

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРООБІГРІВАЧІВ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

*Прокопенко І.Д., асистент (каф. ЕП НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»),
Крутенко К., студентка (гр. ОЕп-41, ІЕЕ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)*

Вибір потужності електрообігрівачів здійснюється за умови забезпечення теплового комфорту працівників з урахуванням функціональної приналежності, технологічних особливостей та режимів використання приміщень. Тепловий комфорт визначають такі параметри як: температура повітря в приміщенні; середня температура поверхні стін; швидкість обміну повітря; відносна вологість повітря; вид діяльності людини та пов'язане з ним фізичне навантаження, від якого залежить кількість теплоти, що виділяється тілом людини; тепловий опір одягу, від якого залежить швидкість обміну теплоти між тілом людини та навколишнім середовищем тощо.

Комфортні теплові умови в приміщеннях нормуються згідно [1]. Оптимальна температура приміщення – це комплексний показник, яка визначається середньою температурою стін приміщення та температурою повітря в приміщенні і задовольняє за тепловим режимом не менш як 90 відсотків працівників. Наприклад, за температури приміщення $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ максимально припустиме її відхилення становить два градуси. Для покращення умов теплового комфорту та енергозберігаючого ефекту коливання температури впродовж робочого дня повинні бути мінімальними.

Опалення діє тільки на два параметри: температуру повітря та температуру стін. Середнє значення цих двох параметрів дає температуру, яку відчуває людина.

Мета статті – вибір потужності електрообігрівачів з урахуванням внутрішніх додаткових джерел теплоти у приміщенні.

Умовою забезпечення теплового комфорту є баланс між кількістю теплоти, яка потрібна до обігріву, та кількістю теплоти у приміщенні [2]:

$$Q_0 = Q_{об} + Q_{дод} + \Delta Q_{п}, \quad (1)$$

де Q_0 – витрати теплоти на опалення будівлі; $Q_{об}$ – кількість теплоти, яка надходить від обігрівача; $Q_{дод}$ – кількість теплоти, яка надходить від інших джерел у приміщенні; $\pm \Delta Q_{п}$ – надмір чи нестача теплоти у приміщенні.

Розглянемо більш докладно другий складник у формулі (1), який визначає надходження теплоти від інших джерел, до яких у виробничих приміщеннях належать: працівники; сонячна радіація, яка проникає у приміщення через вікна і стіни; системи штучного електричного освітлення; промислове устаткування (комп'ютери, електроустановки, печі тощо); інфільтрація та аерація повітря.

$$Q_{дод} = Q_{пр} + Q_{ср} + Q_{пр} + Q_{еус} + Q_{осв} + Q_{в}, \quad (2)$$

де $Q_{пр}$ – надходження теплоти від працівників; $Q_{ср}$ – кількість теплоти, яка надходить сонячною радіацією; $Q_{пр}$ – надходження (втрати) теплоти через провідність будівельних конструкцій; $Q_{еус}$ – надходження теплоти від

електроустановок; $Q_{\text{осв}}$ – надходження теплоти від робочого освітлення; $Q_{\text{в}}$ – надходження (втрати) теплоти через системи вентиляції.

Кількість теплоти, яку виділяють працівники, залежить від виду діяльності людини та пов'язаною з нею фізичним навантаженням, від температури навколишнього середовища та статі працівника (чоловік або жінка). Середнє значення теплоти, яку виділяє працівник за спокійних офісних умов праці, наведено у табл. 1 [3, 4].

Таблиця 1.

Середній рівень енерговитрат

Вид діяльності	Енергетичні витрати чоловіків, Вт	Енергетичні витрати жінок, Вт
Сидячи у покої	115	115
Сидячи, пишучі	130	120
Сидячи, друкуючи	140	125
Постійна легка робота або нешвидкий рух	160	140
Легка праця	235	200
Нормальний рух	295	250

Енерговитрати передусім залежать від інтенсивності м'язової роботи. Зі збільшенням важкості праці підвищується потреба в кисні та енергії, витраченої внаслідок праці. За порівняно легкої фізичної праці підвищення обміну речовин виникає за рахунок посилення енерговитрат у м'язах, серці та мозку. За важкої праці витрати енергії м'язами зростають на 95 %. Так, стосовно осіб розумової праці (лікарі, педагоги, диспетчери та ін.) добові енерговитрати становлять 10,5...11,7 МДж; осіб механізованої праці та сфери обслуговування (медсестри, працівники, які обслуговують автомати та ін.) – 11,3...12,5 МДж; осіб, які виконують роботу середньої важкості (верстатники, водії, хірурги та ін.) – 12,5...15,5 МДж; осіб, які виконують важку фізичну роботу, – 16,3...18,3 МДж.

