

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

УДК 338.45:621.311

К. О. Братковська

кандидат економічних наук, доцент
Запорізька державна інженерна академія

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТ НА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Розглянуто доцільність зниження витрат на енергоресурси тваринницьких ферм та тепличних господарств. Запропоновано комплексний підхід до зниження витрат на енергетичні ресурси підприємств агропромислового комплексу. Розглянуто послідовність дій для вибору оптимальної комбінації енергозберіжливих заходів і джерел енергозабезпечення підприємства, які відповідатимуть мінімальним витратам на енергоресурси, та сформульовано відповідне завдання оптимізації.

Ключові слова: енергозбереження, енергопостачання, нетрадиційні джерела енергії, собівартість виробництва енергії, витрати на енергоресурси.

I. Вступ

Сільське господарство є базовою складовою аграрного сектору та однією з провідних галузей економіки України. Його найгострішою проблемою є достатньо висока енергоємність виробництва продукції, зокрема молока, овочевих та зернових культур. Енергоспоживання агропромислового комплексу в загальному обсязі витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у переробних галузях України становить близько 19% всіх енерговитрат [4, с. 169].

Шляхи зниження енергоємності продукції агропромислового комплексу можуть визначитися як щодо впровадження енергозберіжливих рішень, тобто щодо ефективності енерговикористання, так і щодо часткового або повного забезпечення енергетичних потреб власними альтернативними джерелами енергії, зокрема біопаливом. Економічна ефективність енергозбереження й використання альтернативних джерел енергії не викликає сумнівів в умовах зростання тарифів на енергетичні ресурси. Додатковим економічним стимулом виробництва електроенергії з біомаси для підприємств галузі є застосування зеленого тарифу при продажу надлишку електроенергії оптовому ринку електроенергії [3]. Проте при впровадженні енергозберіжливих заходів знижується енергоспоживання та, відповідно, ККД енергогенеруючих установок, що призводить до підвищення собівартості виробництва енергії.

Тому обґрунтування інвестицій у зниження енергоємності продукції агропромисло-

го комплексу вимагає пошуку оптимальної комбінації енергозберіжливих заходів та джерел енергозабезпечення, яка має забезпечити як зниження витрат підприємства на паливно-енергетичні ресурси, так і прийнятні для інвестора терміни окупності.

Найефективнішим варіантом підвищення енергоефективності тваринницьких ферм з тепличним господарством є забезпечення їх власним незалежним джерелом енергії, яка виробляється завдяки переробці органічних відходів. Вироблений біогаз спрямовується в когенераційну установку, яка виробляє електричну та теплову енергію, у тому числі й на власні потреби установки та підтримку температурного режиму виробництва біогазу. Надлишок електроенергії може реалізуватися в електромережу за зеленим тарифом. За останній рік обсяг виробництва електричної енергії, отриманої шляхом збродження біомаси, збільшився з 0,04% до 0,12%, а ціна за 1 МВт-год – на 65,8% і на вересень 2015 року становить 2960,2 грн/МВт-год [2].

Переведення діючого обладнання на біопаливо (брикетовану соломку) також є актуальним напрямом модернізації системи виробництва тепла для потреб ферми, яке відповідно до обсягів енергоспоживання та потужності когенераційної установки може бути або альтернативним варіантом енергозабезпечення або бівалентним джерелом енергії.

Таким чином, за рахунок вибору джерела енергії є можливість знизити її собівартість, а при впровадженні енергозберіжливих заходів – знизити кількість енергії, що споживається фермою. При реалізації всіх можли-

вих рішень щодо енергозбереження економія теплової енергії може сягати 70% [7], що дасть змогу суттєво знизити потужність енергогенеруючого обладнання.

