

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ



# АГРОТЕХНОЛОГІЇ

методичні рекомендації

для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти ОПІ «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
спеціальності G3 «Електрична інженерія» денної форми здобуття вищої освіти

МИКОЛАЇВ

2025

УДК 631.171:631.3

A26

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 20.05.2025р., протокол №9

Укладачі:

Олексій САДОВИЙ – канд. техн. наук, завідувач кафедри агроінженерії;

Ірина СУКОВІЦИНА – асистент кафедри агроінженерії.

Рецензенти:

Лариса ВАХОНІНА – канд. техн. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніка та електромеханіка;

## ЗМІСТ

### ВСТУП

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №1.

Визначення енергетичних витрат при основному обробітку ґрунту різними машинами

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №2.

Розрахунок норм і режимів внесення мінеральних добрив із застосуванням автоматизованих систем

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №3.

Моделювання процесу точного посіву з використанням gps-навігації

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4.

Аналіз енергоспоживання збиральної техніки під час збирання врожаю

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5.

Розробка схеми автоматизованої системи крапельного зрошення з сенсорами вологості

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6.

Вивчення роботи сільськогосподарського дрона та розрахунок ефективності внесення засобів захисту рослин (ЗЗР)

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №7.

Розрахунок кількості сенсорів для моніторингу мікроклімату в теплиці

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №8.

Оцінка енергетичної ефективності альтернативних джерел енергії на агропідприємстві

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА №9.

Розробка стратегії енергоменеджменту для аграрного підприємства

### ВИКОРИСТАНІ ТА РЕКОМЕНДОВАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

## ВСТУП

Сучасне сільське господарство неможливе без впровадження інноваційних технологій, автоматизованих систем і енергозберігаючих рішень. У цьому контексті дисципліна «Агротехнології» відіграє ключову роль у формуванні фахових компетентностей майбутніх інженерів-електриків аграрного профілю. Вона забезпечує міждисциплінарний зв'язок між технікою, енергетикою та агровиробництвом.

□ **Мета методичних рекомендацій** — надати здобувачам першого (бакалаврського) рівня освіти чіткі орієнтири щодо виконання практичних робіт, які передбачають засвоєння базових технологій у землеробстві, обґрунтування енерговитрат, розрахунків режимів роботи машинно-тракторного парку, впровадження систем точного землеробства, автоматизованих систем зрошення, GPS-навігації та дронів у агровиробництво.

□ **Завдання методичних рекомендацій** — ознайомити студентів зі змістом сучасних агротехнологій у контексті електроенергетики та інженерії; навчити аналізувати витрати енергії в сільськогосподарських процесах, виконувати розрахунки технічних параметрів сільськогосподарських агрегатів та оцінювати ефективність агротехнічних рішень.

Методичні рекомендації містять покрокові інструкції до кожної практичної роботи, приклади формул, типові варіанти вихідних даних та контрольні запитання, що сприяють системному засвоєнню матеріалу. Структура робіт орієнтована на розвиток інженерного мислення, уміння працювати з технічною інформацією, критично оцінювати енергоефективність аграрних технологій.

---

!!Опанування дисципліни «Агротехнології» сприяє підготовці сучасного фахівця, здатного забезпечити технологічне оновлення аграрного сектору шляхом інтеграції інженерних рішень, цифрових технологій та сталого розвитку!!

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності G3 «Електрична інженерія» денної форми здобуття вищої освіти. Методичні рекомендації відповідають навчальній програмі «Агротехнології».

□ Структура методичних вказівок побудована у відповідності з вимогами модульно-рейтингової системи навчання, що впроваджується у навчальний процес закладів освіти четвертого рівня акредитації. У відповідності з цією системою дисципліна «Агротехнології» поділена на 2 модулі:

1. Базові агротехнології та процеси вирощування культур;
2. Інноваційні агротехнології, автоматизація та енергозбереження.

---

Практичні роботи виконують на аркушах формату А4 з рамкою та штампом (зразок наведено в додатку). Оформлений звіт представляють викладачу, який за результатами контрольного опитування визначає засвоєння здобувачем вищої освіти досліджуваного матеріалу.

✓ **Форма звіту по практичній роботі:** *Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків (з формулами); Таблиця результатів; Висновки.*

---

**!!Перед початком роботи здобувач вищої освіти зобов'язаний ознайомитися з основними правилами техніки безпеки в практичній аудиторії!!**

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

# ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ОСНОВНОМУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ РІЗНИМИ МАШИНАМИ

**Мета роботи:** Ознайомитися з методами розрахунку енергетичних витрат при виконанні основного обробітку ґрунту. Навчитися оцінювати ефективність використання культиваторів, плугів і борін з точки зору енергоспоживання.

### □ Теоретичні відомості:

Основний обробіток ґрунту — це не просто підготовка поля до сівби, а складний інженерний процес, у якому техніка працює з найбільшими навантаженнями. Саме на цьому етапі витрачається найбільша кількість пального, ресурсів і часу.

Під енергетичними витратами розуміємо кількість енергії, яку споживає сільськогосподарська техніка для виконання певної операції — у нашому випадку, розпушення, перевертання, вирівнювання або змішування ґрунту. Це може бути або електрична енергія, або енергія згоряння пального (дизеля, газу тощо). Вимірюється у кіловат-годинах або літрах на гектар.

Під енергетичними витратами розуміємо кількість енергії, яку споживає сільськогосподарська техніка для виконання певної операції — у нашому випадку, розпушення, перевертання, вирівнювання або змішування ґрунту. Це може бути або електрична енергія, або енергія згоряння пального (дизеля, газу тощо). Вимірюється у кіловат-годинах або літрах на гектар.

Найбільш енергоємні — *плуги*. Вони розрізають і перевертають шар ґрунту, часто на глибину до 30 см. За ними — *дискові борони, чизелі та глибокорозпушувачі*, які обробляють ґрунт без обороту пласта.

В середньому:

| Тип агрегату             | Орієнтовні витрати пального |
|--------------------------|-----------------------------|
| Плуг (традиційна оранка) | 18–25 л/га                  |
| Дискова борона           | 10–15 л/га                  |
| Культиватор              | 8–12 л/га                   |
| No-till сівалка          | 3–6 л/га                    |

*Мінімальні технології обробітку* — це не лише менше проходів, але й значно менше енергії.

Основна стратегія — оптимізація:

- Використовувати сучасну техніку з меншою витратою пального;
- Не копати глибше, ніж це реально потрібно для культури;
- Підтримувати техніку в справному стані (особливо ножі, диски, лемеші);
- Обирати правильний час для обробітку — не надто вологий і не пересушений ґрунт;
- Застосовувати технології точного землеробства — GPS-навігацію, автоматичне регулювання глибини, облік витрат пального.

Системи *No-till* дозволяють узагалі відмовитися від обробітку ґрунту, зберігаючи вологу, знижуючи ущільнення і зменшуючи споживання пального у 3–5 разів. Це можливо завдяки використанню спеціальних сівалок, покривних культур, мульчування.

Технології *Strip-till* обробляють лише вузькі смуги під рядки, залишаючи міжряддя недоторканими. Це в рази знижує тяговий опір і дає суттєву економію.

Основні параметри, які впливають на енергетичні витрати при обробітку ґрунту:

- Ширина захвату машини (м)
- Глибина обробітку (см)
- Робоча швидкість агрегату (км/год)
- Тяговий опір ґрунту (кН/м²)
- Питоме енергоспоживання — кількість енергії на одиницю обробленої площі (кВт·год/га)

Основна формула:

Формула для визначення питомих енергетичних витрат:

$$E = \frac{P_{\text{тяг}} * V}{W}$$

де:  $E$  — питомі енергетичні витрати (кВт·год/га),

$P_{\text{тяг}}$  — тягове зусилля (кВт),

$V$  — робоча швидкість (км/год),

W — ширина захвату (м).

Переведення одиниць відповідно до системи SI обов'язкове.

### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись із технічними характеристиками вибраних машин (культиватор, плуг, борона).
2. Вибрати стандартні умови обробітку: тип ґрунту, глибина обробітку, швидкість руху.
3. Знайти або задати необхідні вихідні дані:
  - Тяговий опір ґрунту для обраних типів машин.
  - Ширина захвату агрегатів.
  - Робоча швидкість агрегатів.
4. Розрахувати тягову потужність для кожного агрегату:

$$E = \frac{P_{\text{тяг}} * V}{3600}$$

де:  $F_{\text{тяг}}$  — тягове зусилля (Н)

V — швидкість руху (м/с).

5. Розрахувати питомі енергетичні витрати для кожного агрегату.
6. Побудувати таблицю порівняння енергетичних витрат різних машин.
7. Зробити висновок: яка машина енергетично ефективніша при заданих умовах.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків (формули, обчислення); Таблиця з результатами; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які чинники впливають на енергоспоживання під час обробітку ґрунту?
2. Чому для різних типів машин різні питомі енергетичні витрати?
3. Як можна зменшити енергоспоживання при основному обробітку ґрунту?
4. Як впливає глибина обробітку на енергетичні витрати?

**Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №1**

| <b>В</b> | <b>Машина</b> | <b>Ширина<br/>захвату (м)</b> | <b>Глибина<br/>обробітку (см)</b> | <b>Швидкість руху<br/>(км/год)</b> | <b>Тяговий опір<br/>грунту (кН/м)</b> |
|----------|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1        | Культиватор   | 3,2                           | 10                                | 8                                  | 4,2                                   |
| 2        | Плуг          | 2,0                           | 22                                | 5,5                                | 6,5                                   |
| 3        | Борона        | 4,5                           | 8                                 | 10                                 | 3,0                                   |
| 4        | Культиватор   | 3,0                           | 12                                | 7                                  | 4,8                                   |
| 5        | Плуг          | 1,6                           | 25                                | 6                                  | 7,0                                   |
| 6        | Борона        | 5,0                           | 7                                 | 9                                  | 2,8                                   |
| 7        | Культиватор   | 2,8                           | 13                                | 8                                  | 5,0                                   |
| 8        | Плуг          | 1,4                           | 27                                | 5                                  | 7,5                                   |
| 9        | Борона        | 4,8                           | 9                                 | 10                                 | 3,5                                   |
| 10       | Культиватор   | 3,5                           | 11                                | 7,5                                | 4,0                                   |
| 11       | Плуг          | 1,8                           | 24                                | 5,5                                | 6,2                                   |
| 12       | Борона        | 4,0                           | 8                                 | 9                                  | 2,7                                   |
| 13       | Культиватор   | 2,5                           | 14                                | 8,5                                | 5,2                                   |
| 14       | Плуг          | 1,6                           | 26                                | 5,5                                | 6,9                                   |
| 15       | Борона        | 5,2                           | 7                                 | 9,5                                | 3,1                                   |
| 16       | Культиватор   | 3,3                           | 12                                | 7,2                                | 4,1                                   |
| 17       | Плуг          | 2,1                           | 23                                | 6,2                                | 6,4                                   |
| 18       | Борона        | 4,3                           | 8                                 | 10,2                               | 2,9                                   |
| 19       | Культиватор   | 2,9                           | 13                                | 8                                  | 4,7                                   |
| 20       | Плуг          | 1,7                           | 24                                | 5,8                                | 7,1                                   |
| 21       | Борона        | 5,1                           | 7                                 | 9                                  | 3,2                                   |
| 22       | Культиватор   | 3,4                           | 11                                | 7,7                                | 4,3                                   |
| 23       | Плуг          | 1,9                           | 25                                | 6                                  | 6,6                                   |
| 24       | Борона        | 4,6                           | 8                                 | 10                                 | 3,0                                   |
| 25       | Культиватор   | 3,1                           | 13                                | 8,2                                | 4,9                                   |
| 26       | Плуг          | 2,2                           | 22                                | 6,1                                | 6,1                                   |
| 27       | Борона        | 4,7                           | 9                                 | 9,8                                | 3,4                                   |
| 28       | Культиватор   | 3,0                           | 12                                | 7,9                                | 4,5                                   |
| 29       | Плуг          | 2,0                           | 26                                | 5,7                                | 6,8                                   |
| 30       | Борона        | 5,0                           | 8                                 | 9,5                                | 3,3                                   |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

### РОЗРАХУНОК НОРМ І РЕЖИМІВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

**Мета роботи:** *Навчитися розраховувати норми внесення мінеральних добрив на основі показників сенсорів вологості та родючості ґрунту, а також визначати витрати енергії при роботі агрегатів для внесення добрив.*

#### □ Теоретичні відомості:

Раціональне використання мінеральних добрив — ключовий фактор для отримання стабільних і якісних урожаїв. Проте надлишкове або нерівномірне внесення призводить до фінансових втрат, забруднення навколишнього середовища і зниження ефективності агротехнологій.

Сучасне агровиробництво вимагає точного дозування добрив, що досягається через впровадження автоматизованих систем внесення, у тому числі з використанням сенсорних технологій.

Норма внесення — це кількість добрив, яку потрібно внести на одиницю площі (зазвичай у кг/га). Вона визначається рядом чинників:

- Біологічними потребами культури (різні культури мають різний рівень споживання азоту, фосфору, калію).
- Родючістю ґрунту — враховується вміст поживних елементів у ґрунті, виявлений за результатами агрохімічного аналізу.
- Очікуваною урожайністю — чим вищий плановий врожай, тим вища буде норма.
- Попередниками в сівозміні — після бобових культур потреба в азоті зменшується.
- Кліматичними умовами — опади, температура, ризики вимивання добрив.
- Технологією вирощування — інтенсивна система потребує більш точного підживлення.

Автоматизовані системи, що встановлюються на розкидачах добрив або сівалках, забезпечують:

- постійну та контрольовану подачу добрив відповідно до заданої норми;
- корекцію дозування в реальному часі, залежно від швидкості агрегату та інформації з сенсорів;
- зниження людського фактору — менше помилок та перевитрат;
- можливість зонального внесення згідно з картами родючості поля.

У результаті використання таких систем господарства досягають до 20–30% економії добрив та підвищують агроекологічну безпеку.

Швидкість руху безпосередньо впливає на дозування добрив. Якщо машина рухається швидше, ніж розраховано, дозатор не встигає подати потрібну кількість добрива — виникає недовнесення. При надто повільному русі — навпаки, добрива подаються надмірно, створюючи перевитрати і зони перенасичення.

Тому автоматизовані системи повинні мати датчики швидкості руху і в режимі реального часу регулювати оберти дозатора або подачу тиску.

У сучасних автоматизованих системах усе частіше використовуються сенсори:

- NDVI-сенсори, які сканують рослинність і визначають її потребу в поживних речовинах;
- електропровідність ґрунту, волога, температура — дозволяють враховувати локальні умови;
- вагові датчики та датчики тиску, які контролюють реальну подачу речовини в розкидачах.

Завдяки цим технологіям можна реалізувати диференційоване внесення добрив — не "в середньому по полю", а точно за потребами кожної ділянки.

Норма внесення добрив залежить від потреб культури та стану ґрунту. Автоматизовані системи регулюють подачу добрив у режимі реального часу за даними сенсорів.

#### Основні формули:

**Норма внесення добрив (кг/га):**

$$N = \frac{M}{S}$$

де: N — норма внесення (кг/га);

M — загальна маса добрив (кг);

S — площа обробки (га).

**Витрати енергії на внесення (кВт·год/га):**

$$E = \frac{P * 1000}{v * b}$$

де: P — потужність агрегату (кВт),

v — швидкість руху (км/год),

b — ширина захвату агрегату (м).

### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з вихідними даними для свого варіанта.
2. Розрахувати загальну масу добрив відповідно до потреби на площі.
3. Визначити норму внесення добрив на 1 гектар.
4. Розрахувати витрати енергії при внесенні добрив.
5. Побудувати таблицю результатів розрахунків.
6. Зробити висновок про ефективність внесення.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків (з формулами); Таблиця результатів; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які фактори впливають на норму внесення мінеральних добрив?
2. Чому важливо застосовувати автоматизовані системи внесення добрив?
3. Як зміна швидкості руху агрегату впливає на рівномірність внесення добрив?
4. Як сенсори допомагають оптимізувати процес внесення добрив?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №2

| В | Площа ділянки (га) | Потреба в добриві (кг/га) | Потужність агрегату (кВт) | Ширина захвату (м) | Робоча швидкість (км/год) |
|---|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| 1 | 10                 | 150                       | 80                        | 12                 | 7                         |
| 2 | 12                 | 160                       | 75                        | 10                 | 8                         |

