

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Михайло ШУЛЯК

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження впливу елементів систем точного землеробства на показники якості роботи сівалок точного висіву»

Виконав:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій КОСЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

\_\_\_\_\_ СТЗ 2401-2м

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Михайло ШУЛЯК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

\_\_\_\_\_ (підпис)

В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

## АНОТАЦІЯ

**Косенко Сергій Станіславович**

Дослідження впливу елементів систем точного землеробства на показники якості роботи сівалок точного висіву.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за освітньою програмою «Системи точного землеробства» зі спеціальності 208 «Агроінженерія». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 45 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 5 таблиць, 15 рисунків, додатків 2, 25 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є технологічний процес посіву соняшнику сівалкою точного висіву Vega 8 Profi обладнаною електроприводом висівних апаратів і системою керування і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics).

Магістерська робота присвячена дослідженню факторів, що впливають на якісні показники посіву соняшнику сівалкою точного висіву.

Метою роботи є визначення впливу на якісні показники посіву соняшнику сівалками точного висіву швидкості руху агрегату, а також оцінка впливу на них системи керування і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics).

Аналіз отриманих експериментальних даних дозволив встановити оптимальні параметри швидкості руху посівного агрегату, за яких технологічний процес висіву соняшнику може виконуватися з досягненням максимально можливих показників якості. На основі проведених вимірювань та порівняльної оцінки роботи сівалки було визначено, що найбільш раціональним для наших умов є діапазон робочих швидкостей від

1,67 до 2,5 м/с за норми висіву 45 тис. шт/га. Саме в цих межах вдавалося забезпечити рівномірність розміщення насіння, мінімальний відсоток пропусків і двійників, а також стабільність глибини загортання.

Подальше збільшення швидкості руху посівного агрегату призводило до помітного погіршення всіх досліджуваних якісних показників. Зокрема, на швидкості 3,33 м/с спостерігалось різке зростання відхилень від оптимальних значень, і всі параметри висіву виходили за межі встановлених агротехнічних вимог. Це свідчить про те, що перевищення рекомендованого швидкісного режиму негативно впливає на точність роботи висівного апарата і загальну якість посіву.

Ключові слова: посів, якість, посівний агрегат, робоча швидкість, рівномірність висіву.

## **ABSTRACT**

### **Kosenko Serhiy Stanislavovych**

Study of the influence of elements of precision farming systems on the quality indicators of precision seeding seeders.

Qualification work for obtaining a master's degree in the educational program "Precision farming systems" in specialty 208 "Agroengineering". Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The graduation qualification work is presented on 45 pages of typewritten text of the explanatory note, containing 5 tables, 15 figures, 2 appendices, 25 literary sources.

The object of the study is the technological process of sowing sunflower with a precision seeding seeder Vega 8 Profi equipped with an electric drive of seeding units and a seeding control and monitoring system (Electronic Seed Driver, manufactured by MC Electronics).

The master's thesis is devoted to the study of factors affecting the quality indicators of sunflower sowing with a precision seed drill.

The purpose of the work is to determine the influence of the speed of the unit on the quality indicators of sunflower sowing with precision seed drills, as well as to assess the influence of the sowing control and monitoring system (Electronic Seed Driver, manufactured by MC Electronics) on them.

Analysis of the obtained experimental data allowed us to establish the optimal parameters of the speed of the sowing unit, under which the technological process of sowing sunflower can be carried out with the achievement of the maximum possible quality indicators. Based on the measurements and comparative assessment of the operation of the seeder, it was determined that the most rational for our conditions is the range of operating speeds from 1.67 to 2.5 m/s for a seeding rate of 45 thousand pcs/ha. It was within these limits that it was possible to ensure uniform seed placement, a minimum percentage of skips and doubles, as well as stability of the embedding depth.

Further increase in the speed of the sowing unit led to a noticeable deterioration of all the studied quality indicators. In particular, at a speed of 3.33 m/s, a sharp increase in deviations from optimal values was observed, and all sowing parameters went beyond the established agrotechnical requirements. This indicates that exceeding the recommended speed regime negatively affects the accuracy of the sowing unit and the overall quality of sowing.