Через велику кількість комбінацій можливих джерел забезпечення енергетичних потреб тваринницької ферми з тепличним господарством та їх потужностей, а також варіантів енергозбереження, оптимальний варіант зниження витрат на енергоресурси варто шукати за допомогою задач оптимізації [5, с. 112–114], зокрема тих, у яких ціллювою функцією є мінімізація витрат підприємства на енергоресурси, яка визначається добутком кількості енергії, що виробляється генеруючим обладнанням, та собівартості її виробництва [1, с. 137]. Проте такий підхід не враховує ані потужності джерел енергії, ані графіку навантаження споживачів.

II. Постановка завдання

Мета статті полягає в обґрунтуванні методології вибору оптимального варіанта зниження витрат на енергетичні ресурси підприємств агропромислового комплексу з урахуванням:

1) економії витрат на енергоресурси за рахунок вибору кращих з альтернативних сучасних енергоефективних технологій;

2) забезпечення мінімальної собівартості виробництва енергії й найбільш можливого ККД енергетичних установок при зниженні енерговикористання в результаті впровадження енергозбережних заходів;

3) можливостей використання відходів тваринницького та природного походження для забезпечення власних енергетичних потреб;

4) потужностей джерел енергії та графіків навантаження споживачів.

III. Результати

Для пошуку оптимального варіанта зниження витрат на енергоресурси в цільовій функції мінімізації витрат підприємства на енергоресурси враховуємо потужність генеруючого обладнання і споживачів:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij} \times (X_{ij} \times T_{привj}) \rightarrow \min, (1)$$

де Z_{ij} – собівартість виробництва енергії i -м джерелом ($i=1..n$) на j -у потребу ($j=1..m$), грн/кВт·год;

X_{ij} – потужність енергетичного обладнання, яка буде задовольняти потреби в енергії за графіком її споживання, кВт;

$T_{привj}$ – приведена кількість годин споживання енергії j -м споживачем при встановленій (номінальній) потужності обладнання, год.

Розглянемо послідовність вибору оптимальної комбінації енергозбережних заходів та джерел енергозабезпечення підприємства, які відповідатимуть мінімальним енерговитратам:

1) аналіз річного споживання енергії та використаної потужності підприємством до-

цільно проводити окремо за її видами (електрична, тепла), за об'єктами (корівник, теплиця, адміністративні та інші будівлі тощо) і процесами (опалення, гаряче водопостачання та інші для теплової енергії; освітлення, вентиляція, силові та інші споживачі для електричної енергії);

2) для кожного з об'єктів визначається обмежена кількість можливих комбінацій енергозбережних заходів, зокрема, базовий варіант (без упровадження енергозбережних заходів), часткова або повна реалізація програми енергозбереження. Для цього вводимо додаткові умовні змінні y_{jf} , які можуть приймати значення 1 при виборі цієї альтернативи або 0 при відмові від неї.

$$\sum_{f=1}^g y_{jf} = 1, (2)$$

де $f=1..g$ – загальна кількість можливих комбінацій впровадження енергозбережних заходів для кожного j -го об'єкта енергоспоживання;

3) споживачів енергії, зокрема теплової, об'єднують у групи за територіальним принципом, оскільки собівартість енергії визначається як витрати на виробництво енергії, віднесені до її кількості, корисно доведеної до споживача, тобто з урахуванням втрат енергії при транспортуванні її мережами до споживача.

$$Z_{ij} = \frac{B_{\Sigma W(Q)}}{W_{кор}(Q_{кор})} = \frac{B_{\Sigma W(Q)}}{W_{ген}(Q_{ген}) - \Delta W_{втр}(\Delta Q_{втр})}, (3)$$

де $B_{\Sigma W(Q)}$ – сукупні витрати на виробництво електричної (теплової) енергії, грн;

$W_{кор}(Q_{кор})$ – обсяг корисно доведеної до споживача електричної (теплової) енергії, кВт·год;

$W_{ген}(Q_{ген})$ – обсяг згенерованої електричної (теплової) енергії, кВт·год;

$\Delta W_{втр}(\Delta Q_{втр})$ – кількість втрат електричної (теплової) енергії при транспортуванні її мережами, кВт·год;