У разі, якщо не відбувається штучне охолодження або нагрів у неробочий час, данні з табл. 1 можна безпосередньо використовувати у рівнянні (2).

Керувати теплотою, яку утворюють працівники, можна декількома способами. Перший спосіб полягає у збільшенні кількості працівників у приміщенні у зимово-осінній період. Другий спосіб – підвищення інтенсивності фізичного навантаження, що досягають встановленням додаткових перерв на виконання фізичних вправ.

Аналіз кількості теплоти, яка потрапляє у приміщення через вікна, є складною проблемою, яку нині вирішують з використанням математичних моделей. Більшість сучасних розрахунків сонячних теплових потоків відбувається з використанням комп'ютерного моделювання в режимі online, реєструючи показники щогодини з моделі певної будівлі з урахуванням її географічного розташування.

Суттєвим чинником зберігання теплоти у приміщенні є провідність будівельних конструкцій. Додатково до внутрішнього нагрівання від сонячного випромінювання, яке поглинається будівельними матеріалами, сонячне тепло в поєднанні зі зовнішніми температурами, створює додатковий нагрів завдяки провідності через поверхні стін і даху. Тому важливим чинником є конструкція стін і дахів: кількість теплоти і тривалість її випромінювання залежать від конструкції стіни – якщо будівля має масивні стіни, то рівень накопичення теплоти відповідно збільшується. Нагрів або охолодження через стіни можна визначити за рівнянням теплового потоку, використовуючи показник ступеня нагрівання (охолодження) за день. Так, для стіни з коефіцієнтом теплопровідності $1,4 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, площею 100 м^2 загальна кількість втраченої теплоти за опалювальний сезон становить 500 Вт .

Керування таким видом теплоти залежить від рівня втрат через стіни і дах. Додаткова теплоізоляція стін і покрівлі може суттєво зменшити видалення теплоти і такий захід завжди є економічно виправданим.

Важливим джерелом теплоти є технологічне устаткування. Споживання електроенергії комп'ютерами та електроустановками передбачає, що $1 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}$ електроенергії утворює $3\,600 \text{ кДж}$ теплоти у місці споживання і 1 м^3 газу містить 37 МДж . Кількість генерованої електричним двигуном теплоти можна визначити за величинами номінальної напруги та струму. Енергія, яка споживається однофазним двигуном упродовж години, визначається за формулою:

$$W = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot K_B, \quad (3)$$

де W – енергія, яку споживає електродвигун за годину, $(\text{Вт}\cdot\text{год})/\text{год}$; U – номінальна напруга електродвигуна, В; I – струм електродвигуна, А; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності, K_B – коефіцієнт використання.

Коефіцієнт корисної дії однофазного двигуна становить $(50 \dots 60) \%$, трифазного двигуна – $(60 \dots 95) \%$. Кількість теплоти, яка віддається в оточуюче середовище, залежить від особливостей застосування електродвигуна. У більшості випадків практично вся енергія, яка споживається, віддається у вигляді теплоти. Кількість теплоти, яку створюють електродвигуни, визначають за формулою:

$$Q_{\text{дв}} = W \cdot 3600, \quad (4)$$

де $Q_{\text{дв}}$ – кількість теплоти, яку генерує електродвигун щогодини, $\text{кДж}/\text{год}$.

Іншим джерелом отримання теплоти є системи штучного електричного освітлення. Дуже невелика кількість енергії, яку споживають освітлювальні системи, перетворюється у світло. Лампи розжарювання перетворюють $(2 \dots 3) \%$ енергії у світло, а 97% одразу віддається в навколишнє середовище у вигляді теплоти. Флуоресцентні лампи більш ефективні – вони перетворюють 10% у світло і 90% віддають у вигляді теплоти. Проаналізуємо, що відбувається з видимим світлом від лампи. Фотони світла відбиваються від поверхонь підлоги, стін, столів та людей і частина енергії поглинається і перетворюється у теплоту.