Keywords: sowing, quality, sowing unit, operating speed, sowing uniformity.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
Розділ 1. Стан питання і задачі досліджень.....	10
1.1 Аналіз досліджень конструкцій просапних сівалок .....	10
1.2 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур.....	20
1.3 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур.....	22
Розділ 2. Аналіз досліджень факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву.....	26
Розділ 3. Експериментальні дослідження факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву.....	31
3.1. Будова та особливості застосування сівалки Vega 8 Profi.....	31
3.2 Умови проведення випробувань.....	33
3.3 Програма та методика експериментальних досліджень.....	34
3.4 Аналіз показників роботи висівних апаратів на стендових випробуваннях.....	36
3.5 Аналіз результатів польових випробувань сівалки.....	37
Висновки.....	41
Список використаних джерел.....	42

## **ВСТУП**

### **1. Актуальність теми**

Особливу значущість має процес посіву просапних культур, таких як соняшник, оскільки якість розміщення насіння безпосередньо впливає на рівномірність сходів, густоту рослин і, як наслідок, на врожайність. Використання сівалок точного висіву з електроприводами висівних апаратів та системами контролю дозволяє досягти високих показників рівномірності висіву та стабільності глибини загортання, проте питання оптимізації параметрів їх роботи, таких як швидкість руху агрегату та налаштування систем керування висіву, потребує детального наукового дослідження.

### **2. Аналіз стану наукової розробки проблеми**

Науковці приділяють увагу конструктивним особливостям висівних апаратів, методам електронного контролю та оптимізації технологічних режимів. Одним із основних напрямів є визначення впливу швидкості руху посівного агрегату на якість висіву. Однак наявні дослідження часто обмежуються загальними рекомендаціями і не враховують комплексну взаємодію швидкості, конструктивних особливостей сівалки та налаштувань систем керування висіву для конкретних умов вирощування культур.

### **3. Мета дослідження**

Метою роботи є визначення впливу швидкості руху посівного агрегату та системи керування висіву (Electronic Seed Driver, MC Electronics) на якісні показники посіву соняшнику сівалками точного висіву.

### **4. Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є технологічний процес посіву соняшнику сівалкою точного висіву Vega 8 Profi, оснащеною електроприводом висівних апаратів та системою керування висівом.

### **5. Предмет дослідження**

Предметом дослідження є вплив швидкості руху посівного агрегату та роботи системи керування висіву на рівномірність розміщення насіння, відсоток пропусків та двійників, а також стабільність глибини загортання насіння.

## **6. Завдання дослідження**

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

1. Провести аналіз наукових досліджень конструкцій сівалок точного висіву та агротехнічних вимог до посіву просапних культур.
2. Проаналізувати фактори, що впливають на роботу сівалок точного висіву.
3. Провести польові та стендові випробування сівалки з різними режимами швидкості.
4. Виконати аналіз експериментальних даних та визначити оптимальні параметри роботи агрегату.

## **7. Методи дослідження**

У роботі використано комплекс методів: теоретичний аналіз літературних джерел, порівняльний аналіз показників роботи висівних апаратів, експериментальні польові та стендові дослідження, статистична обробка отриманих даних, а також методи моделювання та оцінки якості посіву.

## **8. Структура та обсяг роботи**

Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Пояснювальна записка містить 45 сторінки тексту, 5 таблиць та 15 рисунків. Розділи роботи охоплюють аналіз наукових досліджень, оцінку факторів впливу на якість посіву та результати експериментальних досліджень, що дозволяє комплексно дослідити об'єкт та досягти поставленої мети.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Аналіз досліджень конструкцій просапних сівалок

Розвиток технологій у конструкції механічних сівалок для просапних культур пройшов довгий шлях: від перших простих зразків, створених наприкінці XVIII століття, до сучасних високотехнологічних машин. З плином часу габарити таких агрегатів істотно зросли, а інженери впровадили багато технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виконання польових робіт та поліпшення якості висіву.

Сівалка, призначена для висіву просапних культур, є сільськогосподарським обладнанням, що найчастіше агрегується з трактором через дишло або за допомогою триточкового навішування та рухається позаду нього. Основним показником її розміру виступає кількість посівних секцій, які закріплюють на рамі агрегата. Зазвичай їхня кількість може становити від чотирьох до більш ніж п'ятдесяти (до 54 секцій), а параметри міжряддя коливаються в межах приблизно від 20 до 28 дюймів, інколи із застосуванням варіативних конфігурацій залежно від агротехнічних вимог.