4) для груп споживачів підбирають енергогенеруюче обладнання з урахуванням альтернативних варіантів реалізації потенціалу енергозбереження та забезпеченості підприємства біопаливом/біомасою/іншими ресурсами. Це можуть бути когенераційні біомасові установки та котли на біопаливі різної потужності, модернізовані до використання іншого палива, або діюче енергетичне обладнання. Для цього вводимо додаткові умовні змінні u_{ik} , які можуть приймати

значення 1 при виборі цієї альтернативи або 0 при відмові від неї.

$$\sum_{k=1}^p y_{ik} = 1, \quad (4)$$

де $k=1..p$ – загальна кількість альтернатив вибору генеруючого обладнання для кожного i -го джерела енергоспоживання.

Можливість використання біогазової когенераційної установки бівалентно з іншим джерелом енергії враховується таким обмеженням:

$$\sum_{k=1}^p (y_{ik} + y_{БГk}) \leq 2, \quad (5)$$

де $y_{БГk}$ – умовна змінна, яка відображає застосування біогазової установки в k -ій альтернативі разом з i -м джерелом;

5) для кожного з варіантів енергозабезпечення споживачів розраховується собівартість теплової та електричної енергії з урахуванням втрат енергії при транспортуванні. Для визначення собівартості енергії, отриманої у комбінованому циклі виробництва доцільно використовувати метод електричних еквівалентів:

$$Z_{ijW(Q)} = \frac{B_{уз}}{W_{кор} + Q_{кор}} \times W_{кор} (Q_{кор}) + \frac{B_{уп}}{P_{ном} + N_{ном}} \times P_{ном} (N_{ном}), \quad (6)$$

де $B_{уз}$, $B_{уп}$ – умовно-змінні та умовно-постійні витрати на виробництво електричної (теплової) енергії, грн;

$P_{ном}$, $N_{ном}$ – номінальна електрична та тепла потужність генеруючого обладнання відповідно, кВт;

6) величина зниження витрат на енергоресурси для підприємства визначатиметься різницею між витратами в базовому періоді та при впровадженні розглянутого обсягу енергозбережних заходів разом із джерелами енергозабезпечення підприємства. Додатково на величину зниження витрат на енергоресурси впливають доходи, отримані від продажу надлишку електроенергії за зеленим тарифом в оптовий ринок електроенергії, а теплової енергії за договірною ціною місцевим споживачам. Тому з урахуванням додаткових змінних цільова функція матиме вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{f=1}^g T_{пруеj} \times y_{ik} \times y_{jf} (Z_{ij} \times X_{ij} \times C_{W(Q)} \times (A_i - B_j)) \rightarrow \min, \quad (7)$$

де $C_{W(Q)}$ – ціна продажу електричної (теплової) енергії, грн/кВт·год;

7) цільова функція та обмеження відповідають транспортній задачі лінійного програмування зі стандартними обмеженнями. Пошук рішення, яке буде відповідати висуnutим обмеженням та критерію оптимізації, тобто оптимальний варіант може бути отриманий як у надбудові “Пошук рішень” Microsoft Excel, так і в інший спосіб [6, с. 112].

Доцільним є потрапляння в оптимальний варіант енергозабезпечення підприємства джерел з мінімальною і відмова від джерел з максимальною собівартістю енергії, проте він визначається мінімальною середньозваженою величиною;

8) ефективність оптимального рішення додатково оцінюється за показниками терміну окупності, чистої приведеної вартості та внутрішньої норми рентабельності.

IV. Висновки

Зниження витрат на енергоресурси підприємств сільського господарства є важливим не тільки з позиції збереження конкурентоспроможності, а й для посилення інвестиційної привабливості.

Запропонований підхід оптимізації джерел енергозабезпечення підприємства та енергозбережних заходів враховує:

- потенціал енергозбереження, що дає змогу знизити об'єм споживання енергетичних ресурсів;
- потенціал підприємства, який дає змогу виробляти енергетичні ресурси на відпуск стороннім споживачам;
- ККД енергетичних установок та його зв'язок із собівартістю енергоресурсів.

