

УДК 338.43:62.61

*В.І. ГАВРИШ, доктор економічних наук, професор
Миколаївський національний аграрний університет*

Визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу



Постановка проблеми. Сучасний світ постав перед проблемою забезпечення енергетичними ресурсами. В її розв'язанні чільне місце займає біоенергетика, до якої належить також виробництво та використання біогазу з відходів і продукції сільськогосподарського виробництва. Його можна застосовувати як у чистому вигляді, для задоволення різноманітних енергетичних потреб,

так й у вигляді біометану (збагаченого біогазу) (рис. 1).

Застосування біогазу сприяє скороченню імпорту енергетичних ресурсів і поліпшенню екологічної ситуації. На нинішній час низка сільськогосподарських формувань України вже збудували біогазові установки (БГУ), які використовують як біосировину відходи тваринництва, енергетичні культури та їхні суміші, а також газоподібне біопаливо для виробництва електричної й теплової енергії. Однак їхня експлуатація утруднюється через низьку економічну ефективність. Деякі комплекси навіть призупинили свою діяльність. Це пов'язано з відсутністю «зеленого тарифу», неможливістю повністю використати самим або продати одержану електричну та теплову енергію. Тому є необхідність у розробці методики щодо визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу.

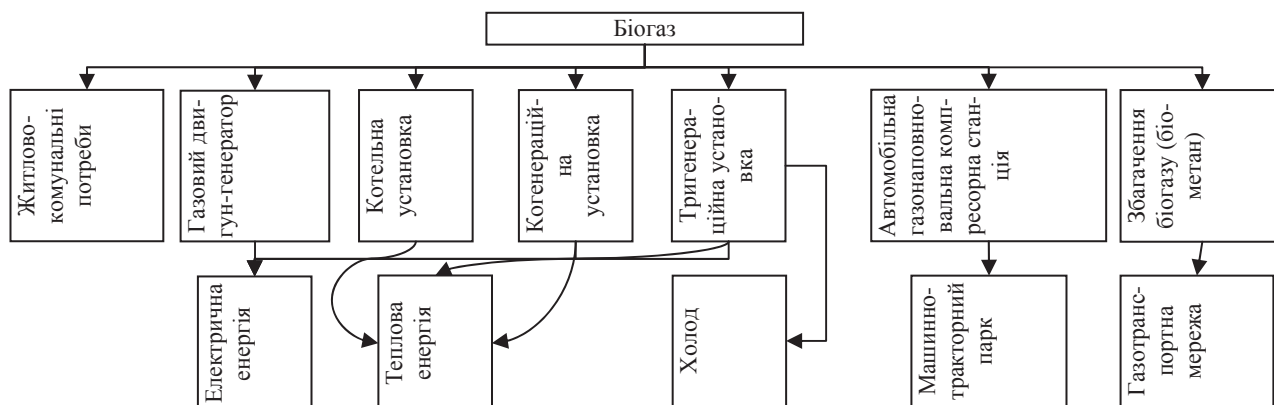


Рис. 1. Напрями використання біогазу

Джерело: Власна розробка.

© В.І. Гавриш, 2014

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція соціально-етичного маркетингу передбачає концентрацію уваги виробників товарів взагалі й біопалив зокрема на

визначення потреб інтересів цільових ринків. Ланцюжок створення доданої вартості поновлювального газоподібного палива наведено на рис. 2 [4].

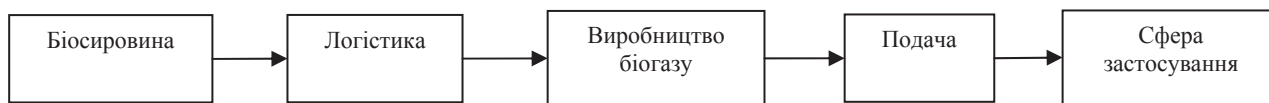


Рис. 2. Ланцюжок створення доданої вартості

Джерело: Виробництво і використання біогазу в Україні / [Р. Шульц, Ю. Кооп, Ж. Хоххі, Дж. Фултон, Х. Парсон, В. Ребок, М. Льчук]; за ред. Р. Шульца. – К.: Бізнесцентр «Євразія», 2012. – 74 с.

