

туры наружного воздуха для системы управления отпуском тепла на ТЭЦ // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2005. – №4. – С.58-62.

3.СНиП II.3.-79**. Строительная теплотехника. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР,1986.

4.Davenport A.G. The spectrum horizontal gustiness near the ground in high winds // Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 1961. - № 87. – pp. 194-211.

5.Маляренко В.А., Голошапов В.Н., Барсуков В.А., Котульская О.В., Черноусенко О.Ю. Теплообмен и газодинамика в камерах отбора паровых турбин. – К.: Наук. думка, 1991. – 240 с.

6.Шляжас Р. Б. Турбулентный перенос импульса и тепла в пограничном слое за препятствием: Автореф. ... канд. техн. наук. – Каунас: Ин-т ФТПЭ, 1985. – 17 с.

7.Чжен П. Отрывные течения. Т.3. – М.: Мир, 1973. – 336 с.

8.Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наук. думка», 2000. – 412 с.

Отримано 06.09.2010

УДК 697.14

Л.В.ГИРМАН, В.А.ПАШИНСЬКИЙ, д-р техн. наук,

В.В.ШУЛЬГІН, канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАМКНУТИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ

Виконано порівняння результатів експериментальних досліджень та теплотехнічних розрахунків за допомогою розроблених математичних моделей для визначення опору теплопередачі повітряного прошарку.

Выполнено сравнение результатов экспериментальных исследований и теплотехнических расчетов с помощью разработанных математических моделей для определения сопротивления теплопередачи воздушной прослойки.

Comparison of results of experimental researches and heating engineering calculations is executed by the developed mathematical models for determination of resistance of heat-transfer of air layer.

Ключові слова: тепломір, термopара, потенціометр, віконний блок, повітряний прошарок, опір теплопередачі.

Для теплотехнічних розрахунків замкнутих повітряних прошарків розроблено математичні моделі [1-3], які дають можливість визначити фактори, що найбільш суттєво впливають на опір теплопередачі повітряного прошарку. Для оцінки достовірності цих моделей необхідно провести експериментальні дослідження та порівняти результати теоретичних розрахунків з експериментальними даними.

Мета роботи – провести експериментальні дослідження та порівняти експериментальні дані з результатами розрахунків, які виконува-

лися за допомогою розроблених математичних моделей.

Експеримент проводився в кліматичній камері в Полтавському національному технічному університеті ім. Юрія Кондратюка. У якості експериментального зразка був використаний повітряний прошарок у віконному блоці. Випробування проведено згідно з ДСТУ Б В.2.6.-17-2000 [4]. Проводились вимірювання температур повітря та поверхонь остеклення, а також теплового потоку, що проходить крізь повітряний прошарок, при стаціонарних умовах теплопередачі.

Принципова схема експериментальної установки показана на рис.1.

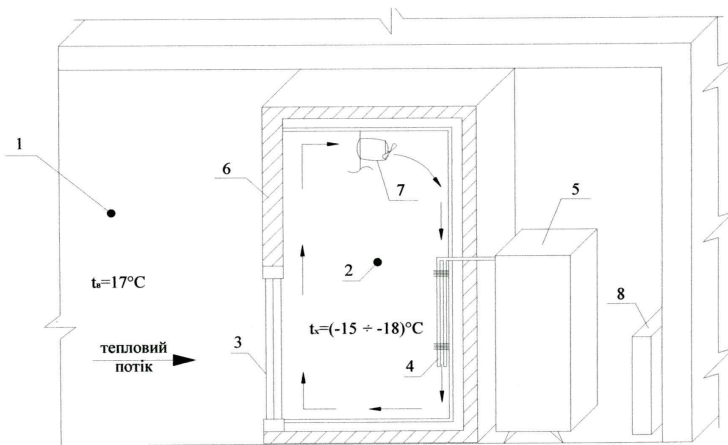


Рис.1 – Принципова схема експериментальної установки:

- 1 – приміщення (тепле відділення кліматичної камери);
- 2 – холодне відділення кліматичної камери;
- 3 – віконний блок;
- 4 – випарник холодної установки;
- 5 – холодна установка;
- 6 – теплоізоляційний шар;
- 7 – вентилятор;
- 8 – нагрівальний прилад.

Загальний вигляд експериментальної установки зображено на рис.2.

