

Моделювання процесу прийняття рішень з управління розвитком енергетичного потенціалу промислового підприємства

В.В. Джеджула, к.т.н.

Вінницький національний технічний університет

Актуальність проблеми. Висока енергоємність ВВП України, що у 2,6 рази перевищує середній рівень енергоємності країн світу, є наслідком суттєвого відставання галузей економіки від світових стандартів [1]. Сучасна енергетична криза спонукає власників підприємств до переосмислення енергоспоживання та підвищення енергоефективності їх функціонування. Згідно ДСТУ 4713:2007 [2] першочерговим етапом енергетичної модернізації підприємства є енергетичний аудит підприємства. За результатами енергетичного аудиту формується низка рекомендацій щодо зменшення споживання енергії, мінімізації втрат тепла, електричної та холодильної енергії, переоснащення підприємства на альтернативні джерела енергопостачання. Основною проблемою, що постає перед інвестором, є вибір пріоритетних та найбільш ефективних напрямів енергомодернізації. Оптимальне використання енергетичного потенціалу підприємства дозволить мінімізувати енергетичні втрати і направити утилізовану енергію на власні потреби, здійснивши таким чином перший крок із комплексної енергомодернізації з найменшими витратами коштів.

Аналіз останніх наукових досліджень. Широке коло питань із енергозбереження промислових підприємств висвітлено у роботах вітчизняних і зарубіжних вчених, зокрема: Ганжою В.Л. [3]; Ратушняком Г.С. [4]; Вягіним Г. Я. [5], Степановим В.С. [6]. Оптимізація розподілу коштів при енергозбереженні висвітлені в роботах Єрьомкіна А. І. [7]; Боровської Т.М. [8], Сердюк Т.В. [9]. Однак, недостатньо досліджене питання використання енергетичного потенціалу промислового підприємства з позиції мінімізації втрат енергії і перерозподілу її до виробничих споживачів. Саме тому, потребують подальшого дослідження питання математичного моделювання процесів прийняття рішень з управління розвитком енергетичного потенціалу

промислового підприємства.

Мета роботи. Метою статті є розробка математичної моделі процесу прийняття рішень з управління розвитком енергетичного потенціалу промислового підприємства.

Викладення основного матеріалу дослідження. Промислові підприємства у своїй структурі енергоспоживання мають розгалужену мережу кінцевих споживачів (технологія, виробництво гарячої води, системи опалення, кондиціонування, вентиляції) і генераторів енергії (технологічні лінії, котельні, ТЕЦ, холодильні станції та інше). Максимізація використання потенціалу генераторів енергії і мінімізація їх транзитних втрат є актуальною задачею сьогодення. Генератор будь-якого типу енергії є лише її перетворювачем з одного виду на інший. При виробництві тепла використовується потенціал природного газу, при виробництві холоду – електрична енергія, газ тощо. Робота підприємства супроводжується комплексом заходів щодо створення необхідних виробничих умов: постачання тепла, електричної енергії, холоду, води, стисненого повітря та інших ресурсів до споживачів і відведення при цьому відпрацьованих носіїв: води, повітря, конденсату. Комплекс енергозберігаючих заходів не повинен обмежуватися лише «пасивними» методами у вигляді теплової ізоляції конструкцій, обладнання і мереж, але і використовувати потенціал промислових викидів. Основні носії теплових викидів на підприємстві це: димові гази котелень, вентиляційні викиди, стічні води каналізаційних мереж. Енергетичний потенціал цих вторинних джерел енергії може переважати у своїй економічній ефективності інші заходи з енергозбереження. Основною проблемою у використанні скидної енергії є визначення її теплового потенціалу у джерелі, формуванні оптимальних шляхів її перерозподілу з врахуванням вартості обладнання, мереж, робіт при мінімізації фінансових витрат.

Для утилізації теплової енергії використовуються економайзери, виносні і стаціонарні рекуператори, теплообмінники, теплові насоси тощо. Впровадження енергозберігаючих заходів за рахунок використання

енергетичного потенціалу промислового підприємства повинно супроводжуватися моделюванням процесу прийняття рішень. Вихідними умовами моделювання є:

- технічно досяжний енергетичний потенціал джерела скидного тепла;
- необхідна потреба у тепловій енергії споживачів підприємства;
- віддаленість джерел і споживачів енергії;
- вартість транспортування енергії від джерел до споживачів;
- вартість обладнання для утилізації енергії.

