

УДК 336.645

В. В. Джеджула, канд. тех. наук, доц.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАЛОВИТРАТНИХ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто основні напрямки та економічне обґрунтування заходів із енергозбереження в системах кондиціонування повітря промислових підприємств. Наведено приклад розрахунку економічної ефективності заходу зі зменшення інсоляційного навантаження.

Вступ та постановка

Зменшення споживання енергетичних ресурсів, поліпшення екологічної ситуації, зниження постійних витрат промислового підприємства і, як наслідок, підвищення рентабельності можна досягнути шляхом впровадження енергозбережних заходів. Потенціал енергозбереження у промисловості значний, наприклад, у машинобудуванні він складає близько 1,5 млн т. у. п. [1, с. 5]. При цьому впровадження заходів із енергозбереження відбувається повільно, і це пов'язано, в першу чергу, з великими капітальними витратами на реалізацію зазначених заходів. Однак існують напрямки, які не потребують значних капітальних витрат і при цьому можуть дати значну економію коштів. Такі заходи не можна віднести до організаційних, оскільки вони потребують інвестицій, але їх величина для підприємства не є значною і може покриватися власними коштами.

На багатьох промислових підприємствах для нормального перебігу виробничого процесу необхідно підтримувати температурно-вологісні параметри у приміщеннях. До таких підприємств належать машинобудівельні, харчові, металургійні, хімічні, підприємства виробництва будівельної продукції та інші. Виконують ці функції системи кондиціонування повітря. Адміністративно-побутові комплекси підприємств зазвичай також обладнані системами кондиціонування. Переважна більшість встановлених систем працюють, споживаючи електричну енергію на привід холодильних компресорів. Кількість спожитої електроенергії у літні місяці може сягати значних величин. Питанням енергозбереження у кондиціонуванні приділено мало уваги в сучасній літературі. Основний (традиційний) напрям наукових досліджень — методи збереження тепла і електричної енергії, але залишаються нерозглянутими питання використання резерву збереження холодної енергії за допомогою маловитратних енергозбережних заходів.

Аналіз останніх публікацій

Питання енергозбереження у промисловості висвітлено у таких публікаціях вітчизняних і зарубіжних вчених: В. В. Стадника [2], А. І. Лісничої [3], С. А. Михайлова [4], О. І. Маслака [5], Н. О. Бойко [6]. Але залишається недостатньо вирішеною проблема енергозбереження в системах кондиціонування повітря промислових підприємств.

Метою статті є дослідження основних напрямків маловитратного енергозбереження у кондиціонуванні повітря промислових підприємств та обґрунтування їх економічної ефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Розглянути особливості енергетичного споживання системами кондиціонування повітря промислових підприємств (СК).
2. Розробити перелік основних маловитратних заходів із енергозбереження в системах кондиціонування.
3. Обґрунтувати економічну ефективність регулювання інсоляційного навантаження як напрямку маловитратного енергозбереження у промисловості.

Виклад основного матеріалу

Інвестування у енергозбереження вигідне для підприємств, тому що одночасно зі зростанням прибутковості вирішуються питання екології, поліпшення внутрішнього мікроклімату, зменшення соціальної напруженості та інше. Реалізація цих заходів потребує зацікавленості менеджменту підприємства, мотивації персоналу, наявності кваліфікованих кадрів, фінансових можливостей. Зазвичай найбільшу проблему у реалізації становить відсутність або обмеженість коштів у підприємства. Використання залучених коштів потребує детального обґрунтування і збільшує вартість інвестиційного ресурсу. Тому основна перевага у впровадженні надається заходам, що можуть реалізовуватися без залучення стороннього капіталу, і дисконтований термін окупності не перевищує одного року. Такі заходи пропонуються називати маловитратними.