Низка вчених, таких як М.М. Городній, М.К. Шикуча, І.М. Гудков, О.М. Куценко, В.М. Писаренко та деякі інші, обґрунтовано вважають, що в ієрархії складових ефективності переробки відходів тваринництва в біогазових установках перше місце займає його екологічний аспект, друге – одержання високоефективних добрив і третє – енергетична складова [1, 8, 9, 18]. Тому окремі науковці, наприклад, М.Ф. Друкований, О.С. Яремчук, О.Г. Гергега тощо, проводять ґрунтовні дослідження стосовно переробки біосировини на біогаз та органічні добрива [6]. Питання економічної доцільності використання БГУ різної потужності досліджувалися доволі ґрунтовно й за кордоном [14, 15].

Біометан (збагачений біогаз) для промислових цілей доцільно виробляти лише на потужних установках. Так, у Німеччині середня потужність однієї установки становить 5,3 млн м³ на рік [4]. Нині в Україні відсутні біогазові установки такої потужності. Подібні проекти планує реалізувати українська компанія AVANGARDCO [11].

Переважна більшість вітчизняних аграрних формувань використовують одержаний біогаз у когенераційних установках [3, 13]. Для виконання економічного аналізу пропонують застосовувати такі показники, як чистий приведений дохід, внутрішня норма дохідності та строк окупності [2, 10].

У 80-х роках минулого сторіччя проводилися інтенсивні роботи з використання біогазу сільськогосподарською технікою [7, 17]. Продовжуються ці роботи й нині через привабливість біогазу як моторного палива [15, 16]. Як результат цього, фірма Valtra вивела на ринок трактор (номінальна потужність двигуна 104 кВт), який може працювати на біогазі [19].

Тому, розглядаючи проекти біогазових енергетичних комплексів, не слід обмежуватися використанням біогазу для виробництва теплової й електричної енергії. Нами вже була проведена оцінка вартості енергетичних ресурсів, які може замінити біогаз, і відповідних питомих капіталовкладень [5]. Однак відсутня методика та математична модель, яка її реалізує, для оптимального розподілу біогазу, який виробляє БГУ, різноманітним споживачам.

Мета статті – розробка методики визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу сільськогосподарськими формуваннями.

Виклад основних результатів дослідження. Продаж надлишку електричної енергії, що виробляється за допомогою біогазу, на енергоринку економічно недоцільно через відсутність в Україні «зеленого» тарифу. Транспортування й продаж теплової енергії, одержаної з біогазу, також недоцільно через високі витрати на її доставку. Щодо забезпечення населення біогазом замість природного газу слід зазначити таке. Ціна природного газу для населення становить 725 грн/1000 м³. Враховуючи те, що нижча температура згоряння біогазу приблизно в 1,6 раза менша за аналогічне значення природного газу, ціна відновлювального газоподібного палива не повинна перевищувати 423 грн/1000 м³. Однак собівартість біогазу в Україні, як правило, перевищує 700 грн/1000 м³.

Ціна природного газу (4717 грн/1000 м³) значно перевищує собівартість біогазу, який використовується сільськогосподарськими формуваннями переважно для одержання теплової енергії. Тому в математичній моде-

лі враховуватимемо його через вартість теплової енергії.

Постачання біогазу іншим споживачам існуючими газопроводами вимагає його збагачення до рівня біометану. Однак порівняно малі потужності існуючих вітчизняних біогазових установок (до 1,2 млн м³ на рік) не уможливають одержати біометан за конкурентною ціною. Крім того, транспортування біометану існуючими газопроводами законодавчо не врегульовано.

Тому розглянемо використання біогазу власного виробництва лише для задоволення (повністю або частково) потреб аграрного формування в енергетичних ресурсах.

До біогазового енергетичного комплексу входять біогазова установка та комплект

енергетичного обладнання для використання біогазу. Біогаз можна використовувати для заміщення таких енергетичних ресурсів: електрична енергія – за рахунок роботи когенераційної установки та/або газового двигуна-генератора; тепла енергія – за рахунок використання когенераційної установки та/або газового котла; моторне паливо мобільних енергетичних засобів.

