УДК: 621.4

Л.В.Накашидзе, канд.техн.наук (Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, Дніпропетровськ)

Економічна складова застосування в системах енергозабезпечення енергоактивних огороджень, що використовують енергію альтернативних джерел

Розглянуто підхід до оцінки економічної ефективності застосування енергоактивних огороджень, які використовують енергію альтернативних джерел. Опрацьовано методики, за якими доцільно проводити економічну оцінку систем енергозабезпечення з енергоактивними огородженнями.
Ключові слова: *системи енергозабезпечення, енергоактивне огородження, енергія альтернативних джерел, економічні показники.*

Рассмотрен подход к оценке экономической эффективности использования энергоактивных ограждений, которые используют энергию альтернативных источников. Обработаны методики, по которым целесообразно проводить экономическую оценку систем энергообеспечения с энергоактивными ограждениями.
Ключевые слова: *системы энергообеспечения, энергоактивные ограждения, энергия альтернативных источников, экономические показатели.*

Вступ. З урахуванням гостроти енергетичних проблем загальновизнаним є те, що споруди повинні бути енергоефективними. Тобто вони повинні містити сукупність об'ємно-планувальних та інженерних рішень, що найкращим чином відповідають цілям мінімізації витрат енергії на забезпечення мікроклімату в приміщеннях споруд. До шляхів підвищення енергоефективності споруд можуть бути віднесені економія енергії за рахунок зниження енергоспоживання та енерговитрат і використання в системах енергозабезпечення енергії альтернативних джерел. Інноваційні системи енергозабезпечення з використанням енергії альтернативних джерел [1], на відміну від пасивних, виконують функції регульованого поглинання, перетворення, акумулювання та перерозподілу енергії. Ці системи [2] можна умовно поділити на теплові, електричні та комбіновані.

У системах енергозабезпечення з використанням енергії альтернативних джерел важливими складовими елементами є огороджувальні конструкції [3, 4]. Їх призначення – оберігати внутрішній об'єм споруди від впливу навколишнього середовища, зберігаючи необхідну температуру, вологість, освітленість, рівень шуму та інші характеристики мікроклімату. Показником досконалості будь-якої огороджувальної конструкції є мінімальне споживання енергії супутніми системами кліматизації [5]. У тих випадках, коли огороджувальні конструкції за своїми технічними та теплофізичними властивостями неспроможні підтримувати потрібні параметри мікроклімату, необхідно підключати інженерні системи кліматизації, які дозволять скоригувати рівень освітленості, температуру, вологість та ін. [6]. Таким чином, недолік таких огороджень – неможливість цілеспрямованого регулювання та перерозподілу потоку енергії, який надходить на поверхню огороджувальних конструкцій. Він може компенсуватися використанням енергоактивних огороджень [7], що складаються з відповідних конструктивних модулів-блоків. При цьому передбачається спрямованість інженерно-технічних та об'ємно-планувальних рішень як на енергетичні джерела навколишнього середовища (сонце, вітер, тепло ґрунту, підземних вод або навколишнього повітря та ін.), так і на максимально можливе поєднання пасивних і активних засобів використання енергії цих джерел. У зв'язку з поширенням використання таких конструкцій виникає необхідність проведення аналізу ефективності їх застосування.

© Л.В.Накашидзе, 2014

Постановка завдання. Ефективність застосування систем енергозабезпечення з використанням енергоактивних огороджень та енергії альтернативних джерел можливо оцінювати за техніко-енергетичними, економічними та соціально-екологічними показниками.

Техніко-енергетичні показники дозволяють визначити масштабність реалізації проекту та можливу економію енергоресурсів. Такими показниками є: питомі витрати енергоресурсів та коефіцієнти корисного використання енергоресурсів; показники втрат енергоресурсів (технологічно виправдані чи нераціональні); енергетичні характеристики систем. До цих показників також відноситься критерій технічного здійснення проекту. Для визначення даного критерію необхідні відомості про основні технічні характеристики первинного джерела енергії.

Критерій технічної реалізації проекту енергопостачання від централізованої енергосистеми залежить від потрібної встановленої потужності об'єкта та відстані до централізованої енергомережі: наприклад, для сонячних електростанцій – це середньомісячна денна енергетична освітленість, для огороджувальних конструкцій з використанням енергоактивних огороджень – інтегральна температура активної поверхні.

Соціально-екологічними критеріями ефективності застосування різних варіантів енергопостачання є:

- безпечність для життя людей;
- наявність паливних ресурсів;
- площа земельної ділянки, що повинна бути відчужена;
- можливість негативного впливу на флору та фауну довкілля;
- рівень акустичного та вібраційного впливу;
- наявність електромагнітного випромінювання.