Системи кондиціонування в теплий період року призначені для підтримання нормованих параметрів мікроклімату на робочих місцях. Споживання енергії СК на охолодження залежить від багатьох факторів: географічних координат підприємства, орієнтації будівлі відносно сторін світу, виду огорожуючих конструкцій, режимів роботи підприємства, типу системи, продуктивності системи із зовнішнього та рециркуляційного повітря та інше. За умов існуючого підприємства впливати на переважну більшість зазначених факторів неможливо. Однак резерви енергоефективності існують і їх треба реалізовувати в рамках нормативного поля, економічної доцільності і впливу на виробництво. На нашу думку, до основних маловитратних заходів у кондиціонуванні можна віднести:

- регулювання інсоляційного навантаження, що проникає через світлопроникні конструкції;
- утеплення трубопроводів та акумуляторів;
- акумулявання та рекуперация в холодопостачанні;
- локалізація джерел тепловиділень;
- використання потенціалу навколишнього середовища для вільного охолодження у нічний час з акумуляванням холоду в будівельних конструкціях.

Одним з суттєвих важелів енергозбереження в кондиціонуванні є регулювання інсоляційного навантаження (сонячної енергії), що проникає через світлопроникні конструкції. Надходження тепла у приміщення в переважній кількості відбувається через вікна, світлові ліхтарі та інші прозорі конструкції. Збільшення кількості скляних фасадів призводить до непомірно великих надходжень тепла у приміщення влітку і втрат тепла у холодний період року. Аналізуючи заходи світлозахисту, необхідно враховувати вимоги санітарних норм щодо освітленості робочих місць і порівнювати величини економії енергії за рахунок світлозахисту з витратами на освітлення приміщень.

Теплові надходження через світлопроникні конструкції визначаються згідно з [8, с. 2]:

$$Q = (q_n K_1 + q_p K_2) K_3 K_4 A_{oc}, \quad (1)$$

де q_n , q_p — поверхнева густина теплового потоку для прямої і розсіяної сонячної радіації на певну годину у липні, Вт/м²; K_1 , K_2 — коефіцієнти опромінення для прямої і розсіяної радіації; K_3 — коефіцієнт теплонадходження сонцезахисних пристроїв; K_4 — коефіцієнт теплонадходження через скління світлових конструкцій; A_{oc} — площа скління, м².

Варіювання величини теплонадходжень через світлопроникні конструкції можна здійснити, змінюючи коефіцієнт теплонадходження сонцезахисних пристроїв K_3 . При цьому потрібно пам'ятати, що зменшення інсоляційних надходжень через вікна може привести до певного зростання теплонадходжень через масивні конструкції та від обладнання, тому кожен окремий випадок сонцезахисту необхідно прораховувати окремо за методикою, наведеною у [8]. Одним з найефективніших напрямків світлозахисту є встановлення зовнішніх регульованих жалюзі.

Чиста зведена вартість енергозберігаючого заходу «встановлення світлозахисних пристроїв» визначиться таким чином (авторська розробка)

$$NPV = -i + \sum_{j=1}^N \frac{Q^x z}{COP(1+r)^j} + \frac{C}{(1+r_{N+1})^{N+1}}, \quad (1)$$

де i — величина капітальних витрат на певний захід, грн; Q^x — річна економія холодильної енергії, кВт·год; COP — холодильний коефіцієнт кондиціонера; z — вартість кВт·год електричної енергії для підприємства, грн / (кВт·год); r — коефіцієнт дисконтування, що чисельно дорівнює

вартості власного капіталу; C — ліквідаційна вартість, грн; N — останній рік розгляду проекту.

