL} - температура обратной линии при отоплении (°C).

Цель и постановка задачи исследования. Целью исследования предполагалось получить зависимость плотности радиационного потока E от температуры теплоносителя и высоты подвеса панели. На базе кафедры теплогоснабжения вентиляции и использования вторичных энергоресурсов ХНУСА была спроектирована и смонтирована экспериментальная установка с использованием потолочной панели фирмы Zenhder (рис.1).

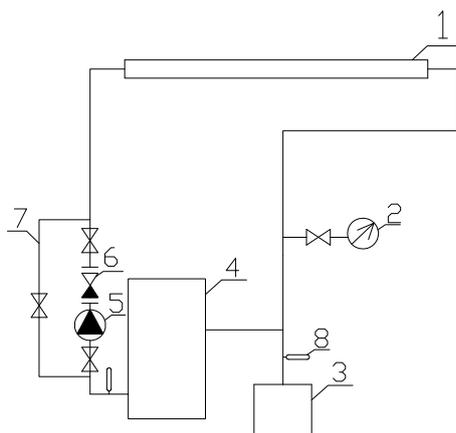


Рис. 1. Экспериментальная установка системы лучистого отопления: 1- панель лучистого отопления; 2- водомер горячей воды; 3 - расширительный бак; 4- котел; 5 - циркуляционный насос; 6- фильтр; 7- байпас; 8- термометр)

Характеристики отопительной панели: ширина - 320 мм; длина 3000 мм; материал панели - сталь; максимальная рабочая температура - 120 °C ; максимальное избыточное рабочее давление - 10 бар. Данная установка позволяет смоделировать фрагмент системы радиационного водяного отопления, применить известные в этой области методики испытаний, получить экспериментальные данные, которые можно будет использовать для усовершенствования лучистого отопления.

Результаты и их обсуждение. Были получены экспериментальные данные плотности радиационного потока E .

С помощью радиометра энергетической освещенности РАТ-2П были измерены плотность радиационного потока в зависимости от температуры теплоносителя и высоты подвеса панели, мощность системы в зависимости от температуры воды.

Так же были проведены температурные измерения воздуха в рабочей и нерабочей зонах.

Результаты экспериментально полученных данных значения плотности радиационного потока E в зависимости от температуры теплоносителя и температуры помещения представлены в табл. 1 и на рис. 2,3.

Таблица 1

Экспериментальные данные значения E Вт/м²

$t, ^\circ\text{C}$ \ $h, \text{ м}$	1	1,5	2	2,5	3
50	26	16	11	8	7
60	33	21	14	9	8
70	45	25	15	10	8
80	52	31	17	12	10
90	65	39	27	19	15

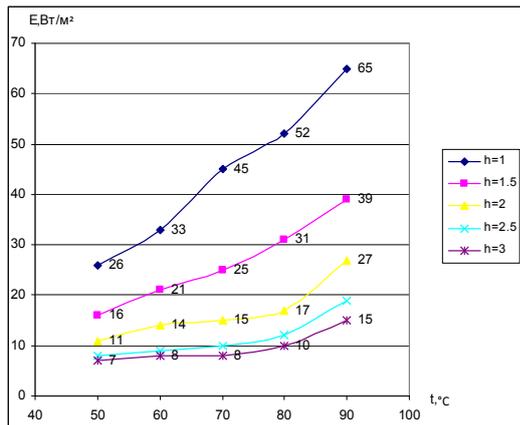


Рис. 2. Значення густини теплового потоку в залежності від температури теплоносія

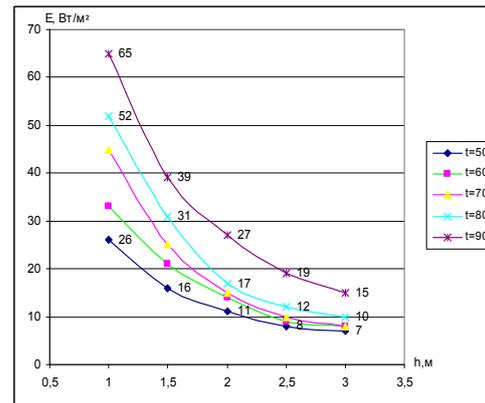


Рис. 3. Значення густини теплового потоку по висоті приміщення

В результаті експериментів і математическої обробки даних було отримано рівняння регресії радіаційного потоку від температури теплоносія і висоти приміщення, $\text{Вт}/\text{м}^2$

$$E = t \cdot 1,193887 + h^{-1} \cdot 30,489 + t \cdot h^{-1} \cdot 0,23045 + 7,06636.$$

Точність отриманого рівняння регресії знаходиться в межах $\pm 10\%$.

Діапазон змінення змінних: $50 \leq t \leq 90$ $^\circ\text{C}$; $0 \leq h \leq 3,5$ м.

Висновки. Результати експериментів і обробки даних показали ефективність використання поточною лучистого водяного опалення в виробничих і адміністративних приміщеннях, отримано рівняння регресії залежності густини теплового потоку від температури теплоносія і висоти приміщення.

Для забезпечення дальнішого розширення використання енергозберігаючих систем інфрачервоного опалення виробничих приміщень великих розмірів, а також дальнішого підвищення їх ефективності, цілесобразно додатково провести комплекс спеціальних теоретических і експериментальних досліджень для отримання єдиної експериментально-перевіреної і адаптованої для умов України методики їх розрахуку.

Список літератури

1. Абакумов В.А. Перспективи систем інфрачервоного опалення /В.А. Абакумов, Т.В.Коваль //Промышленная энергетика. 2002. – №4. – С.35-37.
2. Инфрачервоні системи опалення //МТТ. Мир техніки і технологій. – 2005. – №8. – с. 66-67.
3. Шумилов Р.Н. Лучистое опалення – міфи і реальність /Р.Н.Шумилов, Ю.И.Толстова, А.А. Поммер // С.О.К. Сантехніка, опалення, кондиціонування. – 2006. – № 1. – С. 56,58.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы опалення, вентиляції і кондиціонування повітря). Учебник для вузов. — М.: «Высшая школа», 1982. — 415 с.
5. Банхиди А., Мачкаши Л. Лучистое опалення. — М.: Стройиздат, 1985. — 464 с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача.— М.: «Энергия», 1981. — 416 с.
7. Справочник проектировщика. Внутренние свитарно-техніческие устройства. 4.3. Опалення. Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И.Шиллера. — М.: Стройиздат, 1990. — 422 с.
8. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Совершенствование методики розрахуку інфрачервоного опалення. Матеріали міжнародної науково-техніческої конференції «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляції». — М: Изд. МГСУ, 2005. — 107-112 с.
9. Видиборец Н.М. Панельные трубчатые излучатели для систем радиационного опалення і охладження//Научно-технічний збірник: КНУСА, 2011. -вып. 11. — с. 37-42.
10. Zenhder ZBN. Система поточною опалення і охладження. Техніческaя документація.— 62 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15