

УДК 631.3:620.9

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ**  
**ENERGY CONSERVATION IN AGRICULTURAL ENGINEERING:**  
**MODERN APPROACHES**

**Надія Ювчик, Оксана Валецька, Ольга Змієвська**

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
Рівне, Україна*

Енергозбереження в агроінженерії в сучасних умовах виступає не лише як інструмент зниження витрат виробництва, але й як стратегічний напрям забезпечення сталого розвитку аграрного сектору, що поєднує економічні, екологічні та технологічні аспекти функціонування сільського господарства. Зростання вартості енергоресурсів, обмеженість викопних джерел енергії, посилення екологічних вимог та глобальні кліматичні зміни формують нові виклики, які вимагають переходу до енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій. При цьому аграрне виробництво залишається однією з найбільш енергоємних галузей економіки, де значна частка витрат припадає на виконання механізованих технологічних операцій, транспортування продукції, сушіння зерна та утримання виробничої інфраструктури.

Однією з ключових проблем є низький рівень енергоефективності традиційних технологій, що зумовлено використанням застарілого машинно-тракторного парку, недосконалістю конструкцій робочих органів і відсутністю оптимізації режимів роботи техніки. У багатьох господарствах техніка експлуатується без урахування фактичного навантаження, агрофізичних властивостей ґрунту та умов рельєфу, що призводить до перевитрат пального, підвищеного зношування обладнання та неефективного використання енергетичних ресурсів. Додатковим фактором є нераціональна організація виробничих процесів, зокрема дублювання операцій, неузгодженість технологічних етапів та відсутність чіткого планування робіт [1, 2].

Суттєвий вплив на рівень енергоспоживання має обробіток ґрунту, який є одним із найбільш енерговитратних процесів у рослинництві. Використання традиційної оранки супроводжується значними витратами пального та сприяє ущільненню ґрунту, що негативно впливає на його структуру та водопроникність. У зв'язку з цим важливим напрямом енергозбереження є впровадження мінімального та нульового обробітку ґрунту, які дозволяють скоротити кількість технологічних операцій, зменшити навантаження на ґрунт і знизити енергетичні витрати.

Вагомим резервом підвищення енергоефективності є вдосконалення конструкцій сільськогосподарських машин. Оптимізація геометричних параметрів робочих органів, зменшення їх тягового опору, використання сучасних матеріалів і технологій виготовлення дозволяють знизити енергоспоживання при виконанні технологічних операцій. Значну роль відіграє також використання комбінованих агрегатів, які виконують декілька операцій за один прохід, що дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю і, відповідно, витрати пального [3, 4].

Сучасні підходи до енергозбереження нерозривно пов'язані з цифровізацією аграрного виробництва. Використання систем точного землеробства, автоматичного водіння та моніторингу технічного стану машин дозволяє оптимізувати режими роботи техніки, мінімізувати перекриття і пропуски, забезпечити точне виконання технологічних операцій. Застосування датчиків і телематичних систем дає змогу контролювати витрати пального в реальному часі, аналізувати ефективність роботи агрегатів і виявляти резерви для її підвищення.

Окремим напрямом є використання альтернативних і відновлюваних джерел енергії в аграрному виробництві. Біогазові установки дозволяють переробляти органічні відходи тваринництва та рослинництва з отриманням енергії і органічних добрив, що сприяє формуванню замкнених циклів виробництва. Використання сонячної енергії для забезпечення роботи систем зрошення, вентиляції та освітлення, а також впровадження вітрових установок створює передумови для енергетичної автономії фермерських господарств.

Важливим аспектом є також оптимізація логістичних процесів і транспортних операцій, які часто залишаються поза увагою, але формують значну частку енергетичних витрат. Рациональне планування маршрутів руху техніки, використання сучасних транспортних засобів і систем управління логістикою дозволяють зменшити витрати пального і підвищити ефективність перевезень.

Разом із тим впровадження енергозберігаючих технологій супроводжується низкою проблем, серед яких можна виділити високі початкові інвестиції, недостатній рівень державної підтримки, обмежений доступ до фінансових ресурсів і недостатню підготовку персоналу. Важливим є також питання адаптації технологій до конкретних умов господарства, оскільки універсальні рішення не завжди забезпечують очікуваний ефект. Крім того, існує необхідність розробки методик оцінювання енергоефективності, які враховують специфіку аграрного виробництва та дозволяють об'єктивно оцінювати результати впровадження інновацій.

Перспективним напрямом розвитку енергозбереження є інтеграція технологій штучного інтелекту та аналізу великих даних, які дозволяють прогнозувати енергетичні витрати, оптимізувати режими роботи техніки та підвищувати ефективність управління виробничими процесами. Використання цифрових двійників аграрних систем дає змогу моделювати різні сценарії функціонування господарства і визначати найбільш енергоефективні технологічні рішення.

