

З аналізу теплових втрат високотемпературних промислових печей можна виділити три основні напрямки підвищення їх ефективності і зниження питомої витрати палива на одиницю технологічного продукту. По-перше, здійснювати удосконалення конструкції самої печі і її елементів в плані підвищення гідравлічної і термічної щільності. По-друге, реалізувати усі доступні схеми регенерації теплоти продуктів спалювання. По-третє, після реалізації двох перших напрямів або, навпаки, неможливості і малоефективності їх, замінити конструкцію печі на енергоощадну.

Висновок. Для підвищення енергетичної ефективності і зменшення витрати природного газу необхідно максимально усунути можливі втрати теплоти в існуючих конструкціях промислових печей.

1. Шпак Г.І. Підвищення ефективності використання природного газу в теплотехнологічних процесах будівництва. – Львів: Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. – 2008. 2. Improved heat recovery in high-temperature furnaces. – The international Gas Union, IG/GF, 1983. – P.30.

УДК 696.2/4

Ю.С. Юркевич, О.О. Савченко, О.В. Дейнека
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ КУЛЬТОВИХ СПОРУД

© Юркевич Ю.С., Савченко О.О., Дейнека О.В., 2012

Наведено нормативні значення параметрів внутрішнього повітря у приміщеннях церков, особливості підрахунку тепловтрат зовнішніми огороженнями та рекомендації з застосування різних видів систем опалення у культових спорудах.

Ключові слова: храм, система опалення, температура внутрішнього повітря, температура точки роси, відносна вологість внутрішнього повітря.

In this article presents normative values of internal air temperatures in churches, specificity of the calculation of heat losses by external fencing and recommendations on the use of different types of heating systems in places of worship.

Key words: church, heating system, internal air temperature, dew point temperature, relative humidity of internal air.

Вступ. За два останні десятиріччя в Україні збудовано багато нових церков та повернуто релігійним громадам існуючі храми, багато з яких є пам'ятками архітектури.

Підтримання належних параметрів внутрішнього повітря в таких об'єктах є складним інженерним завданням, яке вимагає значних капіталовкладень. Крім того, фінансові витрати на опалення храмів є дуже великими, особливо після набуття чинності постанови НКРЕ України №1398 від 10.12.2009 р., яка встановлює ціну на природний газ для опалення культових споруд релігійних організацій на рівні роздрібних цін на газ, диференційованих залежно від річних обсягів споживання, що використовується для потреб населення.

Проте нормативна база для проектування систем забезпечення мікроклімату таких споруд є дуже обмежена. Під час проектування систем опалення і вентиляції культових споруд необхідно дотримуватися вимог ДБН В.2.2-9-99 “Тропадські будинки та споруди. Основні положення”, проте

цей документ не відображає усіх специфічних особливостей цієї групи об'єктів – неоднорідну структуру їх внутрішнього простору (який часто є розділений на окремі об'єми–нави) в поєднанні зі значною висотою приміщення. Наявність у верхній частині будівлі барабана заниженою товщиною захищення та зі значною площею застелених поверхонь посилює нерівномірний характер розподілу температури по висоті приміщення храму. Завдання ускладнюється також необхідністю підтримання умов, сприятливих для збереження настінного живопису, різьби іконостаса та інших елементів оздоблення храму.

У зв'язку з цим для розвитку нормативних положень ДБН В.2.2-9-99 [1] у 2002 році КиївЗНДІЕП розробив посібник з проектування “Культові будинки та споруди різних конфесій” під загальною редакцією В.В. Куцевича, рекомендації якого поширюються на проектування нових та реконструкцію існуючих об'єктів і враховують сучасну практику їх проектування.

Однак і в цьому посібнику розділи “Теплопостачання”, “Опалення” та “Вентиляція і кондиціонування повітря” представлені лише рекомендаціями загального характеру і не дають відповідей на багато важливих питань.

У зв'язку з цим доцільно проаналізувати нормативні документи та рекомендації з проектування, які стосуються систем забезпечення мікроклімату культових споруд, які діють за межами України.

Мета роботи – проаналізувати нормативну базу з проектування систем опалення культових споруд, яка діє в Україні та багатьох країнах Західної Європи та Росії.