До економічних критеріїв належать вартісні показники, використання яких дає можливість визначити та порівняти можливі витрати на реалізацію заходу й результати від його впровадження. Цей критерій пов'язаний з таким показником енергетичної ефективності застосування систем звикористанням сонячної енергії як коефіцієнт заміщення. Він показує, яку частку традиційного палива можна зекономити за її рахунок. Для сонячної системи теплопостачання, в якій накопичене влітку тепло використовується для опалення взимку, його можна розрахувати згідно з [8].

Використання представлених показників приводить до можливості розгляду варіантів схемного виконання інноваційних систем енергозабезпечення та оцінки енергетичної та економічної ефективності функціонування в різних умовах.

Для системи енергозабезпечення, схемне рішення якої базується на використанні традиційної котельні із застосуванням сонячної установки для попереднього підігріву води, імовірні значення коефіцієнта заміщення традиційного палива з урахуванням довідкових кліматичних даних і технічних характеристик системи можна розрахувати за методикою [9].

Оцінка ефективності систем енергозабезпечення з комбінованим використанням енергії альтернативних джерел і низькопотенційної енергії підземних вод, навколишнього повітря, водоймищ на початковому етапі їх проектування може бути здійснена за допомогою методики розрахунку оптимальних техніко-економічних показників [10]. Методика базується на аналізі балансу енергії та витрат на обладнання та експлуатацію системи енергозабезпечення. За цими показниками можна проводити порівняльну оцінку різних схемних рішень таких систем при виборі найбільш доцільного варіанту будівництва.

Питомі витрати на заміщення органічного палива та строки окупності капіталовкладень є необхідними, але не достатніми показниками ефективності (для окремих видів обладнання, що використовує енергію альтернативних джерел, експлуатаційний ресурс різниться у 2-4 рази).

Доцільність використання того чи іншого джерела теплопостачання залежить від величини показника економічної ефективності цього джерела в порівнянні з варіантом, що замінюється. Виробничий результат від впровадження нового джерела, виражений в економії палива, допоміжних матеріалів, електроенергії, запасних частин тощо, потребує, як правило, додаткових витрат (капітальних та експлуатаційних).

Результати. Різноманітність можливих принципових схем систем енергозабезпечення з використанням енергії альтернативних джерел та енергоактивних огороджень обумовлює особливості підходу до вибору та адаптування методик оцінки ефективності їх застосування. Для оцінки ефективності конкретного проекту на етапі прийняття рішення про його реалізацію може бути використаний адаптований до ринкових умов методологічний підхід, заснований на розрахунку питомих зведених витрат (тобто витрат на одиницю виробленої енергії) з урахуванням специфіки побудови систем енергозабезпечення та її техніко-економічної оптимізації.

При цьому важливим є дослідження всього комплексу зв'язків у технологічному ланцюжку "енергоактивне огородження – об'єкт (споруда) – система енергозабезпечення".

Перед проведенням кількісної оцінки економії зведених витрат варіанти, які порівнюються, доцільно привести до порівняльного вигляду, тобто:

- варіанти повинні бути приведені до однакового виробничого (енергетичного) ефекту;
- кожен із варіантів треба поставити в оптимальні для нього умови;
- економічні показники варіантів, які порівнюються, повинні підраховуватися з урахуванням взаємозв'язків, що мають місце в народному господарстві;
- економічні показники варіантів, які порівнюються, повинні підраховуватися з урахуванням фактора часу;
- ступінь докладності та точність розрахунків окремих елементів витрат у варіантах, які порівнюються, повинна бути однаковою, а також у розрахунку повинні прийматися ціни одного (розрахункового) року.

Оцінювання систем енергозабезпечення, в яких використано інноваційні елементи (енергоактивні огородження), доречно проводити із застосуванням критеріїв, зазначених в [11]. Серед них такі критерії оцінки техніко-економічної ефективності систем теплопостачання:

- прибуток;
- рентабельність;
- період повернення капіталу;
- зведені витрати.

Зведені витрати розраховуються за формулою:

$$З = \varepsilon \cdot K + B,$$

де K – капіталовкладення; B – щорічні витрати; ε – норматив ефективності; (може бути прийнятий рівним коефіцієнту дисконтування $d_t = 0{,}1$).

Щорічні витрати:

$$B = A + P,$$

де A – амортизаційні відрахування; P – витрати на ремонт.