Внаслідок низької економічної ефективності у моделі не враховуємо забезпечення житлово-комунальних потреб газоподібним паливом, одержання холоду й біометану. Схема енергетичних потоків наведена на рисунку 3.

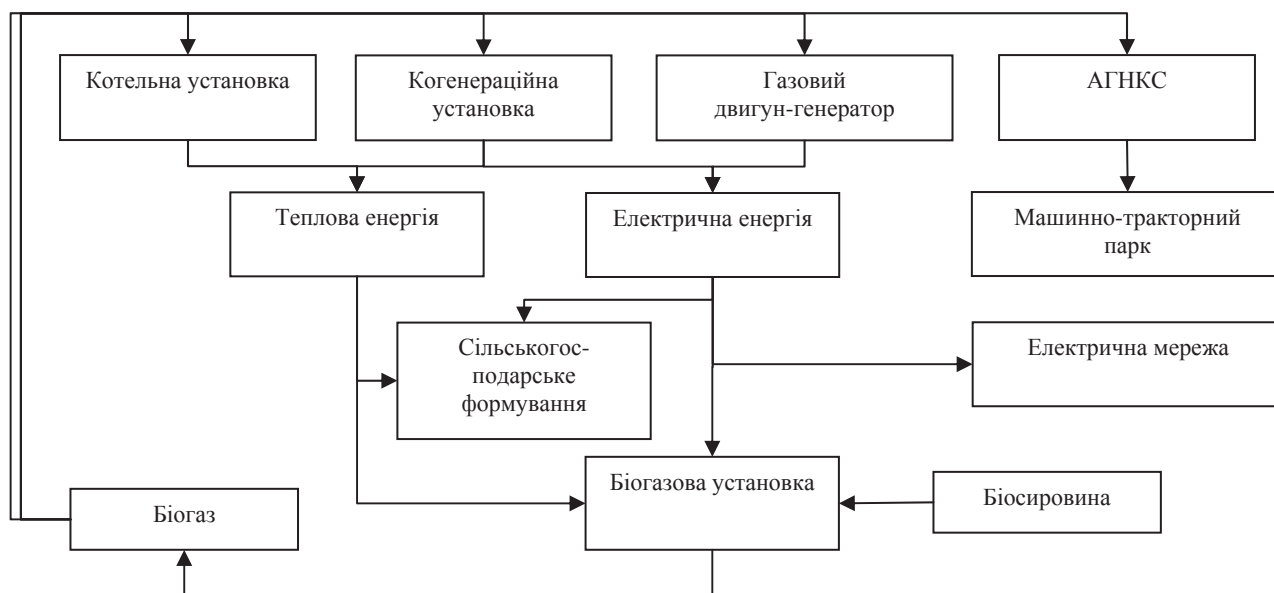


Рис. 3. Енергетичні потоки біогазового енергетичного комплексу

Джерело: Власна розробка.

Таким чином, маємо задачу оптимального розподілу енергетичного ресурсу з метою максимізації прибутку. Аналогічні задачі досліджувалися ще Д.Б. Юдіним і Є.Г. Гольштейном [12]. Однак питання використання біогазу було поза їхніх наукових інтересів.

Одержана за рахунок використання біогазу електрична енергія використовується для забезпечення технологічного процесу біогазової установки, власних потреб сільськогосподарського формування та продажу надлишку в загальну мережу. Теплова енергія, яка генерується у когенераційній установці або котлі, йде на забезпечення роботи БГУ й

потреб самого аграрного формування. У разі дефіциту енергетичних ресурсів для забезпечення роботи БГУ, їх можна одержати за рахунок електричної енергії із загальної мережі. Також можливе використання біогазу як моторного палива. Наше завдання полягає у розробці економіко-математичної моделі оптимального розподілу біогазу для одержання енергетичних ресурсів.

Для цього використовуватимемо індекси для використання біогазу: 1 – когенераційна установка, 2 – газовий двигун-генератор, 3 – газовий котел, 4 – заправка біогазом сільськогосподарської техніки. Витрату біогазу за i -м напрямом позначатимемо x_i (м³).

