

О. Л. МАРЕНИЧ, К. С. СЕМЕНЮК (ДНУЗТ)

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна,
49010, м. Дніпропетровськ, Україна, вул. Лазаряна, 2, тел.: (056) 373-15-47,
ел. пошта: oksana.marenich17@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0003-3602-5851

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ОБІГРІВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Вступ

Опалення об'єктів житлового і громадського призначення є одним із найбільш витратних технологічних процесів. Системи електроопалення повинні бути не тільки комфортними та екологічними, а й енергоефективними. Електроопалення дозволяє зменшити використання природного газу. За останні роки електроопалення набуває широкого розповсюдження в багатьох країнах світу. Опалення – важливий фактор забезпечення потрібного мікроклімату в будь-якому приміщенні, в тому числі і в навчальних лабораторіях вищого навчального закладу. Мікроклімат має суттєвий вплив на продуктивність праці. Основним фактором мікроклімату є температура в приміщенні.

Мета та завдання

Провести дослідження для отримання вихідних даних які потрібні для заміни традиційного радіаторно-водяного опалення в лабораторії на електричне. При цьому необхідно обрати спосіб вентиляції приміщення, типи електричних нагрівачів, об'єми припливного та витяжного повітря при яких температура в лабораторіях буде забезпечена 18 °C згідно існуючих умов.

Постановка задачі

Електричне опалення приміщень більш зручне в експлуатації, більш комфортне та вигідніше економічно в порівнянні з водяними системами, в яких тепло отримують шляхом спалення палива в котлах. Пропонується система електроопалення навчальної лабораторії як альтернатива існуючому централізованому радіаторно-водяному опаленню з використанням газу в центральній котельній у холодний та перехідний періоди року. При цьому в якості опалювальних пристроїв використані сучасні інфрачервоні обігрівачі.

Матеріали і результати досліджень

Для вирішення задачі заміни існуючого водяного опалення на електричне в навчальній лабораторії складено рівняння теплового балансу приміщення цієї лабораторії [1]. Пропонується обладна-

ти лабораторію припливно-витяжною системою вентиляції. Швидкість повітря в робочій зоні приймаємо $1-1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ як для лабораторії, у якій максимальне значення допустимої концентрації шкідливих речовин, що виділяється під час роботи, менше 0.1 мг/м^2 [2].

Припливно-витяжна система вентиляції – ефективна система вентиляції, яка забезпечує найбільш якісний повітряний обмін у приміщенні. Вона одночасно працює на витягування забрудненого повітря із приміщення та на подачу свіжого повітря у приміщення. Для створення найбільш комфортного мікроклімату в лабораторії застосуємо механічну вентиляцію, при якій повітряний обмін організується за рахунок застосування спеціального обладнання і пристроїв: вентиляторів, нагрівачів, тощо [3,4,5]. Така система вентиляції дозволяє створити в лабораторії мікроклімат з достатньою кількістю кисню, усунути з неї неприємні запахи, надлишки тепла і шкідливі речовини [6]. Обираємо схему організації повітряного обміну «зверху – вверху», яка доцільна для навчальної лабораторії. Приймаємо рішення, що в навчальній лабораторії буде один приплив – одна витяжка (приміщення із загальнообмінною вентиляцією). Рециркуляція повітря в системах повітряного опалення навчальних приміщень не допускається.

Приймаємо схему подачі повітря прямооточними струменями за допомогою повіторозподільних пристроїв, розташованих вище робочої зони – рис.1.

Подачу припливного повітря в приміщення лабораторії приймаємо на рівні 2,5-3 м, як для приміщення з незначним виділенням вологи [1]. Вказаний рівень не перевищує рекомендованого (не більше 4 м) і є раціональним для переміщення тепла, що буде йти від електронагрівачів, які плануються розташувати на стелі.

У загальному випадку складають рівняння теплового балансу приміщення по повному теплу та по явному теплу. Джерелами теплонаходжень у приміщеннях є люди, технологічне обладнання, прилади освітлення тощо.