Експериментальна установка має холодне відділення, перегородку, в яку встановлюють віконний блок і тепле відділення (рис.1). При проведенні експериментальних досліджень з одного боку віконного блоку температура повітря підтримувалась на рівні $+17^{\circ}\text{C}$. У холодному відділенні кліматичної камери температура була в діапазоні $t_x = -15 \div -18^{\circ}\text{C}$, за рахунок роботи холодної установки.

Згідно з рекомендаціями [4] на випробувальному зразку було встановлено термопари з діапазоном вимірювання температури від -50

до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідають вимогам стандарту [5]. Місця їх розташування можна побачити на рис.2. Для визначення температур за допомогою термопар використовувався потенціометр постійного струму ПП-63.



Рис.2 – Фотографії експериментальної установки

Для вимірювання теплового потоку використовувались тепломіри, з діапазоном вимірювання теплового потоку до 250 Вт/м^2 . Під час експерименту були застосовані два тепломіри для вимірювання щільності теплових потоків у середній та крайній зонах остеклення, згідно з вимогами [4].

Після виходу експериментальної установки на стаціонарний режим, який тривав 3-4 години від початку включення експериментальної установки, перевірялась правильність вибору однорідних температурних зон на зразку, за рахунок вимірювання щільності теплових потоків і температури на внутрішній поверхні. У випадку суттєвих відхилень температур і щільності теплового потоку в межах зони (більше 10%) виконувалися коригування розташування датчиків температур і теплових потоків.

Вимірювання температур і щільності теплового потоку проводились не менше трьох разів з інтервалом не менше 1 год.

Під час експерименту розглядалися огорожувальні конструкції з одним, двома та трьома повітряними прошарками. Як приклад, розглянемо огорожувальну конструкцію вікна з двома повітряними про-

шарками.

Результати експериментальних вимірювань наведено в табл.1 для випадку, коли огорожувальна конструкція мала два повітряних прошарки, тобто потрібне скління. Конструкція віконного блоку наведена на рис.3.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень теплового режиму повітряного прошарку (теплових потоків та температуру)

Дата проведення експерименту 27 квітня 2010 р.

Характеристика зразка два повітряних прошарки

Температура в теплому відділенні камери (повітря в приміщенні) $t_{\theta} = 17^{\circ}\text{C}$

Температура в холодному відділенні камери $t_x = -15 \div -18^{\circ}\text{C}$

Конструкція	Зона	Площа зони, м ²	Середня температура поверхні в точках вимірювань за площею		Щільність теплового потоку середня за площею, q , Вт/м ²	Опір теплопередачі, R , $\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$
			внутрішня	зовнішня		
1	2	3	10	11	15	16
Велика стулка вікна	Середина скла	0,4	-14,586	9,819	59,196	0,566
	Край скла	0,38	-10,172	10,000	59,318	0,494

Товщина скла з боку приміщення складала 3 мм, з боку камери – 3 мм, те скло, що знаходилося посередині, мало товщину 4 мм. Товщина замкненого повітряного прошарку між першим і другим склом становила $\delta=40$ мм, між другим і третім – $\delta=20$ мм (рис.3). У кліматичній камері був стаціонарний режим. При цьому холодильник працював періодично з таким циклом протягом часу $\tau=2$ хв. Протягом 21 с температура в холодному відділенні знижувалася від -15 до -18°C . Протягом часу $\tau=3$ хв. 09 с температура підвищувалася від -18 до -15°C . Включення та виключення компресора відбувалось за допомогою автоматики.

Середні за площею результати експериментальних вимірювань, крім табл. 1, наведено на рис.3.

На основі експериментальних даних було визначено опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції, що складає $R=0,566 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ (за умови, що коефіцієнти теплообміну внутрішньої

α_g і зовнішньої α_x поверхонь перераховано відповідно при фактичних температурах повітря в приміщенні й кліматичній камері).

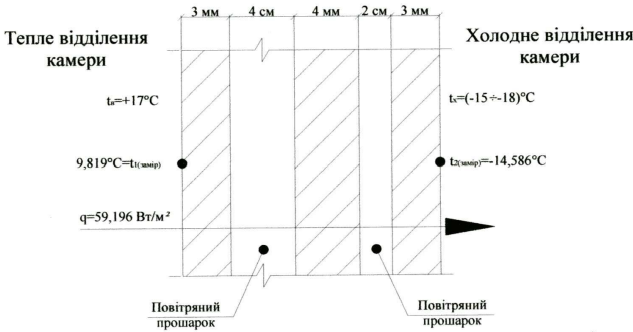


Рис.3 – Схема огорожувальної конструкції та результати вимірювань:

t_g – температура в теплому відділенні камери, $t_g = 17$ °С; t_x – температура повітря в холодному відділенні камери, $t_x = (-15 \div -18)$ °С; $t_{1(зам)} = t_{x1}$, $t_{2(зам)} = t_{x2}$ – відповідно середні температури зовнішньої та внутрішньої поверхні; $q = 59,196$ Вт/м² – щільність теплового потоку.