Як критерій економіко-математичної моделі пропонується розглядати річний економічний ефект від використання біогазу самим аграрним формуванням, яке його виробляє. Він становить різницю між вартістю енергетичних ресурсів (моторне паливо, електрична й тепла енергія), одержаних за допомогою біогазу, та витратами на придбання й експлуатацію відповідного енергетичного обладнання (когенераційна установка, теплогенеруюче обладнання, автомобільна газонаповнювальна компресорна станція). Метою математичного моделювання є визначення, на які енергетичні потреби і в яких обсягах доцільно використовувати одержаний біогаз для заміщення традиційних енергетичних ресурсів на максимально можливу вартість.

Таким чином, цільова функція, яка являє собою річний економічний ефект, матиме наступний вигляд:

$$W = E_e + E_m + E_n - \sum_{i=1}^n (E_{ci} \cdot K_i + EB_i) - W \cdot C_e - Q \cdot C_e \rightarrow \max \quad (1)$$

де E_e , E_m , E_n – валовий дохід від виробництва відповідно електричної енергії, теплової енергії та заміщення дизельного палива, грн; E_{ci} – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень в i -й напрям використання біогазу; K_i – капітальні вкладення потрібні в i -го напрямку використання біогазу, грн; n – кількість напрямів використання біогазу; EB_i – експлуатаційні витрати на обслуговування енергетичного обладнання за i -го напрямку використання біогазу, грн/рік; C_e – ціна електричної енергії, яку купує підприємство, грн/(кВт·год); W , Q – дефіцит відповідно електричної та теплової енергії, потрібної для забезпечення роботи БГУ, кВт·год.

Розглянемо складові валового доходу від заміщення енергетичних ресурсів. Електрична енергія:

$$E_e = \begin{cases} \left(\frac{x_1 + x_2}{be_e} - We_o \right) \cdot C_e & \text{при } \frac{x_1 + x_2}{be_e} \leq We_o + We_f \\ We_f \cdot C_e + \left[\frac{x_1 + x_2}{be_e} - We_o - We_f \right] \cdot C_e & \text{при } \frac{x_1 + x_2}{be_e} \geq We_o + We_f \end{cases} \quad (2)$$

де be_e – питома витрата біогазу на виробництво електричної енергії, м³/(кВт·год); We_o , We_f – річна потреба в електричній енергії відповідно БГУ та підприємства,

кВт·год; C_e – оптова ціна на електричну енергію, грн/(кВт·год).

Валовий дохід від використання теплової енергії:

$$E_m = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{be_h} + \frac{x_3}{be_b} \leq Qe_o \\ \left[\left(\frac{x_1}{be_h} - Qe_o \right) \cdot \frac{T_0}{365} - \frac{x_3}{be_b} \right] \cdot C_m & \text{при } Qe_o \leq \frac{x_1}{be_h} + \frac{x_3}{be_b} < Qe_o + Qe_f \end{cases} \quad (3)$$

де T_0 – річна тривалість потреби підприємства в тепловій енергії, діб; be_h , be_b – питома витрата біогазу на виробництво теплової енергії відповідно у когенераційній і котельній установках, м³/(кВт·год); Qe_o , Qe_f – річна потреба в тепловій енергії відповідно БГУ та підприємства, кВт·год; C_m – ціна теплової енергії, грн/(кВт·год).

Валовий дохід від заміщення дизельного палива біогазом:

$$E_n = \frac{x_4 \cdot Q_b}{\rho \cdot Q_d} \cdot C_d \quad (4)$$

де ρ – густина дизельного палива, $\rho = 0,83$ кг/л; Q_b , Q_d – нижча теплота згоряння відповідно біогазу й дизельного палива, МДж/м³ (МДж/кг); C_d – ціна дизельного палива, грн/л.

Дефіцит електричної та теплової енергії на забезпечення роботи БГУ визначаємо за формулами:

$$W = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{be} + \frac{x_2}{be} \geq Ne_o \\ We_o - \left(\frac{x_1}{be} + \frac{x_2}{be} \right) & \text{при } \frac{x_1}{be} + \frac{x_2}{be} < Ne_o \end{cases} \quad (5)$$

та

$$Q = \begin{cases} 0 & \text{при } \frac{x_1}{be_h} + \frac{x_3}{be_b} \geq Qe_o \\ Qe_o - \left(\frac{x_1}{be_h} + \frac{x_3}{be_b} \right) & \text{при } \frac{x_1}{be_h} + \frac{x_3}{be_b} < Qe_o \end{cases} \quad (6)$$

Розглянемо обмеження параметрів цільової функції. Обмеження по річному обсягу використання біогазу:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq V, \quad (7)$$

де V – річне виробництво біогазу, м³.