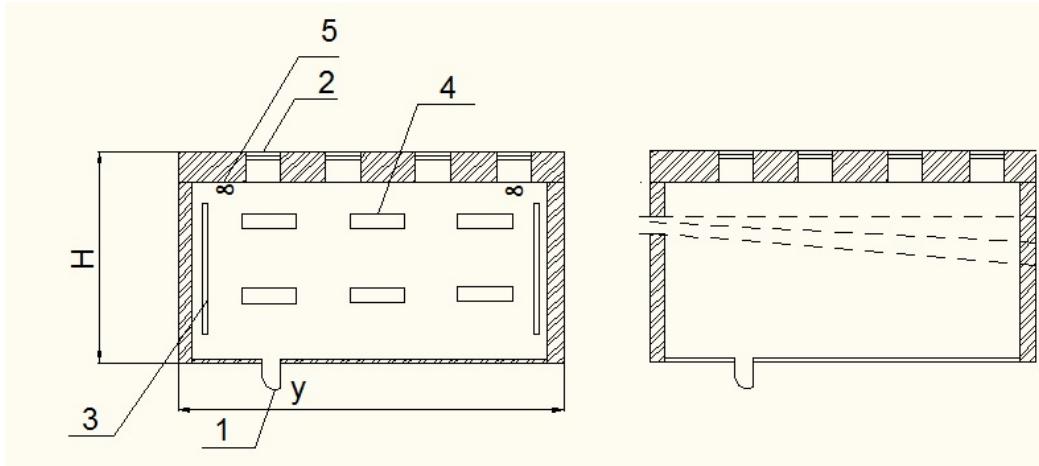


Рис. 1. Схема приміщення та схема подачі повітря прямоточними струменями:
1 – двері, 2 – вікно, 3 – повітропровід, 4 – нагрівач, 5 – вентилятор

Тепло від джерел надходить у приміщення конвекцією та випромінюванням. Ці теплонадходження називають надходженнями явного тепла, так як вони приводять до підвищення температури приміщення. Надходження тепла у повітря приміщення у вигляді парів називають надходженнями прихованого тепла, тому що, збільшуючи ентальпію повітря, вони не змінюють його температуру.

Вважаємо, що в досліджуваній навчальній лабораторії приховане тепло практично відсутнє, тому що відсутні джерела парів. Парами, що виділяють люди (30 чоловік), нехтуємо через їх малу кількість. Сумарні (повні) надходження – це сума усіх надходжень тепла у приміщення. Надмірне тепло – це різниця сумарних теплонадходжень і сумарних тепловтрат у приміщенні. Припускаємо, що у лабораторії присутнє тільки явне тепло, у цьому випадку рівняння теплового балансу в приміщенні лабораторії має вигляд

$$Q_{\text{надм}}^{\text{я}} + c_{\text{п}} G_{\text{пр}} t_{\text{пр}} - c_{\text{п}} G_{\text{в}} t_{\text{в}} = 0, \quad (1)$$

де $Q_{\text{надм}}^{\text{я}}$ – надмірне тепло, $\frac{\text{кДж}}{\text{год}}$; $c_{\text{п}}$ – питома теплоємність повітря, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; $c_{\text{п}} = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; $t_{\text{пр}}$ – температура припливного повітря, $^{\circ}\text{K}$; $t_{\text{в}}$ – температура повітря, що видаляється із приміщення, $^{\circ}\text{K}$; $G_{\text{пр}}$ – вага повітря, яке подається у приміщення, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $G_{\text{в}}$ – вага повітря, що видаляється із приміщення, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$.

У лабораторії надходження явного тепла відбувається від людей $Q_{\text{л}}$, джерел штучного освітлення $Q_{\text{осв}}$ та нагрівача $Q_{\text{нагр}}$ (мається на увазі холодна та перехідна пори року). Припускаємо, що навчальні стенди призначені для роботи з малопотужними напівпровідниковими приладами, які під час проходження через них номінальних струмів практично не виділяють тепла, що вплинуло би на температуру приміщення.