Для оцінки достовірності розроблених математичних моделей, які наведено в роботах [1-3], запишемо систему балансних рівнянь [3], що характеризує стаціонарний процес теплопередачі.

Схема теплових потоків наведена на рис.4.

Система балансних рівнянь має схожий вигляд згідно з рекомендаціями, наведеними в [3]. Тільки для огорожувальної конструкції з двома повітряними прошарками математична модель складатиметься з шести рівнянь і матиме шість невідомих величин. Невідомими є середні температури повітря в прошарках t_{cp1} , t_{cp2} , а також температури на першій t_1 , другій t_2 , третій t_3 та четвертій t_4 поверхні повітряного прошарку.

Було виконано розрахунок процесу теплопередачі через два повітряних прошарки. Результати розрахунку наведено в табл.2.

Аналізуючи дані табл.2, можна зробити висновок, що співвідношення результатів розрахунків, одержаних за допомогою математичної моделі, з даними натурного експерименту свідчать про те, що запропонована математична модель достовірно описує процеси теплообміну в замкнутих повітряних прошарках.

Результати порівнянь експериментальних даних та результатів теоретичних розрахунків наведено також на рис.5. На ньому зображе-

но лінії, що характеризують зміну температури залежно від опору теплопередачі окремих конструктивних шарів віконного блоку, тобто $t = f(R)$. Лінії побудовані на основі теоретичних розрахунків. Результати експериментальних досліджень показано маркерами.

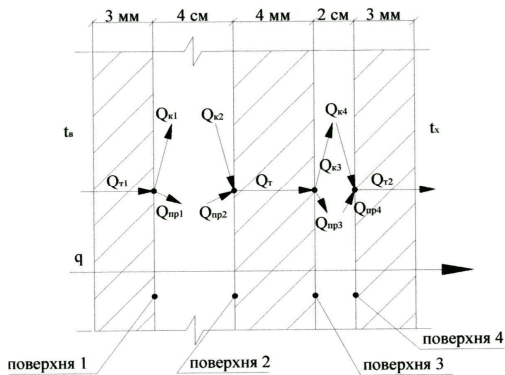


Рис.4 – Схема теплових потоків для вікна з двома повітряними прошарками:
 Q_{T1} , Q_{T2} , Q_{T3} – відповідно кількість теплоти, яка передається теплопровідністю від внутрішнього повітря до поверхні 1 повітряного прошарку, від поверхні 2 до поверхні 3 та від поверхні 4 до повітря в холодному відділенні камери, Вт; $Q_{к1}$, $Q_{к2}$, $Q_{к3}$, $Q_{к4}$ – конвективний тепловий потік відповідно біля поверхні 1, 2, 3 та 4, Вт;
 $Q_{пр1}$, $Q_{пр2}$, $Q_{пр3}$, $Q_{пр4}$ – променевий тепловий потік відповідно біля поверхонь 1, 2, 3 та 4, Вт.

Таблиця 2 – Порівняння результатів розрахунку та експериментальних вимірювань

№ п/п	Параметри повітряного прошарку	Дані теоретичних розрахунків		Результати експерименту
		3	4	
1	Температура повітря в холодному відділенні камери, $t_{вп}$, °С (знаходиться в діапазоні)	-15	-18	
2	Температура поверхні 1, t_1 , °С	9,765	9,135	
3	Середня температура повітря в першому прошарку, $t_{сп1}$, °С	4,44	3,321	
4	Температура поверхні 2, t_2 , °С	-0,886	-2,494	
5	Температура поверхні 3, t_3 , °С	-1,198	-2,833	
6	Середня температура повітря в другому прошарку, $t_{сп2}$, °С	-7,049	-9,275	

