

7.A. Sale Effects of high electric fields on microorganism // BiochimicaetBiophysica, Acta 163 (1). – 1988. – pp. 37 – 43.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Г.Б. Иноземцев*

*Рассмотрены особенности использования высоковольтных источников в аграрных производствах. Сформулированы предложения по требованиям к различным агротехническим процессам.*

*Ключевые слова: электротехнология, высоковольтный источник, выходное напряжение, мощность, пульсация, коронирующий электрод, биообъект, растительная продукция*

## **FEATURES OF HIGH-ENERGY SOURCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION ELECTROTECHNOLOGY**

*G. Inozemtsev*

*The feature susehighsources inagricultural production,formedproposals for the irdifferent farming processes.*

*Keywords: electrotechnology, high source, output voltage, power, ripple, crownin gelectrode, biological objects, vegetable products*

УДК 628.385

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ТВАРИННИЦТВІ**

*А.І. Чміль, доктор технічних наук  
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

*Розроблено концепція і загальні методологічні принципи аналізу еколого-біотехнічних систем у тваринництві, що дає можливість моделювати вплив різних факторів на енергетичну та екологічну ефективність систем, здійснювати порівняння і пошук енергозберігаючих режимів і технологій.*

*Ключові слова: енергозбереження, електрифіковані технології, екологія, математична модель, система*

Вирішення продовольчої проблеми в Україні неможливе без подальшого збільшення виробництва тваринницької продукції, а отже

---

© А.І. Чміль, 2015

будівництва нових, реконструкції та підвищення ефективності експлуатації існуючих тваринницьких комплексів із промисловою технологією і високим рівнем електрифікації та автоматизації виробничих процесів. Нормальне функціонування таких виробничих об'єктів залежить від двох факторів: надійного забезпечення енергетичними і матеріальними ресурсами та охорони навколишнього природного середовища від згубної дії відходів цих комплексів. Оскільки ці фактори на тваринницьких комплексах взаємозв'язані і взаємозалежні, то бажано розглядати їх в еколого-біотехнічній системі «тваринницьке виробництво-обробка і утилізація відходів - навколишнє середовище».

**Мета досліджень** – розробка загальних методологічних принципів оцінки енергозберігаючих і екологобезпечних технологій тваринницьких підприємств на основі математичних моделей енергетичних потоків у вигляді окремих критеріїв для вирішення завдань проектування та експлуатації сільськогосподарських еколого-біотехнічних систем.

**Матеріали та методика досліджень.** В результаті досліджень основних вимог до системного аналізу розроблено такий план для реалізації системного підходу до оцінки енергетичної ефективності та екологічної безпеки сільськогосподарських еколого-біотехнічних систем (СЕБС): постановка задачі – визначення меж досліджуваної системи; систематизація та обробка вихідної інформації для розв'язку поставленої задачі; складання математичної моделі СЕБС та її підсистем із врахуванням прямих, зворотних, вертикальних і горизонтальних зв'язків між ними і навколишнім природним середовищем; визначення параметричних зв'язків, обмежень і допустимих зон зміни параметрів при заданій структурній схемі СЕБС; формулювання цільових (критеріальних) функціоналів для оцінки відповідності системи поставленим задачам.

**Результати досліджень.** Сільськогосподарську еколого-біотехнічну систему подамо у вигляді чотирьох взаємозв'язаних підсистем: підсистеми виробництва тваринницької продукції (В), де біологічні і технологічні фактори мають визначальний вплив на величину споживаних природних ресурсів і утворюваних при цьому відходів; підсистеми обробки та утилізації відходів (О), яка забезпечує обробку і знешкодження відходів перед відведенням в навколишнє природне середовище і використання відходів як сировини для виробництва корисної продукції (біогазу, білкових кормів, цінних органічних добрив); екологічної підсистеми (Е), яка охоплює природні об'єкти і процеси природокористування (грунт, водні об'єкти, повітряне середовище); підсистеми управління (У) – управляючої дії людини, математичного забезпечення, програм і алгоритмів управління.