Втрати тепла приміщенням відбуваються в результаті інфільтрації зовнішнього повітря через вікна. Як правило, інфільтрація крізь стіни і стикові з'єднання у стінах незначна, хоча й може привести до небажаного місцевого зниження температури внутрішньої поверхні стіни. У лабораторії, стіни якої із цегли, інфільтрація практично відсутня. Позначимо теплові втрати від інфільтрації зовнішнього повітря через $Q_{\text{ін.прим.}}$, тоді

$$Q_{\text{надм}}^{\text{я}} = (Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{нагр}}) - Q_{\text{ін.прим.}} \quad (2)$$

За [1] визначаємо, що при виконанні робіт легкої тяжкості, до якої ми відносимо роботу по виконанню лабораторних робіт і практичних занять в лабораторії, при температурі 20°C одна людина виділяє 99 Вт тепла. Отже, тепловиділення від n людей складають

$$Q_{\text{л}} = 99n, \quad (3)$$

де n – кількість людей, що працюють в лабораторії.

Теплонадходження від джерел штучного освітлення

$$Q_{\text{осв}} = E F g_{\text{осв}} \eta_{\text{осв}}, \quad (4)$$

де E – освітленість, лк. $E = 300$ лк [1]; F – площа приміщення, м²; $g_{\text{осв}}$ – питомі тепло- виділення, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{лк}}$. $g_{\text{осв}} = 0,102 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{лк}}$ [1]; $\eta_{\text{осв}}$ – доля тепла, що надходить у приміщення.

Приймаємо, що в лабораторії люмінесцентні світильники – дифузійного розсіяного світла. Усі світильники знаходяться у приміщенні лабораторії. Тому повна енергія, що витрачається на освітлення, переходить у тепло, яке підігріває повітря приміщення, $\eta_{\text{осв}} = 1$ [1].

Потужність нагрівача (тепловиділення від електричного нагрівання)

$$N_{\text{нагр}} = Q_{\text{нагр}} = G'_{\text{пр}} p_{\text{п}} c_{\text{п}} \times (t_{\text{лаб}} - t_{\text{п.зовн}}) \quad [5], \quad (5)$$

де $p_{\text{п}}$ – густина повітря. $p_{\text{п}} = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [7];

$t_{\text{лаб}}$ – температура, що підтримується у приміщенні лабораторії, К.

Вага повітря, яке подається у приміщення

$$G_{\text{пр}} = V_{\text{пр.люд}} \cdot n \cdot \gamma, \quad (6)$$

де γ – вагова густина повітря при тиску 760 мм.рт.ст і $t = 20$ °С [1].

А з урахуванням впливу нещільностей $G'_{\text{пр}} = 1,05 \cdot G_{\text{пр}}$, де 1,05 – коефіцієнт, що враховує вплив нещільностей [1].

Визначаємо теплові втрати від інфільтрації зовнішнього повітря. R_i – опір вікон проникненню повітря.

$$\text{Приймаємо } R_i = 1,15 \text{ Па} \frac{2}{3} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год}}{\text{кг}}.$$

Одиниця витрат повітря для вікон [1]:

$$j_{\Delta p_{\text{в}}} = 0,378 (H_{\text{в}} \Delta \gamma)^{\frac{2}{3}} / R_i \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (7)$$

де $H_{\text{в}}$ – висота вікна, м;

$\Delta \gamma = \gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}$, де $\gamma_{\text{н}}$, $\gamma_{\text{в}}$ – відповідно питома вага з навітряного (зовнішнього) боку та внутрішнього повітря, Н/м³.

Відносний тиск вітру при

$$p_{\text{н}} = \gamma_{\text{н}} \cdot 9,8 = 14,37 \cdot 9,8 = 1,47 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$p_{\text{в}} = [C_{\text{н}} - (-C_{\text{з}})] v^2 p_{\text{н}} / (2 H_{\text{в}} \Delta \gamma), \quad (8)$$

де $C_{\text{н}}$, $C_{\text{з}}$ – аеродинамічні коефіцієнти відповідно на фасаді з навітряного боку та на фасаді із завітряного боку.