Рис. 1 - Розмір сівалки для просапних культур від (а) 4 сошників до (б) 56 сошників

Головним призначенням сівалок для просапних культур є забезпечення точного розміщення індивідуальних насінин уздовж кожного висівного рядка із заданою відстанню між ними та стабільною глибиною закладення. Конструкція робочого секційного вузла просапної сівалки

включає чотири ключові механізми або підсистеми, які забезпечують повний цикл посівного процесу.

Одним із найвідповідальніших елементів машини виступає апарат дозування насіння. Його функція полягає в тому, щоб рівномірно розподілити окремі зернини на встановленій дистанції, відповідно до визначеної агротехнічними вимогами норми висіву. Найбільш поширеними варіантами дозувальних систем є пальчикові механізми або вакуумні лічильники (див. рис. 2). Пальцеві дозатори здатні працювати з насінням різної форми та калібру без потреби заміни висівної пластини. Під час руху пальців всередині дозувального вузла насіння захоплюється між спеціальним пальцем (або чашечкою) і нерухомою пластиною. За рахунок тяги пружини зернина надійно фіксується, аж доки не досягне місця скидання, де вона переходить у канал подачі до борозни.

У вакуумних дозуючих пристроях застосовуються змінні висівні диски відповідно до типу культури, проте точність дозування в них, як правило, суттєво вища порівняно з пальцевими аналогами. Розрідження повітря створює частковий вакуум, який утримує насінину в отворі або пазі диска у процесі його обертання. Коли отвір із зерниною наближається до місця вивільнення, спеціальний екстрактор повністю припиняє дію вакууму, і насінина під дією сили тяжіння спрямовується в систему транспортування до борозни.



Рис. 2 - Два типи системи дозування насіння. Вакуум (а) і пальцевий знімач (b)

Під час обертання висівної пластини або дозуючого диска відбувається захоплення окремої насінини та її подальше спрямування в отвір, через який вона рухається далі системою подачі й направляється безпосередньо в борозну. Основне завдання цієї частини висівного механізму полягає у точному розміщенні насіння на дно сформованого ложа, забезпечуючи оптимальні умови для проростання.

Для типових просапних сівалок найчастіше використовують два види систем транспортування насіння до борозни: насіннепровід гравітаційного принципу дії (рис. 3 а) та систему із стрічковим транспортером. У варіанті гравітаційного насіннепроводу насінина, після виходу з дозатора, вільно падає крізь насінневу трубку просто на поверхню ґрунту. Відскок насіння від внутрішніх стінок трубки під час падіння може спричинити зміну інтервалів між насінинами, що особливо проявляється на нерівних ділянках поля або за збільшеної швидкості руху агрегату.

Другий різновид системи подачі — стрічковий конвеєр (рис. 3 б). Він створений як поліпшена альтернатива гравітаційному способу, оскільки використовує спеціальні щітки чи лопатки, розташовані на стрічці, які утримують і транспортують насіння після виходу з дозувального механізму. Така стрічка забезпечує переміщення насінин на рівній відстані одна від одної та передає їх у борозну, коли вони дістаються нижньої частини транспортера, що дозволяє досягти вищої точності розподілу.

Під час висіву важливо закладати насінину на таку глибину, де в орному шарі присутня достатня кількість ґрунтової вологи, необхідної для повноцінного й рівномірного проростання рослин. Робочі органи у вигляді сошників формують борозну з V-подібним профілем, а спеціальне опорне коліщатко забезпечує стабільний контроль за рівнем загортання насіння у ґрунт (рис. 4). Конструкція сучасних сівалок передбачає регулювання глибини закладання, що дозволяє оперативно враховувати мінливі польові умови під час посівних робіт. У деяких випадках застосовується

борозеночистник, який прибирає рослинні рештки, бур'янову рослинність та інші перешкоди на поверхні поля перед роботою висівних дисків.