Першочерговим заходом, що передує моделюванню є побудова графа енергетичних потоків підприємства на основі його генерального плану. На генеральному плані фіксуються місця теплових викидів (джерел енергії) з їх максимально досяжним потенціалом та місця розташування енергетичних споживачів з їх максимальною потребою у ресурсі. На кожному ребрі графа наводять приведену вартість утилізації і передачі одиниці енергії споживачу.

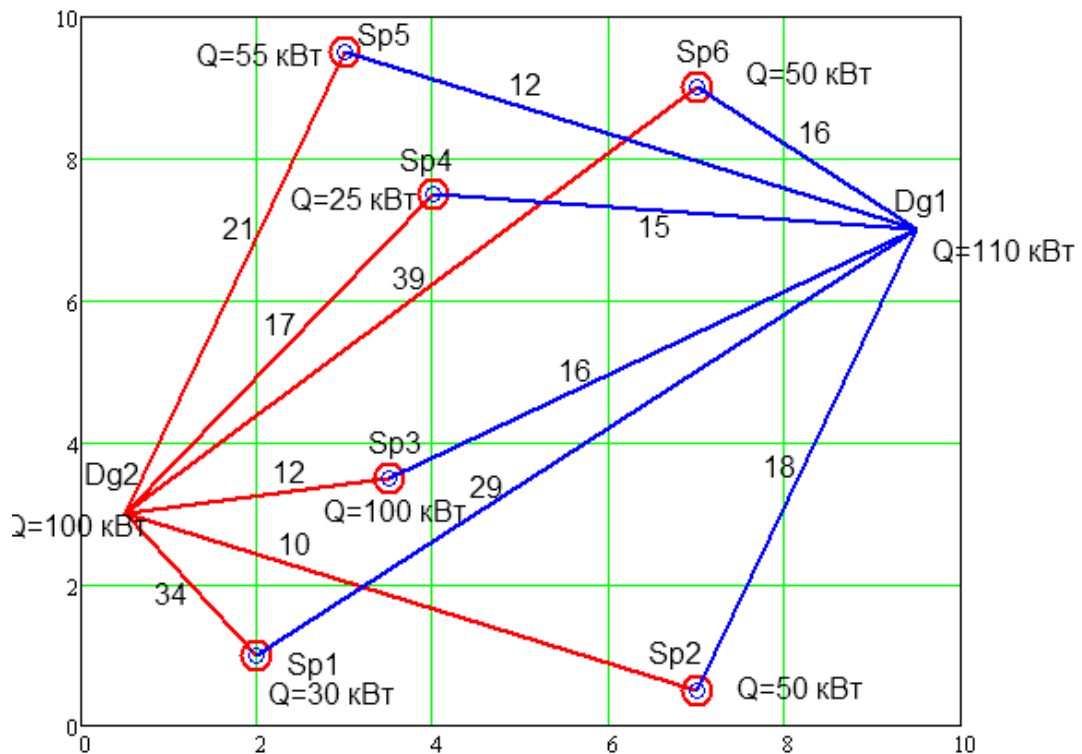


Рис. 1. Граф енергетичних потоків промислового підприємства

Цільову функцію оптимізації енергетичного потенціалу підприємства формуємо з позиції мінімізації приведених витрат на встановлення

утилізаційного обладнання і річної вартості транспортування скидної енергії до споживачів:

$$Opf(p) = \sum_{j=1}^{Sp} \sum_{i=1}^{Dg} p_{i,j} \cdot c_{i,j} \rightarrow \min \quad (1)$$

де $Opf(p)$ – цільова функція, приведена вартість обладнання і транспортування скидного тепла до споживача, грн;

Sp – кількість споживачів тепла, шт.;

Dg – кількість джерел скидного тепла, шт.;

$p_{i,j}$ – кількість переданого утилізованого тепла j -тому споживачу від i -го джерела, кВт×год;

$c_{i,j}$ – вартість передачі кВт×год утилізованого тепла j -тому споживачу від i -го джерела, тис. грн.