Енергетичний сенс аеродинамічного коефіцієнту в тому, що його значення показує у долях одиниці яка частина питомої кінетичної енергії потоку повітря переходить у питому потенційну енергію. Для найбільш поширеної форми будівлі (паралелепіпед) аеродинамічні коефіцієнти мають наступні значення: $C_{\text{н}} = 0,8$; $C_{\text{з}} = -0,3 \dots -0,6$ [8]. Приймаємо: $C_{\text{н}} = 0,8$; $C_{\text{з}} = -0,4$;

v – швидкість вітру, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Витрати зовнішнього повітря, яке інфільтрується в приміщенні лабораторії [1]

$$G_{\text{i.пр}} = j_{\Delta p_{\text{в}}} B_{\text{i.пр}} \cdot F_1 \quad (9)$$

де F_1 – площа вікон, м²;

$B_{\text{i.пр}}$ – коефіцієнт, який показує, скільки одиниць витрат повітря складає інфільтрація у даному приміщенні.

Тепловитрати на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується через вікна [1]:

$$Q_{\text{i.пр}} = c_{\text{п}} G_{\text{i.пр}} A (t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}) \quad (10)$$

де $c_{\text{п}} = 1,005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність повітря; A – коефіцієнт, який враховує підігрів повітря, який інфільтрується через вікна.

Відповідно до рівняння (1)

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{надм}} + c_{\text{п}} G_{\text{пр}} t_{\text{пр}}}{c_{\text{п}} t_{\text{пр}}}.$$

З урахуванням впливу нещільностей $G'_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{1,05}.$

Об'єм повітря, яке видаляється із приміщення лабораторії:

$$v_{\text{в}} = \frac{G'_{\text{в}}}{\gamma}.$$

Чисельний приклад

З використанням вищенаведених виразів розрахуємо об'єми припливного та витяжного повітря для приміщення реальної навчальної лабораторії (кафедра «Електротехніка та елект-

ромеханіка» ДНУЗТ), для якої нормативна площа на одного чоловіка може бути прийнята

$$3,6 \frac{\text{м}^2}{\text{чол}} [2].$$

Вказана лабораторія має площу

$$5,7 \text{ м} \cdot 12,35 \text{ м} = 70,4 \text{ м}^2, \quad \text{тобто} \quad \frac{70,4 \text{ м}^2}{30 \text{ чол}} =$$

$$= 2,35 \frac{\text{м}^2}{\text{чол}}. \quad \text{У порівнянні з нормативним значенням при роботі в лабораторії групи із 30 чоловік площа на одну людину зменшується у}$$

$\frac{3,6}{25} = 1,53$ рази. З точки зору кліматичних умов цей недолік можна компенсувати, суттєво збільшивши кратність обміну повітря з

$$20 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} [9]$$

до $20 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \cdot 1,53 = 30,6 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$. Тобто об'єм припливного повітря на людину

$$V_{\text{пр.люд}} = 30,6 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Рівняння теплового балансу в приміщенні лабораторії

$$Q_{\text{надм}}^{\text{я}} = (Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{нагр}}) - Q_{\text{ін.прим.}}$$