Проектування систем забезпечення мікроклімату будь-якого об'єкта починається з визначення розрахункових параметрів повітря. У [2] вказано, що вимоги до температури внутрішнього повітря приймаються на підставі завдання на проектування, а за його відсутності температуру внутрішнього повітря рекомендується приймати такою, що становить 16 °С у приміщеннях для парафіян, а для приміщень, в яких можуть знаходитися неодягнені люди, температура повітря повинна бути не нижчою за 22 °С.

Детальніше вимоги до параметрів внутрішнього повітря представлені у [3] та наведені у (таблиці).

Допустимі параметри внутрішнього повітря у храмах

Період року	Приміщення*	Параметри		
		температура t , °С	вологість j , %	рухомість повітря v , м/с
Холодний та перехідний	Вівтар	14–16**	30–55	0,1
	Ризниця, паламарка	14–16**	30–55	0,2
	Центральна частина храму	12–14**	30–55	0,2

* – Для приміщень, не вказаних у табл. 6, температуру внутрішнього повітря необхідно приймати за СНиП 2.04.05.

** – У небогослужбний час температура внутрішнього повітря у храмі може бути знижена, проте температура внутрішньої поверхні стін не повинна бути нижчою за температуру точки роси повітря всередині храму, а для древніх храмів, огороження яких мають деякий ступінь забрудненості, – повинна бути на 1,5–2 °С вища від температури точки роси повітря всередині храму за розрахункових значень відносної вологості та температури внутрішнього повітря.

Близькими до наведених у таблиці значень параметрів внутрішнього повітря є рекомендовані значення температур внутрішнього повітря, наведені у довіднику [4], проте у ньому зазначається, що обов'язкові норми для проектування опалення церков в Німеччині відсутні. З 2010 р. тут діє стандарт DIN EN 15759-1, який є німецькою версією європейських норм EN 15759-1:2010, проте вони стосуються лише храмів – об'єктів культурної спадщини, в яких метеорологічні параметри спрямовані на збереження творів мистецтва, які там зберігаються. Згідно з рекомендаціями [4], для центральної частини храму в час літургії рекомендується температура 12–15 °С, а в час відсутності прихожан температура внутрішнього повітря може бути знижена до 8 °С.

Наведені значення температур є вихідними величинами для розрахунку теплового навантаження на систему опалення храму. Особливості розрахунку тепловтрат будівлі храму у посібнику [2] взагалі не розглядаються. У [3] зазначено, що тепловий баланс центральної частини храму повинен становити для таких умов:

- за відсутності прихожан у храмі;
- за мінімального заповнення храму (10 % від розрахункової місткості);
- за середнього заповнення храму (50 % від розрахункової місткості);
- за максимального заповнення храму (100 % від розрахункової місткості).

У [4] витрату теплоти на опалення рекомендується визначати за методикою, яка застосовується для приміщень з короткочасним використанням. Для таких приміщень підрахунок теплового навантаження не можна проводити за звичайною методикою. У цьому випадку необхідно застосовувати спеціальні обрахунки для теплоакумулюючих і неакумулюючих частин будівлі:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_F + \dot{Q}_W + \dot{Q}_L, \quad (1)$$

де \dot{Q}_F – тепловтрати, Вт, через вікна та інші нетеплоакумулюючі частини будівлі (зокрема стелю); \dot{Q}_W – тепловтрати, Вт, через теплоакумулюючі частини церкви під час роботи системи опалення (зокрема через підлогу); \dot{Q}_L – витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт.

Величина \dot{Q}_W визначається за залежністю:

$$\dot{Q}_W = \frac{F_W}{R_Z} (t_1 - t_o), \quad (2)$$

де F_W – загальна площа теплоакумулюючих поверхонь будівлі, включно з колонами тощо, м²; R_Z – опір теплопередачі теплоакумулюючих частин будівлі, м²·К/Вт; t_1 – температура внутрішнього повітря під час роботи системи опалення, °С; t_o – температура внутрішнього повітря перед включенням системи опалення, °С; l – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни, Вт/(м·К); r – густина матеріалу стіни, кг/м³; c – питома теплоємність матеріалу стіни, кДж/(кг·К).

На рис. 1 показано залежність опору теплопередачі захищаючої конструкції за різних значень показника теплопровідності \sqrt{lcr} , Дж/(м²·К·с^{0.3}) від тривалості роботи системи опалення Z , год.

