

шения точности итерационного процесса до уровня не ниже 0,2%.

1.Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.Н.Чистяков, М.М.Грудзинский, В.И.Ливчак и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 314 с.

2.Теплоснабжение / А.А.Ионин, Б.М.Хлыбов, В.Н.Братенков и др. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

3.Зингер Н.М., Тарадай А.М., Бармина Л.С. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 256 с.

4.Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.

5.Теплоснабжение / В.Е.Козин, Т.А.Левина, А.П.Марков и др. – М.: Высш. шк., 1980. – 408 с.

6.Алексахин А.А. Анализ показателей работы двухступенчатой последовательной схемы водонагревательной установки горячего водоснабжения при уменьшении отопительной нагрузки зданий // Вестник НТУ "Харьковский политехнический институт". Тематический выпуск "Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование". Вып.28. – Харьков: ИЦ НТУ "ХПИ", 2005. – С.17-20.

7.Алексахін О.О. Визначення показників роботи водопідігрівної установки гарячого водопостачання в умовах зміни розрахункового опалювального навантаження // Теплоенергетичні установки та екологія на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць. Вип.70. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – С.123-131.

8.Алексахин А.А. Оценка точности расчетного определения расхода сетевой воды при двухступенчатой последовательной схеме водонагревательной установки // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.72. – К.: Техніка, 2006. – С.169-175.

9.Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.

Получено 07.10.2010

УДК 697.95 : 628.8

А.Ф.СТРОЙ, д-р техн. наук, О.В.МАКАРЕНКО

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ЕЖИ ЗБ. ПИОТРОВСКИ, д-р техн. наук

Технологічний університет «Свентокшиська політехніка», м. Кельце (Польща)

РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ СПОРТИВНИХ І КІНОКОНЦЕРТНИХ ЗАЛІВ

Аналізуються існуючі підходи до визначення необхідного повітрообміну в спортивних та кіноконцертних залах. Розроблено рекомендації щодо скорочення повітрообмінів і зменшення витрат теплової та електричної енергії при експлуатаційних режимах роботи систем вентиляції.

Анализируются существующие подходы к определению необходимого воздухообмена в спортивных и киноконцертных залах. Разработаны рекомендации относительно сокращения воздухообменов и уменьшения расходов тепловой и электрической энергии при эксплуатационных режимах работы систем вентиляции.

In the article the modern method of determination of needed ventilation volume of apartment in sporting and movie-theatre halls is analyses. The recommendations to reduction of ventilations volume and heat and electric energy losses at the operating modes of ventilation systems are developed.

Ключові слова: вентиляція, перехідний процес, періодичне провітрювання, шкідливі речовини, зміна концентрації, відносна вологість.

У більшості громадських приміщень шкідливі гази, волога та інші забруднення надходять періодично або з різною інтенсивністю. У той же час системи вентиляції, здебільшого, проектують при спрощуючій передумові, що надходження шкідливих речовин не змінюються у часі. До того ж, здебільшого не враховується об'єм приміщення. Досить значна кількість приміщень громадських будівель, до яких перш за все можна віднести спортивні, актові та кіноконцертні зали, мають специфічні режими експлуатації. Для таких приміщень характерними є перехідні процеси зміни концентрації шкідливих речовин. Перехідні процеси мають особливо великий вплив на формування повітряного режиму в значних за розмірами приміщеннях.

Норми [1, 2] вимагають повітрообмін для приміщень, наприклад, спортивних залів визначати за розрахунком, але не менше ніж $80 \text{ м}^3/\text{год}$ на одного спортсмена і $20 \text{ м}^3/\text{год}$ на одного глядача. При цьому розглядають два режими – при наявності глядачів і при відсутності глядачів. Такий стандартний розрахунок ніяк не враховує об'єм приміщення і зміну концентрації шкідливих речовин в ньому при його експлуатації [2]. Вплив об'єму приміщення на процеси вентиляції у першому наближенні було проаналізовано ще В.В.Батуриним [3]. Він зробив висновок, що при тривалості надходження шкідливих речовин понад 8 годин (!) об'єм приміщення не відіграє майже ніякої ролі. Але ж деякі приміщення мають значно менший проміжок експлуатації протягом доби, особливо, при максимальному заповненні. Наприклад, театри, спортивні зали з місцями для глядачів тощо. Тож при проектуванні вентиляції для таких приміщень фактор нестационарності вентиляційних процесів може відігравати певну роль.