Теплонадходження від людей

$$Q_{\text{л}} = 99n = 99 \cdot 30 = 2970 \text{ Вт} = 2,97 \text{ кВт}.$$

Теплонадходження від джерел штучного освітлення

$$Q_{\text{осв}} = EFg_{\text{осв}}\eta_{\text{осв}} = 300 \cdot 70,4 \cdot 0,102 \cdot 1 =$$

$$= 2154,24 \text{ Вт} = 2,15 \text{ кВт}$$

Потужність нагрівача (тепловиділення від електричного нагрівання)

$$N_{\text{нагр}} = Q_{\text{нагр}} = G'_{\text{пр}} p_{\text{п}} c_{\text{п}} (t_{\text{лаб}} - t_{\text{п.зовн}}).$$

$$t_{\text{лаб}} = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ К}.$$

$$G_{\text{пр}} = 30,6 \cdot 30 \cdot 1,225 = 1124,6 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

$$G'_{\text{пр}} = 1124,6 \cdot 1,05 = 1180,83 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

$$N_{\text{нагр}} = Q_{\text{нагр}} = G'_{\text{пр}} p_{\text{п}} c_{\text{п}} (t_{\text{лаб}} - t_{\text{п.зовн}}) =$$

$$= 1180,83 \cdot 1,29 \cdot 1,005 (293,15 - 274,15) =$$

$$= 29086,85 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = \frac{29086,85}{3600} \approx 8,08 \text{ кВт}$$

Тепловитрати на нагрівання зовнішнього повітря, яке інфільтрується через вікна

$$p_v = [C_{\text{н}} - (-C_3)] v^2 p_{\text{н}} / (2H_{\text{в}} \Delta\gamma)$$

Приймаємо $v = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (за даними гідрометеоцентру як середнє значення в осінньо-зимовий період для м. Дніпропетровськ).

$$H_{\text{в}} = 2,13 \text{ м}.$$

$$p_v = [0,8 - (-0,4)] \cdot 4^2 \cdot 1,47 /$$

$$/(2 \cdot 2,13 \cdot 2,67) = 2,48 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$G_{\text{і.пр}} = j \Delta p_{\text{в}} B_{\text{і.пр}} \cdot F_1.$$

В лабораторії чотири вікна розміром 2,13 м · 1,96 м кожне. Тоді $F_1 = 4 \cdot 2,13 \cdot 1,96 = 16,7 \text{ м}^2$.

$$B_{\text{і.пр}} = 2,1 \text{ для } p_v = 2,48 [1].$$

$$j \Delta p_{\text{в}} = 0,378 (H_{\text{в}} \Delta\gamma)^{\frac{2}{3}} / R_i.$$

$$\gamma_{\text{н}} = 14,37 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}, \quad \gamma_{\text{в}} = 11,7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}, \quad \Delta\gamma = 2,67 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$\frac{2}{3}$ – показник для вікон.

$$j \Delta p_{\text{в}} = 0,378 (2,13 \cdot 2,67)^{\frac{2}{3}} /$$

$$/1,15 = 1,045 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \text{ год}}.$$

$$G_{\text{і.пр}} = 1,045 \cdot 2,1 \cdot 16,7 = 36,65 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

$$Q_{\text{і.пр}} = c_{\text{п}} G_{\text{і.пр}} A (t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}).$$

Для двійного засклення вікон $A = 1 [1]$.

$$Q_{\text{і.пр}} = 1,005 \cdot 36,65 \cdot 1 (293,15 - 274,15) =$$

$$= 699,83 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 0,19 \text{ кВт}.$$

$$\text{Згідно з (2) } Q_{\text{надм}}^{\text{я}} = (2,97 + 2,15 + 8,08) -$$

$$- 0,19 = 13,01 \text{ кВт} = 46836 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}.$$

Відповідно до рівняння (1)

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{надм}}^{\text{я}} + c_{\text{п}} G_{\text{пр}} t_{\text{пр}}}{c_{\text{п}} t_{\text{пр}}} =$$

$$= \frac{46836 + 1,005 \cdot 1180,83 \cdot 274,15}{1,005 \cdot 293,15} = 1263,27 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

$$G_B = \frac{1263,27}{1,05} = 1203,1 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Об'єм повітря, яке видаляється із приміщення базової лабораторії:

$$v_B = \frac{G_B}{\gamma} = \frac{1203,1}{1,225} = 982,13 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Отримані значення потужності інфрачервоного обігрівача, об'ємів припливного та витяжного повітря можуть бути вихідними параметрами при розробці автоматизованих систем вентиляції та опалення приміщення лабораторії при забезпеченні в ній температури 18 °C під час проведення занять.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Курсовое и дипломное проектирование гражданских и промышленных зданий / В. П. Титов, Э. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. И. Новожилов. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
2. Державні будівельні норми України. Будинки і споруди навчальних закладів: ДБН В2.2-3-97. – К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 90 с.
3. Технические данные вентиляторов осевых ВО-6-300, ВО-14-320 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oovv.ru/ventilyaciya/tehnicheskie-dannye-ventilyatorov-osevyx.html>.
4. Виды и типы вентиляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fanner.ru/vidy-ventilyatorov>.
5. Потужність нагрівача [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.informteh.ru/sistemi_ventiljacii/rasch http://et_ventiljacii/.
6. Системы притяжной и вытяжной вентиляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.clim-art.ru/ventilation/pritochno-vityazhnaya/>.
7. Питома вага, густина повітря [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.about-air.ru/svoystva-vozduha/plotnost-vozduha/plotnost-vozduha-pri-noormalnyh-usloviyah.html>.
8. Аэродинамические коэффициенты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/otoplenie-ventilyaciya/75.html>.
9. Державні будівельні норми України. Опалення, вентиляція та кондиціювання: ДБН В2.5-67:2013. – К.: Міністерство регіонів України, 2013. – 149 с.
10. Маренич, О. Л. Экономия электроэнергии при ремонте подвижного состава железных дорог / О. Л. Маренич, О. О. Маренич // Трансбалтика 2009 (28.05-29.05.2009): сборник материалов XII международной конференции. – Рига, 2009.

Висновки

Електричне опалення навчальних лабораторій більш зручне в експлуатації, більш комфортне та вигідніше економічно в порівнянні з водяними системами, в яких тепло отримують шляхом спалення палива в котлах. Розроблена методика дозволяє визначити значення потужності інфрачервоних обігрівачів, об'ємів припливного та витяжного повітря, при яких температура в лабораторії підтримується на рівні 18 °C. Ці значення вказаних параметрів можуть бути використані як вихідні данні для розробки автоматизації системи по підтримці заданої температури в лабораторії при мінімальних відхиленнях. Забезпечення мінімальних відхилень від заданої температури забезпечує економію електроенергії, що важливо не тільки при електроопаленні приміщень, а й при використанні електроенергії в усіх галузях господарства країни [10].

REFERENCES

1. Titov V. P., Sazonov E. V., Krasnov Y. S., Novozhilov V. I. *Cursovoye i diplomnoye proektirovaniye grajdanskikh i promishlennykh zdaniy* [Course and diploma project for civil and industrial buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. 208 p.
2. *Derzhavny budivelnny normy Ukrainy. Budinky i sporudy navchalnykh zakladiv: DBN V2.2-3-97*. [State building standards of Ukraine. Buildings and edifices of educational institutions: DBN V2.2-3-97]. Kyiv, State committee of the city building of Ukraine Publ., 1997. 90 p.
3. Tekhnicheskiye danniyе ventilyatorov osevykh VO-6-300, VO-14-320 [Technical information of axial ventilators VO-6-300, VO-14-320]. Available at: <http://www.oovv.ru/ventilyaciya/tehnicheskiye-danniyе-ventilyatorov-osevyx.html>.
4. Vidy i tipy ventilyatorov [Kinds and types of ventilators]. Available at: <http://www.fanner.ru/vidy-ventilyatorov>.
5. Potuzhnist nagrивcha [Capacity of heating apparatus]. Available at: http://www.informteh.ru/sistemi_ventiljacii/raschet_ventiljacii/.
6. Sistemy prityazhnoy i vityazhnoy ventilyacii [Systems of supply and exhaust ventilation]. Available at: <http://www.clim-art.ru/ventilation/pritochno-vityazhnaya/>.
7. Pitoma vaga, hustina povitrya [Specific air weight and density]. Available at: <http://www.about-air.ru/svoystva-vozduha/plotnost-vozduha/plotnost-vozduha-pri-noormalnyh-usloviyah.html>.
8. Aerodinamicheskkiye koeffitsienty [Aerodynamic coefficients]. Available at: <http://www.bibliotekar.ru/otoplenie-ventilyaciya/75.html>.
9. *Derzhavny budivelnny normy Ukrainy. Opalennya, ventilyaciya ta kondiciyuvannya: DBN B2.5-67:2013*. [State building standards of Ukraine. Heating, ventilation and conditioning: DBN B2.5-67:2013]. Kyiv, Ministry of regions of Ukraine Publ., 2013. 149 p.
10. Marenych O. L., Marenych O. O. *Ekonomiya elektroenerгии pri remonte podvizhnogo sostava zheleznikh dorog* [Energy savings in the repair of railway rolling stock].