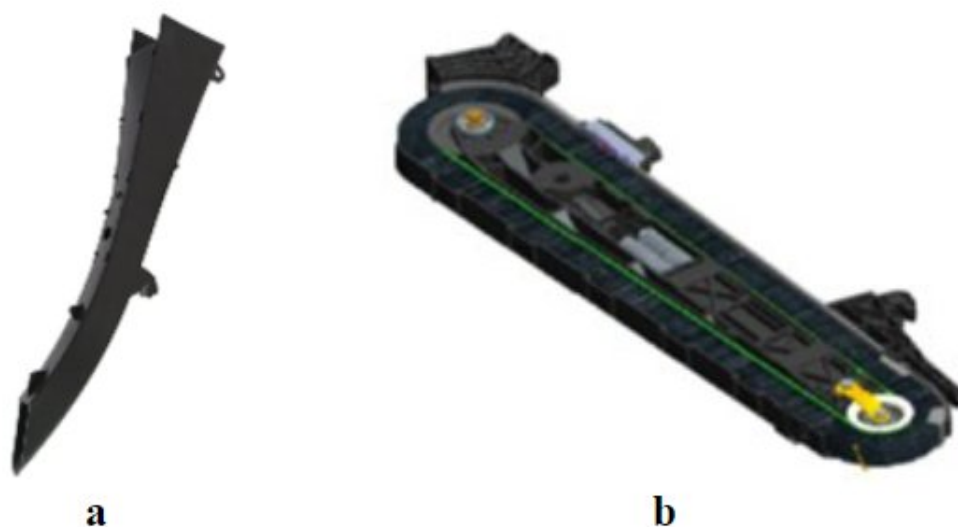


Рис. 3 - Насіннепроводи гравітаційного типу (а) та насінневого стрічкового конвеєра (б).

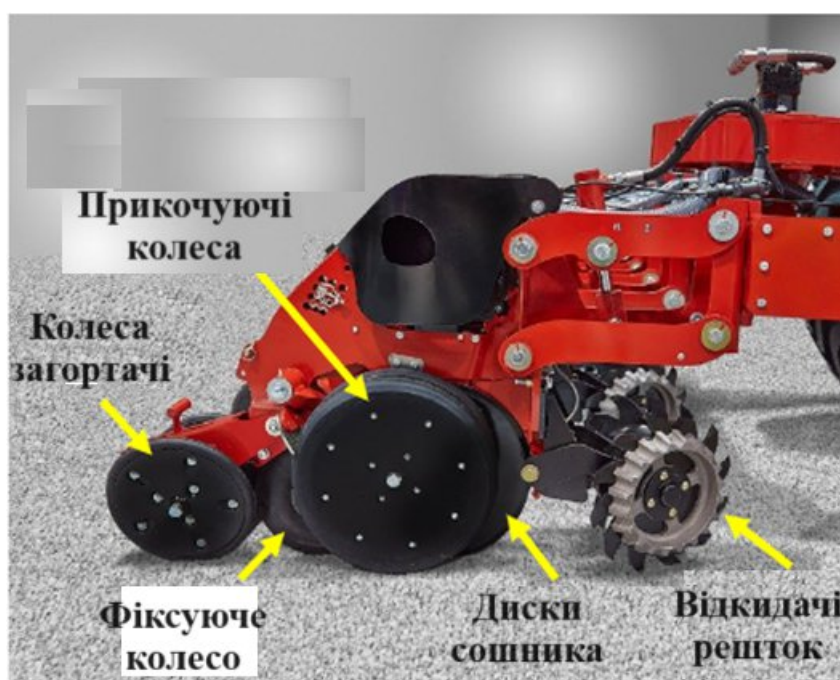


Рис. 4 - Основні вузли сівалки

Для того щоб насінням забезпечити оптимальні умови для проростання та рівномірної появи сходів, необхідний тісний дотик посівного матеріалу із ґрунтовим середовищем. Після опускання насіння у створену борозенку застосовують спеціальні робочі органи, головне

завдання яких — засипати цей матеріал землею, створюючи надійний контакт насінин із частинками ґрунту та сприяючи формуванню сприятливих умов для старту вегетації. Закривальні пристрої, такі як борознозакривачі або пари ущільнювальних коліс (рис. 4), ущільнюють верхній шар, усуваючи можливі пустоти з повітрям навколо насінини та тим самим поліпшуючи умови для її швидкого набухання та проростання. Крім цього, на деяких моделях сівалок встановлені прикочувальні колеса, що перешкоджають відскакуванню насіння під час його потрапляння у борозну, м'яко притискаючи його до дна посівної траншеї.