Таким чином, під СЕБС будемо розуміти таку цілісну систему, об'єкт управління якої включає сукупність технологічних і біологічних чинників, що взаємодіють в єдиному еколого-технологічному виробничому процесі і задовольняють як виробничо-екологічним, так і екологічним вимогам [1].

Основою підтримки екологічної рівноваги СЕБС у цілому є пряма взаємна утилізація відходів, а також вироблення з відходів енергетичних (біогаз) і сировинних (кормовий білок, добрива) ресурсів.

Розробку загальної математичної моделі СЕБС будемо здійснювати на основі потоків енергії і речовини.

Нехай реальна еколого-біотехнічна система у тваринництві задана:

а) структурою взаємозв'язаних між собою елементів біологічної, технологічної та управляючої частин СЕБС;

б) складом потоків, що включають: множину вхідних потоків  $-X_B, X_O, X_E$ ; множину вихідних потоків:  $Y_B$  – продукція тваринництва (м'ясо, молоко, яйця тощо),  $Y_O$  – продукти утилізації відходів;  $Y_E$  – продукти екосистеми (корми, вода);  $Z_B, Z_O, Z_E$  - винесення і розсіювання енергії і речовин;  $P_{BO}, P_{OO}, P_{EB}, P_{OE}, P_{OB}$  - генерування відходів тваринницького виробництва, обробки та утилізації відходів і екосистеми;

в) властивостями, відношеннями і алгоритмом взаємодії підсистем В, О, Е, У;

г) метою СЕБС та її підсистем, яка полягає у виробництві максимальної кількості тваринницької продукції при мінімальних витратах енергії і речовини та екологічній безпеці технологічних процесів.

Стан СЕБС зобразимо вектором  $S$ , компоненти якого є функціями часу  $t$  і простору  $R$ . Зміна стану відбувається в результаті випадкових дій  $\xi(t, R)$  та управлінських стратегій  $u$ :

$$U = (g, \lambda) \quad (1)$$

де  $g \in H^k$  – схеми технологічних процесів, що входять у простір  $H^k$  (технологія годівлі, утримання тварин, схеми обробки та утилізації відходів тощо);  $\lambda \in H^m$  – сукупність елементів технологічних процесів, що входять у простір  $H^m$  (машини, механізми тощо).

Формально систему зобразимо у вигляді

$$S(t) = A(S(\tau), U) \quad (2)$$

де  $A(\cdot)$  – оператор, що визначає стан СЕБС у момент часу  $t \in [t_0, T]$  за значенням вектора  $S(\tau)$ ,  $\tau \in [t, t_0]$ .

Відомо, що сучасні тваринницькі підприємства є низькоефективними, енерговмісткими та екологонебезпечними.

Необхідно на множині  $M$  визначити невідповідність у швидкостях обороту енергії і речовин у виробничій і природній підсистемах, що зумовлює виникнення непогоджених еколого-біотехнічних відносин, знайти таку стратегію управління  $U_0 \in M$ , яка б при обмеженнях на ресурси  $X_i \in X_i$  копроємність навколишнього природного середовища  $H_c$  забезпечувала максимум функціонала

$$\Phi_i = \varphi \{ \eta_i^{BEE}(u_i), \eta_i^{EB}(u_i) \} \rightarrow \max, \quad (3)$$

де  $\eta_i^{BEE}(u_i)$  – показник біоенергетичної ефективності стратегій управління;  $\eta_i^{EB}(u_i)$  – показник екологічної безпеки;  $\varphi$  – оператор згорток критеріїв.

Запишемо у скалярному вигляді три системи рівнянь і нерівностей, що визначають відповідно три системи обмежень у підсистемах В, О, Е.