Вибір оптимальної комбінації енергозбережних заходів та генеруючого обладнання з використанням альтернативних джерел енергії для мінімізації витрат на енергоресурси сприятиме:

- забезпеченню більш суттєвого зниження енерговитрат, ніж при нехтуванні таким комплексним підходом;
- зменшенню в товарній структурі сировинної частини та нарощенню доданої вартості продукції сільського господарства;
- отриманню додаткових доходів від продажу надлишку енергії;
- кращому використанню активів підприємства та покращенню показників поточної господарської діяльності;
- зниженню імпортозалежності країни щодо енергоресурсів.

Список використаної літератури

1. Братковська К. О. Щодо мінімізації витрат на енергоресурси підприємств водопостачання та водовідведення на мікроекономічному рівні / К. О. Братковська // Актуальні проблеми економіки. – 2015. – № 8 (170). – С. 133–143.
2. ДП “Енергоринок”. Аналіз цін в ОРЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.er.gov.ua/doc.php?f=3144>.

3. Закон України “Про засади функціонування ринку електричної енергії України” від 24.10.2013 р. № 663-VII // Офіційний вісник України. – 2013. – № 95. – С. 8.
4. Лупоносова Л. А. Рішення проблем енергозбереження в агропромисловому комплексі України / Л. А. Лупоносова // Економічні проблеми сталого розвитку : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої пам'яті проф. Балацького О.Ф. (м. Суми, 24–26 квітня 2013р.) : у 4 т. / за заг. ред. О. В. Прокопенко. – Суми : Сум. держ. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 169–171.
5. Майков И. Л. Решение задач оптимизации энергетических систем с несколькими автономными энергоустановками / И. Л. Майков, Л. Б. Директор, В. М. Зайченко // Управление большими системами. – 2011. – № 31. – С. 110–129.
6. Медведєв М. Г. Два підходи до розв'язання економічних задач оптимізації з допомогою Microsoft Excel / М. Г. Медведєв, В.В. Листопад, В.П. Шоха // Інтеллект XXI. – 2014. – № 2. – С. 111–118.
7. KAZSEFF Повышение рентабельности животноводческой фермы с тепличным хозяйством [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.journal.esco.co.ua/2011_7/art106.pdf.

Стаття надійшла до редакції 12.06.2015.

Братковская Е. А. Экономико-математическое моделирование затрат на энергообеспечение и энергосбережение предприятий агропромышленного комплекса

Рассмотрена целесообразность снижения затрат на энергоресурсы животноводческих ферм и тепличных хозяйств. Предложен комплексный подход к снижению затрат на энергетические ресурсы предприятий агропромышленного комплекса. Рассмотрена последовательность действий для выбора оптимальной комбинации энергосберегающих мероприятий и источников энергообеспечения предприятия, которые будут отвечать минимальным затратам на энергоресурсы, и сформулирована соответствующая задача оптимизации.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоснабжение, нетрадиционные источники энергии, себестоимость производства энергии, расходы на энергоресурсы.

Bratkovska K. Economic Modeling Of Energy Costs And Energy Saving Of Agricultural Enterprises

The advisability of energy costs reduction by power supply of livestock farms and greenhouses using cattle waste products and agricultural plant waste is considered.

A comprehensive approach to reducing the cost of energy resources of agricultural enterprises, taking into account among the economic aspects the cost of energy production in their own power plants and additional profits from the sale of surplus electricity and heat, and among the technical aspects the whole or partial energy needs with alternative energy sources, reduce energy consumption as a result of modern energy efficient technologies, capacity of power plants and energy consumption drawing, is proposed.

The procedure for choosing the optimal combination of energy saving measures and sources of energy that meet minimum energy costs of enterprises is considered. The optimization task of energy saving measures and energy sources of the criterion of minimum energy costs, which take into account constraints in the choice among alternatives is formulated.

Key words: energy saving, energy supply, alternative energy sources, energy costs, the cost of energy.