| <b>В</b> | <b>Площа ділянки (га)</b> | <b>Потреба в добриві (кг/га)</b> | <b>Потужність агрегату (кВт)</b> | <b>Ширина захвату (м)</b> | <b>Робоча швидкість (км/год)</b> |
|----------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 3        | 8                         | 140                              | 70                               | 9                         | 6,5                              |
| 4        | 15                        | 180                              | 85                               | 14                        | 7,5                              |
| 5        | 9                         | 145                              | 65                               | 8                         | 7                                |
| 6        | 11                        | 155                              | 78                               | 11                        | 7,2                              |
| 7        | 7                         | 130                              | 68                               | 7                         | 6                                |
| 8        | 14                        | 170                              | 90                               | 13                        | 8                                |
| 9        | 10                        | 150                              | 80                               | 12                        | 7,5                              |
| 10       | 13                        | 165                              | 77                               | 10,5                      | 7                                |
| 11       | 8                         | 135                              | 72                               | 8                         | 6,8                              |
| 12       | 16                        | 185                              | 88                               | 14                        | 8                                |
| 13       | 9                         | 145                              | 66                               | 9                         | 7,2                              |
| 14       | 12                        | 160                              | 74                               | 11                        | 7                                |
| 15       | 7                         | 125                              | 62                               | 6,5                       | 6                                |
| 16       | 11                        | 150                              | 79                               | 12                        | 7,3                              |
| 17       | 14                        | 175                              | 83                               | 13,5                      | 8                                |
| 18       | 10                        | 155                              | 81                               | 11                        | 7                                |
| 19       | 13                        | 165                              | 76                               | 10                        | 7,5                              |
| 20       | 8                         | 140                              | 69                               | 8,5                       | 6,5                              |
| 21       | 15                        | 180                              | 86                               | 13                        | 8                                |
| 22       | 9                         | 150                              | 67                               | 7,5                       | 7                                |
| 23       | 12                        | 160                              | 73                               | 10,5                      | 7,2                              |
| 24       | 7                         | 130                              | 64                               | 7                         | 6                                |
| 25       | 14                        | 175                              | 87                               | 13                        | 7,8                              |
| 26       | 10                        | 155                              | 82                               | 11,5                      | 7                                |
| 27       | 11                        | 145                              | 70                               | 9                         | 6,5                              |
| 28       | 13                        | 165                              | 75                               | 10                        | 7,3                              |
| 29       | 8                         | 135                              | 68                               | 8                         | 6                                |
| 30       | 16                        | 185                              | 89                               | 14                        | 8                                |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧНОГО ПОСІВУ З ВИКОРИСТАННЯМ GPS-НАВІГАЦІЇ

**Мета роботи:** *Навчитися моделювати процес посіву сільськогосподарських культур із використанням GPS-навігації, будувати оптимальні маршрути руху техніки, оцінювати похибку навігації та аналізувати витрати ресурсів.*

#### □ Теоретичні відомості:

Сучасне сільське господарство стрімко цифровізується. Одним із ключових інструментів точного землеробства є супутникова навігація, яка дозволяє автоматизувати посів, зменшити втрати, уникнути перекриттів і пропусків.

Точність сигналу GPS безпосередньо впливає на якість розміщення насіння у ґрунті. При низькій точності зростає ймовірність перекриттів рядків, що веде до подвійного висіву насіння. Або навпаки — можуть з'являтися пропуски, де насіння взагалі не потрапить у ґрунт.

Такі відхилення:

- погіршують рівномірність сходів;
- знижують врожайність;
- призводять до перевитрати насіння, пального, часу.

***«Чим точніше сигнал — тим ефективніший посів.»***

До втрат ресурсів під час механізованого руху з GPS відносять:

- неточну калібровку обладнання;
- затримки сигналу або його збої;
- невірне налаштування ширини захвату;
- людський фактор — ручне управління технікою без автопілота;
- використання застарілих GPS-приймачів з низькою точністю.

Також втрати виникають через неузгодженість між траєкторією агрегату і оброблюваними смугами, особливо на полях неправильної форми.

Залежно від рівня точності та вартості, в аграрній практиці використовують кілька типів GPS-навігації:

| Тип системи               | Точність | Особливості                                |
|---------------------------|----------|--------------------------------------------|
| GPS / GNSS                | 1–3 м    | Найпростіші, використовують лише супутники |
| SBAS (EGNOS)              | 0,5–1 м  | З використанням супутникової корекції      |
| RTK (Real Time Kinematic) | 2–5 см   | Працює через мобільні станції корекції     |
| RTK+ з автопілотом        | до 2 см  | Найточніші, дають повну автоматизацію руху |

Системи з RTK-корекцією дозволяють проводити посів з максимальною точністю навіть на полях складної конфігурації.

Мінімізація похибки вимагає:

- використання RTK або RTK+ сигналів;
- точної налаштування ширини захвату агрегату;
- використання автопілота або систем компенсації відхилення;
- регулярного калібрування навігаційного обладнання;
- забезпечення стабільного інтернет-з'єднання, якщо використовується мережевий RTK.

Також важливо оновлювати програмне забезпечення терміналів і перевіряти справність антен та сенсорів.

*GPS-навігація* — це не просто орієнтація в просторі, а інструмент зниження витрат і підвищення точності кожного технологічного процесу в полі. Найвищої ефективності вона досягає при поєднанні з точними системами дозування, автопілотом і аналізом зон продуктивності.

При точному землеробстві ширина захвату техніки та точність навігації визначають витрати ресурсів і якість посіву. Похибка навігації призводить до перекриттів або пропусків на полі.

#### Основні формули:

**Кількість проходів:**

$$N = \frac{L}{b}$$

де: N — кількість проходів,

L — ширина поля (м),

b — ширина захвату агрегату (м).

### Втрати площі через похибку GPS (за перекриття):

$$A_{\text{втрат}} = P * N$$

де:  $A_{\text{втрат}}$  — площа втрат (м<sup>2</sup>),

$P$  — середня похибка навігації (м).

### Аналіз витрат ресурсу (паливо, насіння):

Процент витрат визначається за площею перекриттів.

#### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з вихідними даними свого варіанта: розміри ділянки, ширина захвату, точність навігації.
2. Побудувати план посіву: визначити кількість проходів агрегату.
3. Розрахувати площу втрат через похибку навігації.
4. Визначити додаткові витрати ресурсу (у % до загальної площі).
5. Побудувати коротку схему руху машини (ескіз).
6. Зробити висновок про ефективність використання GPS-навігації.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; Схема або план маршруту; Таблиця результатів; Висновки.

#### ?Контрольні запитання:

1. Як впливає точність GPS на ефективність посіву?
2. Що призводить до втрат ресурсів під час навігації на полі?
3. Які типи навігаційних систем застосовуються у сільському господарстві?
4. Як можна мінімізувати похибку під час руху техніки?

#### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №3

| В | Довжина поля<br>(м) | Ширина поля<br>(м) | Ширина захвату агрегату<br>(м) | Похибка навігації<br>(м) |
|---|---------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 500                 | 100                | 6                              | 0,25                     |
| 2 | 400                 | 80                 | 5,5                            | 0,30                     |
| 3 | 600                 | 120                | 6,5                            | 0,20                     |
| 4 | 450                 | 90                 | 6                              | 0,35                     |
| 5 | 550                 | 110                | 5,8                            | 0,25                     |
| 6 | 500                 | 95                 | 6,2                            | 0,28                     |

| <b>В</b> | <b>Довжина поля<br/>(м)</b> | <b>Ширина поля<br/>(м)</b> | <b>Ширина захвату агрегату<br/>(м)</b> | <b>Похибка навігації<br/>(м)</b> |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 7        | 420                         | 85                         | 5,5                                    | 0,32                             |
| 8        | 480                         | 100                        | 6,5                                    | 0,22                             |
| 9        | 600                         | 130                        | 7                                      | 0,20                             |
| 10       | 520                         | 105                        | 6                                      | 0,30                             |
| 11       | 470                         | 90                         | 5,8                                    | 0,25                             |
| 12       | 550                         | 115                        | 6,5                                    | 0,23                             |
| 13       | 510                         | 95                         | 6                                      | 0,27                             |
| 14       | 490                         | 85                         | 5,5                                    | 0,30                             |
| 15       | 580                         | 125                        | 6,7                                    | 0,24                             |
| 16       | 530                         | 100                        | 6,2                                    | 0,28                             |
| 17       | 460                         | 92                         | 5,6                                    | 0,31                             |
| 18       | 610                         | 135                        | 7                                      | 0,19                             |
| 19       | 500                         | 100                        | 6                                      | 0,26                             |
| 20       | 400                         | 80                         | 5,4                                    | 0,34                             |
| 21       | 600                         | 120                        | 6,3                                    | 0,22                             |
| 22       | 450                         | 90                         | 5,9                                    | 0,29                             |
| 23       | 540                         | 110                        | 6,1                                    | 0,25                             |
| 24       | 470                         | 88                         | 5,7                                    | 0,32                             |
| 25       | 560                         | 118                        | 6,6                                    | 0,23                             |
| 26       | 500                         | 97                         | 6                                      | 0,27                             |
| 27       | 480                         | 85                         | 5,5                                    | 0,31                             |
| 28       | 590                         | 130                        | 6,8                                    | 0,21                             |
| 29       | 520                         | 100                        | 6,2                                    | 0,28                             |
| 30       | 610                         | 135                        | 7,2                                    | 0,19                             |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

### АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

**Мета роботи:** *Навчитися визначати витрати палива та електроенергії при роботі збиральної техніки (комбайнів) різних типів залежно від їх технічних характеристик і умов експлуатації.*

#### □ Теоретичні відомості:

Збирання врожаю — завершальний, але надзвичайно енергоємний етап технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур. Саме на цьому етапі використовується складна багатофункціональна техніка, що виконує одночасно різні операції: зрізування, обмолот, сепарацію, очистку та транспортування зерна. Через це аналіз енергоспоживання комбайнів має важливе значення для підвищення ефективності всього виробничого циклу.