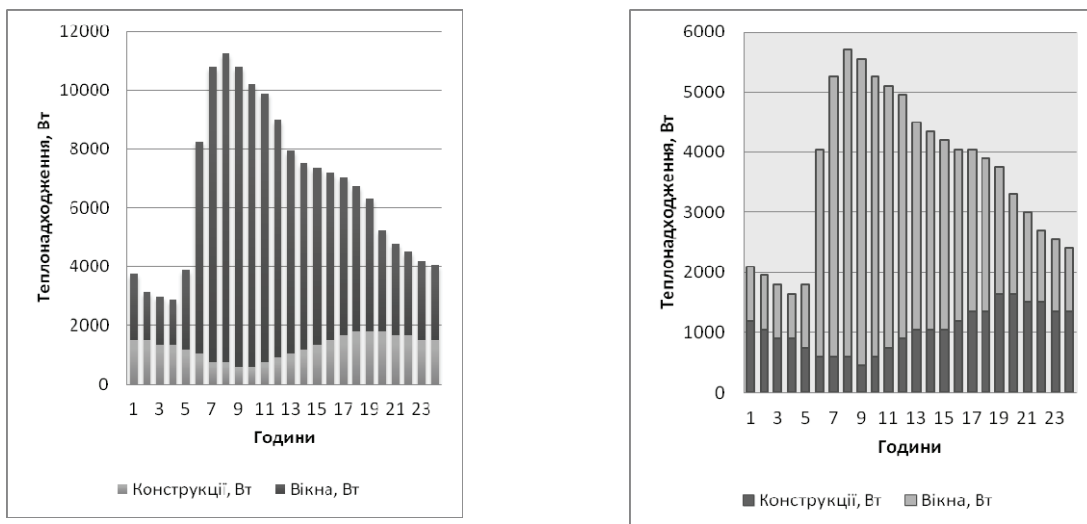
Величину річного споживання холодительної енергії пропонується визначати за методикою, запропонованою проф. Ю. Я. Кувшиновим у [9]. Для прямопливної системи кондиціонування ця величина визначиться, кДж/рік

$$Q^x = 0,143nmG(I_{mg} - I_0)MK_3K_4, \quad (2)$$

де n — кількість робочих днів у тижні, день; m — кількість годин у зміні, година; G — максимальна витрата зовнішнього повітря, кг/год; I_{mg} — ентальпія зовнішнього повітря у липні, кДж/кг; I_0 — ентальпія повітря на виході з кондиціонера, кДж/кг; M — тривалість періоду споживання холоду, діб; K_3, K_4 — коефіцієнти, що визначаються в залежності від тривалості періоду споживання холоду M [9, с. 6].

Формула (1) дозволяє визначити чисту зведену вартість всіх перерахованих вище маловитратних заходів, якщо результатом їх реалізації є економія холодительної енергії.

Розглянемо приклад розрахунку економічної ефективності заходу «встановлення світлозахисних пристроїв» за запропонованою методикою. Приміщення площею 150 м^2 розташоване у м. Києві. Основні вихідні дані для розрахунку теплонадходжень: орієнтація вікон на північний і південний схід; перекриття безгорищне складається із залізобетонної плити і шару у 20 мм екструдованого пінопласту; покриття покрівлі — руберойд; стіни цегляні, товщиною у 510 мм, утеплені мінеральною ватою 100 мм; вікна: потрійний склопакет без сонцезахисних пристроїв; на південний схід орієнтовано 33 м^2 , на північний схід — 57 м^2 вікон; рами вікон алюмінієві. Для відокремлення та дослідження саме інсоляційної складової теплонадходження від людей, освітлення і обладнання не враховуємо. В загальній структурі теплонадходжень ці джерела можуть займати широкий діапазон значень і їх числове значення визначається за відомими методиками. Розглянемо динаміку зміни тільки для інсоляційних надходжень тепла. Простінки між суміжними приміщеннями гіпсокартонні, 100 мм товщиною. Масивне обладнання не встановлено. Визначимо теплові надходження для цього приміщення від сонячної радіації за умов відсутності сонцезахисних пристроїв і наявності зовнішніх жалюзі з відносною площею перекриття надходження сонячного випромінення у 60 %. Результати розрахунків графічно проілюстровано на рис. у вигляді графіків погодинного надходження тепла через масивні конструкції і вікна.



