

УДК 338.43

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/186-12>**Мікуліна М.О.**кандидат економічних наук, доцент кафедри агроінжинірингу,  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6918-5192>**Богінська Л.О.**кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою,  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8635-7980>**Поливаний А.Д.**здобувач вищої освіти,  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-7186>**Mikulina Marina, Boginska Ludmila, Polyvaniy Anton**  
Sumy National Agrarian University

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

В роботі описані сучасні методи та способи визначення рельєфу та оцінка його економічної ефективності, які включають використання глобальної позиційної системи (GPS): за допомогою супутникової навігації можна встановити точне положення в реальному часі і збирати дані про висоту точок на полі, ці дані можуть бути використані для визначення кута нахилу поверхні; лазерного сканування: в СТЗ можуть використовуватися лазерні сканери, які сканують поверхню поля і створюють точну тривимірну модель рельєфу, що буде, крім іншого, містити інформацію про кути нахилу поверхні в різних частинах поля; диференційної геодезії: допомогою спеціальних геодезичних інструментів можна визначити кут нахилу і створити цифрову модель рельєфу; та дистанційного зондування: в СТЗ також можуть використовувати дистанційне зондування, таке як супутникові зображення або аерофотознімки, для аналізу рельєфу поля. За допомогою спеціального програмного забезпечення можна обробити ці зображення і визначити кут нахилу різних ділянок поля. Згідно отриманих даних, обробка поля з рельєфом 15%, відносно поля з рельєфом 2%, призводить до зростання витрати палива та паливо-мастильних матеріалів в середньому, для 5 агрегатів різного складу, на 45,5 та 48% відповідно. Інші показники погіршуються в середньому на 1,66 – 3,88%. Все це, в результаті, призводить до суттєвого збільшення прямих експлуатаційних витрат машинного агрегату на обробку одного гектару поля.

**Ключові слова:** системи точного землеробства (PAS), глобальна система позиціонування (GPS), експлуатаційні витрати, рельєф, економічна ефективність.

## ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE IMPLEMENTATION OF THE PRECISION AGRICULTURE SYSTEM

The work describes modern methods and methods of determining the terrain and assessing its economic effect, which include the use of the global positioning system (GPS): with the help of satellite navigation, it is possible to establish an exact position in real time and collect data on the height of points on the field, this data can be used to determine the angle of inclination of the surface; laser scanning: laser scanners that scan the surface of the field and create an accurate three-dimensional model of the relief, which will, among other things, contain information about the angles of inclination of the surface in different parts of the field can be used in STZ; differential geodesy: with the help of special geodetic tools, you can determine the angle of inclination and create a digital model of the terrain; and Remote Sensing: Remote sensing, such as satellite imagery or aerial photography, can also be used in STPs to analyze field topography. With the help of special software, you can process these images and determine the angle of inclination of different sections of the field. The problems of increasing the efficiency of the use of land within the framework of agricultural land use, taking into account the system of precision farming in the process of intensification of agricultural production, are a component of the unified state ecological and economic policy, which ensures the rational use, protection and management of land resources, as well as the formation of information about their natural, legal and economic condition. The general level of growth of costs for cultivation of 1 hectare of field when the slope increases from 2 to 15% varies from 7.6% to 11.38%, depending on the machine unit. An increase in field surface slope between 0% and 20% results in a modest increase in direct operating costs, averaging 0.766%, for each successive percent of slope. According to the obtained data, processing a field with a relief of 15%, relative to a field with a relief of 2%, leads to an increase in the consumption of fuel and fuel-lubricating materials on average, for 5 units of different composition, by 45.5 and 48%, respectively. Other indicators deteriorate by an average of 1.66 – 3.88%. All this, as a result, leads to a significant increase in the direct operating costs of the machine unit for processing one hectare of field.

**Keywords:** precision agriculture systems (PAS), global positioning system (GPS), operating costs, terrain, economic efficiency.

**JEL Classification:** Q15

**Постановка проблеми.** Україна активно розвиває системи точного землеробства і вже має певний рівень їх впровадження. На сьогоднішній день ми знаходимося на початковому етапі їх розвитку, порівняно з країнами західної Європи. Використання СТЗ в Україні стає все більш поширеним серед сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств. Ключовими напрямками впровадження СТЗ в Україні є визначення рельєфу поля, контроль якості обробки ґрунту, точне розподілення добрив, захист рослин, оптимізація поливу та інші аспекти землеробства [3; 4].