Енергоспоживання комбайнів, зокрема витрати дизельного пального, залежить від багатьох факторів, серед яких найважливіші:

- Тип і модель комбайна — продуктивність, потужність двигуна, конструкція робочих систем;
- Ширина жатки — впливає на кількість проходів і загальну тривалість збирання;
- Стан поля та культури — вологість, забур'яненість, густота стояння;
- Режим роботи — швидкість руху, частота обертання механізмів, ступінь навантаження;
- Механічний стан техніки — технічне обслуговування, зношення вузлів, налаштування;
- Наявність систем автоматичного регулювання — вплив на стабільність обертів двигуна і точність збирання.

В умовах нерівномірних полів або неузгодженої роботи екіпажу витрати палива можуть зрости на 15–20%.

Оцінка витрат енергії при збиранні врожаю дає можливість:

- розрахувати економічну ефективність збирання, порівнюючи витрати з урожайністю;
- виявити неефективні режими роботи техніки;
- прогнозувати потреби у паливі для великих площ;
- обґрунтувати доцільність оновлення машинно-тракторного парку.

У системах точного землеробства ведеться облік витрат пального в реальному часі — це дає змогу приймати швидкі управлінські рішення прямо під час роботи.

Щоб зменшити витрати пального та підвищити ефективність комбайнів, слід:

- Застосовувати техніку з оптимальною продуктивністю, відповідно до площі поля та культури;
- Регулювати параметри роботи (висоту зрізу, швидкість подачі, частоту обмолоту) відповідно до умов;
- Застосовувати GPS-навігацію та автопілоти, щоб уникати перекриттів і повторного проходу;
- Проводити своєчасне техобслуговування, зокрема чистку повітряних фільтрів і змазування;
- Аналізувати дані з бортових систем щодо витрати пального на гектар;
- Оптимізувати логістику підвозу зерна, щоб уникати простоїв.

Останніми роками активно впроваджуються електрифіковані або гібридні комбайни, що поєднують дизельний двигун з електроприводами окремих механізмів. Їх переваги:

- Зменшення втрат енергії за рахунок зниження механічного тертя;
- Можливість точного регулювання частоти обертання всіх систем (обмолот, сепарація тощо);
- Скорочення витрат пального на 15–20%;
- Зниження викидів CO<sub>2</sub>, що актуально для екологічно відповідального господарювання;
- Підвищення довговічності систем за рахунок зниження механічного навантаження.

Також електрифікація відкриває шлях до повної автоматизації комбайнів і використання автономних машин. Витрати палива та електроенергії при збиранні врожаю залежать від:

- потужності двигуна комбайна,
- робочої швидкості агрегату,
- ширини захвату жатки,
- врожайності культури.

Формули для розрахунків:

**Витрати палива на гектар:**

$$Q = \frac{q * t}{S}$$

де: Q — витрати палива на 1 га (л/га);

q — питома витрата палива (л/год);

t — час обробки площі (год);

S — площа обробки (га).

**Час обробки:**

$$t = \frac{S}{P}$$

де: P — продуктивність комбайна (га/год).

#### **□ Порядок виконання роботи:**

1. Ознайомитися з вихідними даними свого варіанта.
2. Розрахувати продуктивність комбайна, якщо її не задано.
3. Визначити час обробки поля.
4. Розрахувати витрати палива на гектар і на всю площу.
5. Якщо комбайн електрифікований, оцінити споживання електроенергії за аналогічною методикою.
6. Побудувати таблицю розрахунків.
7. Зробити висновок про ефективність використання комбайна.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; Таблиця результатів; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які фактори впливають на витрати палива під час роботи комбайнів?
2. Чому важлива оцінка енергоспоживання в агротехнологіях?
3. Як оптимізувати витрати енергії при збиранні врожаю?
4. Які переваги електрифікації збиральної техніки?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №4

| В  | Площа ділянки (га) | Потужність двигуна (кВт) | Ширина захвату жатки (м) | Робоча швидкість (км/год) | Питома витрата палива (л/год) |
|----|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1  | 15                 | 180                      | 6,0                      | 5,5                       | 22                            |
| 2  | 12                 | 150                      | 5,4                      | 5                         | 19                            |
| 3  | 20                 | 200                      | 7,2                      | 6                         | 24                            |
| 4  | 18                 | 170                      | 6,5                      | 5,2                       | 21                            |
| 5  | 14                 | 160                      | 5,8                      | 5,5                       | 20                            |
| 6  | 17                 | 190                      | 7,0                      | 6                         | 23                            |
| 7  | 11                 | 140                      | 5,2                      | 4,8                       | 18                            |
| 8  | 19                 | 200                      | 7,5                      | 6,2                       | 25                            |
| 9  | 16                 | 180                      | 6,8                      | 5,7                       | 22                            |
| 10 | 13                 | 150                      | 5,6                      | 5                         | 19                            |
| 11 | 15                 | 170                      | 6,2                      | 5,3                       | 21                            |
| 12 | 18                 | 190                      | 7,0                      | 5,9                       | 23                            |
| 13 | 12                 | 160                      | 5,4                      | 5,2                       | 20                            |
| 14 | 20                 | 210                      | 7,8                      | 6,3                       | 26                            |
| 15 | 14                 | 150                      | 5,5                      | 5                         | 19                            |
| 16 | 17                 | 185                      | 6,9                      | 5,8                       | 23                            |
| 17 | 13                 | 160                      | 5,7                      | 5,2                       | 20                            |
| 18 | 19                 | 205                      | 7,6                      | 6,1                       | 25                            |
| 19 | 16                 | 175                      | 6,5                      | 5,6                       | 22                            |
| 20 | 15                 | 170                      | 6,0                      | 5,4                       | 21                            |
| 21 | 12                 | 150                      | 5,3                      | 5                         | 19                            |
| 22 | 18                 | 195                      | 7,2                      | 6                         | 24                            |
| 23 | 14                 | 160                      | 5,8                      | 5,5                       | 20                            |
| 24 | 17                 | 185                      | 7,0                      | 6                         | 23                            |
| 25 | 11                 | 140                      | 5,1                      | 4,9                       | 18                            |
| 26 | 19                 | 210                      | 7,5                      | 6,2                       | 25                            |
| 27 | 15                 | 175                      | 6,3                      | 5,5                       | 22                            |
| 28 | 13                 | 155                      | 5,6                      | 5                         | 19                            |
| 29 | 20                 | 220                      | 8,0                      | 6,5                       | 27                            |
| 30 | 16                 | 180                      | 6,7                      | 5,8                       | 22                            |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

# РОЗРОБКА СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ З СЕНСОРАМИ ВОЛОГОСТІ

**Мета роботи:** Навчитися розробляти базову схему автоматизованої системи крапельного зрошення з використанням сенсорів вологості, підбирати необхідне обладнання та розраховувати енергоспоживання насосних установок.

### □ Теоретичні відомості:

Крапельне зрошення — одна з найбільш ефективних технологій збереження води в сільському господарстві. На відміну від традиційного поливу, крапельна система подає воду безпосередньо до кореневої зони рослин, що забезпечує високу рівномірність і мінімальні втрати. Проте ще більших результатів можна досягти, якщо зрошення буде автоматизованим — із застосуванням сенсорів вологості та програмованих контролерів.

Автоматизована система складається з кількох ключових компонентів, що працюють як єдиний механізм:

- Джерело води — свердловина, резервуар або водопровід.
- Насосна станція — забезпечує необхідний тиск у системі.
- Фільтрувальна установка — очищає воду від механічних домішок.
- Магістральні труби — розподіляють воду по ділянці.
- Крапельні лінії (емітери) — подають воду безпосередньо до рослин.
- Сенсори вологості ґрунту — фіксують рівень зволоження.

Контролер або мікропроцесорний блок — приймає сигнали від сенсорів і вмикає/вимикає насос.

Електромагнітні клапани — керують подачею води в окремі зони.

Автоматизація дозволяє зробити зрошення:

- Економним — зменшити витрати води до 30–50%;
- Точним — вода подається тільки тоді, коли це потрібно;
- Рівномірним — усі зони поля зволожуються однаково;

- Енергозберігаючим — насос працює тільки за потреби, що знижує споживання електроенергії;
- Безперервним — система функціонує без участі людини, навіть уночі.

У випадку великих площ або тепличних господарств автоматизована система є обов'язковою умовою ефективності.

Сенсори вологості (часто — типу YL-69, VH400, капацитивні або резистивні) контролюють, чи достатньо вологи в ґрунті. Вони передають сигнал на контролер, який:

- автоматично запускає насос при пересушенні ґрунту;
- зупиняє подачу води при досягненні заданого рівня вологості.

