

## ШЛЯХИ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ НА ОСНОВІ МЕТОДИК ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

**В. М. Лисенко**, к.т.н., доцент,

**В. Ф. Сіренко**, к.т.н., доцент.

Сумський національний аграрний університет

*Встановлена складність економічного механізму енергозбереження в АПК. Обґрунтовано необхідність запровадження на стадії вибору заходів із підвищення енергоефективності сільськогосподарських підприємств використання методик теорії нечітких множин*

**Ключові слова:** енергозбереження, сільське господарство, економіка, теорія нечітких множин.

**Постановка проблеми.** В загально-теоретичному аспекті проблема раціонального використання енергоресурсів пов'язана із загальносвітовими напрямками розвитку людства або технократичним, або гуманістичним.

Невпинне зменшення основного джерела енергетичних ресурсів на Землі – викопного органічного палива змушує людську спільноту не тільки зменшувати обсяги їх витрати, а і збільшувати ефективність їх використання. Сільськогосподарське виробництво є різноплановим споживачем енергії, і кожному виду технологічних процесів притаманний широкий спектр заходів із енергозбереження із значною часткою невизначеності результатів

Тому завдання полягає у розробці нового підходу до застосування цих заходів із розробкою економічних важелів, в основі яких лежать методи використання невизначеності як вхідної інформації так і широкого діапазону отримуваних результатів.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Про важливість проблеми зниження енерговитрат і енергомісткості аграрної економіки, як передумови посилення енергетичної незалежності України свідчать чисельні публікації статей та ґрунтовних робіт науковців [ 1,2,3,4,6 ]. Особливо слід відмітити фундаментальну роботу[5] в якій висвітлено широкий спектр технологічних вирішень і технічного забезпечення для збереження енергетичних ресурсів.

Аналіз результатів наукових досліджень і останніх публікацій засвідчує застосування застарілих директивних підходів до енергозбереження в Україні зі слабкими механізмами стимулювання, що підтверджує доцільність продовження вивчення проблеми раціонального енерговикористання, зокрема в підприємствах АПК. Також гальмом є велика невизначеність як вартості проектів так і результатів їх реалізації.

Роботами в області нечіткої логіки та нечіткого моделювання показана можливість нового підходу до вирішення низки задач в умовах значної невизначеності. Однак, незважаючи на велику кількість теоретичних робіт, прикладне значення нечітких моделей довгий час не визна-

валось, а вітчизняні розробки цих моделей та їх застосування в галузі економіки були одиничними. На початку 90-х років минулого століття нечітка логіка та теорія нечітких множин набули свого розвитку в цілому ряді програмних засобів підтримки прийняття рішень та в експертних системах аналізу даних.

Тому деякими зарубіжними і вітчизняними дослідниками розробляються методи оцінки ефективності і ризику інвестиційних проектів на основі апарату теорії нечітких множин - ТНМ [7-12]. В даних методах замість розподілу імовірності застосовується розподіл можливості, що описується функцією приналежності нечіткого числа.

Методи, що базуються на теорії нечітких множин, відносяться до методів оцінки та прийняття рішень в умовах невизначеності. В економіці їх використання передбачає формалізацію вихідних параметрів і цільових показників ефективності (в основному, чиста приведена вартість) у вигляді вектора інтервальних значень (нечіткого інтервалу), попадання в кожен інтервал якого, характеризується певним ступенем невизначеності.

Відтак маємо цілий комплекс проблем в енергетичній політиці аграрного сектору.

**Формулювання цілей статті.** Аналіз показав необхідність пошуку способів вирішення проблеми енергоефективності і енергозбереження в сільськогосподарському виробництві на основі математичного апарату прийняття рішень в умовах невизначеності.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Розвиток підприємств і господарств України в невеликій мірі стримує висока частка енергетичних витрат в технологіях виробництва, яка складає в середньому 8-12%. Причому у зв'язку з великим моральним та фізичним зносом основного обладнання і значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів ця цифра збільшується.

Однією з визначальних умов зниження витрат на підприємствах та підвищення економічної ефективності виробництва в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів. Відкла-

дання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значний економічний збиток підприємствам і негативно відбивається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації. Крім цього, подальше зростання витрат в промисловості та інших галузях народного господарства супроводжується зростаючим дефіцитом фінансових ресурсів, що затримує оновлення виробничої бази підприємств у відповідності з досягненнями науково-технічного прогресу.