В останні роки спостерігається активне усвідомлення ефективності та зростання інтересу до СТЗ серед аграріїв нашої країни та світу взагалі. Україна має значний економіко-технічний потенціал для подальшого розвитку систем точного землеробства, використання новітніх технологій та методів, а також інтеграцію з вже наявними агротехнологіями для досягнення більшої продуктивності, економічності та ефективності сільського господарства.

Крім того, на сьогоднішній день існує потреба в оцінці економічної ефективності використання СТЗ для визначення рельєфу поля. Які саме переваги та вплив на техніко-економічні показники роботи машинного агрегату надає використання СТЗ для визначення рельєфу? Які є конкретні показники економічної ефективності та які зміни відбуваються в роботі машинного агрегату при різних кутах нахилу поверхні поля? Ці питання є актуальними тому, що їх вирішення сприяють зниженню витрат за рахунок раціонального використання сільськогосподарської техніки, веденню раціонального землекористування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень на тему визначення рельєфу сільськогосподарського поля за допомогою новітніх систем точного землеробства та оцінка його економічного впливу на агровиробництво показав, що дана проблематика є малодослідженою, особливо зі сторони українських науковців, а тому вимагає детального опрацювання.

Дослідники, такі як Данкевич В.С. [1], Копішинська О.П. [2], Панкова Л. [5] та інші, звернули увагу на важливість та способи використання даних супутникової зйомки в СТЗ для дослідження рельєфу полів, економічну та виробничу ефективність впровадження СТЗ в український агробізнес.

**Мета статті:** дослідити сучасні методи і способи визначення рельєфу, оцінку впливу кута нахилу поверхні поля на техніко-економічні показники роботи машинного агрегату, встановлення залежностей між кутом нахилу поверхні поля та збільшенням прямих експлуатаційних витрат машинного агрегату на обробку одного гектару поля за інших рівних умов.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** Економічна ефективність сільськогосподарського виробництва є комплексним поняттям, яке відображає ступінь впливу ряду факторів на економію ресурсів матеріальної та енергетичної групи.

Економічна ефективність точного землеробства має місце при поліпшенні підсумкових показників аграрного виробництва при: збільшенні прибутку за рахунок підвищення врожайності сільгоспкультур, якості продукції, скорочення витрат праці та зниження собівартості виробництва продукції. Технології точного

землеробства є однією з найперспективніших груп ресурсозберігаючих технологій в аграрному виробництві. Їх застосування спрямоване на підвищення ефективності виробництва через диференційовану дію на систему «ґрунторослина», враховуючи просторову та тимчасову мінливість параметрів родючості та стану рослин [1].

Системи точного землеробства – це комплекс технологій та методів, які використовуються для збору, обробки та аналізу геопросторової інформації з метою покращення ефективності сільськогосподарського виробництва. Вони базуються на використанні сучасних інструментів, таких як глобальна позиційна система (GPS), географічні інформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування, автоматизовані системи керування сільськогосподарською технікою тощо.

Кут нахилу сільськогосподарського поля може бути різним і варіюватися від плоского до досить крутого. Ось деякі загальні категорії рельєфу поля та їх опис [4]:

1. Плоский рельєф (нахил 0-2%): цей тип рельєфу характеризується майже повністю рівною поверхнею без помітних нахилів або схилів. Він дозволяє легке проведення механізованого обробітку ґрунту.

2. Рельєф з помірним нахилом (нахил 2-8%): такий рельєф може мати помірні нахили або схили. Він вимагає застосування деяких конструктивних рішень, щоб запобігти ерозії ґрунту.

3. Крутий рельєф (нахил 8-15%): крутий рельєф вимагає спеціальних заходів для запобігання ерозії і руйнування ґрунту. Такі поля можуть вимагати терасування або інших інженерних рішень для забезпечення стабільності.

4. Дуже крутий рельєф (нахил > 15%): цей тип рельєфу відноситься до дуже крутих схилів або гірських територій. Вирощування сільськогосподарських культур на такому рельєфі може бути складним і вимагати спеціальних методів, таких як терасування або спеціальні системи поливу. Проведення механізованого обробітку ґрунту на полі з таким нахилом значно ускладнене [3].

Для визначення економічного впливу кута нахилу поля на прями експлуатаційні витрати агрегату, необхідно, спершу, знайти всі складові прямих експлуатаційних витрат та визначити вплив на них рельєфу.