Тобто, коли світловий потік не перетинає межі приміщення, практично вся енергія освітлення перетворюється у теплоту.

У деяких випадках системи опалення проектують і розраховують на використання теплоти від джерел штучного освітлення. Це неефективний спосіб опалення, але додаткові надходження теплоти потрібно використовувати. Теплоту від світильників в опалювальний сезон можна використовувати, попередньо закривши вентиляційні канали системи освітлення [5].

Щоб розрахувати кількість теплоти, яка додається від системи освітлення використовуємо формулу:

$$Q_{\text{осв}} = T \cdot \sum_{i=1}^k Q_{\text{осв}_i} = T \cdot \sum_{i=1}^k P_i \cdot 3600, \quad (5)$$

де $Q_{\text{осв}_i}$ – кількість теплоти, яку генерує i -тий світильник щогодини, кДж/год; k – кількість світильників; T – тривалість використання світильників, год; P_i – навантаження від лампи і додаткових елементів світильника, Вт.

Зменшення кількості енергії, яка витрачається на освітлення, досягають: заміною старих ламп на енергоощадні; очищенням поверхонь світильників; відповідним фарбуванням суміжних поверхонь.

Шостим видом нагріву повітря є енергія, яку використовують на охолодження або зволоження повітря. Інфільтрація (неорганізована природна вентиляція) зумовлена переміщенням повітря через отвори в елементах будівельних конструкцій завдяки різниці тиску зовні й усередині приміщення. Такий повітрообмін залежить від низки випадкових факторів (сили і напрямку вітру, різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, площі, через яку відбувається інфільтрація). Для промислових будівель інфільтрація сягає 1...1,5 обсягу приміщення за годину [4]. Аерація (організована природна вентиляція) запланована для видалення повітря через фрамуги вікон, які відкривають. У холодний період року повітря подають через прорізи, які розташовано не нижче 4,5 м від рівня підлоги, у теплий період року приплив зовнішнього повітря відбувається через нижній ярус вікна – на рівні 1,5... 2 м.

Річний обсяг теплоти, яка втрачається через отвір, можна визначити за формулою:

$$Q_B = V \cdot 1440 \cdot 1,204 \cdot 1,006 \cdot (HD + CD), \quad (6)$$

де V – обсяг повітря, яке проходить через систему вентиляції, м³/хв.; 1 440 – кількість хвилин у день; 1,204 – щільність сухого повітря, кг/м³; 1,006 – питома теплота повітря, кДж/°C; HD і CD – ступінь нагрівання або охолодження за день відповідно, (°C·N)/365; N – кількість днів.

Втрати теплоти від вентиляції можна зменшити у спосіб напilenня, ущільнення і затягування вікон, встановленням жалюзі, заміною рам і розбитих шибок або іншими способами, які обмежують відтік повітря з приміщення.

Висновки та пропозиції. 1. Використання електричних обігрівачів дає можливість вирішити важливу соціально-економічну проблему – забезпечення опалення адміністративних та виробничих приміщень за відсутності газопостачання. Використання додаткових надходжень теплоти від працівників,

сонячної радіації, виробничого устаткування, систем штучного освітлення за одночасного зменшення теплових втрат через будівельні конструкції та системи природної вентиляції дає змогу знизити встановлену потужність електрообігрівачів до 20 відсотків.

Література

1. ISO 7730: 1994 (E). Ambiances thermiques moderes – Determination des indices PMV et PPD et specifications de confort thermique.
2. Третьякова Л.Д. Ефективні засоби електротеплоаккумуляційного обігріву / Л.Д. Третьякова, А.Є. Селіверстов, М. Баран // Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро). – 2006. – Вип. 4. – С. 14–16.
3. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.
4. Ткачук К.Н. Охорона праці і промислова безпека / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, М.Ф. Каштанов, Л.Д. Третьякова та ін. // К.: Лібра, 2010. – 425 с.
5. Пырков В. В. Электрические кабельные системы отопления. – К.: Медиа-Макс, 2004. – 85с.