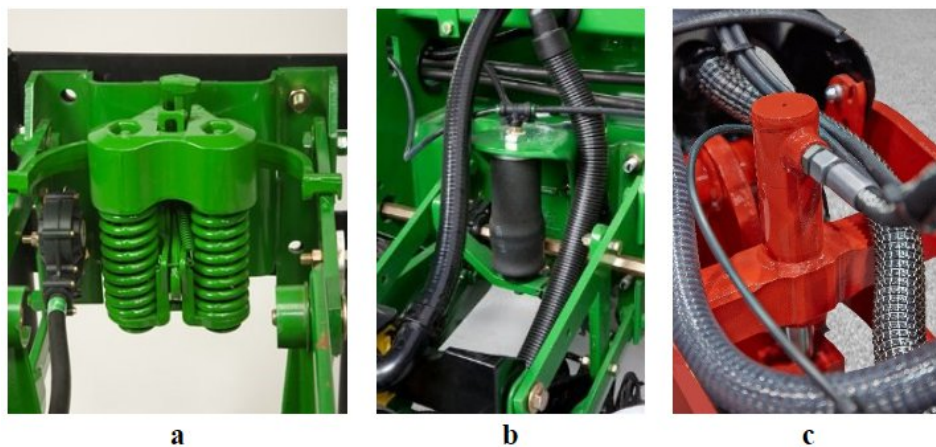


Рис. 5 - Системи притискної сили сівалки (а) механічні (б) пневматичні та (в) гідравлічні.

У просапних сівалок важливою функцією є точне розміщення кожної насінини на однаковій глибині та з рівномірними проміжками в посівному рядку. Для формування борозни потрібної глибини дискові сошники використовують власну масу секції, проникаючи у ґрунт. Ступінь занурення контролюється опорними колесами, які не дозволяють дискам заглиблюватися надмірно. Сила, що передається на ці опорні колеса під час їх контакту з поверхнею поля, має назву «навантаження на колесо». Якщо в різних частинах поля структура ґрунту змінюється й опір сошниковому вузлу зростає, маси самої секції може бути недостатньо, що спричиняє втрату зчеплення опорного колеса з землею та формування неглибокої посівної борозни.

З метою уникнення зазначених недоліків і для стабільного забезпечення потрібної глибини вкладення насіння на полях із різним рівнем ущільнення, різнорідною структурою та наявністю рослинних решток, виробники обладнали сучасні просапні сівалки додатковими механізмами створення навантаження на секцію. Сума власної маси висівного апарата та прикладеної зверху сили позначається терміном «притискна сила секції». Такий додатковий тиск може реалізовуватися різними способами залежно від конструкції машини: за рахунок механічних, пневматичних або гідравлічних систем притискання.

#### *Механічна система*

У цій конструкції (див. рис. 5 а) застосовуються пружні елементи, які створюють додаткове навантаження, необхідне для стабільної та ефективної роботи основних робочих вузлів сівалки. Регулювання притискної дії здійснюється вручну шляхом встановлення важеля у відповідну виїмку на висівному модулі. Кожне фіксоване положення важеля забезпечує свій рівень підсиленої притискної сили, причому її налаштування виконується з дуже малими інтервалами зміни.

Водночас така система має відчутний недолік: зусилля, яке передається на висівну секцію, здатне різко коливатися відповідно до закону Гука ( $F = kS$ ). Це пов'язано з тим, що пружини миттєво реагують на нерівності рельєфу, постійно стискаючись або розтягуючись під час руху по полю. Унаслідок цього величина навантаження, що діє на висівні блоки, може значно відрізнятись, спричиняючи небажані зміни у роботі посівного агрегату.

#### *Пневматична система*

У наведеній конструкції (рис. 5 б) застосовані пневматичні гумові подушки, які через роботу компресора наповнюються повітрям. Це дає можливість забезпечити максимально рівномірний розподіл притискної сили до поверхні ґрунту під час переміщення сівалки полем. Такий варіант

є значно практичнішим для користувача, оскільки дає змогу регулювати величину притиснення прямо з кабіни трактора, не виходячи назовні.

Крім того, повітряні подушки дозволяють підтримувати стабільнішу притискну силу, адже оператор має можливість встановити потрібне значення в широких межах діапазону додаткового навантаження на висівний сошник (орієнтовно від 0 до 440 фунтів). Це є суттєвою перевагою порівняно з традиційними механічними пристроями, де можливості регулювання більш обмежені. Датчики, встановлені на вимірювальному колесі, формують сигнал зворотного зв'язку щодо актуального рівня притискальної дії на сошник, і ці дані можуть бути використані для автоматичного коригування сили притиску в процесі сівби.