Для отримання стабільного прибутку і, особливо, запобігання фінансових втрат при формуванні сукупності енергозберігаючих заходів потрібна розробка і вдосконалення методики оцінки ефективності програм енергозбереження, які враховують багатоваріантність використання джерел інвестицій, призначених для їх реалізації. Зменшення енергетичної складової у витратах виробництва дозволить отримати додаткові кошти для забезпечення прийняттого рівня морального і фізичного зносу технологічного устаткування.

Економічний механізм енергозбереження в АПК включає такі сфери:

1. Державне регулювання аграрного енергоспоживання:

- проведення державної політики енергозбереження;
- встановлення юридичної відповідальності за неефективне використання ПЕР;
- формування та удосконалення економічних та інвестиційних механізмів енергозбереження;
- створення регіональної мережі об'єктів фінансової та інформаційної інфраструктури для реалізації проектів екологічної безпеки і енергозбереження;
- регулювання ціноутворення на енергетичні ресурси;
- надання податкових та кредитних пільг при втіленні заходів з енергозбереження.

2. Удосконалення організаційно-економічних механізмів господарювання

- визначення раціональної потреби села в енергоресурсах з урахуванням залучення місцевих видів палива й впровадження енергозберігаючих технологій;
- планування та облік обсягів і структури енергоспоживання;
- забезпечення єдності вимірювань, сертифікації та стандартизації;
- забезпечення ефективної тарифної політики;
- підвищення мотивації сільгоспвиробників до енергозбереження, суспільна освіта та рекламна компанія;
- використання штрафних санкцій за нераціональне використання енергетичних ресурсів;

3. Велика кількість технологічних способів зниження споживання енергії в сільськогосподарському виробництві:

- оптимізація технічного та технологічного потенціалу:

- освоєння вдосконалених електротехнологій;
- освоєння прогресивного електро- й теплоенергетичного устаткування, здійснення децентралізованих систем енергопостачання;
- оптимізація структури посівних площ сільськогосподарських культур;
- раціоналізація розміщення сівозмін та організації територій господарств, вдосконалення розміщення переробних підприємств;
- вдосконалення структури парку тракторів та самохідних машин, застосування комбінованих машин та агрегатів;
- використання відходів тваринництва та птахівництва для виробництва тепло- та електроенергії;
- розробка й освоєння техніки й технологій по використанню відновлюваних джерел енергії й вторинних енергоресурсів.

4. Застосування нетрадиційних та відновлюваних енергетичних ресурсів:

- використання сонячної енергії, енергії вітру та води;
- використання біогумусу та біогазу;
- утилізація теплоти вентиляційних викидів тваринницьких та птахівничих ферм і комплексів, а також промислових стоків[1,5,6].

Шляхи енергозбереження

Першим кроком до поліпшення енергетичного балансу є енергоаудит.

Енергетичне обстеження проводиться з метою визначення шляхів швидкого і ефективного зниження витрат на енергоресурси, скорочення і виключення непродуктивних витрат (втрат), оптимізації або заміни технології виробництва. Він може стати ґрунтовною базою, трампліном для якісного ривка у конкурентній боротьбі на ринку товарів і послуг.

Енергоаудит умовно можна розділити на чотири основних етапи:

1. Ознайомлення з підприємством, збір і аналіз необхідної інформації, складання програми обстеження. На цьому етапі проводиться уточнення обсягів і термінів проведення роботи.

2. Обстеження підприємства. В тому числі: розробка докладних балансів по всіх енергоресурсах, виявлення основних споживачів і джерел нераціональних витрат енергоресурсів; проведення необхідних випробувань та інструментальних замірів.

3. Розробка енергозберігаючих проектів і заходів. Визначення технічного і економічного ефекту від їх впровадження. Формування програми енергозбереження підприємства.

4. Оформлення звіту з енергетичного обстеження та енергетичного паспорта підприємства.

І потім, на основі повної енергетичної картини суб'єкту господарювання можна переходити

до вибору для впровадження енергозберігаючих заходів.

Значну економію енергії у сільському господарстві вже на стадії розробки технологій, проектування і виробництва техніки можна досягти за рахунок:

- впровадження нових конструктивних рішень при проектуванні сільськогосподарської техніки та енергетичного обладнання, які передбачають зниження питомих значень метало- та енергомісткості;
- поліпшення транспортного процесу із застосуванням дешевших видів палива і раціональної інфраструктури його постачання ;
- розробка програми розвитку і поліпшення мережі та якості автомобільних доріг у сільській місцевості;
- впровадження індустриальних технологій виробництва, безвідходних технологій і переробки сільськогосподарської продукції;
- впровадження інтенсифікованих технологій виробництва продукції рослинництва та тваринництва;
- використання у сільському господарстві альтернативних відновлюваних джерел енергії;
- розробки комплексу заходів із підвищення енергоефективності промислових приміщень та житлових будинків.