Надійшла до друку 19.05.2015.

Sbornik materialov XII mezhdunarodnoy konferentsii «Transbaltika 2009» (28.05-29.05.2009) [Collection of materials of the International Conference «TransBaltika 2009»]. Riga, 2009.

Внутрішній рецензент *Костін М. О.*

Зовнішній рецензент *Витанасенко С. І.*

Опалення – важливий фактор забезпечення потрібного мікроклімату в будь-якому приміщенні, в тому числі і в навчальних лабораторіях вищого навчального закладу. Мікроклімат має суттєвий вплив на продуктивність праці студентів, викладачів, лаборантів. Основним фактором мікроклімату є температура в приміщенні. В роботі проведені дослідження для отримання вихідних даних, які потрібні для заміни традиційного водяного опалення в лабораторії на електричне. При цьому повинна підтримуватись задана температура. Обрані способи вентиляції приміщення, типи електричних нагрівачів, об'єми припливного та витяжного повітря, при яких температура в лабораторії буде забезпечувати 18°C згідно існуючих вимог. Електричне опалення приміщень більш зручне в експлуатації, більш комфортне та вигідніше економічно в порівнянні з водяними системами, в яких тепло отримують шляхом спалення палива в котлах. Для досягнення поставленої цілі та вирішення завдань складено рівняння теплового балансу приміщення лабораторії, на базі якого виконані необхідні дослідження. У статті пропонується система електроопалення навчальної лабораторії як альтернатива існуючому централізованому водяному опаленню з використанням газу в центральній котельній у холодний та перехідний періоди року. В якості опалювальних пристроїв пропонуються сучасні інфрачервоні обігрівачі. Рівняння теплового балансу складено з урахуванням параметрів реальної навчальної лабораторії. Пропонується обладнувати лабораторію механічною припливно-витяжною системою вентиляції. Науковою новизною є запропонований метод визначення об'єму (ваги) припливного та витяжного повітря для забезпечення заданої температури в приміщенні навчальної лабораторії із використанням електричних нагрівачів. Практичне значення полягає у тому, що застосування електричного опалення дозволяє покращити мікроклімат в лабораторії, експлуатаційні витрати. Проведені дослідження дозволяють визначити вихідні параметри для автоматизації системи електричного опалення лабораторії з метою підтримання заданої температури. Рекомендується електричне опалення як альтернатива радіаторно-водяному.

Ключові слова: електроопалення навчальної лабораторії; рівняння теплового балансу приміщення; система вентиляції; потужність інфрачервоного обігрівача; переваги електричного опалення.

