

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МІСЦЕВИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Дудніков С. М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Представлено методику щодо обґрунтування побудови математичної моделі процесу енергопостачання споживачів АПК від місцевих джерел при детермінованій вихідній інформації. Цільовою функцією математичної моделі є мінімізація грошових вкладень в побудову та експлуатацію місцевої системи енергопостачання. Дослідження відповідної моделі дозволить обґрунтувати комбінації складу місцевої системи енергопостачання, при яких споживач буде мати економічну доцільність від її експлуатації в порівнянні до варіанту енергопостачання від централізованої системи.

Постановка проблеми. Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в складі місцевої системи енергопостачання (МСЕП) викликає деякі певні складнощі, такі як непостійність потоку та низька концентрація енергії, що надходить; мінливість процесу метанової ферментації; висока інерційність системи; висока металоємність і відповідно питома вартість установок.

Розробка моделі дозволить обґрунтувати пошук різноманітних джерел і узагальнюючих параметрів, які мінімізують загальні затрати на впровадження і експлуатацію МСЕП з подальшим аналізом чутливості, що дозволить знайти область оптимальних рішень при зміні вихідної інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачами лінійного програмування є оптимізаційні задачі з лінійною цільовою функцією та допустимою множиною обмеженою лінійними рівностями або нерівностями [1, 2].

Запропонований в [3] підхід до комплексного енергоекономічного обґрунтування варіантів використання АДЕ споживачами АПК дозволяє зменшити множину варіантних рішень та обґрунтувати межу допустимих затрат на побудову і експлуатацію МСЕП вже на перших етапах проведення техніко-економічної оцінки ефективності.

Основні напрямки рішення задачі, з урахуванням [4, 5], визначаються необхідністю реалізації організаційно-технологічних та Технічних заходів щодо отримання синергетичного ефекту.

Для визначення оцінки оптимальних параметрів пристроїв перетворення відновленої енергії в інші види необхідно розробити економіко-математичну модель [6, 7].

Складовою частиною оптимальної побудови МСЕП є забезпечення мінімуму втрат енергії у всіх ланках технологічного процесу виробництва, передачі і перетворення енергій [8].

Результати розробленої цільової функції щодо оптимізації компонентів МСЕП в напрямку мінімізації допустимих затрат на її побудову і експлуатацію створюють умови щодо обґрунтування на стадії проектування оптимальної потужності пристроїв та взаємозв'язків між ними з врахуванням мінімізації затрат на вироблення відповідних обсягів енергії [4].

Мета статті. Обґрунтування методики щодо побудови математичної моделі, яка характеризує мінімі-

зацію річних функцій вартості місцевої системи енергопостачання споживачів АПК.

Основні матеріали дослідження. З урахуванням [4-5] для досягнення поставленої мети приймемо систему енергопостачання від ВДЕ як автономну незалежну систему.

Детермінована постановка вирішення поставленої мети – є задача мінімізації [3] річної функції затрат (3) на побудову і експлуатацію МСЕП

$$Z = \sum_{i=0}^m Y_i \{ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де Y_{ij} – енергетичний еквівалент i -го джерела: для БГУ – $\kappa Bm \cdot год / m^3$, ГЕУ, ВЕС – $\kappa Bm \cdot год / m^2$;

a_{ij} – питома вартість виробленого та реалізованого j -го виду енергії від i -го джерела, $грн / \kappa Bm \cdot год$;

x_{ij} – геометричні розміри i -го джерела для отримання обсягів j -го виду енергії відповідної потужності, m^3, m^2 .

Загальні обсяги виробленої j -го виду енергії E від кількості M джерел повинні відповідати загальним обсягам, які необхідні споживачам для задоволення потреб:

Для вирішення та реалізації моделі необхідно обмежити масиви вхідної інформації.

1. Загальні обсяги виробленої j -го виду енергії E від кількості M джерел повинні відповідати загальним обсягам, які необхідні споживачам для задоволення потреб

$$E_j = \sum_{i=1}^M Y_i k_{vij} k_{nij} x_{ij}, \quad j = 1, \dots, N, \quad (2)$$

де k_{vij} – коефіцієнт, який враховує втрати енергії від i -го джерела;

k_{nij} – коефіцієнт незбігання графіків навантажень споживача з наявністю енергії від i -го джерела.

2. Розрахункові максимальні обсяги j – того виду енергії, які очікуються n – ім споживачем від i -го джерела E_m при максимальній загальній потужності P_{ij} за термін часу t

$$E_m = \frac{1}{d_{in}} \sum_{j=1}^N P_{ij} \cdot t, \quad i = 1, \dots, M, \quad (3)$$

де d_{in} – коефіцієнт різноманітності, $d_i \geq 1$,

$$d_{in} = \frac{\sum_{j=1}^N P_{ij}}{P_{ijn}}, \quad (4)$$

де P_{ijn} – потужність n -го споживача.