Це дозволяє уникнути переливу води, загнивання коріння, і марного використання ресурсів. Сенсорна система працює незалежно від часу доби або погоди, забезпечуючи стабільний режим зрошення.

При виборі насоса слід враховувати:

- Джерело води (відкритий резервуар чи свердловина);
- Необхідний тиск (зазвичай 1–3 бар);
- Продуктивність — об'єм води, який подається на годину;
- Висоту підйому — враховується, якщо поле має ухили;
- Сумісність із системами автоматизації — насос повинен підтримувати реле тиску або електронне керування.

Найчастіше використовуються відцентрові, поверхневі або занурювальні насоси, обладнані контролем тиску та захистом від "сухого ходу".

*Крапельне зрошення* — це система, де вода подається безпосередньо в прикореневу зону рослин. Автоматизація систем базується на використанні сенсорів вологості ґрунту та електронних контролерів.

#### Основні розрахункові залежності:

**Потужність насоса:**

$$P = \frac{Q * H * g}{\eta * 1000}$$

де: P — потужність насоса (кВт),

Q — витрата води (м³/год),

$H$  — напір води (м),

$g$  — прискорення вільного падіння ( $\approx 9,81 \text{ м/с}^2$ ),

$\eta$  — коефіцієнт корисної дії насоса.

### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з вихідними даними для свого варіанта: площа поля, потреба у воді, напір.
2. Підібрати необхідне обладнання: насос, клапани, сенсори вологості, контролер.
3. Створити базову схему системи крапельного зрошення (ескіз: насос  $\rightarrow$  магістраль  $\rightarrow$  крапельні лінії  $\rightarrow$  сенсори).
4. Розрахувати витрати води на ділянку.
5. Визначити потужність насоса для забезпечення необхідної витрати води.
6. Розрахувати орієнтовне енергоспоживання за робочу зміну.
7. Зробити висновки щодо енергоефективності системи.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; Базова схема системи; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які компоненти входять до складу системи крапельного зрошення?
2. Чому важлива автоматизація процесу зрошення?
3. Як сенсори вологості впливають на ефективність системи?
4. Як вибрати насос для системи крапельного зрошення?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №5

| В | Площа ділянки (га) | Середня витрата води<br>(л/год на 1 м <sup>2</sup> ) | Напір води (м) | ККД насоса (%) |
|---|--------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| 1 | 1,5                | 0,5                                                  | 25             | 70             |
| 2 | 2,0                | 0,4                                                  | 30             | 72             |
| 3 | 1,2                | 0,6                                                  | 28             | 68             |
| 4 | 2,5                | 0,45                                                 | 32             | 75             |
| 5 | 1,8                | 0,5                                                  | 27             | 70             |
| 6 | 2,2                | 0,4                                                  | 30             | 73             |
| 7 | 1,6                | 0,55                                                 | 26             | 71             |
| 8 | 2,8                | 0,5                                                  | 33             | 74             |

| <b>В</b> | <b>Площа ділянки (га)</b> | <b>Середня витрата води<br/>(л/год на 1 м²)</b> | <b>Напір води (м)</b> | <b>ККД насоса (%)</b> |
|----------|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 9        | 2,0                       | 0,45                                            | 29                    | 70                    |
| 10       | 1,4                       | 0,5                                             | 25                    | 69                    |
| 11       | 2,3                       | 0,42                                            | 31                    | 72                    |
| 12       | 1,7                       | 0,6                                             | 28                    | 68                    |
| 13       | 2,5                       | 0,5                                             | 32                    | 75                    |
| 14       | 2,1                       | 0,45                                            | 30                    | 70                    |
| 15       | 1,5                       | 0,55                                            | 27                    | 68                    |
| 16       | 2,4                       | 0,5                                             | 31                    | 74                    |
| 17       | 1,9                       | 0,48                                            | 29                    | 71                    |
| 18       | 2,6                       | 0,5                                             | 34                    | 75                    |
| 19       | 2,0                       | 0,4                                             | 30                    | 73                    |
| 20       | 1,3                       | 0,6                                             | 26                    | 69                    |
| 21       | 2,7                       | 0,5                                             | 33                    | 74                    |
| 22       | 2,2                       | 0,45                                            | 31                    | 71                    |
| 23       | 1,8                       | 0,55                                            | 28                    | 70                    |
| 24       | 2,5                       | 0,42                                            | 32                    | 73                    |
| 25       | 1,6                       | 0,5                                             | 27                    | 68                    |
| 26       | 2,4                       | 0,48                                            | 31                    | 74                    |
| 27       | 1,9                       | 0,5                                             | 29                    | 71                    |
| 28       | 2,1                       | 0,45                                            | 30                    | 70                    |
| 29       | 1,7                       | 0,6                                             | 28                    | 68                    |
| 30       | 2,8                       | 0,5                                             | 34                    | 75                    |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

### ВИВЧЕННЯ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ДРОНА ТА РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН (ЗЗР)

**Мета роботи:** *Ознайомитися з основними технічними параметрами сільськогосподарських дронів та навчитися розраховувати площу обробки за зміну, ефективність внесення ЗЗР і оцінювати витрати ресурсу.*

#### □ Теоретичні відомості:

Безпілотні літальні апарати, або агродрони, стрімко увійшли в аграрну практику як технологічно досконалий інструмент для внесення засобів захисту рослин (ЗЗР), мікродобрив, моніторингу посівів і картографування полів. Однією з ключових функцій є обприскування, яке дрони здійснюють швидко, економно та точно.

Для забезпечення ефективної роботи агродронів потрібно враховувати як технічні характеристики, так і агрономічні вимоги до норми внесення, швидкості обробки та рівномірності покриття.

Продуктивність сільськогосподарського дрона визначається низкою параметрів:

- Ємність бака для рідини (літри) — визначає кількість препарату, який дрон може внести за один виліт.
- Ширина захвату (метри) — залежить від кількості форсунок і схеми розпилення.
- Швидкість польоту (м/с або км/год) — впливає на продуктивність і якість нанесення.
- Тривалість польоту (хвилини) — залежить від типу батареї та ваги.
- Середня витрата робочого розчину (л/га) — зазвичай у межах 5–20 л/га для дронів.
- Маса дрона (з корисним навантаженням) — впливає на енергоспоживання і вантажопідйомність.

Щоб розрахувати площу, яку дрон може обробити за один виліт, потрібно:

- Об'єм бака з робочим розчином (л);
- Норму внесення (л/га).

$$\text{Площа обробки} = \text{Об'єм бака} \div \text{Норма внесення}$$

Цей розрахунок дає змогу планувати кількість вильотів на поле та оптимізувати витрати часу і препаратів.

Норма внесення засобів захисту рослин — критичний показник для:

- ефективності дії препарату (забезпечення потрібної концентрації);
- економії використання (уникнення перевитрати дорогих ЗЗР);
- екологічної безпеки (уникнення забруднення ґрунту та вод);
- фітотоксичності (занадто велика доза може пошкодити саму культуру).

Дрон має програмовану функцію встановлення потрібної норми, тому дуже важливо правильно її задати перед польотом.

Швидкість польоту безпосередньо впливає на:

- якість покриття листової поверхні;
- ступінь осідання крапель;
- величину зносу розчину вітром.

Надмірно висока швидкість призводить до нерівномірного покриття, можливих пропусків і втрати препарату. Оптимальна швидкість — 3–7 м/с, залежно від культури, висоти польоту, типу форсунок та погодних умов.

#### Основні формули:

**Площа обробки за один виліт:**

$$S_{\text{виліт}} = \frac{V_{\text{бака}}}{H}$$

де:

- $S_{\text{виліт}}$  — площа обробки за один виліт (га),
- $V_{\text{бака}}$  — об'єм бака для ЗЗР (л),
- $H$  — норма витрати ЗЗР (л/га).

**Час обробки площі:**

$$t = \frac{S}{v * w}$$

де:

- $t$  — час обробки (год),
- $S$  — площа ділянки ( $\text{м}^2$ ),
- $v$  — швидкість польоту ( $\text{м/с}$ ),
- $w$  — ширина захвату обробки ( $\text{м}$ ).

### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з вихідними даними варіанта: параметри дрона, площа поля, норма внесення.
2. Розрахувати площу обробки за один виліт.
3. Визначити кількість вильотів для обробки всієї ділянки.
4. Розрахувати тривалість обробки.
5. Оцінити ефективність використання дрона.
6. Побудувати коротку схему або таблицю результатів.
7. Зробити висновки.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; Таблиця результатів; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які основні технічні характеристики визначають продуктивність агродрона?
2. Як обчислюється площа обробки за один виліт?
3. Чому важливо правильно підбирати норму внесення ЗЗР?
4. Як швидкість польоту впливає на ефективність обробки?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №6

| В | Площа ділянки<br>(га) | Об'єм бака<br>(л) | Ширина<br>обробки (м) | Швидкість польоту<br>(м/с) | Норма внесення<br>(л/га) |
|---|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | 5,0                   | 15                | 5                     | 5,0                        | 10                       |
| 2 | 4,0                   | 12                | 4,5                   | 4,8                        | 8                        |
| 3 | 6,0                   | 16                | 5,5                   | 5,2                        | 9                        |
| 4 | 5,5                   | 14                | 5                     | 5,0                        | 10                       |

| <b>В</b> | <b>Площа ділянки<br/>(га)</b> | <b>Об'єм бака<br/>(л)</b> | <b>Ширина<br/>обробки (м)</b> | <b>Швидкість польоту<br/>(м/с)</b> | <b>Норма внесення<br/>(л/га)</b> |
|----------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 5        | 3,8                           | 11                        | 4                             | 4,5                                | 7                                |
| 6        | 6,2                           | 17                        | 5,5                           | 5,5                                | 10                               |
| 7        | 4,5                           | 13                        | 5                             | 4,9                                | 8                                |
| 8        | 5,8                           | 15                        | 5,2                           | 5,1                                | 9                                |
| 9        | 6,5                           | 18                        | 6                             | 5,6                                | 10                               |
| 10       | 4,2                           | 12                        | 4,5                           | 5,0                                | 8                                |
| 11       | 5,0                           | 14                        | 5                             | 4,8                                | 9                                |
| 12       | 6,0                           | 16                        | 5,8                           | 5,3                                | 10                               |
| 13       | 5,5                           | 15                        | 5,5                           | 5,2                                | 9                                |
| 14       | 4,0                           | 11                        | 4                             | 4,7                                | 7                                |
| 15       | 6,5                           | 17                        | 6                             | 5,5                                | 10                               |
| 16       | 5,2                           | 13                        | 5,2                           | 5,0                                | 8                                |
| 17       | 5,7                           | 15                        | 5,6                           | 5,3                                | 9                                |
| 18       | 6,0                           | 16                        | 6                             | 5,6                                | 10                               |
| 19       | 4,5                           | 12                        | 4,8                           | 4,9                                | 8                                |
| 20       | 5,3                           | 14                        | 5,4                           | 5,1                                | 9                                |
| 21       | 6,2                           | 17                        | 5,8                           | 5,5                                | 10                               |
| 22       | 4,0                           | 11                        | 4,2                           | 4,6                                | 7                                |
| 23       | 6,5                           | 18                        | 6,2                           | 5,7                                | 10                               |
| 24       | 5,0                           | 13                        | 5,0                           | 4,9                                | 8                                |
| 25       | 5,9                           | 16                        | 5,7                           | 5,4                                | 10                               |
| 26       | 4,8                           | 12                        | 4,6                           | 4,8                                | 8                                |
| 27       | 5,6                           | 15                        | 5,5                           | 5,2                                | 9                                |
| 28       | 6,1                           | 17                        | 6                             | 5,5                                | 10                               |
| 29       | 4,3                           | 11                        | 4,3                           | 4,7                                | 7                                |
| 30       | 6,5                           | 18                        | 6,3                           | 5,6                                | 10                               |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

### РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ СЕНСОРІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ

**Мета роботи:** *Ознайомитися з методикою визначення кількості сенсорів для моніторингу температури, вологості та освітленості в теплицях. Навчитися оцінювати добове енергоспоживання IoT-системи мікрокліматичного контролю.*

#### □ Теоретичні відомості:

Мікроклімат у теплиці — це сукупність умов, що визначають ріст, розвиток і врожайність культур. Щоб забезпечити оптимальні параметри, у сучасному тепличному господарстві застосовують автоматизовані системи моніторингу, засновані на використанні сенсорів різних типів.

Такі системи дозволяють в режимі реального часу контролювати середовище та приймати обґрунтовані рішення — автоматично або вручну.

Система моніторингу повинна фіксувати ключові мікрокліматичні показники:

- Температура повітря — визначає швидкість біохімічних процесів;
- Вологість повітря — впливає на транспірацію і розвиток грибкових захворювань;
- Освітленість (інтенсивність світла) — критично важлива для фотосинтезу;
- Швидкість руху повітря — визначає вентиляцію і розподіл тепла;
- Концентрація CO<sub>2</sub> — один із регуляторів фотосинтетичної активності;
- Вологість ґрунту або субстрату — особливо важлива для крапельного зрошення.

Теплиці великої площі мають нерівномірний розподіл параметрів середовища — через ефект затінення, інерційність обігріву, нерівномірне зволоження тощо. Один сенсор не здатен дати повну картину.

Застосування кількох зон вимірювання дозволяє:

- Виявити "проблемні ділянки";

- Здійснювати локальне керування (наприклад, подати тепло або воду тільки в одну частину теплиці);
- Знизити енерговитрати і покращити умови для рослин на всій площі.

Чим більша теплиця, тим більше сенсорних точок необхідно для точного контролю.

Кожен сенсор має обмежену зону дії — зазвичай це:

- Температурні сенсори: до 50–100 м<sup>2</sup>;
- Сенсори вологості повітря — до 50 м<sup>2</sup>;
- Сенсори освітленості — до 100 м<sup>2</sup>;
- Сенсори ґрунтової вологості — 1 точка = 1 зона поливу.

Щоб забезпечити повний контроль, загальну площу теплиці ділять на контрольні зони, у яких встановлюються сенсори.

Наприклад, теплиця площею 400 м<sup>2</sup> потребує не менше 4–8 сенсорів, залежно від конфігурації і вимог до точності.

Добове споживання енергії сенсора розраховується за формулою:

$$\text{Енергоспоживання (Вт\год)} = \text{Потужність сенсора (Вт)} \times 24$$

Автоматизовані системи моніторингу мають низку значних переваг:

| Параметр                 | Ручний моніторинг          | Автоматизований моніторинг    |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Частота вимірювань       | Раз/день або рідше         | Щохвилини, безперервно        |
| Реакція на зміну клімату | Затримка (людський фактор) | Миттєва, за заданими умовами  |
| Людські помилки          | Часті                      | Мінімальні                    |
| Аналіз даних             | Обмежений                  | Автоматичний (графіки, звіти) |
| Ефективність рішень      | Суб'єктивна                | Об'єктивна, на основі даних   |

Такі системи дають можливість не тільки контролювати, а й керувати мікрокліматом — через автоматичне вмикання вентиляції, обігріву, туманоутворення або зрошення.

Мікроклімат теплиці — це середовище, яке має бути точно контрольованим. Автоматизовані сенсорні системи моніторингу є надійним інструментом для досягнення стабільної якості продукції, зниження витрат і збереження ресурсів.

Правильне проектування та розміщення сенсорів — запорука точних вимірювань і ефективного управління.

Для забезпечення якісного моніторингу умов у теплиці використовуються сенсори температури, вологості та освітленості.

Оптимальне покриття одного сенсора становить 50 м².

Енергоспоживання IoT-системи визначається як добуток потужності кожного сенсора на кількість сенсорів і тривалість роботи (24 години на добу).

Основні формули:

1. Кількість сенсорів на площу:

$$N = \frac{S}{A}$$

де: N — кількість сенсорів (округлюється до більшого),

S — площа теплиці, м²,

A — площа, яку контролює один сенсор, м².

2. Добове енергоспоживання сенсора:

$$E = P * 24$$

де: E — добове споживання 1 сенсора, Вт·год,

P — потужність одного сенсора, Вт.

3. Загальне добове енергоспоживання системи:

$$E_{\text{заг}} = E * N$$

**□ Порядок виконання роботи:**

1. Ознайомитися з вихідними даними варіанта.
2. Розрахувати кількість сенсорів N.
3. Обчислити добове енергоспоживання одного сенсора E.
4. Визначити загальне енергоспоживання системи  $E_{\text{заг}}$ .
5. Сформулювати висновки щодо ефективності споживання енергії.

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі теоретичні відомості; Вихідні дані; Розрахунки (формули, обчислення); Висновки.

**?Контрольні запитання:**

1. Які параметри мікроклімату важливо контролювати в теплиці?
2. Чому для великих теплиць необхідно більше сенсорів?
3. Як впливає площа покриття одного сенсора на кількість усієї системи?
4. Як обчислити добове енергоспоживання сенсора?
5. Які переваги автоматизованого моніторингу у порівнянні з ручним?

**Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №7**

| В  | Площа теплиці S, м² | В  | Площа теплиці S, м² |
|----|---------------------|----|---------------------|
| 1  | 200                 | 16 | 250                 |
| 2  | 240                 | 17 | 295                 |
| 3  | 300                 | 18 | 385                 |
| 4  | 350                 | 19 | 430                 |
| 5  | 400                 | 20 | 470                 |
| 6  | 280                 | 21 | 260                 |
| 7  | 330                 | 22 | 345                 |
| 8  | 450                 | 23 | 390                 |
| 9  | 370                 | 24 | 415                 |
| 10 | 500                 | 25 | 440                 |
| 11 | 220                 | 26 | 460                 |
| 12 | 270                 | 27 | 480                 |
| 13 | 310                 | 28 | 490                 |
| 14 | 360                 | 29 | 510                 |
| 15 | 420                 | 30 | 525                 |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

# ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА АГРОПІДПРИЄМСТВІ

**Мета роботи:** Ознайомитися з методами розрахунку потенціалу використання альтернативних джерел енергії (сонячні батареї, вітрогенератори, біогазові установки) для покриття потреб агропідприємства в електроенергії.

### □ Теоретичні відомості:

Зростання вартості традиційних енергоносіїв, екологічні виклики та енергетична незалежність сільського господарства — все це стимулює аграрні підприємства до впровадження альтернативних джерел енергії (АДЕ).

Використання сонячної, вітрової та біоенергії дає змогу зменшити витрати, забезпечити сталий розвиток і збільшити конкурентоспроможність фермерських господарств.

Серед усіх доступних варіантів у сільському господарстві найчастіше застосовуються:

- Сонячна енергія — за допомогою фотопанелей для виробництва електроенергії та колекторів для нагріву води.
- Вітрова енергія — особливо в регіонах з середньорічною швидкістю вітру понад 4–5 м/с.
- Біогаз — виробляється з гною, силосу, рослинних решток і харчових відходів.
- Солома, пелети, відходи рослинництва — як паливо для твердопаливних котлів.

Найефективнішим вважається поєднання кількох джерел у гібридній енергосистемі, що дозволяє забезпечити підприємство енергією у будь-який сезон і погоду.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$E = A * G * \eta$$

де:  $E$  — річне виробництво енергії, кВт·год

$A$  — площа сонячних панелей,  $m^2$

$G$  — середньорічна інсоляція (кількість сонячної енергії, кВт·год/ $m^2$ /рік), в Україні  $\approx 1000$ – $1350$

$\eta$  — ефективність сонячної панелі (зазвичай 15–20%)

Основні фактори, що визначають ефективність вітроенергетики:

- Середньорічна швидкість вітру — бажано понад 4 м/с на висоті щогли.
- Висота установки — чим вище, тим менше турбулентність і більше швидкість вітру.
- Тип лопастей і генератора — сучасні трилопастеві системи мають високий ККД.
- Місцевість — відкриті поля без перешкод значно кращі за урбанізовані зони.
- Стабільність вітру — важлива для прогнозованого виробництва енергії.

У багатьох районах України вітрогенератори потужністю 2–10 кВт можуть виробляти до 10 000 кВт·год на рік, залежно від умов.

Біогазові установки — це не лише енергія, а й утилізація відходів.

Переваги:

- Переробка гною, силосу, бур'янів, органічного сміття в газ;
- Отримання тепла і електроенергії на основі газогенераторів;
- Побічний продукт — добриво (біодобриво без запаху, з високим вмістом азоту);
- Зменшення витрат на електроенергію, газ і мінеральні добрива;
- Зниження викидів метану та вуглекислого газу у атмосферу.

Малі установки потужністю 20–50 кВт цілком покривають потреби фермерських господарств із 100–200 головами ВРХ або кількома гектарами овочевих культур. Альтернативні джерела енергії можуть забезпечити часткове або повне покриття енергопотреб агропідприємств.

Основні розрахункові формули:

**Потенціал генерації сонячної енергії:**

$$E_{\text{сонце}} = P_{\text{панелі}} * t_{\text{ефективне}} * n$$

де:  $E_{\text{сонце}}$  — вироблена енергія за день (кВт·год),

$P_{\text{панелі}}$  — встановлена потужність батарей (кВт),

$t_{\text{ефективне}}$  — середня кількість сонячних годин на добу,

$n$  — коефіцієнт ефективності установки.

### Потенціал генерації вітрової енергії:

$$E_{\text{вітер}} = P_{\text{вітрогенератор}} * t_{\text{роботи}}$$

### Потенціал виробництва енергії біогазовими установками:

$$E_{\text{біогаз}} = V_{\text{біогазу}} * \text{калорійність} * \text{КПД}$$

### □ Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з вихідними даними варіанта.
2. Обрати тип джерела енергії згідно варіанта.
3. Розрахувати щоденне та річне виробництво енергії обраною установкою.
4. Порівняти вироблену енергію з потребами господарства.
5. Оцінити рівень покриття потреб альтернативними джерелами.
6. Зробити висновки щодо доцільності впровадження.

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; Таблиця результатів; Висновки.

### ?Контрольні запитання:

1. Які альтернативні джерела енергії найефективніші для аграрного сектору?
2. Як розрахувати потенціал виробництва енергії від сонячних батарей?
3. Які фактори впливають на ефективність вітрогенераторів?
4. У чому особливості біогазових установок для фермерських господарств?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №8

| В | Тип джерела енергії | Потужність установки (кВт) | Сонячні години/швидкість вітру/об'єм біогазу | ККД (%) |
|---|---------------------|----------------------------|----------------------------------------------|---------|
| 1 | Сонячні батареї     | 20                         | 5 год                                        | 80      |
| 2 | Вітрогенератор      | 30                         | 6 м/с                                        | 85      |
| 3 | Біогазова установка | 50                         | 200 м³/добу                                  | 70      |
| 4 | Сонячні батареї     | 15                         | 4,8 год                                      | 78      |
| 5 | Вітрогенератор      | 25                         | 5,5 м/с                                      | 83      |

| В  | Тип джерела енергії | Потужність установки (кВт) | Сонячні години/швидкість вітру/об'єм біогазу | ККД (%) |
|----|---------------------|----------------------------|----------------------------------------------|---------|
| 6  | Біогазова установка | 60                         | 220 м³/добу                                  | 72      |
| 7  | Сонячні батареї     | 18                         | 5,2 год                                      | 80      |
| 8  | Вітрогенератор      | 35                         | 6,5 м/с                                      | 86      |
| 9  | Біогазова установка | 55                         | 210 м³/добу                                  | 71      |
| 10 | Сонячні батареї     | 22                         | 5,1 год                                      | 79      |
| 11 | Вітрогенератор      | 28                         | 6 м/с                                        | 82      |
| 12 | Біогазова установка | 50                         | 200 м³/добу                                  | 70      |
| 13 | Сонячні батареї     | 17                         | 4,9 год                                      | 77      |
| 14 | Вітрогенератор      | 32                         | 5,8 м/с                                      | 84      |
| 15 | Біогазова установка | 58                         | 215 м³/добу                                  | 72      |
| 16 | Сонячні батареї     | 19                         | 5,3 год                                      | 80      |
| 17 | Вітрогенератор      | 36                         | 6,2 м/с                                      | 85      |
| 18 | Біогазова установка | 52                         | 205 м³/добу                                  | 71      |
| 19 | Сонячні батареї     | 21                         | 5,0 год                                      | 79      |
| 20 | Вітрогенератор      | 29                         | 6 м/с                                        | 83      |
| 21 | Біогазова установка | 54                         | 210 м³/добу                                  | 70      |
| 22 | Сонячні батареї     | 16                         | 4,7 год                                      | 77      |
| 23 | Вітрогенератор      | 31                         | 5,7 м/с                                      | 84      |
| 24 | Біогазова установка | 59                         | 220 м³/добу                                  | 73      |
| 25 | Сонячні батареї     | 18                         | 5,2 год                                      | 79      |
| 26 | Вітрогенератор      | 34                         | 6,3 м/с                                      | 85      |
| 27 | Біогазова установка | 56                         | 215 м³/добу                                  | 72      |
| 28 | Сонячні батареї     | 20                         | 5,0 год                                      | 80      |
| 29 | Вітрогенератор      | 30                         | 6 м/с                                        | 82      |
| 30 | Біогазова установка | 53                         | 205 м³/добу                                  | 71      |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

### РОЗРОБКА СТРАТЕГІЇ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ АГРАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Мета роботи:** Навчитися розробляти стратегію енергоменеджменту аграрного підприємства: аналізувати енергоспоживання, пропонувати заходи оптимізації витрат електроенергії, розраховувати потенційну економію.

#### □ Теоретичні відомості:

Сучасне аграрне виробництво стає все більш енергоємним: від опалення тваринницьких приміщень до роботи насосів, вентиляції, сушарок, техніки.

У таких умовах енергоменеджмент є критично важливим інструментом для контролю, оптимізації та зменшення витрат енергоресурсів. Його впровадження дає змогу не лише знизити витрати, але й підвищити загальну ефективність господарства.

□ Енергоменеджмент — це система управління використанням енергоресурсів підприємства з метою раціонального споживання, зменшення втрат, зниження витрат і досягнення енергоефективності.

Основна мета енергоменеджменту — створити таку модель управління енергією, яка постійно вдосконалюється і дає вимірювані результати.

