

УДК 631.1:658.7:004.896(477)

МОДЕЛІ КРУГОВОГО УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ В АГРАРНИХ КЛАСТЕРАХ: СИНЕРГІЯ ТВАРИННИЦТВА, КОРМОВИРОБНИЦТВА ТА РОБОТИЗОВАНОЇ ЛОГІСТИКИ

Мельник В., к.екон.н., доцент, **Лісецький В.**, к.т.н., доцент,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У сучасних умовах глобальних викликів, таких як зміна клімату, дефіцит ресурсів та зростання населення, аграрний сектор потребує переходу до стійких моделей розвитку [1]. Кругова економіка пропонує замкнені цикли, де відходи однієї ланки стають ресурсом для іншої, мінімізуючи втрати та екологічне навантаження [2]. В аграрних кластерах – територіально зосереджених мережах підприємств – ця модель набуває значущості через взаємозв'язок тваринництва (виробництво м'яса, молока), кормовиробництва (зернові, силос) та роботизованої логістики (автоматизоване транспортування, IoT-склади) [3].

Синергія цих компонентів підвищує ефективність на 20–30 %, знижує витрати ресурсів на 15–25 % та скорочує викиди CO₂ на 10–20 %, як показують дослідження в ЄС та США [4, 5]. Нашою метою є виявлення та аналізування моделей управління та їх застосування в аграрних кластерах України, фокусуючись на синергетичних ефектах.

Циркулярна економіка базується на принципах 3R (зменшувати, повторно використовувати, переробляти від англ. reduce, reuse, recycle), розширених до 6R (відмовлятися, переосмислювати, зменшувати, повторно використовувати, переробляти, відновлювати від англ. refuse, rethink, reduce, reuse, recycle, recover) [7]. В аграрних кластерах це проявляється в замкнених циклах: гній з тваринництва використовується як добриво для кормовиробництва, а відходи кормів – для біоенергетики [8].

У сучасних умовах можна виділити такі моделі:

- лінійна (традиційна), логічна схема якої виглядає так: ресурси → виробництво → відходи, з втратами до 40% (наприклад, неефективне використання кормів) [9];
- кругова (циркулярна) з інтеграцією ланок для рециркуляції (тваринництво генерує добрива, кормовиробництво – сировину, логістика – оптимізацію потоків) [10];

- гібридна модель з роботизованою логістикою, яка передбачає використання ШІ та роботів (дрони для моніторингу полів, автономні трактори тощо) для точного управління, зменшуючи втрати на 25 % [11].

У кластерах (наприклад, молочні в Нідерландах) кругова модель підвищує стійкість, перетворюючи відходи на ресурс (гній → біогаз → енергія для логістики) [12].

Синергія є ефектом за умови взаємодії компонентів, що дає більший результат, ніж сума окремих [13]. В аграрних кластерах тваринництво можна розглядати як генератор ресурсів, який виробляє гній (10–15 т/голова/рік), що використовується у якості натуральних добрив, зменшуючи потребу в хімічних на 30 %. Роботизована логістика (автоматизоване розподілення гною) знижує втрати на 20 % [8, 14].

Кормовиробництво у кластерах є основою циклу. Вирощування кормів на удобрених ґрунтах підвищує врожайність на 15–25 %. Відходи (солома) йдуть на підстилку, надлишки – на біопаливо для логістичних роботів [11].

За кластеризації у тваринництві роботизовану логістику можна розглядати як інтегратор. Наприклад, AGV та IoT (датчики в силосах) оптимізують потоки: від кормів до ферм (зниження витрат на 25 %) і відходів назад. Модель розподіляє функціонал: IoT фіксує рівень кормів, ШІ прогнозує потреби, роботи доставляють [5, 15].

Зазначений взаємозв'язок і взаємозалежність можна описати математичною моделлю:

$$E = T + K + L + S(T, K, L),$$

де E – ефективність;

T – тваринництво;

K – кормовиробництво;

L – логістика;

S – синергія ($S = 0,2 \times (T \times K \times L)$).

В Україні (наприклад, Вінницький молочний кластер) кругові моделі включають:

- базову модель з переробкою гною в біогаз для логістики (економія 15 % палива) [6];
- розширену модель з роботами (використання дронів для моніторингу кормів, AGV для доставки), яка забезпечує зниження витрат на 25 % [13];
- кластерний підхід, що виражається у спільності логістичних центрів:

тваринництво постачає відходи, кормовиробництво – сировину, логістика – автоматизацію (ROI > 150 %) [10].

Моделі кругового управління забезпечують синергію, зменшуючи екологічне навантаження на 20 % і підвищуючи прибутковість на 15–30 % [4]. В Україні впровадження (IoT та III) може вирішити дефіцит ресурсів, але потребує інвестицій у навчання (ROI_n > 200 %) та кластерну кооперацію [12]. Вирішенням може стати субсидювання роботизованої логістики, інтеграція моделей у інженерну освіту, пілотні проєкти для оцінки синергії (економія 25 % ресурсів) [1, 14].