Динаміка теплонадходжень у приміщення через огорожувальні конструкції для липня за умов відсутності і наявності сонцезахисних пристроїв

Як видно з рисунка, наявність зовнішніх жалюзі дозволяє зменшити теплові надходження майже вдвічі. Розрахунок за формулою (2) для двох випадків дозволяє визначити середньорічну економію холодительної енергії за умов п'ятиденного робочого дня і 18-годинних змін роботи: $7780 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Тривалість роботи підприємства прийнято умовно, ця величина дозволяє визначити час роботи холодительного обладнання і споживання електричної енергії. Вартість власного капіталу приймаємо рівну величині ставки короткострокового депозиту для юридичних осіб

$r = 15\%$. Вартість електричної енергії — 1,13 грн/(кВт·год). Капітальні витрати — 3000 грн, ліквідаційна вартість — 0 грн, термін розгляду проекту — 12 років, COP = 2, 3. Розрахована чиста зведена вартість за формулою (1) становить 17720 грн.

Таким чином, навіть для відносно невеликого приміщення для масштабів промислового виробництва встановлення сонцезахисних регульованих пристроїв є економічно доцільним. У холодний період року регулювання ступеня відкриття захисних пристроїв має здійснюватися за умови

$$Q_{\text{теп}} \geq Q_{\text{втр}} + Q_{\text{осв}} \quad (3)$$

Тобто питомі теплонадходження через скління (віднесені до площі приміщення) за умов хмарності $Q_{\text{теп}}$ мають бути більші за суму $(Q_{\text{втр}} + Q_{\text{осв}})$ питомих теплових втрат через це вікно і витрати енергії на освітлення (віднесені до 1 м^2 площі приміщення). Варіюючи площею відкривання пристроїв, можна досягти економії теплової енергії, використовуючи при цьому потенціал сонячної енергії у холодний період року.

Висновки

1. Розглянуто особливості енергетичного споживання повітря системами кондиціонування промислових підприємств.
2. Розроблено перелік основних маловитратних заходів енергозбереження в системах кондиціонування.
3. Обґрунтовано економічну ефективність регулювання інсоляційного навантаження як напрямку маловитратного енергозбереження в системах кондиціонування у промисловості. За результатами прикладу розрахунку виявлено, що для приміщення площею 150 м^2 чиста зведена вартість енергозберігаючого заходу «встановлення світлозахисних пристроїв» складе 17720 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галузева програма з енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року. — К. : Мінпромполітики України, 2009. — 123 с.
2. Стадник В. В. Проблеми ефективності енергоспоживання машинобудівних підприємств і шляхи їх вирішення / В. В. Стадник, О. А. Миколук // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. — 2011. — № 1. — С. 191—200.
3. Лісничка А. І. Аналіз енергозберігаючих заходів у промисловості та оцінка їх економічної ефективності / А. І. Лісничка, Н. В. Ширяєва, О. Б. Білоцерківський // Вісник Хмельницького національного університету. — 2011. — № 3. — Т. 1. — С. 12—15.
4. Михайлов С. А. Стратегическое управление энергосбережением в промышленности : моногр. / С. А. Михайлов. — М. : Финансы и статистика, 2010. — 288 с.
5. Маслак О. І. Стратегія диверсифікації інноваційного розвитку промисловості України / О. І. Маслак, О. І. Шевчук // Сталий розвиток економіки. — 2012. — № 3. — С. 8—12.
6. Бойко Н. О. Обґрунтування ефективного впливу енергозберігаючих технологій на економічну безпеку підприємств / Н. О. Бойко, В. Ф. Коротчин // Вісник економіки транспорту і промисловості. — 2012. — № 39. — С. 7—10.
7. Паулаускайте С. Влияние характеристик остекления здания на расход энергии в системах отопления и охлаждения / С. Паулаускайте, В. Саснаускайте, К. Валанчюс // Энергосбережение. — 2010. — № 1. — С. 62—67.
8. Львовский И. Б. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещение. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 / И. Б. Львовский, Б. В. Баркалов. — М. : Промстройпроект, 1993. — 32 с.
9. Кувшинов Ю. Я. Расчет годовых расходов энергии системами вентиляции и кондиционирования воздуха / Ю. Я. Кувшинов // АВОК. — 2006. — № 7 — С. 20—28.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 12.04.2013
Рекомендована до друку 17.06.2013

Джеджула В'ячеслав Васильович — доцент, докторант.
Хмельницький національний університет, Хмельницький