Підсистема  $B$  «Тваринницьке виробництво»:

$$\begin{aligned}
 \sum_{\lambda \in H^m} x_{i\lambda}^B(t) - \sum_{j=1} \sum_{\lambda \in H^m} a_{ij\lambda} X_i^B(t) - \sum_{j=1} Z_i^B(t) &= Y_i^B(t) \geq Y_0^B(t); \\
 \sum_{j \in I^B} \sum_{\lambda \in H^m} P_{i\lambda}^{OEB} X_i^B(t) &= P_i^{OB}(t) + P_i^{EB}(t); \\
 \sum_{j \in I^B} \sum_{\lambda \in H^m} P_{i\lambda}^{BOE} X_i^B(t) &= P_\gamma^{BO}(t) + P_\gamma^{BE}(t); \\
 \sum_{i \in I^K} \beta_{i\gamma}^B X_i^B(t) - \sum_{\tau=1}^t N_\lambda^B(t) &\leq N_{\lambda 0},
 \end{aligned} \tag{4}$$

де  $Y_0^B$  – обмеження на випуск тваринницької продукції;  $a_{ij\lambda}$  – коефіцієнт витрат  $j$  – го виду ресурсів на виробництво  $i$  – го виду продукції на  $\lambda$  – му агрегаті;  $P_{i\lambda}^{OEB}$  – питомий коефіцієнт споживання ресурсів;  $P_{i\lambda}^{BOE}$  – питомий коефіцієнт утворення  $\gamma$  – тих видів відходів при виробництві  $i$  – го виду продукції на  $\lambda$  – му агрегаті;  $\beta_{i\lambda}^B$  – коефіцієнт витрат виробничих потужностей  $\lambda$  – го агрегату при виробництві  $i$  – го виду тваринницької продукції;  $N_\lambda^B$  – приріст виробничої потужності  $\lambda$  – го агрегату;  $N_{\lambda 0}$  – виробнича потужність  $\lambda$  – го агрегату.

Підсистема  $O$  «Обробка та утилізація відходів»:

$$\begin{aligned}
 \sum_{g \in H^k} x_{lg}^O(t) - \sum_{\gamma \in H^n} \sum_{g \in H^k} a_{\gamma lg} X_l^O(t) - \sum_l Z_l^O(t) &= Y_l^O(t) \geq Y_0^O(t); \\
 \sum_{\gamma \in H^n} \sum_{g \in H^k} P_{lg}^{BEO} X_l^O(t) &= P_m^{BO}(t) + P_m^{EB}(t); \\
 \sum_{\gamma \in H^n} \sum_{g \in H^k} P_{lg}^{OEB} X_l^O(t) &= P_m^{OE}(t) + P_m^{BE}(t) \leq H_c; \\
 \sum_{\gamma \in H^n} \sum_{g \in H^k} \beta_{\lambda g}^O X_l^O(t) - \sum_{\tau=1}^t N_{\lambda g}^O(\tau) &\leq N_{\lambda g}^O,
 \end{aligned} \tag{5}$$

де  $Y_0^O$  – обмеження на випуск  $l$ - тої продукції;  $a_{\gamma lg}$  – коефіцієнт витрат  $\gamma$  – го виду відходів при виробництві  $l$  – го виду продукції на  $g$  – му технологічному модулі;  $P_{lg}^{BEO}$  – питомий коефіцієнт споживання ресурсів при виробництві  $l$  – го виду продукції на  $g$  – му технологічному модулі;  $P_{lg}^{OEB}$  – питомий коефіцієнт утворених  $m$ - них видів відходів;  $H_c$  – копрємність навколишнього природного середовища;  $\beta_{\lambda g}^O$  – коефіцієнт витрат виробничих потужностей  $\lambda$  – го агрегату при виробництві  $l$  – го виду тваринницької продукції;  $N_{\lambda g}^O$  – приріст виробничої потужності  $\lambda$  – го агрегату на  $g$ -му технологічному модулі.

Підсистема  $E$  «Екосистема»:

$$\begin{aligned}
 \sum x_i^E(t) - \sum_{r \in H^p} \sum_{\lambda \in H^m} a_{r\lambda} X_i^E(t) - \sum_q Z_i^E(t) &= Y_i^E(t) \geq Y_0^E(t); \\
 Y_0^E(t) &= Y_0^{E-1}(t) + \sum_{r \in H^p} \sum_{\lambda \in H^m} a_{r\lambda} X_i^E(t) \leq L_r^E;
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\sum_{g \in H^P} \beta_{q\lambda} x_i^E(t) - \sum_{\tau=1}^t N_{\lambda q}^E(\tau) \leq N_{\lambda q},$$

де  $a_{rq\lambda}$  - коефіцієнт витрат  $r$ - го виду ресурсів при виробництві  $q$ - тої продукції на  $\lambda$ - му агрегаті;  $L_r^E$  – граничнодопустима доза токсиканта.