Таким чином, маємо широке розмаїття економічних і технологічних впливів на процес енергозбереження в сільськогосподарському виробництві, які вимагають великих капіталовкладень. Для виробітку стратегії і шляхів вирішення цієї проблеми в [16] пропонується інтегральний показник ефективності функціонування механізму енергозбереження сільськогосподарського підприємства автором пропонується розрахувати за формулою :

$$E_{\text{ме}} = (E_{\text{ек}} + E_{\text{екп}} + E_{\text{с}}) / (З_{\text{уп}} + З_{\text{пв}}),$$

де  $E_{\text{ек}}$ ,  $E_{\text{екл}}$ ,  $E_{\text{с}}$  – відповідно економічний, екологічний та соціальний результати реалізації енергозберігаючих заходів;  $З_{\text{уп}}$  – затрати на управління енергозбереженням;  $З_{\text{пв}}$  – поточні виробничі затрати на реалізацію енергозберігаючих заходів.

Слід відмітити всеохоплюючий підхід, виражений цією формулою. Але в ній не вказується першочерговість розміщення інвестицій і очікуваних результатів. В той же час існують багаточисельні експертні оцінки конкретних технологічних і технічних заходів. Існують прогнози застосування організаційних та економічних важелів.

В таких умовах глибокої невизначеності аналітичні і ймовірнісні підходи не працюють, тому нами запропоновано застосовувати математичний апарат теорії нечітких множин [16,17].

Розвиток науки серед людства, з появою математики в сучасному вигляді з її формалізованим підходом до опису явищ, відбувається між двох понять: детермінованість – невизначеність;

точність – наближення; модель – реальний об'єкт. Так, людському розуму легше осягнути спрощену картину світу, виявити найбільш загальні закони природи. А коли справа доходить до реальних багатогранних явищ, слід вносити корективи або створювати новий понятійний апарат, що дозволяє працювати з приблизними, неточними величинами.

Неточна інформація використовується людьми вже тисячі років. Однак до зовсім недавнього часу її ніяк не можна було застосовувати в рамках методів, заснованих на звичайній математиці, і вона губилася. За цієї причини ефективність багатьох методів проектування, управління, моделювання, прогнозування і прийняття рішень була дуже обмеженою, особливо у випадках, коли про досліджувану систему не було ніякої іншої інформації, крім неточної. Крім того, кожна порція «точної» інформації вимірюється з певної (часто значною) похибкою, так що насправді також є неточною.

Область математики, що має справу з неточною інформацією, найменували теорія нечітких множин. Ця теорія, у взаємодії із звичайною математикою, дозволяє обробляти і використовувати інформацію будь-якого виду. Вона відкриває нові і дуже цікаві можливості та перспективи для науки і техніки.

Нечітке моделювання виявляється особливо корисним, коли під час опису економічної системи чи бізнес-процесу присутня невизначеність, яка ускладнює або навіть виключає можливість використання точних кількісних методів і підходів. Зокрема, невизначеність може стосуватися таких аспектів модельних представлень: неясність та нечіткість опису меж системи або окремих її станів, невизначеність появи тих чи інших подій, неповнота уявлення про систему у зв'язку з розв'язанням проблем, що погано формалізуються, тощо.

Нечітка логіка, яка є основою реалізації методів нечіткого моделювання, більш природньо описує характер людського мислення і хід його міркувань, ніж традиційні формально-логічні системи. Саме тому використання математичних методів для представлення нечіткої інформації дозволяє будувати моделі, які найбільш адекватно відображають різні аспекти невизначеності, що постійно присутня в складних економічних системах.

Прогнозування наслідків економічних рішень, що ґрунтуються на нечіткій вхідній інформації та за відсутності аналітичної залежності між вхідними та вихідними параметрами найбільше пристосований математичний апарат теорії нечітких множин. Він дозволяє формалізувати за допомогою математичного апарату нечіткої логіки зв'язки між шуканими параметрами та факторами, що впливають на них. Застосування теорії нечітких множин дозволяє описати ці зв'язки лінг-

вістичними термінами, звільняючи дослідження від трудомістких процедур побудови функціональних залежностей.