Після висновку, зробленого В.В. Батуриним, питання нестационарності вентиляційних процесів у літературі майже не розглядається. У наш час нестационарність враховується лише при розрахунках аварійної вентиляції [4]. Одними із основних недосліджених факторів, що відіграють роль у процесах вентиляції, є вплив об'єму приміщення на режим експлуатації системи вентиляції.

Мета статті – розробити рекомендації для зменшення капітальних і експлуатаційних витрат на систему вентиляції і на основі аналізу перехідних процесів зміни стану внутрішнього повітря в приміщенні визначити раціональні режими роботи систем вентиляції для спортивних і кіноконцертних залів.

Як приклад розглянемо спортзал з розмірами $48 \times 30 \times 12,3$ з розрахунковою наповнюваністю 52 спортсмени і 268 глядачів. Проаналізуємо зміну стану повітря при експлуатації спортзалу з урахуванням перехідних процесів змін концентрації шкідливих речовин.

Згідно з [1], в приміщенні при проектуванні системи вентиляції повітрообмін потрібно розраховувати на два режими: при наявності глядачів та без них. Мінімальний повітрообмін на одного глядача становить $20 \text{ м}^3/\text{год}$, на одного спортсмена – $80 \text{ м}^3/\text{год}$. Отже, мінімальний повітрообмін при повному заповненні залу $L = 80 \cdot 52 + 20 \cdot 268 = 9520 \text{ м}^3/\text{год}$. Мінімальний повітрообмін за відсутності глядачів складатиме $L = 80 \cdot 52 = 4160 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розглянемо процеси зміни стану повітря в спортзалі при його експлуатації. Припустимо, що подача теплоти в приміщення за допомогою системи опалення регулюється за температурою внутрішнього повітря. В такому випадку розрахунок повітрообміну за надлишками теплоти не потрібен. Тоді основними шкідливими речовинами, що визначатимуть повітрообмін приміщення, будуть вуглекислий газ та волога.

Зміну концентрації вуглекислого газу при експлуатації приміщення можна описати залежністю (1) [3, 5, 6].

$$K = K_3 + \frac{A}{L} - \left(K_3 + \frac{A}{L} - K_{II} \right) e^{-\frac{L}{V}z}, \quad (1)$$

де L – повітрообмін в приміщенні, $\text{м}^3/\text{год}$; K_3 , K_{II} – концентрація шкідливої речовини, відповідно, в повітрі, яке надходить до приміщення, та початкова концентрація в повітрі приміщення, $\text{мг}/\text{м}^3$; z – час, год; A – кількість шкідливої речовини, що виділяється в приміщенні, $\text{мг}/\text{год}$, $A = \text{const}$; K – середньозважена за об'ємом приміщення концентрація шкідливої речовини, що залежить від часу, $\text{мг}/\text{м}^3$; V – об'єм приміщення, м^3 .

На рис.1 зображено графіки змін концентрації вуглекислого газу в спортивному залі при різних значеннях повітрообміну та його заповнюваності. Графіки побудовано на основі розрахунків за формулою (1) за наступних умов: початкова концентрація CO_2 в об'ємі приміщення дорівнює зовнішній концентрації і становить $900 \text{ мг}/\text{м}^3$. Виділення вуглекислоти спортсменами прийняте на рівні $70 \text{ г}/\text{год}$, глядачами – $50 \text{ г}/\text{год}$ від однієї людини.