Загальний рівень зростання витрат на обробіток 1 га поля при збільшенні нахилу з 2 до 15% варіюється від 7,6% до 11,38%, в залежності від машинного агрегату. Зростання кута нахилу поверхні поля в діапазоні від 0% до 20% призводить до помірного збільшення прямих експлуатаційних витрат, в середньому на 0,766%, для кожного наступного відсотка нахилу [4].

Витрати на пальне МА для обробітку одного га поля знаходимо за формулою (1). Підвищення сил опору підйому значно збільшує ефективну потужність агрегату, що, в свою чергу, впливає на його витрату палива та мастил, збільшуючи витрати на пальне та ПММ для обробітку 1 га поля [2]:

$$C_n = \frac{ВП * V_d}{П}, \quad (1)$$

де,  $C_n$  – витрати на паливо, грн/га;

ВП – витрата палива ЕЗ, кг/га;

$V_d$  – вартість дизельного палива, прийняти за 49 грн/л;

П – продуктивність МА, га/год.

Витрати на паливо-мастильні матеріали для ЕЗ та АМ знаходимо за формулою (2) [2]:

$$C_{ПММ} = \frac{0.04 * ВП * V_{ПММ}}{П}, \quad (2)$$

де,  $C_{ПММ}$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га;

$V_{ПММ}$  – комплексна вартість паливо-мастильних матеріалів, прийняли за 280 грн/кг.

Прямі експлуатаційні витрати на виконання агро-робіт розраховується за формулою (3). Вплив кута нахилу поля на амортизацію, витрати на ТО й ремонт та оплату праці водіїв вкрай незначний, це буде доведено далі, тому детально принципи їх знаходження у даній роботі не розглядалися [1]:

$$Q = C_n + C_{ПММ} + C_v + A + C_{ТО} \quad (3)$$

де, Q – собівартість виконання агроробіт, грн/га;

A – амортизаційні відрахування, грн/га;

$C_{ТО}$  – витрати на ТО та ремонт, грн/га;

$C_v$  – витрати на оплату праці водіїв, грн/га.

Загальний рівень зростання витрат на обробіток 1 га поля при збільшенні кута нахилу його поверхні з 2 до 15% для 5 МА, що розглядалися, наступний:

МА 1: при  $\theta = 2\%$ : 703 грн/га, при  $\theta = 15\%$ : 783 грн/га, ріст на 11,38%;

МА 2: при  $\theta = 2\%$ : 572 грн/га, при  $\theta = 15\%$ : 626 грн/га, ріст на 9,44%;

МА 3: при  $\theta = 2\%$ : 595 грн/га, при  $\theta = 15\%$ : 659 грн/га, ріст на 10,76%;

МА 4: при  $\theta = 2\%$ : 610 грн/га, при  $\theta = 15\%$ : 662 грн/га, ріст на 8,52%;

МА 5: при  $\theta = 2\%$ : 671 грн/га, при  $\theta = 15\%$ : 722 грн/га, ріст на 7,6%;

В середньому зростання на 9,52%: з 630 грн/га до 690 грн/га.

Аналізуючи отримані результати досліджень, можемо констатувати, що зміна кута нахилу поверхні поля має значний вплив на економічні показники роботи машинних агрегатів. Особливо великий вплив спостерігається на показники енергетичної ефективності.

Зростання кута нахилу поверхні поля в діапазоні від 0% до 20% призводить до помірного збільшення прямих експлуатаційних витрат, в середньому на 0,766% для кожного наступного відсотка нахилу. Загальний рівень зростання витрат на обробіток 1 га поля при збільшенні нахилу з 2 до 15% варіюється від 7,6% до 11,38%, в залежності від машинного агрегату [5].

На даний час зарубіжна та вітчизняна література не має загальноприйнятого визначення визначення «точне землеробство», виходячи з вимог комплексної ефективності (рис. 1).

У сучасних умовах господарювання багато аграрних формувань знаходяться в пошуку шляхів виходу з економічної кризи з мінімальними для себе витратами. Одним із напрямків сприяння «життєздатності» аграрного підприємства є використання системи точного землеробства в аграрному виробництві (рис. 2).