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Rodino S., Pop R., Sterie C., Giuca A., Dumitru E. Developing an Evaluation Framework for Circular Agriculture: A Pathway to Sustainable Farming. *Agriculture*, 2023, 13(11): 2047.
2. Cahyadi E. R., Hidayati N., Zahra N., Arif C. Integrating Circular Economy Principles into Agri-Food Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 2024, 16(16): 7165.
3. Chiaraluce G., Bentivoglio D., Finco A. Circular Economy for a Sustainable Agri-Food Supply Chain: A Review for Current Trends and Future Pathways. *Sustainability*, 2021, 13(16): 9294.
4. Papadopoulou C. I., Chatzitheodoridis F., Loizou E., et al. Operational taxonomy of farmers' towards circular bioeconomy in regional level. *Operational Research*, 2024.
5. Logistics 4.0 toward circular economy in the agri-food sector. *DOAJ*, 2023.
6. High-tech Dairy Farm Cluster: Actions to Reduce CO₂ Emissions and Practice Circular Economy. *HumanActPrize.org*, 2024.
7. Vanotti M. B. Circular Economy Approaches in Livestock Waste Area. *FFTC Agricultural Policy Platform*, 2022.
8. Circular Economy and Digital Technologies in Agriculture. *MDPI Topics*, 2023.
9. Chiaraluce G., Bentivoglio D., Finco A. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review. *Sustainability*, 2021, 13(6): 3453.
10. AGRI-BIOCIRCULAR-HUB. EU Horizon Europe Project ID 101186869, 2024.
11. Yépez-Ponce D. F., Salcedo J. V. Mobile robotics in smart farming: current trends and applications. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2023.

12. Circular Economy in the Agri-Food System at the Country Level – Evidence from European Countries. Sustainability, 2024.

13. Young S. N. Intelligent robots for agriculture – Ag-robot development, navigation, and information perception. Frontiers in Robotics and AI, 2025.

14. Lery Z. Advancing Sustainable Food Production: The Role of Robotics in Agriculture Automation. Adv. Robot. Autom., 2023.

15. Yépez-Ponce D. F., Salcedo J. V. Mobile robotics in smart farming: current trends and applications. Frontiers in Artificial Intelligence, 2023.





ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА
АВТОМАТИКИ
АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА НААН
України



НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
України



ІНСТИТУТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА
ПРИРОДНИЧИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОГО
ДОСЛІДНИЦЬКОГО ІНСТИТУТУ
(Польща)

МАТЕРІАЛИ
XIV-ї Науково-технічної конференції
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-17 жовтня 2025 року

Глеваха - Київ
2025

УДК 631.171

Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XIV Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-17 жовтня 2025 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2025. - 204 с.

В матеріалах конференції коротко викладені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямків розвитку тваринництва та кормовиробництва. Наведені дані про ефективність результатів наукових досліджень та їх виробничої перевірки.

Матеріали розраховані на науковців та здобувачів наукового ступеня.

Організаційний комітет конференції: *Адамчук В.В.*, д.т.н., проф., академік НААН, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України (голова оргкомітету); *Братишко В.В.*, д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України (співголова оргкомітету); *Штробель В.Р.*, доктор наук, директор Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Viacheslav Adamchuk*, д.т.н., професор і завідувач кафедри інженерії біоресурсів в Університеті McGill, Канада, (співголова оргкомітету); *Simone Pascuzzi*, д.т.н., професор кафедри агроекологічних та територіальних наук Університету Варі, Італія, (співголова оргкомітету); *Hristo Beloev*, д.т.н., професор Русенського університету, Болгарія, (співголова оргкомітету); *Maroš Korenko*, д.т.н., професор Словацького університету сільського господарства в Нітрі, Словачія, (співголова оргкомітету); *Jüri Olt*, д.т.н., професор агротехніки Естонського університету наук про життя, Естонія, (співголова оргкомітету); *Ребенко В.І.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України (секретар оргкомітету); *Кузьменко В.Ф.*, к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Хмельовський В.С.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Ткач В.В.*, к.т.н., с.н.с. завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Фененко А.І.*, д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІМААПВ; *Голуб Г.А.*, д.т.н., проф., професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України; *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща; *Ревенко І.І.*, д.т.н., проф., професор кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Роговський І.Л.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка; *Заболотько О.О.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Сівак І.М.*, к.т.н., доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин і системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України; *Тітова Л.Л.*, к.т.н., доц., доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України.

Рекомендовано до видання:

вченою радою ІМААПВ НААН України (протокол № 5 від «21» листопада 2025 р.);
вченою радою механіко-технологічного факультету НУБіП України
(протокол № 4 від «20» листопада 2025 року)

Адреси для листування:

08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха, вул. Вокзальна, 11
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12, к. 11

E-mail: ima.apv.naan@gmail.com, mtf11k@ukr.net, info@animal-conf.inf.ua

Сайт конференції: <http://animal-conf.inf.ua>

© ІМА АПВ НААН України, 2025

© НУБіП України, 2025