Разом із тим, пневматична система має певний недолік — вона повільніше реагує на раптову зміну умов, зокрема нерівності або різкі перепади щільності ґрунту. Потрібен певний проміжок часу, щоб тиск у подушках досяг необхідного значення, тому ефективність адаптації у швидкій динаміці дещо знижується.

#### *Гідравлічна система*

Гідравлічний привід дає можливість отримати значно оперативнішу реакцію на зміну умов, що впливають на величину притискної дії висівного вузла, ніж це здатні забезпечити пневматичні аналоги. Такий тип приводу (рис. 5 с) функціонує завдяки застосуванню гідроциліндрів, які при необхідності створюють додатковий тиск на сошники, щоб гарантувати стабільну роботу сівалки. Перед початком висіву оператор встановлює потрібний рівень навантаження на опорне колесо, який вважається оптимальним для підтримання запланованої глибини укладання насіння протягом усієї роботи агрегату. Гідравлічна система утримує заданий параметр, забезпечуючи проникнення робочих органів на потрібну величину та дотримання постійної глибини загортання насіння без надмірного ущільнення ґрунтового шару. Датчик, розташований на вимірювальному колесі, передає інформацію про фактичне навантаження,

дозволяючи автоматично визначити потребу у збільшенні або зменшенні притискного зусилля. Подібне конструктивне рішення є особливо ефективним на ділянках із частими змінами умов — різною обробкою ґрунту, неоднорідною текстурою, перепадами рельєфу, наявністю рослинних решток та інших факторів, де потрібна максимально швидка адаптація сівалки до змінних польових обставин.

#### *Автоматичне керування секціями*

Сівалки, призначені для вирощування просапних культур, можуть оснащуватися сучасною системою автоматизованого відключення секцій. Застосування такої технології дає змогу значно підвищити результативність виконання посівних робіт шляхом скорочення виробничих витрат і підвищення загальної продуктивності агротехнічних операцій. Використання глобальних навігаційних супутникових систем у поєднанні з картами засіяних ділянок забезпечує можливість керування окремими секціями висівних механізмів, запобігаючи повторному внесенню насіння на вже оброблених територіях та забезпечуючи точний контроль за кожною рядковою одиницею під час посіву. У типовій технології виконання робіт спочатку засівають контур поля, після чого переходять до послідовного заповнення центральної площі.

У минулому оператор машин змушений був особисто відключати й увімкати всі висівні секції по всій ширині агрегату, коли той підходив до межі з уже засіяною частиною чи до зони, яка запланована для посіву. Через те, що один край сівалки раніше за інший потрапляє на засіяну ділянку, виникає потреба вимкати певні рядкові механізми. Якщо зробити це надто рано, з'являються пропуски — незасаджені частини території. Натомість запізніле вимкнення повної ширини сівалки спричиняє повторне засівання й небажане нашарування посівів, що призводить до перевитрат насінневого матеріалу та потенційного зниження врожайності (рис. 6 а).

Зменшення площ, що накладаються одна на одну, є досить складним завданням, особливо у випадках, коли потрібно уникати зон без рослин під

час руху агрегату по полю. Посів земельних масивів зі складною конфігурацією, виконання поворотів на розворотних смугах або об'їзд перешкод значною мірою підвищують ризик збільшення перекриттів.

Інтелектуальна система автоматизованого контролю секцій самостійно здійснює відключення окремих рядків або цілих секцій у місцях, які вже засіяні раніше, а після наближення сівалки до нових ділянок — автоматично активує їх знову (рис. 6 б). Завдяки такому підходу істотно скорочуються перевитрати насіння, підвищується рівень точності розміщення рослин у ґрунті, мінімізуються як перекриття, так і пропуски. У підсумку застосування подібних технологій сприяє стабільному зростанню врожайності та економічній вигоді для господарства.