Кожен етап (блок) складається з ряду процедур. Так, для першого етапу актуальними є наявність наступних процедур, сутність яких складається з: комплектування команди, яка формується із спеціалістів, до яких висуваються спеціальні вимоги (присутність аналітичного складу розуму, добутий досвід управлінської діяльності, вміння командної співпраці тощо); попередньої фахової підготовки усіх членів команди (ознайомлення з методикою прове-



Рис. 1. Система оцінювання комплексної ефективності застосування технологій точного землеробства

Джерело: складено авторами

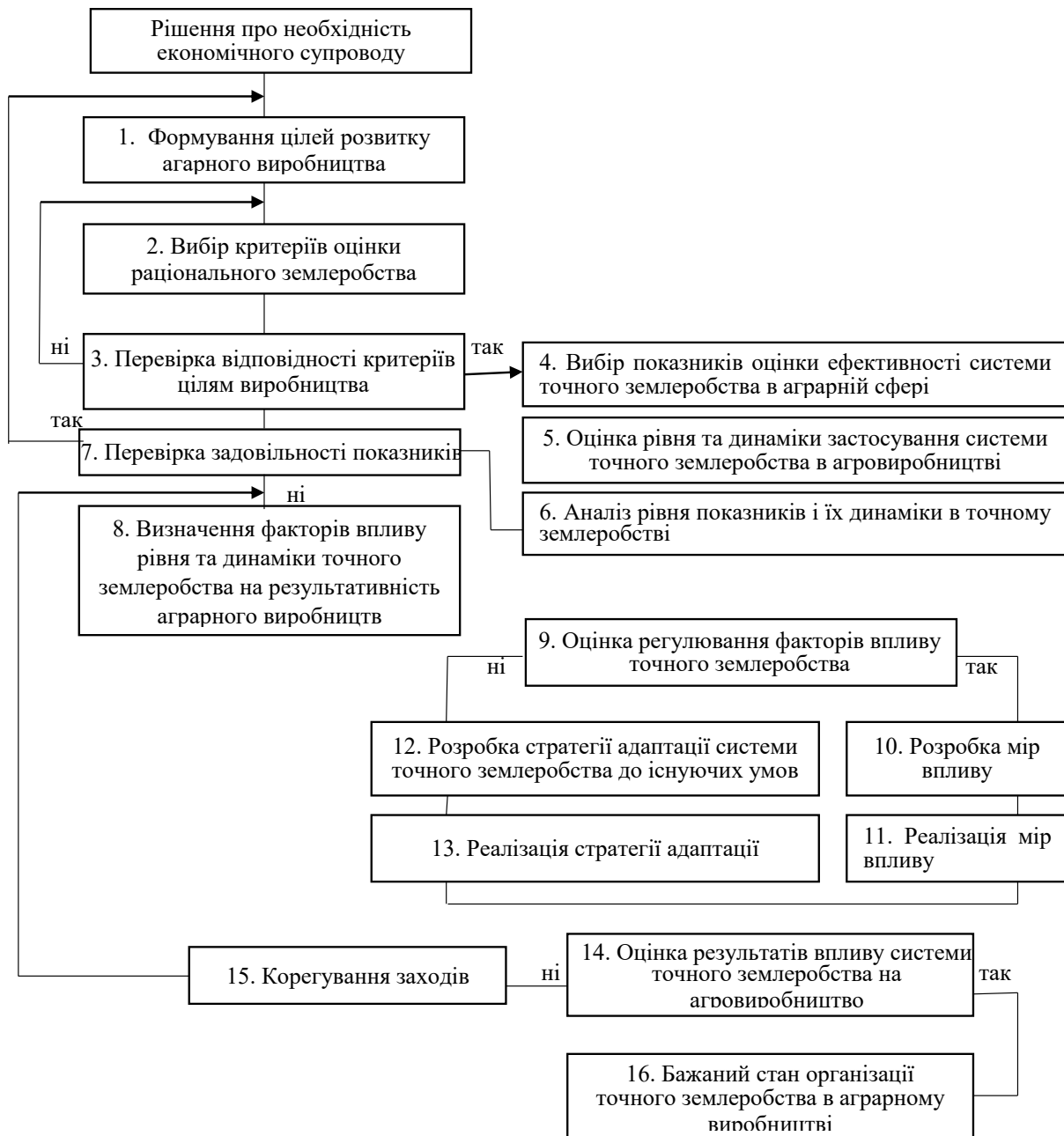


Рис. 2. Блок-схема алгоритму управління розвитком системи точного землеробства в аграрній сфері

Джерело: розроблено авторами

дення аналізу щодо ефективності дії системи точного землеробства); побудови дерева цілей розвитку схем точного землеробства через командні дії; формування стратегії розвитку аграрного виробництва з урахуванням системи точного землеробства (регіону, підприємства). Отже, процедури передбачені для кожного з блоків. Розроблений авторами алгоритм є універсальним і є придатним до застосування при управлінні розвитком аграрної галузі регіону, конкретного сільськогосподарського підприємства [6].