Аналізуючи побудовані графіки, приходимо до висновку, що при відсутності глядачів, тобто коли в спортивному залі знаходяться лише

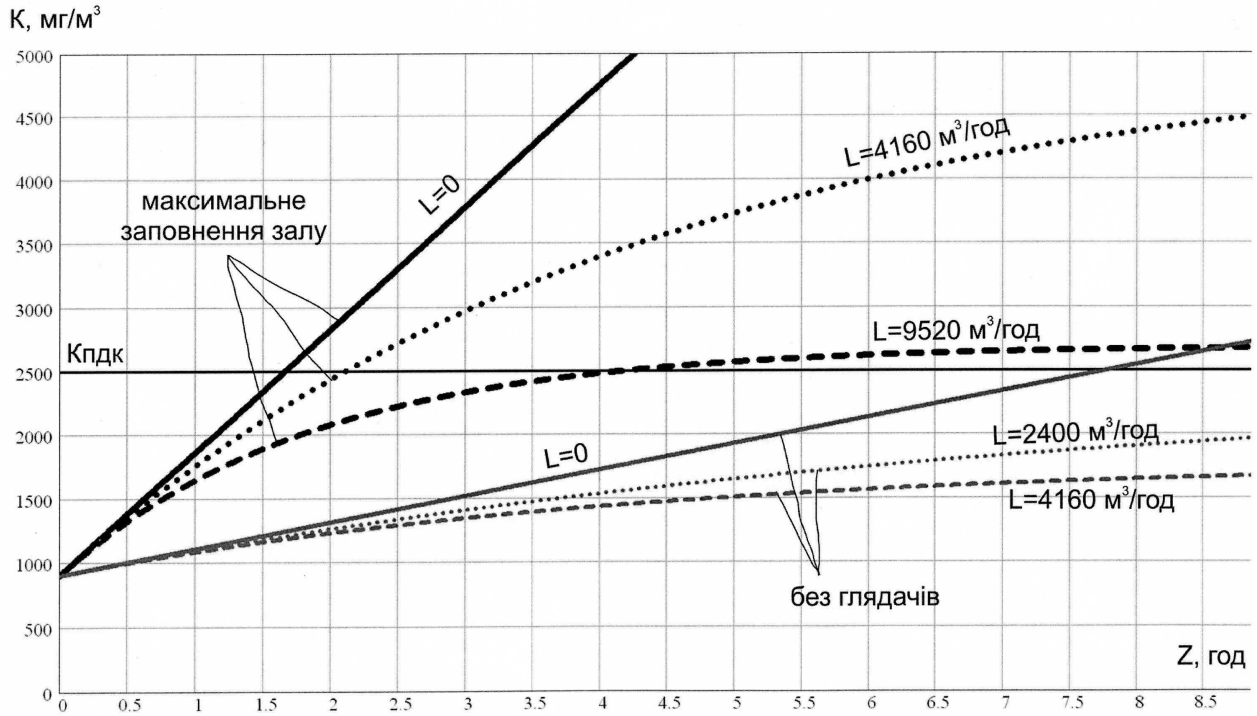


Рис.1 – Графік зміни концентрації вуглекислого газу у повітрі спортзалу при різному заповненні залу та різних значеннях повітрообміну

спортсмени, концентрація вуглекислого газу не перевищує гранично-допустимої концентрації (ГДК) протягом 7,5 годин від початку занять. І це в тому випадку, коли система вентиляції не працює взагалі, тобто коли повітрообмін дорівнює нулю. В той же час, як уже згадувалося, згідно з нормами [1, 2], мінімальний повітрообмін в цей період повинен бути на рівні $L = 4160 \text{ м}^3/\text{год}$. Якщо виконувати цю рекомендацію, то це призведе до марних витрат теплової і електричної енергії в зимовий період. При повітрообміні практично вдвічі меншому ніж мінімально необхідний, тобто при повітрообміні, що становить $L = 2400 \text{ м}^3/\text{год}$, концентрація вуглекислого газу після 10 годин роботи не досягає ГДК і становить $2000 \text{ мг}/\text{м}^3$.