В якості параметрів цільової функції для задачі вибору першочергових проектів з енергозбереження, в першому наближенні, можна орієнтуватися на інтегральні показники ефективності. [15].

Зараз більш кращим є використання **NPV** в якості параметрів цільової функції, насамперед тому, що він має властивість адитивності, що дає можливість оцінити прибутковість всіх заходів як суму доходностей окремих проектів.

NPV — це скорочення за першими літерами фрази «Net Present Value» розшифровується це, як чиста приведена (до сьогоднішнього дня) вартість. Цей метод оцінки інвестиційних проектів, заснований на методології дисконтування грошових потоків. Економічний зміст цільової функції полягає в максимізації економічного ефекту від вкладених грошей.

В зв'язку з тим, що стратегічні рішення, пов'язані з розробкою і впровадженням енергозберігаючих технологій і техніки, спрямовані на довгострокову перспективу і за своєю природою мають значну невизначеність, а також залежать від діяльності людей, то застосування нечіткого математичного програмування для розв'язання цієї задачі має багато переваг.

Порівняльний аналіз традиційних методів оцінки ефективності довгострокових вкладень показав, що ТНМ є однією з найбільш ефективних математичних теорій, спрямованих на формалізацію та опрацювання невизначеної інформації. ТНМ в черговий раз підтверджує широко відому дослідникам істину: застосовується формальний апарат за своїм потенційним можливо-

стям і точності повинен відповідати точності використовуваних вихідних даних. Тому методи математичного аналізу ефективно застосовуються при точних вихідних даних. Математична статистика і теорія ймовірностей використовують експериментальні дані, що володіють строго певною точністю і достовірністю. Теорія нечітких множин дозволяє обробляти різномірну інформацію, характерну для реальних завдань інвестиційного аналізу.

В зв'язку із великим обсягом обчислень перспективним напрямом нечіткого моделювання економічних систем є використання інтегрованого програмного середовища MATLAB з використанням розширення Fuzzy Logic Toolbox, в якому реалізовані десятки функцій нечіткого виводу і нечіткої логіки. Найбільш зручним є режим моделювання MATLAB, в якому користувач може створювати та редагувати функції належності окремих термів системи нечіткого виводу в графічному виді.

**Висновки.** 1. Встановлена наявність великої кількості діючих і можливих складних та багатограних форм, методів, елементів, способів взаємодії та важелів стимулювання, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання в АПК. Заходи з енергозбереження та енергоефективності виконуються на основі державного регулювання аграрного енергоспоживання та удосконалення організаційних та економічних механізмів господарювання.

2. Запропонована методика підвищення ефективності функціонування механізму енергозбереження в сільськогосподарському виробництві на основі застосування результатів теоретичних і прикладних досліджень в галузі нечіткого моделювання.

#### **Список використаної літератури:**

1. Афонченкова Т.М. Економічний механізм енергозабезпечення агропідприємств: [монографія] Т.М. Афонченкова — К.: ННЦ ІАЕ, 2009. — 176 с.
2. Грабак Н.Х. Проблеми енергозбереження в АПК України та шляхи її розв'язання / Н.Х. Грабак // Екологія. — Наукові праці. Випуск 138. Том 150.— 2010. — С. 83-89.
3. Гришко В.В. Енергозбереження в сільському господарстві (економіка, організація, управління) / Гришко В.В., Перебийніс В.І., Рабштина В.М. — Полтава, 1996. - 280 с.
4. Діак І. Енергетична безпека України / Діак І.В. — К., 2001. — 179 с.
5. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. — 975 с.
6. Сизонова І. В. Енергетичний аналіз як передумова енергозбереження в сільському господарстві І. В. Сизонова // Вісник ХНАУ. Серія: економіка АПК і природокористування. — 2004. — № 2. — С. 210-214.
7. Деревянко П.М. Элементы нечеткой логики при формировании инвестиционного портфеля // Экономика и инфокоммуникации в XXI веке: Труды II-й международной научно-практической конференции. 24-29 ноября 2003г. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. - с. 317-319.: Персональный сайт в Интернете. — Электрон. дан. — СПб., 2006 — Режим доступа: <http://fuzzylib.narod.ru/> / E-mail: [paveldrn@mail.ru](mailto:paveldrn@mail.ru)
8. Деревянко П.М. Нечетко-логический подход к формированию инвестиционного портфеля // Инструментальные методы в экономике: Сборник научных трудов. - СПб.: СПбГИЭУ, 2004. - с. 117-123.: Персональный сайт в Интернете. — Электрон. дан. — СПб., 2006 — Режим доступа: <http://fuzzylib.narod.ru/> / E-mail: [paveldrn@mail.ru](mailto:paveldrn@mail.ru)
9. Деревянко П.М. Сравнение нечеткого и имитационного подхода к моделированию деятельно-