Математична модель виробництва енергії обґрунтовується з врахуванням структурно-параметричної схеми МСЕП (рис.1), особливістю якої є використання вітрової і сонячної енергії на виробництво теплової енергії для задоволення власних потреб БГУ.

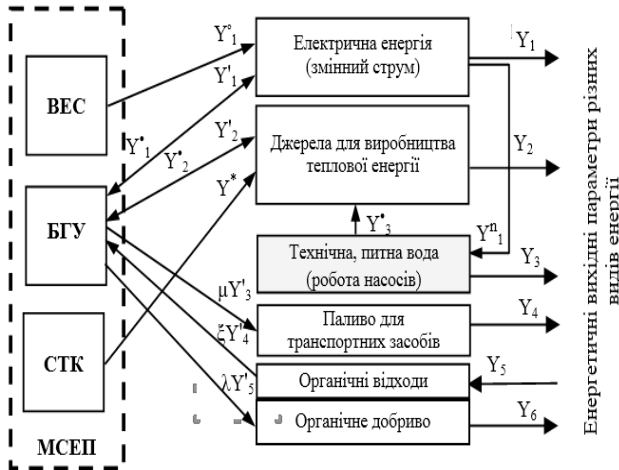


Рисунок 1 - Структурно-параметрична схема МСЕП

Загальні обсяги виробленої МСЕП енергії (E_{Σ}) відповідають математичному опису у вигляді системи рівнянь (5) функціональних залежностей ($Y_1 - Y_6$), обсяги яких залежать від відповідних параметрів, які є аргументами функцій Y_i .

$$E_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Y_1 = Y_1' + Y^{\circ} - Y_1^n - Y_1^n \\ Y_2 = Y_2' + Y^* + Y_3^n - Y_2^n \\ Y_3 = Y_1^n - Y_3^n \\ Y_4 = \mu Y_3' \\ Y_5 = \xi Y_4' \\ Y_6 = \lambda Y_5' \end{bmatrix} = \left[\sum_1^6 Y_i \right] \quad (5)$$

де $Y_1 - Y_4, Y_6$ – відповідно обсяги електричної, теплової енергії, технічна та питна вода, паливо для транспортних засобів та добрива, що надходять споживачеві від МСЕП;

Y_1^n – витрати електричної енергії на роботу водних насосних станцій;

μ, ξ, λ – коефіцієнти, які враховують відповідно втрати та затрати енергії на підготовку біогазу до використання в ДВЗ, підготовку органічних відходів до використання в БГУ та підготовку добрив до використання за потребами.

Відновлювані джерела енергії прийемо з індексом i (рис.1):

$i = 1$ – біогазова установка (БГУ);

$i = 2$ – вітрова електростанція (ВЕС);

$i = 3$ – сонячний тепловий колектор (СТК).

Бажані види енергії:

$j = 1$ – змінний струм;

$j = 2$ – теплова енергія;

$j = 3$ – паливо для транспортних засобів;

$j = 4$ – органічне добриво.

При цьому загальний параметр i -го джерела використовується для часткового чи повного задоволення потреб споживачів j -х видів енергії (рис.1)

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad (6)$$

де x_{ij} – параметр i -го джерела для часткового чи повного задоволення споживача j -тих видів енергії.

Загальні обсяги отриманої енергії від i -го джерела, ГДж:

$$E_{ij} = R_i x_{ij}, \quad (7)$$

де R_i – енергетичний еквівалент i -го джерела, $\kappaДж/м^3, \kappaДж/м^2$.

Енергетичний еквівалент у детермінованому вигляді визначаємо (5):

- для БГУ:

$$R_1 = \eta_1 Q_1, \quad (8)$$

де Q_1 – теплота згоряння біогазу, МДж/м³,
 η_1 – середній ККД котла.

- для ВЕС:

$$R_2 = \eta_2 \sum_{t=1}^{8760} V_t^3, \quad (9)$$

де V_t – середня швидкість вітру за термін часу t , м/с;

η_2 – середній ККД ВЕС.

- для СТК

$$R_3 = \eta_3 \sum_{t=1}^{8760} q_t, \quad (10)$$

де q_t – питома щільність сонячної радіації за термін часу t , $\kappaВт \cdot год/м^2$;

η_3 – середній ККД СТК.