Обсяги теплової енергії, яка може бути вироблена, обмежується двома складовими. Перша – обмеження по її використанню для потреб БГУ і підприємства:

$$\left(\frac{x_1 \cdot T_0}{365 \cdot be_h} + \frac{x_2}{be_b} \right) \leq Qe_o + Qe_f \quad (8)$$

Друге обмеження зумовлено тим, що доbove використання біогазу теплогенерую-

чими потужностями не повинно перевищувати продуктивність БГУ. Ця умова має математичний запис:

$$V \geq x_1 + x_2 + x_3 \cdot \frac{365}{T_0}. \quad (9)$$

Тут ми не враховуємо одночасність використання біогазу на забезпечення аграрного формування у тепловій енергії та заміщення біогазом дизельного палива, тому що вони не збігаються у часі.

Обмеження по заміщенню дизельного палива, яке використовує аграрне формування, має також дві складові. Перша – це максимальна потреба у газоподібному паливі

$$x_4 \leq (1 - \lambda) \cdot M_d \cdot \frac{Q_b}{Q_d}, \quad (10)$$

де λ – частка запальної дози дизельного палива при роботі дизеля по газодизельному циклу; M_d – річна потреба аграрного формування в дизельному паливі, кг.

Друга – враховує тривалість і одночасність роботи сільськогосподарської техніки з іншими споживачами біогазу й обмежується добовою продуктивністю БГУ:

$$V \geq x_1 + x_2 + x_4 \cdot \frac{365}{T_{min}}, \quad (11)$$

де T_{min} – річна тривалість використання сільськогосподарської техніки, діб.

Таким чином сформульована цільова функція (1) та обмеження по використанню біогазу за різними напрямками. Для розв'язання зазначеної задачі було розроблено програму в середовище Excel із використанням вбудованої функції «Пошук рішення».

Розглянемо використання запропонованої математичної моделі на прикладі. Необхідно визначити оптимальне використання біогазу сільськогосподарським формуванням. Продуктивність біогазової установки становить 590,206 тис. м³ на рік.

Річна потреба БГУ в енергетичних ресурсах, МВт·год: електрична енергія – 92,968; тепла енергія – 449,356. Річна потреба сільськогосподарського формування в енергетичних ресурсах: електрична енергія – 1400 МВт·год; тепла енергія – 1100 МВт·год (протягом опалювального сезону тривалістю 168 діб); дизельне паливо – 100 м³.

Виконані розрахунки показують, що оптимальним є варіант використання біогазу для забезпечення роботи когенераційної установки, котла та заміщення дизельного палива, що відрізняється від варіанта, який зазвичай пропонують виробники й постачальники обладнання для БГУ (табл.).

Порівняння варіантів

Показник	Звичайний варіант	Оптимальний варіант
Витрати біогазу за різними напрямками, тис. м ³ :		
когенераційна установка	590,206	372,234
газовий котел	0	100,327
моторне паливо	0	117,644
Потужність когенераційної установки, кВт:		
електрична	150	94,6
теплова	178,9	112,1
Потужність котельної установки, кВт	0	123,2
Річне виробництво, тис. кВт·год:		
електричної енергії	1227,2	829,0
теплової енергії	1479,7	746,0
Заміщено дизельного палива, м ³	0	70
Додаткові капіталовкладення, тис. грн	1320	2027,5
Значення цільової функції, тис. грн	1776	2153,8

Джерело: Власні дослідження.

Висновки. Розроблено методику визначення оптимального напрямку використання біогазу аграрними формуваннями. Вона враховує вартість енергії, одержаної за рахунок газоподібного біопалива та витрати на технічні засоби його використання. Розрахунки показують, що застосування запропо-

нованої методики дає змогу скомпонувати біоенергетичний комплекс, який дає суттєво більший економічний ефект.