сти підприємства в умовах неопределенности // *Современные проблемы экономики и управления народным хозяйством: Сб. научн. статей. Вып. 14.* – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. - с. 289-292.: Персональный сайт в Интернете. – Электрон. дан. – СПб., 2006 – Режим доступа: <http://fuzzylib.narod.ru/> E-mail: [raveldrn@mail.ru](mailto:raveldrn@mail.ru)

10. Кофман А. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями [Пер. с исп.] / Кофман А., Хил Алуха Х. – Мн.: Вышэйшая школа, 1992. - 224 с.

11. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. – СПб.: Типография «Сезам», 2002. – 181 с.

12. Севастьянов П.В. Оценка финансовых параметров и риска инвестиций с позиций теории нечетких множеств / Севастьянов П.В., Севастьянов Д.П. // *Надежные программы.* - 1997, №1, С. 10-19.

13. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]: розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. № 145-р. – Режим доступу: [zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc](http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc). – Назва з екрану.

14. Закон України "Про енергозбереження". За станом 01.07.1994 №74/94-ВР // *Проблеми енергосбереження. Национальная академия наук Украины.* – 1995. – № 1. – С. 3-12.

15. Неміш П. Д. Сутність, оцінка та напрями підвищення ефективності механізму енергозбереження АПК / П. Д. Неміш // *Інноваційна економіка.* - 2013. - № 7. - С. 46-53. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek\\_2013\\_7\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek_2013_7_13)

16. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. - [В кн.: *Математика сегодня.*] / Заде Л.А. - М.: Знание, 1974, С.5-49.

17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Пер. с англ.] / Заде Л. – М.: Мир, 1976. - 165 с.

### **Лысенко В.М., Сиренко В.Ф. ПУТИ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДИК ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

*Проведен анализ состояния энергопотребления в Украине и эффективности работы механизма энергосбережения в АПК. Этот механизм включает целый ряд мероприятий на государственном уровне, организационно-экономические механизмы хозяйствования, технологических способов снижения затрат энергии, применения нетрадиционных и альтернативных источников энергии. Пути энергосбережения общеизвестны, но широкое их внедрение тормозится малой величиной свободных средств у хозяйственников. Руководители в большинстве случаев не могут принять правильное решение относительно наиболее эффективного вложения инвестиций в условиях значительной неопределенности. Одним из возможных вариантов решения этой проблемы нами предлагается применять математический аппарат теории нечетких множеств.*

*Анализ предыдущих исследований из литературных источников показал первые шаги применения такого подхода в странах СНГ и активизацию научных исследований в этом направлении.*

*Прояснены условия и пределы применения ТНМ, выбран математический аппарат для решения сложных задач (MATLAB с использованием расширения Fuzzy Logic Toolbox)*

**Ключевые слова:** *энергосбережение, сельское хозяйство, экономика, теория нечетких множеств.*

### **Lysenko V. M., Sirenko V. F. THE WAY OF JUSTIFICATION OF THE WAYS OF ENERGY SAVING IN AGRICULTURAL PRODUCTION BASED ON METHODS OF FUZZY SET THEORY**

*The analysis of energy consumption in Ukraine and the efficiency of the energy saving mechanism in agriculture. This mechanism includes a number of activities at the state level, organizational-economic mechanisms of management, technological ways of decrease in costs of energy, use of alternative and alternative energy sources. Ways of energy saving Sagalova, but their wide implementation is hampered by the small size of available funds from business executives. Leaders in most cases are unable to make the right decision on the most effective investment in the face of considerable uncertainty. One possible solution to this problem we propose to use the mathematical apparatus of theory of fuzzy sets.*

*Analysis of previous studies from the literature showed the first steps of this approach in the CIS countries and the intensification of scientific research in this direction.*

*Clarified the conditions and limits of application of TNM, the selected mathematical apparatus for the solution of complex problems (MATLAB using Fuzzy Logic Toolbox extension)*

**Key words:** *energy saving, agriculture, Economics, the theory of fuzzy sets.*

Стаття надійшла в редакцію: 25.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Топілін Г.Є.