При повному заповненні залу, концентрація вуглекислого газу при відсутності вентиляції приміщення не перевищує ГДК протягом 1,5 год. від початку спортивних змагань чи занять. Якщо аналогічні дані одержати для кіноконцертного залу, то в цьому випадку для вентиляції приміщення можна рекомендувати періодичне його провітрювання, наприклад, після кожного сеансу показу кінофільму провітрити приміщення протягом 15 хв. Оцінити витрати теплоти на нагрівання повітря, при повній його заміні в приміщенні, тобто при провітрюванні, можна за допомогою виразу:

$$Q = c \cdot V (t_B - t_3) \rho, \quad (2)$$

де c – теплоємність повітря $c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; V – об'єм приміщення, м^3 ; t_B – температура повітря в приміщенні, $^\circ\text{C}$; t_3 – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$; ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Зниження температури в приміщенні в цьому випадку можна визначити на основі рекомендацій, наведених в [7].

Для спортивного залу були виконані розрахунки витрат теплоти на вентиляцію приміщення і витрат електроенергії при повному та частковому заповненні залу. Розглянуто два варіанта. Варіант з постійно працюючою вентиляцією і варіант з періодичним провітрюванням приміщення. Період роботи спортивного залу складав 16 год. Температура зовнішнього повітря $t_3 = -8 \text{ }^\circ\text{C}$. Результати розрахунків наведено в таблиці. При розрахунках витрат електричної енергії тиск, який створює вентилятор, прийнятий на рівні $100 \text{ кг}/\text{м}^2$, ККД вентилятора $\eta_B = 0,7$.

Дані цієї таблиці свідчать про те, що у випадку, коли частково заповнений спортивний зал, суттєву економію теплової і електричної енергії можна одержати, якщо замість постійно працюючої вентиляції, що забезпечує, згідно з нормами [1, 2], мінімально необхідний повітро-

обмін, передбачити періодичне провітрювання приміщення.

Витрати тепла і електричної енергії на вентиляцію спортивного залу

Ступінь заповнення приміщення	При постійно працюючій вентиляції забезпечується мінімально-необхідний повітрообмін		При періодичному провітрюванні приміщення.	
	витрати теплоти, кВт·год	витрати електричної енергії, кВт·год	витрати теплоти, кВт·год	витрати електричної енергії, кВт·год
Повністю заповнений спортивний зал (в залі знаходяться глядачі і спортсмени)	1483	66,3	1638	-
Частково заповнений спортивний зал (в залі знаходяться лише спортсмени)	576	25,9	245,6	-

Отже, можна зробити висновок, що в приміщеннях, які мають досить значний об'єм, необхідно при проектуванні систем вентиляції враховувати перехідні процеси. Тобто періоди накопичення шкідливих речовин і періоди їх зниження. Аналіз цих процесів і врахування зміни концентрації шкідливих речовин дає можливість одержати економію капітальних і експлуатаційних витрат уже на стадії проектування систем вентиляції. Графік зміни концентрації вуглекислого газу в повітрі залежно від часу при періодичному провітрюванні приміщення показано на рис.2.

Зміну вологовмісту повітря в приміщенні можна описати рівнянням

$$w = w_3 + \frac{W}{G} - \left(w_3 + \frac{W}{G} - w_{II} \right) e^{\frac{-L}{V}z}, \quad (3)$$

де G – масовий повітрообмін у приміщенні, кг/год; W – кількість вологи, що надходить до приміщення, г/год; w_3 , w , w_{II} – вологовміст, відповідно, зовнішнього (припливного) та внутрішнього повітря і початковий вологовміст повітря приміщення, г/кг.

На рис.3 зображено графіки зміни відносної вологості повітря у спортивному залі залежно від заповнення залу та повітрообміну. Графіки отримано за допомогою виразу (3) за умови, коли виділення вологи від одного спортсмена знаходяться на рівні 120 г/год, а від глядачів – 50 г/год. Зовнішній вологовміст відповідає перехідному періоду року і становить 5,4 г/кг.