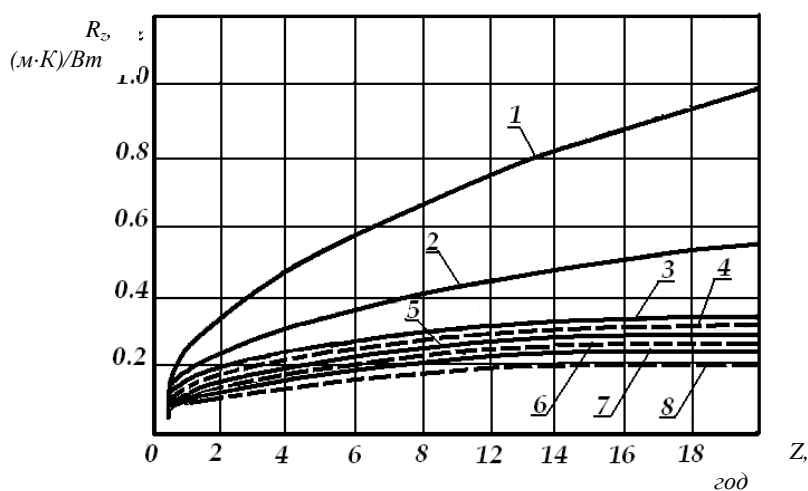


Рис. 1. Залежність опору теплопередачі від часу роботи системи опалення (згідно з DIN 4701-2: 1983-0,3) за різних значень показника \sqrt{lcr} , Дж/(м²·К·с^{0.3}):

- 1 – $\sqrt{lcr} = 350$; 2 – $\sqrt{lcr} = 700$; 3 – $\sqrt{lcr} = 1300$ (повнотіла цегла); 4 – $\sqrt{lcr} = 1400$;
 5 – $\sqrt{lcr} = 1600$ (камінь-пісковик); 6 – $\sqrt{lcr} = 1600$ (бетон); 7 – $\sqrt{lcr} = 2500$; 8 – $\sqrt{lcr} = 2900$

Визначаючи тепловтрати через теплоакумулюючі та неакумулюючі частин будівлі, можна також скористатися залежністю

$$Q = F_W a(t_i - t_1) + F_f k_f(t_i - t_a), \quad (3)$$

де a – приведений коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К), визначається за формулою

$$a = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{2\sqrt{Z}}{\sqrt{plcr}}}, \quad (4)$$

де F_f – поверхня вікон, м²; k_f – коефіцієнт теплопередачі засклених поверхонь, Вт/(м²·К); a_i – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, Вт/(м²·К).

Для стін з шаром теплової ізоляції:

$$a_{is} = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{d}{I_{is}}}, \quad (5)$$

де d – товщина шару теплової ізоляції, м; I_{is} – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, Вт/(м·К).

Початкову температуру внутрішнього повітря приймають $t_0 = +5$ °С, а час роботи системи опалення – 6–8 годин.

Складаючи теплові баланси, потрібно враховувати теплонадходження не лише від людей, але і від свічок [3], які приймаються з розрахунку 46810 кДж/кг. Швидкість горіння свічок становить 1 кг/год, а маса свічок визначається за максимальним вмістом підсвічників.

Найпоширенішими під час обігрівання храмів є водяні, повітряні та електричні системи опалення. У [2] зазначено, що за висоти приміщення до 4 м рекомендується проектувати двотрубну водяну систему опалення та встановлювати радіатори з термостатичними вентилями. Як теплоносії в системах опалення з місцевими приладами використовується вода з параметрами 95–70 °С, для систем променевого підлогового опалення – з параметрами 55–40 °С.

За висоти приміщення понад 4 м доцільно розглядати можливість влаштування у підлозі гріючих регістрів низькотемпературного водяного опалення або опалення гріючим електричним кабелем. При цьому максимальна температура гріючої підлоги – 26 °С. За рекомендаціями [3], ця температура не повинна перевищувати 22 °С, а згідно з [4] – 23 °С. При цьому відзначається, що через несприятливе співвідношення площі підлоги храму до його опалюваного об'єму забезпечити необхідні параметри внутрішнього повітря лише за рахунок однієї підлогової системи опалення, неможливо. Тому виникає необхідність у влаштуванні додаткової системи опалення. У зв'язку з цим обмеження, що такі системи можна влаштовувати лише у частині будівлі, розміщеній на відстані 15 м і більше від вхідних дверей [2], видаються необґрунтованими.