До задач енергоменеджменту входять:

- аудит енергоспоживання;
- виявлення енерговитратних зон;
- планування заходів енергозбереження;
- впровадження технічних і організаційних змін;
- моніторинг результатів.

Найрезультативнішими напрямками енергозбереження є:

- Модернізація освітлення — заміна ламп ДРЛ або ЛБ на LED знижує витрати на 40–70%;
- Оптимізація роботи електроприводів — встановлення частотних перетворювачів;

- Утеплення приміщень і автоматизація вентиляції в тваринництві;
- Системи рекуперації тепла з сушарок і теплиць;
- Використання сонячних батарей для локального електропостачання;
- Автоматизовані системи управління освітленням, насосами, вентиляторами.

Організаційні заходи також важливі: ведення обліку, щоденний контроль витрат, мотивація персоналу до енергоощадної поведінки.

Для оцінки ефективності впроваджених заходів застосовується формула:

$$\text{Економія енергії (кВт\год)} = \text{Споживання до} - \text{Споживання після}$$

Далі обчислюється економія коштів:

$$\text{Економія коштів (грн)} = \text{Економія енергії} \times \text{Тариф}$$

Рівень енергоефективності залежить від багатьох внутрішніх та зовнішніх факторів:

- Технічний стан обладнання — чим новіша і більш автоматизована техніка, тим менше витрати;
- Тип господарства — енергонавантаження в тваринництві значно вище, ніж у рослинництві;
- Наявність автоматизованих систем обліку — дає змогу бачити реальні втрати;
- Кваліфікація персоналу — людський фактор часто призводить до перевитрат;
- Політика керівництва — якщо енергоменеджмент визнаний стратегічним пріоритетом, він дає ефект.

#### Основні розрахунки:

**Річна економія енергії:**

$$E_{\text{економія}} = E_{\text{споживання}} * K_{\text{заощадження}}$$

де:  $E_{\text{економія}}$  — кількість зекономленої енергії (кВт·год),  
 $E_{\text{споживання}}$  — початкове споживання енергії (кВт·год),  
 $K_{\text{заощадження}}$  — коефіцієнт заощадження енергії.

**Економія коштів:**

$$C_{\text{економія}} = E_{\text{економія}} * T$$

де:  $C_{\text{економія}}$  — економія коштів (грн),  
 $T$  — тариф на електроенергію (грн/кВт·год).

**□ Порядок виконання роботи:**

1. Ознайомитися з вихідними даними варіанта: річне споживання енергії, тариф на електроенергію.
2. Проаналізувати основні споживачі енергії на підприємстві (освітлення, насосні системи, вентиляція тощо).
3. Запропонувати енергоефективні заходи (LED-освітлення, частотні перетворювачі, автоматизація, використання альтернативної енергії).
4. Визначити коефіцієнт економії від запропонованих заходів.
5. Розрахувати річну економію енергії та коштів.
6. Скласти короткий план впровадження енергоощадних заходів.
7. Зробити висновки щодо ефективності запропонованих рішень.

---

✓ **Форма звіту:** Мета роботи; Короткі відповіді на контрольні питання; Вихідні дані; Хід розрахунків; План заходів; Висновки.

**?Контрольні запитання:**

1. Що таке енергоменеджмент і його основна мета?
2. Які найбільш ефективні заходи енергозбереження на агропідприємствах?
3. Як розраховується економія енергії і коштів?
4. Які фактори впливають на рівень енергоефективності підприємства?

### Вихідні дані для розрахунку практичної роботи №9

| В  | Річне споживання<br>(тис. кВт·год) | Тариф<br>(грн/кВт·год) | Очікуваний коефіцієнт<br>економії (%) |
|----|------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1  | 150                                | 5,20                   | 15                                    |
| 2  | 180                                | 5,30                   | 18                                    |
| 3  | 120                                | 5,10                   | 12                                    |
| 4  | 200                                | 5,40                   | 20                                    |
| 5  | 160                                | 5,25                   | 16                                    |
| 6  | 170                                | 5,15                   | 17                                    |
| 7  | 140                                | 5,30                   | 14                                    |
| 8  | 190                                | 5,35                   | 19                                    |
| 9  | 130                                | 5,10                   | 13                                    |
| 10 | 210                                | 5,45                   | 21                                    |
| 11 | 155                                | 5,20                   | 15                                    |
| 12 | 165                                | 5,30                   | 16                                    |
| 13 | 135                                | 5,15                   | 13                                    |
| 14 | 195                                | 5,40                   | 19                                    |
| 15 | 145                                | 5,25                   | 14                                    |
| 16 | 175                                | 5,35                   | 17                                    |
| 17 | 125                                | 5,10                   | 12                                    |
| 18 | 205                                | 5,50                   | 20                                    |
| 19 | 150                                | 5,20                   | 15                                    |
| 20 | 185                                | 5,30                   | 18                                    |
| 21 | 160                                | 5,15                   | 16                                    |
| 22 | 140                                | 5,20                   | 14                                    |
| 23 | 200                                | 5,40                   | 20                                    |
| 24 | 130                                | 5,10                   | 13                                    |
| 25 | 195                                | 5,35                   | 19                                    |
| 26 | 155                                | 5,25                   | 15                                    |
| 27 | 165                                | 5,30                   | 16                                    |
| 28 | 135                                | 5,15                   | 13                                    |
| 29 | 180                                | 5,40                   | 18                                    |
| 30 | 145                                | 5,20                   | 14                                    |

## ВИКОРИСТАНІ ТА РЕКОМЕНДОВАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Бакум М. В., Кириченко Р. В., Козаченко О. В. Сільськогосподарські машини. Ч. 1. Кн. 2. Культиватори. Харків : Біотехкнига, 2024. 253 с.
2. Вантух З.З., Здобицький А.Я., Сторожук Л.В. Сільськогосподарські машини : навчальний посібник. Львів : Новий світ-2000, 2021. 280 с.
3. Василега П. О., Муріков Д. В. Електропривод робочих машин : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2025. 228 с.
4. Василега, П. О. Електропривод робочих машин : підручник. Суми : СумДУ, 2022. 290 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88282/3/Vasilega.pdf>
5. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2021. 552 с.
6. Експлуатація машин і обладнання в рослинництві : курс лекцій / уклад. В. С. Лукач, В. І. Василюк, В. І. Хропост. Ніжин, 2023. 122 с.
7. Енергетичний менеджмент та енергоефективність : підручник / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець та ін. Харків : ФОП Бровін О.В., 2020. 348 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/43715fb0-c685-42b9-9cf8-68907a6eb6ca/content>
8. Енергетичний менеджмент. Бізнес-план проєкту з енергоефективності. Розрахункова робота : навчальний посібник / уклад. О. В. Бориченко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 44 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/aef108c0-4c59-423e-b090-76a465c55ad2/content>
9. Енергетичний менеджмент. Ч. 2. Практикум : навчальний посібник / уклад. О. В. Бориченко, В. Ф. Находов. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 96 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d7f07756-3616-44ec-8fae-810edf05d6a5/content>
10. Луцюк В. І., Шамралує О. Л. Агротехнологія : підручник. Київ : Літера-ЛТД, 2020. 256 с. URL: <https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidrucnyky-posibnyky-profosvita/Litera-Agrotehnologia.pdf>
11. Сільськогосподарські машини : електронний посібник / уклад. Д. Г. Войтюк, В. М. Мартишко, М. С. Волянський та ін. Київ : Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти, 2023. URL: <https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/Zmist/Zmist.htm>

12. Технологія виробництва продукції рослинництва : навчальний посібник / С. П. Танчик, О. А. Цюк, Л. В. Центило та ін. Київ : НУБіП України, 2023. 276 с. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7afe95a6-ed2b-4084-83cb-86406995a05a/content>
13. Точне землеробство. Промо-бук про сучасні технології. Вінниця : Центр точного землеробства, 2022. 40 с. URL: [https://www.frendt.ua/wp-content/uploads/2022/11/promobuk\\_tochne\\_zemlerobstvo.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.frendt.ua/wp-content/uploads/2022/11/promobuk_tochne_zemlerobstvo.pdf?utm_source=chatgpt.com)
14. Хільчевський В.К. Агροгідрохімія : підручник. Київ : ДІА, 2021. 176 с. URL: [https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2024/09/hilchevskyj-v.k.\\_agroidrohimiya22.02.21-r.pdf](https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2024/09/hilchevskyj-v.k._agroidrohimiya22.02.21-r.pdf)

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

# АГРОТЕХНОЛОГІЇ

методичні рекомендації

Укладачі: **Садовий Олексій Степанович**  
**Суковіцина Ірина Миколаївна**

Формат 60x84 1/16 Ум. друк. арк. 2,75  
Тираж 20 прим. Зам. №\_\_

Надруковано в видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.