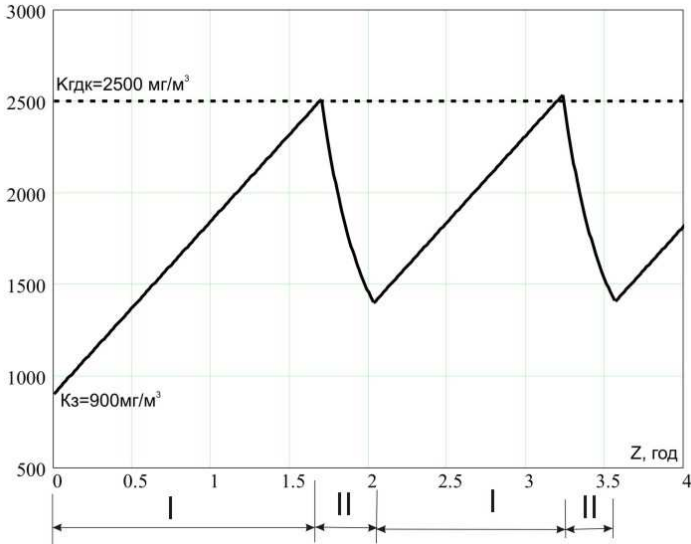


Рис.2 – Графік зміни концентрації вуглекислого газу в спортзалі при повному заповненні приміщення і періодичному провітрюванні: I – період підвищення концентрації вуглекислого газу і накопичення його у приміщенні; II – період провітрювання.

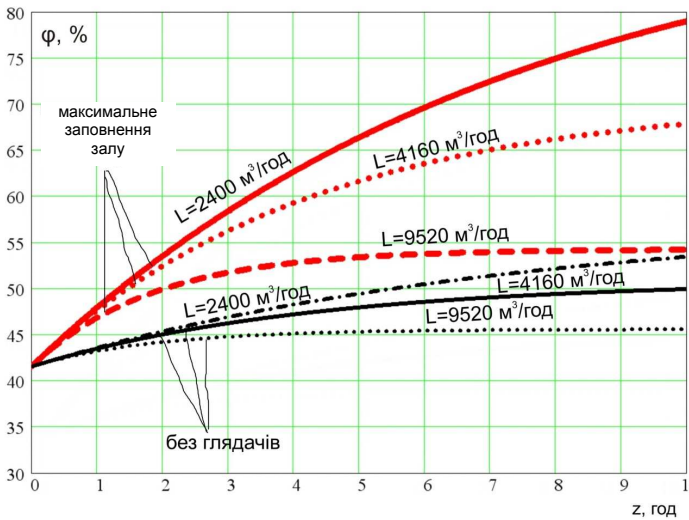


Рис.3 – Графік зміни відносної вологості повітря у спортзалі залежно від повітрообміну та заповнення залу

При розрахунковій температурі в спортзалі на рівні 18 °С максимальний вологовміст повітря складає 13 г/кг. Максимально допустима відносна вологість становить 60%, отже, максимальне значення вологовмісту в приміщенні спортзалу повинно бути не вище за $w = 13 \cdot 0,6 = 7,8$ г/кг.

Аналізуючи графіки на рис.1, 3, приходимо до висновку, що за рахунок об'єму приміщення, перехідні процеси змін концентрацій відіграють досить суттєву роль у формуванні повітряного режиму, тобто необхідної чистоти повітря в приміщенні та зниженні капітальних і експлуатаційних витрат на систему вентиляції. Наприклад, з рис.1 можна зробити висновок, що при максимальному заповненні залу протягом приблизно 1,7 год., навіть при непрацюючій вентиляції (лінія $L=0$), концентрація шкідливих речовин не досягне ГДК. Тобто в цей період немає необхідності вмикати систему вентиляції. При роботі системи вентиляції, коли повітрообмін складає 4160 м³/год (що більше ніж удвічі менше за розрахунковий повітрообмін), цей час можна збільшити до 2,2 год. Якщо ж глядачі в залі відсутні, то систему вентиляції можна не вмикати протягом 8 (!) год.