Продовження табл.2

1	2	3	4	5
7	Температура поверхні 4, t_4 , °C	-12,9	-15,717	
8	Опір теплопередачі першого повітряного прошарку, $R_{в.п.1}$, $\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	0,185	0,185	
9	Опір теплопередачі другого повітряного прошарку, $R_{в.п.2}$, $\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	0,203	0,205	
10	Загальний опір теплопередачі віконного блоку, $R_o = 0,147 + R_{в.п.1} + R_{в.п.2}$, $\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	0,555	0,557	0,566
11	Температура на внутрішній поверхні вікна, t_{x1} , °C	10,005	9,377	9,819
12	Температура на зовнішній поверхні вікна, t_{x2} , °C	-13,136	-15,968	-14,586
13	Тепловий потік, q , Вт/м ²	57,658	62,837	59,196

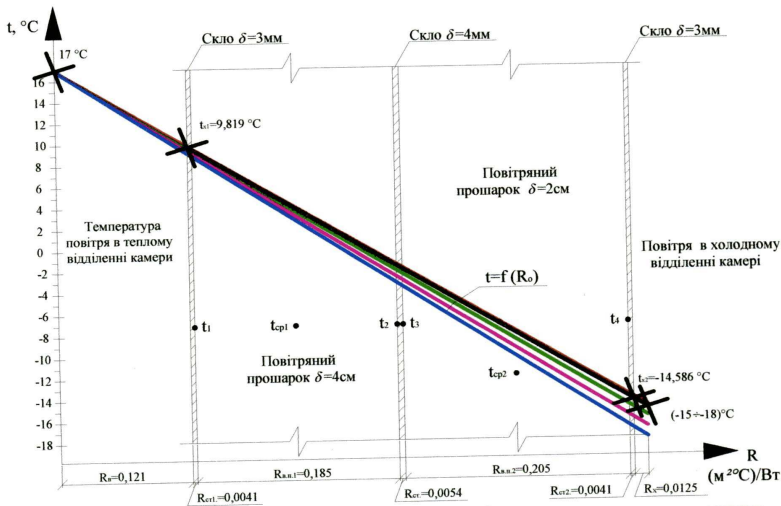


Рис.5 – Графік залежності температури повітря та температури поверхонь віконного блоку від опору теплопередачі конструкції (трюхшарове вікно)

1.Строй А.Ф. Математична модель та алгоритм розрахунку теплопередачі через огорожувальну конструкцію із замкнутим повітряним прошарком / А.Ф. Строй, Л.В. Гирман // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн.сб. Вып.86. – К.: Техніка, 2009. – С.188-196.

2.Гирман Л.В. Покращення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій із замкнутим повітряним прошарком / Л.В. Гирман // Комунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.88. – К.: Техніка, 2009. – С.166-174.

3.Строй А.Ф. Порівняння результатів теплотехнічного розрахунку замкнутих повітряних прошарків при використанні різних математичних моделей / А.Ф. Строй, Л.В. Гирман // Комунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.95. – К.: Техніка, 2010. – С.90 -98.

4.ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99). Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі.

5.ГОСТ 1790-77. Проволока из сплавов хромель, алюмель, копель и константан для термоэлектродов термоэлектрических преобразователей. Технические условия.

Отримано 19.10.2010

УДК 658.24

А.А.АЛЕКСАХИН, канд. техн. наук, А.В.БОБЛОВСКИЙ
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ГРЕЮЩЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ СМЕШАННЫХ СХЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Выполнена оценка величины относительной погрешности при использовании аналитической зависимости для вычисления расхода сетевой воды через теплообменники горячего водоснабжения. Определена достаточная точность проведения итерационного счета для обеспечения необходимой точности определения расхода греющего теплоносителя через теплообменные аппараты горячего водоснабжения.

Виконано оцінку величини відносної похибки при використанні аналітичної залежності для обчислення витрат мережної води через теплообмінники гарячого водопостачання. Визначено достатню точність проведення ітераційного розрахунку для забезпечення необхідної точності визначення витрат гріючого теплоносія через теплообмінні апарати гарячого водопостачання.

The estimation of the relative error when using the analytical relationship for calculating the power flow of water through the heat exchanger hot water. Outlines the required accuracy of the iterative account to ensure the necessary accuracy of the flow of heating fluid through the heat exchangers for hot water.

Ключевые слова: система горячего водоснабжения, теплообменный аппарат, расход греющего теплоносителя, относительная погрешность счета.

При закрытых системах теплоснабжения приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд жилых микрорайонов осуществляется с помощью установленных на теплораспределительных станциях теплообменных аппаратов. Присоединение теплообменников к тепловым сетям выполняют чаще по двухступенчатым схемам, что позволяет использовать теплоту, содержащуюся в теплоносителе после системы отопления зданий микрорайона [1, 2]. В зависимости от