Умовою ефективності є:

$$\Delta З = Q_0 \cdot c_{доуб} - e \cdot K \geq 0,$$

де Q_0 – кількість тепла, виробленого системою енергозабезпечення за рік; $c_{доуб}$ – вартість одиниці тепла традиційного джерела; e – щорічні витрати по системі як частка від капіталовкладень.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань складові інноваційної системи енергозабезпечення, так як і в сталому варіанті, об'єднуються за групами, які мають у відповідності з законодавством України різні норми відрахувань на реновацію і ремонт: будинки, споруди; теплообмінне та теплогенеруюче обладнання (включаючи сонячні колектори), контрольно-вимірювальні пристрої й апаратура; все інше, що не ввійшло у попередні групи.

Якщо період створення об'єкта перевищує один рік, а річні експлуатаційні витрати змінюються в часі (за роками), то при розрахунку економічної доцільності впровадження вибраного варіанту системи енергозабезпечення з енергоактивними огородженнями та використанням енергії альтернативних джерел необхідно враховувати зведені витрати з урахуванням фактора часу (дисконтувати):

$$З_\tau = \sum_{t=1}^{t_0} \left(\varepsilon \cdot K_t + \Delta B_{et}\right) \cdot \left(1 + E_d\right)^{\mu - 1},$$

де t_0 – розрахунковий період, роки (t = 1, 2, 3,…,t_0); K_t – капіталовкладення у відповідному році; ΔB_{et} – різниця річних експлуатаційних витрат за роками; μ – рік, до якого зводяться витрати (приймається обов'язково однаковим для всіх

варіантів); E_d = 0,08…0,1 – нормативний коефіцієнт зведення (норма дисконту).

При визначенні зведених витрат необхідно враховувати, що системи з використанням енергії альтернативних джерел можуть бути як автономними, так і комбінованими. Тобто конструктивно система оснащена дублюючими джерелами енергії для покриття теплового навантаження об'єкта з урахуванням специфіки надходження енергії альтернативних джерел (періодичністю надходження енергії, неспівпаданням максимумів теплового навантаження з максимумом надходжень тепла).

Для визначення економічної ефективності можна спиратися на прийняту у світі методику UNIDO розрахунку ефективності проектів, що інвестуються. У відповідності з нею, оцінка ефективності впровадження інвестиційних заходів проводиться з використанням чистого дисконтного доходу, терміну окупності та індексу прибутку. При визначенні ефективності заходу порівнюються різночасові вартісні показники шляхом їх зведення (дисконтування) до конкретного моменту часу. Для розрахунків коефіцієнта дисконтування d_t використовується окремий розрахунковий період (місяць, квартал, рік) та норма дисконту E_d, яка є рівною допустимій для інвестора нормі прибутку на капітал:

$$d_t = \frac{1}{(1 + E_d)^t},$$

де t – номер окремого розрахункового періоду (t = 0, 1, 2, 3,…,T); T – загальний розрахунковий період.

Зведення витрат до базисного моменту часу (це може бути 0, 1, 2, 3,…,T) здійснюється шляхом помноження коефіцієнта дисконтування на показник, який зводиться до моменту t.

Норма дисконту визначається залежно від виду капіталовкладень. У випадках приватного інвестування вона приймається відповідно розмірам депозитного проценту за вкладами. В умовах, коли весь капітал є кредитом, норма дисконту дорівнює процентній ставці, розмір якої регламентується умовами процентних виплат та погашення кредитів. Для змішаного капіталу норму дисконту визначають через його середньозважену вартість, враховують податкову систему, структуру капіталу тощо. Перехідний характер економіки України, наявність недостатньо розвинених ринкових відношень обумовлюють доцільність використання суб'єктом господарювання депозитного проценту для визначення своєї індивідуальної норми дисконту.

Визначення норми дисконту дозволяє перейти до розрахунку чистого дисконтного прибутку:

$$P = d_t \cdot \sum_{t=0}^{T}(C_t - V_t) = \left[\frac{1}{(1+E_d)^t}\right] \cdot \sum_{t=0}^{T}(C_t - V_t),$$

де C_t – загальні економічні результати, які були досягнуті на t-й період розрахунку (рік); V_t – витрати на t-й період розрахунку; T – загальний розрахунковий період, який може бути рівним і номеру розрахункового періоду t, в якому ведеться впровадження.

Різниця (C_t – V_t) є величиною ефекту, який досягнуто за t-й розрахунковий період. Позитивна величина чистого дисконтного прибутку показує, що запланований захід є ефективним і можна розглядати питання про його впровадження.

Одним із показників, що характеризує ефективність реалізації заходу, є термін його окупності, який визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{K}{(C_t - V_t)},$$

де T_0 – термін окупності заходу; K – дисконтні капіталовкладення.