Загальна річна вартість МСЕП для задоволення всіх енергоспоживачів дорівнює:

$$C = \sum_{i=1}^M R_i \{ \sum_{j=1}^N a_{ij} x_{ij} \}, \quad (11)$$

$$a_{ij} = \frac{E_{Hij} \cdot K_{ij}}{8760 \cdot k_{ij}}, \quad (12)$$

$$E_{Hij} = \frac{r(r+1)^{n_{ij}}}{(1+r)^{n_{ij}-1}} + m_{ij}, \quad (13)$$

де E_{Hij} – нормативні приведені затрати комбінації i –го джерела j –го виду енергії, в.о.;

K_{ij} – питомі капітальні вкладення у пристрої комбінації i –го джерела j –го виду енергії, $грн/м^3$, $грн/м^2$;

n_{ij} – строк роботи комбінації i –го джерела j –го виду енергії, рік;

m_{ij} – експлуатаційні затрати комбінації i –го джерела j –го виду енергії, $грн$;

r – вставка відсотку на один агрегат, в.о..

Задача обробки при детермінованій постановці є задачею мінімізації річної функції вартості C , де

$$C = \sum_{i=1}^3 R_i \{ \sum_{j=1}^N a_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \min, \quad (14)$$

Для подальших досліджень відповідної цільової функції необхідно побудувати математичну модель роботи МСЕП та представити її у формі лінійної програми та визначити рівняння обмежень.

Висновки. Величини обсягів надходження та виробництва різних видів енергії (Y_1 – Y_6) з врахуванням втрат і витрат доцільно представити у вигляді функцій $Y_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$, дослідження залежності змін яких від величини параметрів функціональних залежностей, фізичних параметрів та інше (x_i) визначають умови прийняття рішення щодо вибору або вдосконаленню технічних параметрів пристроїв МСЕП.

Список використаних джерел

1. Наконечний С. І. Математичне програмування: Навч. посіб. / С. І. Наконечний, С. С. Савіна. – К.: КНЕУ, 2003. – 452 с.

2. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. Пер. с англ / Дж. Данциг. – М.: Прогресс, 1966. – 598 с.

3. Дудніков С. М. Методи підвищення ефективності функціонування комбінованих систем енергопостачання споживачів АПК: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 / Дудніков Сергій Миколайович. – К., 2011 – 278 с.

4. Дудніков С. М. До питань побудови систем енергопостачання споживачів АПК з використанням альтернативних джерел / С. М. Дудніков, М. М. Шовкалюк // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 5 (99). – С. 36-42.

5. Дудніков С. М. Обґрунтування шляхів оптимізації компонентів комбінованої системи енергопостачання з альтернативними джерелами / С. М. Дудніков // Матеріали III Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'16" (Київ, з 30 травня по 1 червня 2016 р.) – Київ: НТУУ "КПІ", 2016. – С. 75-76.

6. Дудніков С. М. Обґрунтування методики визначення загальних обсягів різних видів енергії від комбінованої системи енергопостачання / С. М. Дудніков // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 142. – С. 12-15.

7. Дудніков С. М. Визначення кількості коефіцієнтів нелінійної складової прогнозуючої функції обсягів добового споживання енергії / С. М. Дудніков // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2011. – Вип. 117. – С. 15-16.

8. Дудніков С. М. Обґрунтування методики технологічних зв'язків виробництва та перетворення енергії з відновлюваними джерелами / С. М. Дудніков // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2016. – Вип. 176. – С. 21-23.

9. Дудніков С. М. Формалізація задачі процесу математичного моделювання локальних інтелектуальних мереж (Smart Grid) з альтернативними джерелами енергії / С. М. Дудніков // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2015. – Вип. 165. – С. 40-42

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МЕСТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Дудников С. Н.

Представлена методика по обоснованию построения математической модели процесса энергообеспечения потребителей АПК от местных источников при детерминированной исходной информации. Целевой функцией математической модели является минимизация финансовых вложений в строительство и эксплуатацию местной системы энергоснабжения. Исследование соответствующей модели позволяет обосновать комбинации состава местной системы энергоснабжения, при которых потребитель будет иметь экономическую целесообразность от ее эксплуатации по сравнению с вариантом энергоснабжения от централизованной системы.

Abstract

REFORM OF METHODOLOGY OF MATHEMATICAL MODEL FOR MANUFACTURING AND ENERGY TRANSFORMATION BY LOCAL SOURCES

S. Dudnikov

The methodology for substantiating the construction of a mathematical model of the process of energy supply to consumers of the agro-industrial complex from local sources with deterministic source information Presented. The objective function of the mathematical model is to minimize financial investments in the construction and operation of the local power supply system. The study of the corresponding model will allow to prove the combinations of the composition of the local power supply system, under which the consumer will have economic expediency from its operation in comparison with the energy supply option from the centralized system.