Напрямами подальших досліджень є розробка економіко-математичної моделі, яка враховує техніко-економічні параметри роботи біогазової установки.

Список використаних джерел

1. Агроекологія / [М.М. Городній, М.К. Шикила, І.М. Гудков та ін.]. – К.: Вища шк., 1993. – 416 с.
2. Біопалива (технологія, машини та обладнання) [В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та ін.]. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
3. *Варпиховський Р.Л.* Самозабезпеченість ферми енергоносіями при використанні новітніх технологій переробки гною / Р.Л. Варпиховський, А.В. Смірнова, Т.В. Варпиховська // Зб. наук. праць Вінницького нац. агр. ун-ту. – 2010. – Вип. 42, т. 2. – С.117–120.
4. Виробництво і використання біогазу в Україні / [Р.Шульц, Ю.Кооп, Ж.Хоххі та ін.]. – К.: Бізнесцентр «Євразія», 2012. – 74 с.
5. *Гавриш В.И.* Экономическая эффективность использования биогаза / В.И.Гавриш // Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 42, т. 4. – С.82–87.
6. *Друкований М.Ф.* Сучасні технології переробки біомаси в біогаз та органічні добрива / М.Ф. Друкований, О.С. Яремчук, О.В. Герега, В.Г. Літинський // Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 42, т. 2. – С. 125–140.
7. Економічне використання енергоресурсів у сільськогосподарському виробництві / В.Г. Бебко, С.Я. Меженій, В.Г. Стафійчук, В.Ф. Юрчук. – К.: Урожай, 1991. – 144 с.
8. *Корчемний М.Ф.* Енергозабезпечення в агропромисловому комплексі / М.Ф. Корчемний, В.С. Федорейко, В.В. Щербань. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2001. – 984 с.
9. *Куценко О.М.* Агроекологія / О.М. Куценко, В.М. Писаренко. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.
10. Новітні технології біоконверсії : моногр. / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуша, І.П. Григорук та ін.]. – К. : Аграр Медія Груп, 2010. – 326 с.
11. Поляки купуватимуть український біогаз // Farmer. – 2012. – Жовтень. – С.10.
12. *Юдин Д.Б.* Линейное программирование (теория, методы и приложения) / Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн. – М. : Наука, 1969. – 520 с.
13. *Яремчук О.С.* Ефективність використання інноваційних напрямків при переробці на біогаз відходів годівлі та утримання великої рогатої худоби / О.С. Яремчук, О.Л. Польова // Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 42, т. 2. – С. 107–112.
14. *Abbasi S.A.* Modelling and simulation of biogas system economics. – Ashish, India, 2005. – 380 p.
15. Biomethane from Dairy Waste. A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California / Ken Krich, Don Augenstein, JP Batmale, John Benemann, Brad Rutledge, Dara Salour. – USDA Rural Development, July 2005. – 282 p.
16. *Borjesson, P.* Biogas as a resource of efficient vehicle fuel / P.Borjesson, B.Mattiasson // Trends in Biotechnology. – 2007. – Vol . 26, #1. – P.7-13.
17. Enter the tractor with a bottle on top. – Farmer Weekly, 1982. – #1. – P.69.
18. *Gora B.* Produkcja biogazu z gnojowicy i obornika w gospodarstwach rolnych. – Warszawa: Wyd. CBR, 1985.
19. *Riipinen, T.* Valtra Dual Fuel Biogas Tractor / T.Riipinen, A.Chantrelle // Biogaz Europe. Nantes, France. – 25-26 October 2011.

Стаття надійшла до редакції 25.07.2013 р.

*

UDS 330.338

*L.V. KOZAK, Ph.D. (Economics), Associate Professor,
Dean of the Faculty of Economics
National University “Ostroh Academy”*

Connection of the intensive methods of manufacturing and the financial outcomes in agricultural enterprises

Scientific problem. Over the recent decade, Ukraine has successfully expanded grain trading to the global agricultural market, however, current state and trends of the meat production

indicate the lack of competitiveness of domestic producers. It dictates the usefulness of the study of the factors that can improve the position of Ukraine in the market and raise financial profits in the domestic agricultural industry. A number of scientists and experts consider that

© L.V. Kozak, 2014