Енергозбереження в агроінженерії слід розглядати як системоутворюючий елемент модернізації аграрного виробництва, що поєднує технічні інновації, цифрові технології, організаційні рішення та екологічні підходи. Узагальнення сучасних тенденцій свідчить, що підвищення енергоефективності можливе лише за умов комплексного впливу на всі складові виробничого процесу — від оптимізації конструкцій машин і робочих органів до впровадження ресурсозберігаючих технологій обробки ґрунту, цифрових систем управління та альтернативних джерел енергії. Особливо важливим є перехід від фрагментарних заходів до інтегрованих енергетичних стратегій господарств, які базуються на аналізі повного енергетичного балансу, оцінці витрат на кожному етапі виробництва та впровадженні систем моніторингу і контролю енергоспоживання.

Отримані узагальнення підтверджують, що найбільший ефект енергозбереження досягається при поєднанні технічної модернізації машинно-тракторного парку з оптимізацією технологічних процесів та впровадженням цифрових рішень, зокрема систем точного землеробства, автоматичного водіння, телеметрії та аналітики даних. Водночас доведено, що енергоефективність агровиробництва значною мірою залежить від адаптації технологій до конкретних природно-кліматичних умов, структури ґрунтів, спеціалізації господарства та рівня підготовки персоналу. Це зумовлює необхідність індивідуалізації підходів до впровадження енергозберігаючих рішень і розвитку науково обґрунтованих методик їх оцінювання.

Перспективи розвитку енергозбереження в агроінженерії пов'язані з поглибленням інтеграції інтелектуальних систем управління, технологій штучного інтелекту, Інтернету речей і цифрових двійників, що дозволить перейти до прогнозно-аналітичної моделі управління енергоспоживанням. Значний потенціал має також розширення використання відновлюваних джерел енергії, формування енергетично автономних агропідприємств та впровадження замкнених циклів виробництва, що забезпечують максимальне використання вторинних ресурсів.

У підсумку, енергозбереження є не лише економічною необхідністю, а й стратегічним напрямом підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору, забезпечення його екологічної безпеки та відповідності сучасним глобальним вимогам сталого розвитку. Реалізація комплексного підходу до енергоефективності створює передумови для формування інноваційної моделі аграрного виробництва, здатної забезпечити стабільне зростання продуктивності при одночасному зниженні ресурсних витрат і мінімізації впливу на довкілля.

### Список використаних джерел

1. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України: монографія. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2010. – 312 с.

2. Тараріко Ю.О., Ільєнко Т.В., Сайдак Р.В. Енергозберігаючі агротехнології в системах землеробства України // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 3. – С. 5–10.

3. Медведєв В.В. Енергетичні та екологічні аспекти обробітку ґрунту в Україні. – Харків: КП «Міська друкарня», 2008. – 284 с.

4. Булгаков В.М., Головач І.В., Березовий М.Г. Машини для обробітку ґрунту: теорія і розрахунок: навчальний посібник. – Київ: НАУ, 2012. – 464 с.

**UDC 631.5:004:528**

**THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN FORECASTING AND PROGRAMMING CROP YIELDS**  
**ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ПРОГНОЗУВАННІ ТА ПРОГРАМУВАННІ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

**Bohdan Parkhuts**

*Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv  
Lviv, Ukraine*

The current stage of development in the agricultural sector is characterised by profound transformation, driven by the introduction of digital technologies, big data analysis tools and automated management systems. In the context of climate change, unstable weather conditions and the growing anthropogenic pressure on agroecosystems, improving the accuracy of yield forecasting and the efficiency of production process programming in crop farming is of particular importance.

Yield forecasting and programming are interrelated components of modern agricultural management, ensuring scientifically sound planning of agricultural production. Traditional approaches, based on statistical generalisations, are gradually giving way to integrated digital models capable of accounting for a significant number of factors in real time.

Forecasting crop yields is a complex systemic process based on the analysis of the interaction between biotic and abiotic factors. Key factors influencing crop yield include climatic conditions, the agro-physical and agro-chemical properties of soils, the genetic potential of crops, and cultivation technologies [5, 8].

Modern approaches to forecasting involve the use of: statistical models, mathematical modelling, plant growth simulation models, and machine learning algorithms.

A distinctive feature of modern models is their ability to account for non-linear dependencies and complex interrelationships between factors. This ensures greater forecast accuracy compared to traditional methods.

Yield programming, in turn, involves actively influencing the yield formation process by optimising agronomic practices. It is based on determining a target yield level and developing a system of measures to achieve it [8].

An important condition for effective programming is taking into account the farm's resource potential and environmental constraints.

The effectiveness of yield forecasting depends to a large extent on the quality and completeness of the information available. In modern conditions, the information base is formed through the integration of various data sources: meteorological observations, soil surveys, remote sensing results, field sensor data, and historical agronomic data [1, 8].

The use of digital platforms allows this data to be consolidated into a single system and utilised to build predictive models.

Of particular importance is the spatio-temporal analysis of data, which ensures that the dynamics of changes in crop growing conditions are taken into account.