Слід враховувати, що термін окупності окремих заходів може бути значно вищим у порівнянні з іншими заходами. Тому визначення дійсної величини загальних економічних результатів C_t у деяких випадках можливе тільки після доволі протяжного періоду, коли з'являється можливість оцінити результати реалізації заходів, особливо багатоцільових.

Відносним показником, який також характеризує ефективність впровадження, є індекс прибутковості I, який визначається відношенням суми зведених ефектів до розміру капіталовкладень:

$$I = \frac{\left[\sum_{t=0}^{T}(C_t - V_t)\right]}{K}.$$

Як видно з цього рівняння, індекс прибутковості залежить від складових чистого дисконтного прибутку. При умові його позитивного значення індекс більший від одиниці, і навпаки.

Проекти, що плануються до впровадження, можна вважати економічно ефективними при наявності прибутку, який забезпечує його реалізація, і питання про впровадження вирішується суб'єктом господарчої діяльності в конкретних умовах.

Висновки. Отримані результати можуть бути корисними при розробці проектів будівництва систем енергозабезпечення з використанням енергоактивних огороджувальних конструкцій, енергії альтернативних джерел та теплоти навколишнього середовища. Вони становлять інтерес для підприємств і організацій, що займаються питаннями проектування, монтажу та експлуатації систем енергозабезпечення.

1. *Габринець В.О.* Проблеми впровадження енергоактивних обгороджувальних конструкцій / В.О. Габринець, Л.В. Накашидзе, Г.І. Зарівняк, С.О. Митрохов, О.М. Денисенко // Регіональна наукова конференція "Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу". – Д.: ДНУ. – 2006. – С. 121.

2. *Габринец В.А.* Применение энергоактивных ограждающих конструкций для энергосберегающих мероприятий при реконструкции жилого фонда/ С.А. Митрохов, В.А. Габринец, Г.И. Заривняк, Л.В. Накашидзе // 2-я научно-практическая конференция "Новые технологии энергоснабжения и энергосбережения в промышленности и ЖКХ". – Д.:Экспо-центр "Метеор", 2007. – С. 58–59.

3. *Габринець В.О.* Проблеми впровадження енергоактивних обгороджувальних конструкцій / В.О. Габринець, Л.В. Накашидзе, Г.І. Зарівняк, С.О. Митрохов, О.М. Денисенко // Регіональна наукова конференція "Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу". – Д.: ДНУ, 2006. – С. 121.

4. *Терещенко В.О.* Енергоактивні огороджувальні конструкції на базі геліопрофілю / В.О. Терещенко, В.В. Страшко // X Міжнародна молодіжна науково-практична конференція "Людина і космос". – Д.: НЦАОМУ, 2008. – С. 116.

5. *Богословский В.Н.* Тепловой режим здания. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.

6. *Земляной Ю.В.* Исследование комбинированной системы теплоснабжения / Ю.В. Земляной, В.Л. Марков, В.Е. Сиворакша // X Міжнародна молодіжна науково-практична конференція "Людина і космос". – Д.: НЦАОМУ, 2008. – С. 85.

7. *Габринець В.О.* Дослідження особливостей побудови енергоактивних огороджень як елементів систем енергозабезпечення / В.О. Габринець, Л.В. Накашидзе, В.Л. Марков, Г.І. Зарівняк, С.О. Митрохов // Проблемы высокотемпературной техники: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2011. – С. 12–18.

8. *Сиворакша В.Ю.* Теплові розрахунки геліосистем / В.Ю. Сиворакша, В.Л. Марков, Б.Є Петров ін. // Монографія. – Д: ДНУ, 2003. – 123 с.

9. *Сиворакша В.Е.* Оценка еффективности использования солнечной энергии в отопительной системе / В.Е. Сиворакша, В.Л. Марков, Б.Е. Петров, К.Е. Золотько // Экотехнологии и ресурсосбережение. – К., 2005. – №6. – С. 15–18.

10. *Сиворакша В.Ю.* Техніко-економічні показники системи теплопостачання з комбінованим використанням відновлюваних джерел енергії / Сиворакша В.Ю., Марков В.Л., Петров Б.Є. // Проблемы высокотемпературной техники: Сб. научн. тр. – Д.: ДНУ, 2008. – С. 132–139.

11. *Рабинович М.Д.* Критерії оцінки техніко-економічної ефективності систем сонячного теплопостачання і методика її розрахунку / М.Д. Рабинович // Проблеми загальної енергетики: наук. зб. – 2000. – №1. – С. 14–17.