Умовами моделювання є:

- кількість отриманого тепла від джерел енергії кожним споживачем повинно бути менше або дорівнювати його потребі у теплі:

$$\sum_{i=1}^{Dg} p_{i,j} \leq Q(Sp_j) \quad (2)$$

- загальна кількість енергії відданої джерелами тепла не повинна перевищувати їх потенційних можливостей:

$$\sum_{j=1}^{Sp} \sum_{i=1}^{Dg} p_{i,j} \leq \sum_{i=1}^{Dg} Q(Dg_i) \quad (3)$$

де: $Q(Dg_i)$ – потенційна кількість утилізованого тепла на i -му джерелі;

- енергія, що передається споживачу не може бути від'ємною (4):

$$p_{i,j} \geq 0. \quad (4)$$

Розглянемо інвестиційний процес з енергозбереження промислового підприємства, енергетичний граф якого представлений на рис. 1.

Позначимо: C – матриця приведених затрат на транспортування однієї кВт×години до споживача, тис. грн.; $Q(Dg)$ – матриця потенційних енергетичних ресурсів джерела скидного тепла, кВт×год; $Q(Sp)$ – матриця потреб у тепловій енергії споживачів, кВт×год: $C = \begin{pmatrix} 29 & 18 & 16 & 15 & 12 & 16 \\ 34 & 10 & 12 & 17 & 21 & 39 \end{pmatrix}$;

$Q(Dg) = \begin{pmatrix} 110 \\ 100 \end{pmatrix}$; $Q(Sp) = (30 \ 50 \ 100 \ 25 \ 55 \ 50)$. Мінімізація функції (1) за

наведених обмежень (2-4) і початкових умов у матричному виді приводить до оптимальних розподілів енергетичного потенціалу підприємства:

$Opt = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 6 & 25 & 55 & 24 \\ 0 & 50 & 50 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, при цьому значення функції (мінімальна

приведена вартість оптимізації енергопотенціалу підприємства) складе 2,615 млн. гривень. Аналіз результатів моделювання свідчить про те, що передача тепла першому споживачу не вигідна в обох випадках, найоптимальніший розподіл утилізованої теплової енергії з другого джерела – це передача її до споживачів 2 і 3. Перше джерело віддає енергію споживачам 3,4,5 і 6.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розглянуто питання математичного моделювання процесів прийняття рішень з управління розвитком енергетичного потенціалу промислового підприємства. Запропоновано для побудови даної моделі сформулювати граф енергетичного перерозподілу з наведенням джерел енергії, споживачів і приведених вартостей передачі одиниці енергії. Обґрунтовано поняття функції оптимізації енергетичного потенціалу підприємства і її властивості.

Наведено приклад моделювання оптимізації енергетичного потенціалу промислового підприємства. Визначено, що мінімальна вартість енергозберігаючих заходів складе 2,615 млн. гривень. Використання енергетичного потенціалу промислового підприємства є лише першим кроком підвищення енергоефективності виробництва.

Потребують подальшого розгляду питання «пасивного» енергозбереження, визначення оптимальних стратегій інвестування із

врахуванням кількісних і якісних характеристик об'єктів, порівняння ефективності інвестування у часі.

Список використаних джерел

1. Переосмислення супеню відповідальності перед майбутнім: Національна доповідь з питань реалізації державної політики у сфері енергоефективності за 2009 рік / М. Пашкевич та інші – К., НАЕР, 2010. – 254 с.

2. ДСТУ 4713:2007 "Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт".

3. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов: теория и практика энергосбережения/ В.Л. Ганжа – Минск: Белорус. наука, 2007. – 451 с.

4. Ратушняк Г.С. Управління енергозберігаючими проектами термореновації будівель: навч. посіб. / Г.С. Ратушняк, О.Г. Ратушняк. – Вінниця: Універсум - Вінниця, 2009. – 130 с.

5. Вягин Г.Я. Экономия энергии в промышленности/ Г.Я. Вягин, А.Б. Лоскутов – Н. Новгород, Нижегородский гос. тех. ун-т, 1998. – 220 с. – ISBN 5-230-03058-5

6. Степанов В.С. Потенциал и резервы энергосбережения в промышленности: моногр. /В.С. Степанов, Т.Б. Степанова – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1990. – 248 с. – ISBN 5-02-028743-1

7. Экономическая эффективность энергосбережения в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебное пособие./ А.И Еремкин, Т.И. Королева, Г.В. Данилин и др. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. –184 с.

8. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: Навч. посіб. / Т. М., Боровська, І.С. Колесник, В.А. Северілов – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 242 с.

9. Сердюк Т.В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження в промисловості: моногр. / Т.В. Сердюк. – Вінниця: Універсум - Вінниця, 2005. – 154 с.