Влаштовуючи в храмі системи механічної припливно-витяжної вентиляції, доцільно її функції поєднувати з повітряним опаленням. При цьому особливу увагу необхідно приділяти заходам з шумопоглинання, а саме – рівень шуму не повинен перевищувати 30 дБА. Роздачу припливного повітря доцільно здійснювати біля зовнішніх стін, а його забір – у центральній частині храму. Рециркуляція повітря допускається лише за заповненості храму близько 50 % від розрахункової місткості [3]. Температура припливного повітря у храмах з повітряним опаленням не повинна перевищувати 30 °С. За наявності в приміщенні розгалуженої системи підпільних каналів таку систему можна розглядати як комбіновану систему опалення, оскільки вона поєднує елементи підлогового та повітряного опалення. У спорудах малих розмірів можуть застосовуватися безканалні системи повітряного опалення. Агрегати повітряного опалення допускається обладнувати водяними, паровими та електричними калориферами. [3]

Крім перерахованих систем застосування, використовують також системи з підкрісельними нагрівачами та системи променевого опалення [4, 6], які в Україні ще широко застосовуються.

Ще одним важливим завданням є забезпечення невинпадання конденсату на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорожувальних конструкцій за розрахункових значень температури і відносної вологості внутрішнього повітря. Нормативний температурний перепад для зовнішніх стін заввишки близько 5 м приймається $\Delta t = 4\text{ }^\circ\text{C}$, для стін заввишки понад 5 м – $\Delta t = 6\text{ }^\circ\text{C}$, для зводів покриття $\Delta t = 4\text{ }^\circ\text{C}$ [3].

Залежність середньомісячних температур точки роси (t_R) від відносної вологості та температури внутрішнього повітря у приміщенні показано на рис. 2. [5]. Як бачимо з цього рисунка, за підвищення температури внутрішнього повітря температура точки роси зростає, а відносна вологість зменшується. У неопалюваних храмах середньомісячна температура внутрішнього повітря взимку знаходиться у межах $0\text{--}6\text{ }^\circ\text{C}$, середня відносна вологість повітря при цьому досягає 80 %, а тому випадання конденсату на холодних поверхнях зовнішніх стін є цілком реальним. Ця небезпека є значно нижчою в опалюваних церквах, де середня температура повітря знаходиться у межах $6\text{--}12\text{ }^\circ\text{C}$, що відповідає відносній вологості повітря 60–70 %.

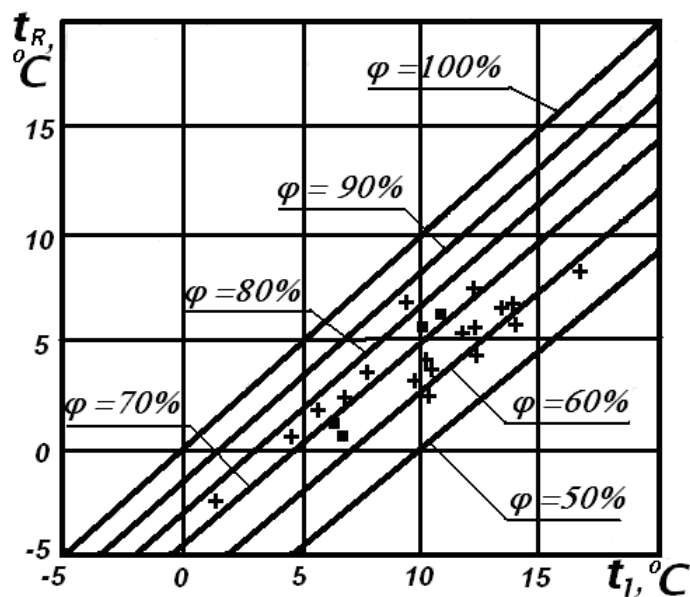


Рис. 2. Залежність температури точки роси t_R від середньомісячної температури внутрішнього повітря t_1 та відносної вологості повітря φ : + – за даними [5], ■ – для церкви Пресвятої Євхаристії в м. Львові під час роботи системи опалення та за її відсутності

На рис. 2 нанесено параметри, отримані під час дослідження 18 храмів Німеччини [5], а також чотири точки, які відповідають параметрам внутрішнього повітря у приміщенні однієї з церков Львова за увімкненої системи опалення та коли вона знаходилась у неробочому стані (результати отримано під час виконання у 2010 р магістерської роботи “Реконструкція систем забезпечення мікроклімату храму Пресвятої Євхаристії в м. Львові”; маг. Я. Колодій, керівник – доц. Ю. Юркевич).