**Висновки.** Використання СТЗ забезпечує більш ефективне планування та управління земельними ресурсами, допомагає зменшити витрати палива та паливно-мастильних матеріалів, а також покращує загальну економічну продуктивність обробки поля.

Згідно отриманих даних, обробка поля з рельєфом 15%, відносно поля з рельєфом 2%, призводить до зростання витрати палива та паливо-мастильних матеріалів в середньому, для 5 агрегатів різного складу, на 45,5 та 48% відповідно. Інші показники погіршуються в середньому на 1,66 – 3,88%. Все це, в результаті, призводить до суттєвого збільшення прямих експлуатаційних витрат машинного агрегату на обробку одного гектару поля.

Загальний рівень зростання витрат на обробіток 1 га поля при збільшенні нахилу з 2 до 15% варіюється від 7,6% до 11,38%, в залежності від машинного агрегату. Зростання кута нахилу поверхні поля в діапазоні від 0% до 20% призводить до помірного збільшення прямих експлуатаційних витрат, в середньому на 0,766%, для кожного наступного відсотка нахилу.

**Список використаних джерел:**

1. Данкевич В.С. Економічна ефективність технологій точного землеробства. *Вісник ХНАУ. Серія : Економічні науки*. 2013. № 6. С. 102–109. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_ekon\\_2013\\_6\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_ekon_2013_6_17)
2. Копішинська О.П., Маренич М.М., Уткін Ю.В. Ефективність запровадження систем точного землеробства в аграрних підприємствах. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. : Економічні науки*. 2019. Вип. 34. С. 157–163. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu\\_en\\_2019\\_34\\_36](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2019_34_36)
3. Мікуліна М.О., Поливаний А.Д. Методичні підходи стосовно вивчення впливу типу ходової системи тракторів на техніко-економічні показники. In: *The 5 th International scientific and practical conference "Science and innovation of modern world" (January 25–27, 2023) Cognum Publishing House, London, United Kingdom*. 2023. P. 185.
4. Мікуліна М.О., Поливаний А.Д., Бондаренко В.В. Техніко-економічна оцінка використання систем і технології в рослинництві. In: *The 8 th International scientific and practical conference "Science and technology: problems, prospects and innovations" (May 11–13, 2023) CPN Publishing Group, Osaka, Japan*. 2023. P. 18–22.
5. Pánková L., Aulová R., Jarolímek J. (2020). Economic aspects of precision agriculture systems. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 12, 59–67. DOI: <https://doi.org/10.7160/aol.2020.120306>
6. Boginska L., Tolbatov A. and other (2019). Organizational and technical aspects of introduction of innovations of organic agriculture and rational land use of the agrarian enterprises. *Ukrainian Journal of Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9(2), pp. 110–11.

**References:**

1. Dankevych, V. (2013), «Economic efficiency of precision farming technologies», *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva. Seriya "Ekonomichni nauky"*, vol. 6, p. 102. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_ekon\\_2013\\_6\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_ekon_2013_6_17)
2. Kopishynska, O., Marenych, M., Utkin, Y. (2019), «Effectiveness of implementation of precision farming systems in agricultural enterprises», *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Seriya «Ekonomichni nauky»*, vol. 34, pp. 157–163. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu\\_en\\_2019\\_34\\_36](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2019_34_36)
3. Mikulina M., Polyvaniy A. (2023), «Methodical approaches to the study of the influence of the type of tractor running system on technical and economic indicators», *The 5 th International scientific and practical conference "Science and innovation of modern world" (January 25–27) Cognum Publishing House, London, United Kingdom*, p. 185.
4. Mikulina M., Polyvaniy A., Bondarenko V. (2023), «Technical and economic evaluation of the use of systems and technology in crop production», In: *The 8 th International scientific and practical conference "Science and technology: problems, prospects and innovations" (May 11–13), CPN Publishing Group, Osaka, Japan.*, pp. 18–22.
5. Pánková L., Aulová R., Jarolímek, J. (2020). Economic aspects of precision agriculture systems. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 12 (665-2022-412), pp. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.7160/aol.2020.120306>
6. Boginska L., Tolbatov A. and other (2019). Organizational and technical aspects of introduction of innovations of organic agriculture and rational land use of the agrarian enterprises. *Ukrainian Journal of Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 9(2), pp. 110–11.