На основі цього можна зробити висновок, що при експлуатації існуючих систем можливе «відстрочення» ввімкнення системи вентиляції на час, за який концентрація шкідливої речовини у об'ємі приміщення досягне ГДК при непрацюючій вентиляції (у наведеному прикладі 1,7 і 8 год. відповідно при присутності та відсутності глядачів).

Таким чином, для кіноконцертних і спортивних залів, а також для приміщень з великим об'ємом і періодичним надходженням шкідливих речовин при проектуванні й експлуатації систем вентиляції необхідно враховувати зміну концентрації шкідливих речовин залежно від моменту їх надходження. З цією метою необхідно побудувати відповідні графіки, що характеризують зміну концентрацій у приміщеннях залежно від часу. Вибір системи вентиляції для приміщень із значним об'ємом необхідно здійснювати з урахуванням перехідних процесів змін концентрації шкідливих речовин. Аналіз перехідних процесів дає можливість зменшити капітальні й експлуатаційні витрати на систему вентиляції приміщення.

1. ДБН В.2.2-13-2003. Спортивные и физкультурно-оздоровительные сооружения. – К.: Укрархбудінформ, 2003. – 123 с.

2. СНиП 2.04.91У. Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха. – К.: 1996.

3. Батурич В.В. Основы промышленной вентиляции. – 4-е, сокр. изд. – М.: Профиздат, 1990. – 448 с.

4.Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. – М.: Химия, 1980. – 285 с.

5.Строй А.Ф., Макаренко О.В. Розрахунок повітрообміну в приміщеннях при періодичному надходженні шкідливих речовин // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.93. – К.: Техніка, 2010. – С.399-404.

6.Jan Ferencowicz. Wentylacja i klimatyzacja. Wydanie II poprawione i uzupelnione. – Warszawa: Arkady, 1964-668 st.

7.Строй А.Ф. Охлаждения і нагрівання приміщення при періодичній вентиляції // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.93 – К.: Техніка, 2010. – С.407-414.

Отримано 28.11.2010

УДК 697.34

О.М.МАЛЯВИНА

Харківська національна академія міського господарства

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБОПРОВОДІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ НА ЇХ ПОШКОДЖУВАНІСТЬ

Досліджуються залежності параметру потоку відмов, часу напрацювання на відмову і ймовірності безвідмовної роботи від строку експлуатації і діаметру трубопроводів розподільчих теплових мереж методами статистичного моделювання.

Исследуются зависимости параметра потока отказов, времени наработки на отказ и вероятности безотказной работы от срока эксплуатации и диаметра трубопроводов распределительных тепловых сетей методами статистического моделирования.

There should be studied dependence of failures flow parameter, time between failures and the probability of failure-free operation on operation term and diameters of heating networks pipelines under repair, using methods of statistical modeling.

Ключові слова: діаметр, товщина трубопроводу, надійність, теплостачання, трубопровід, експлуатація, теплові мережі, параметр потоку відмов, час напрацювання на відмову, імовірність безвідмовної роботи.

Надійна робота систем централізованого теплостачання (СЦТ) є однією з основних складових життєзабезпечення населених місць.

Надійність СЦТ значною мірою залежить від надійності теплових мереж.

Визначення впливу геометричних характеристик діаметру і товщини стінки трубопроводів теплових мереж на їх пошкоджуваність дозволяє уточнити основні експлуатаційні чинники зниження надійності теплопроводів, а також покращити планування витрат матеріально-технічних ресурсів, у тому числі й кількості труб відповідних діаметрів.

На показники надійності теплових мереж впливає значна кількість факторів, оцінити вплив кожного з них окремо і в комплексі