За значної висоти внутрішнього простору храму зберігається загроза випадання конденсату у верхній зоні, зокрема в барабані і на поверхні шатра, де товщина конструкції є мінімальною. Тому слід передбачати додаткову теплову ізоляцію цих будівельних конструкцій та додаткове обігрівання верхньої зони. Якщо уникнути випадання конденсату на поверхні вікон неможливо, то необхідно передбачити заходи з його збирання та відведення.

Висновок. Чинні в Україні норми проектування та довідникова література не дають відповідей на багато принципових питань, що стосуються проектування систем теплозабезпечення храмів. Необхідно розробити такі норми з урахуванням досвіду країн Західної Європи та Росії.

1. ДБН В.2.2-9-99. Громадські будинки та споруди. Основні положення. 2. Культові будинки та споруди різних конфесій: посібник з проектування / під ред. В.В. Куцевича. – К.: ЗНДІЕП, 2002. 3. Православные храмы и комплексы: пособие по проектированию.– Т.2: АХЦ “АРХХРАМ”. – М., 2003. 4. Hermann Recknagel, Eberhard Sprenger, Ernst-Rudolf Schramek. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. – München, 2010. 5. Künzel H. Kirchenheizung – Was ist zu beachten? // Fraunhofer Institut Bauphysik. IBP-Mitteilung. – 1998. – №25. – S. 341. 6. Właściwe ogrzewanie zapewniające komfort ludzi i ochronę dzieł sztuki przechowywanych w kościołach. / Projekcie badawczym Unii Europejskiej – Friendly Heating. Instytut Katalizy I Fizykochemii Powierzchni Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. – 2005.

УДК 697.92

В.Ю. Ярослав, В.Й. Лабай

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПТАХІВНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

© Ярослав В. Ю., Лабай В.Й., 2012

Наведено результати кількісної оцінки теплового споживання опалювально-вентиляційних систем на прикладі птахівничого приміщення з клітковим утриманням курей.

Ключові слова: опалювально-вентиляційна система, тепловий баланс, повітряний баланс.

In this article results of the quantitative estimation of the heat consumption in heating–ventilating systems on an example of the poultry house for containing egg hens are presented.

Key words: heating–ventilating system, heat balance, air balance.

Постановка проблеми. Мікроклімат виробничих приміщень є головним чинником впливу на продуктивність сучасної галузі птахівництва. За зоотехнічними даними відомо, що продуктивність сільськогосподарських тварин та птиці на 20 % залежить від якості породи, на 45–50 % – від годування та якості кормів і на 20–30% – від умов утримування. В умовах підвищеної концентрації поголів'я птиці за кліткового утримання (до 30 гол/м²) істотне значення віддається не просто дотриманню зоогігієнічних норм та вимог, а штучному відтворенню оптимальних чинників зовнішнього середовища, які забезпечують стійкість до умов інтенсивної експлуатації. В птахівничих приміщеннях підтримання необхідних параметрів мікроклімату постає найважливішим чинником високої продуктивності і збереження поголів'я птиці [1, 2].

Галузь промислового птахівництва характеризується високою енергомісткістю. Для забезпечення потрібних параметрів мікроклімату за промислового виробництва яєць у кліматичних умовах України традиційними опалювально-вентиляційними системами витрачається до 50 МДж теплової та 1,5–2,2 кВт·год електричної енергії на одну голову птиці у рік. Очевидно, що в умовах сучасного дефіциту паливно-енергетичних ресурсів у країні експлуатація таких систем стає економічно не вигідною. А зростання тарифів на теплову та електричну енергію призводить до того, що птахівничі приміщення, обладнані застарілими системами опалення та вентиляції, виводяться з експлуатації і закриваються.