Для оцінки ефективності нової техніки, а також оптимізації режимів роботи обладнання найбільшого поширення набула методика на основі критерію приведених витрат [2]. Але в умовах інфляції та економічної кризи, коли ціни швидко зростають, дати повну економічну оцінку стало практично неможливо. В цих умовах ефективність використання енергетичних ресурсів у тваринництві та пошук енергозберігаючих технологій доцільно здійснювати за допомогою системного біоенергетичного аналізу, в основі якого лежить визначення коефіцієнта біоенергетичної ефективності і кількісним виразом якого є відношення енергії, акумульованої у продукції (енерговміст продукції), до сумарних витрат енергії на її виробництво (енергоємність продукції):

$$\eta_{БЕЕ} = \frac{E_{\Pi}}{\sum_{i=1} \sum_{j=1} C_{ij}^k X_{ij}^k}, \quad (7)$$

де  $E_{\Pi}$  – енерговміст тваринницької продукції, ГДж/ц;  $C_{ij}^k$  – енергетичний еквівалент  $k$ - го елемента  $i$ - го виду витрат для кожного технологічного процесу  $j$ , ГДж/(ц, м<sup>2</sup>, люд. год);  $X_{ij}^k$  – величина  $k$ - го елемента  $i$ - го виду витрат для кожного технологічного процесу  $j$ , (ц, м<sup>2</sup>, люд. год);  $i, k$  – види витрат і їх елементів: прямі (електроенергії, палива і мастильних матеріалів), непрямі (на виробництво кормів, племінних тварин, лікарські препарати тощо), інвестиційні (машин, споруд тощо), живої праці (робітників, службовців);  $j$  – технологічні процеси (годівля, доїння, прибирання гною, підтримання мікроклімату тощо).

Такий підхід дає змогу врахувати не тільки прямі витрати енергії і палива, але й оречевлені раніше в різних галузях народного господарства, а також витрати живої праці робітників і службовців.

Системний біоенергетичний аналіз значно перевищує можливості техніко-економічного аналізу щодо виявлення резервів невідновлюваних енергоресурсів.

## Висновки

Розроблено загальні методологічні принципи аналізу енергетичної ефективності та екологічної безпеки сільськогосподарських еколого-біотехнічних систем, в основу яких покладено визначення коефіцієнта біоенергетичної ефективності, кількісним виразом якого є відношення енергії, акумульованої у продукції, до сумарних витрат енергії на її виробництво. Це дає можливість з достатньою точністю моделювати вплив різних факторів на енергетичну та екологічну ефективність системи, здійснювати порівняння і пошук енергозберігаючих режимів і технологій.

### Список літератури

1. Чміль А.І. Обґрунтування оптимальної структури сільськогосподарської еколого-біотехнічної системи / А.І. Чміль // Актуальні питання фізіології рослин в аспекті екологічних проблем. – Чернівці, 1995. – С.64 – 65.
2. Якубів В.М. Потенціал енергозбереження у системі розвитку сільського господарства України / В.М. Якубів // Проблеми економіки. – 2013. – №1. С.57 – 61.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

**А.И. Чмиль**

*Разработаны концепция и общие методологические принципы анализа эколого-биотехнических систем в животноводстве, дающие возможность моделировать влияние различных факторов на энергетическую и экологическую эффективность систем, осуществлять сравнение и поиск энергосберегающих режимов и технологий.*

**Ключевые слова:** *энергосбережение, электрифицированные технологии, экология, математическая модель, система*

## RESEARCH OF ENERGY EXCELLENCE IN ANIMAL BIOTECHNICAL SYSTEMS

**A. Chmil**

*It were worked out conception and general methodological principles analysis of agricultural ecology-biotechnology systems, which provide the opportunity to model an influence of different factors on energetical and ecological efficiency of system, to carry out comparison and search of power-conserving regimes and technologies.*

**Keywords:** *energy saving, electrical technology, ecology, mathematical model, system*