УДК 697.27 : 727 : 378.4

О. Л. МАРЕНИЧ, К. С. СЕМЕНЮК (ДНУЖТ)

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, 49010, г. Днепропетровск, Украина, ул. Лазаряна, 2, тел.: (056) 373-15-47, эл. почта: oksana.marenich17@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0003-3602-5851

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ОБОГРЕВ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Отопление – важный фактор обеспечения нужного микроклимата в любом помещении, в том числе и в учебных лабораториях ВУЗа. Микроклимат оказывает существенное влияние на производительность труда студентов, преподавателей, лаборантов. Основным фактором микроклимата является температура в помещении. В работе проведены исследования для получения исходных данных, необходимых для замены традиционного водяного отопления в лаборатории на электрическое. При этом должна поддерживаться заданная температура. Избранные способ вентиляции помещения, тип электрических нагревателей, объемы приточного и вытяжного воздуха, при которых температура в лаборатории согласно существующим требованиям будет обеспечивать 18°C. Электрическое отопление помещений более удобное в эксплуатации, более комфортное и выгоднее экономически по сравнению с водяными системами, в которых тепло получают путем сжигания топлива в котлах. Для достижения поставленной цели и решения задач составлено уравнение теплового баланса помещения лаборатории, на базе которого выполнены необходимые исследования. В статье предлагается система электроотопления учебной лаборатории, как альтернатива существующему централизованному водяному отоплению с использованием газа в центральной котельной в холодный и переходный периоды года. В качестве отопительных устройств предлагаются современные инфракрасные обогреватели. Уравнение теплового баланса составлено с учетом параметров реальной учебной лаборатории. Предлагается оборудовать лабораторию механической приточно-вытяжной системой вентиляции. Научной новизной является предложенный метод определения объема (веса) приточного и вытяжного воздуха для обеспечения заданной температуры в помещении учебной лаборатории с применением электрических обогревателей. Практическое значение состоит в том, что применение электрического отопления позволяет улучшить микроклимат в лаборатории, эксплуатационные расходы. Проведенные исследования позволяют определить выходные параметры для автоматизации системы электрического отопления лаборатории с целью поддержания заданной температуры. Рекомендуются электрическое отопление как альтернатива радиаторно-водяному.

Ключевые слова: электроотопления учебной лаборатории; уравнение теплового баланса помещения; система вентиляции; мощность инфракрасного обогревателя; преимущества электрического отопления.

Внутренний рецензент *Костін М. О.*

Внешний рецензент *Витанасенко С.И.*

© Маренич О. Л., Семенюк К. С., 2015

UDC 697.27 : 727 : 378.4

O. L. MARENYCH, K. S. SEMENIUK (DNURT)

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel.: +38 (056) 373-15-47, e-mail: oksana.marenich17@mail.ru,
ORCID: orcid.org/0000-0003-3602-5851

ALTERNATIVE HEATING LABORATORIES THE HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Heating is an important factor in ensuring the right microclimate in any room, including educational laboratories university. Microclimate has a significant impact on the productivity of students, teachers and technicians. The main factor is the microclimate temperature in the room. This paper studies to obtain baseline data required to replace traditional water heating in the laboratory for electric. This should be supported by a given temperature. The method of ventilation facilities, types of electric heaters, volume of incoming and exhaust air, at which temperature the laboratory will S according to your requirements. provide 18 Electric space heating is more convenient to use, more comfortable and cheaper cost compared to the water systems in which heat is produced by burning fuel in boilers. To achieve goals and meet the challenges of the heat balance equation composed laboratory facilities, to which fulfilled the necessary research. The article offers educational laboratory electric system as an alternative to the existing centralized water heating using gas in the central boiler house in the cold and transitional seasons. As heating devices offers modern infrared heaters. Heat balance equation takes into account the parameters of a real educational laboratory. It is proposed to equip a laboratory mechanical supply and exhaust ventilation system. Scientific novelty of the proposed method of determining the amount (weight) of the supply and exhaust air for a given temperature in the laboratory study using electric heaters. The practical significance lies in the fact that the use of electric heating allows to improve the microclimate in the laboratory operating costs. Past studies can determine the initial parameters for automation of electric heating systems laboratories in order to maintain the desired temperature. It is recommended as an alternative to electric heating radiator-water.

Keywords: electric academic laboratories; the heat balance equation facilities; ventilation; power infrared heater; electric heating benefits.

Internal reviewer *Kostin M. O.*

External reviewer *Vypanasenko S.I.*