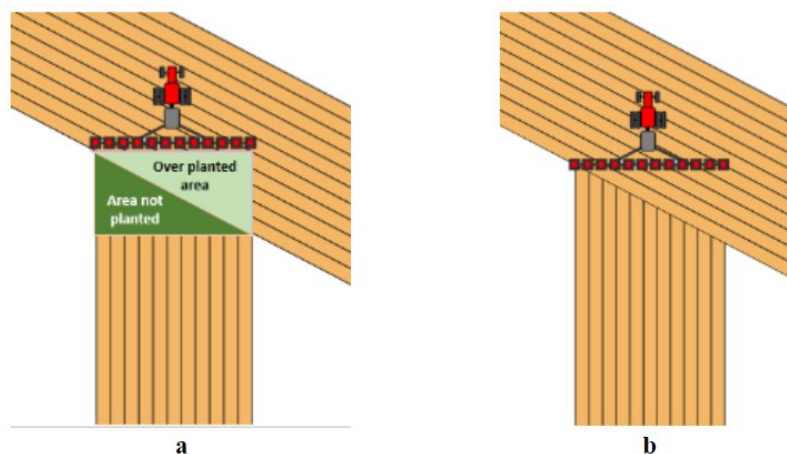


Рис. 6 - Ручне керування секціями (а). Автоматичне керування секціями (б) окремих рядків.



Рис. 7 - Вплив автоматичного контролю секцій на зменшення перекриття

Посів є ключовим етапом у рослинництві, який істотно визначає можливу врожайність культур. Точне та рівномірне розміщення насіння потребує застосування сучасних високотехнологічних систем, здатних підтримувати встановлені параметри посіву навіть за умов інтенсивної роботи на полях. У 2018 році глобальна індустрія технологій точного землеробства оцінювалася у 5,6 мільярда доларів США, а до 2024 року її вартість зросте до 11,6 мільярда доларів. Сучасні рішення точного землеробства охоплюють навігаційні системи різноманітної сільськогосподарської техніки з використанням GPS, географічно прив'язаних карт ґрунтів та врожайності, а також системи змінної норми внесення добрив, що спрямовані на підвищення продуктивності, оптимізацію витрат виробництва та мінімізацію надмірного використання ресурсів.

Застосування сівалок точного висіву надає аграріям можливість отримувати зворотний зв'язок у реальному часі та оперативно коригувати процес, враховуючи просторову мінливість умов на полі. Це дозволяє ефективно керувати стратегіями, що забезпечують правильне розташування насіння у визначені строки. Дотримання оптимального часу посіву є критично важливим, оскільки відхилення від рекомендованих дат може призвести до втрат потенційної врожайності.

Затримка посіву негативно впливає на тривалість вегетаційного періоду, що збільшує ризики ураження культур шкідниками та хворобами, а також ускладнює запилення через несприятливі погодні умови. В окремих регіонах період сівби починається у квітні на півдні і продовжується до середини травня на північному заході. Однак непередбачуваність погодних умов, особливо підвищена вологість після дощів, може скоротити кількість днів, придатних для посіву, змушуючи фермерів виконувати операції поза оптимальним вікном. Раніші дослідження підтверджують, що пізня сівба часто призводить до зниження врожайності.

Своєчасне завершення посіву вимагає стратегічного планування, особливо на великих полях. Для цього виробники можуть збільшувати швидкість роботи техніки, щоб обробити більше гектарів у доступні дні оптимальних строків. Однак підвищення швидкості може негативно впливати на точність глибини посіву та рівномірність розміщення насіння, особливо за умов різної текстури ґрунту, вологості, залишків попередніх культур та рельєфу поля.

Дослідження показують, що рівномірність розташування рослин і поява сходів безпосередньо залежать від швидкості роботи сівалки, що в кінцевому результаті впливає на потенційну врожайність кукурудзи. Неналежний контроль глибини посіву на високих швидкостях може спричиняти затримку появи сходів та нерівномірність міжрядь. Зниження врожайності зафіксоване при збільшенні швидкості від 7 до 10 км/год, що пояснюється нерівномірним розташуванням насіння через підстрибування в ложі сівалки. Подібним чином, нерівномірна глибина закладання насіння призводить до поганого розвитку сходів і відповідного зниження продуктивності зернових культур.

Сучасні сівалки точного висіву, у тому числі просапні моделі, здатні підтримувати задану глибину та відстань між насінинами навіть у різних умовах поля завдяки контролю притискної сили. Величина додаткового навантаження адаптується індивідуально для кожного поля та визначається безпосередньо під час посівних робіт залежно від фактичних польових умов.

## **1.2 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур**

На відміну від зернових колосових культур, просапні рослини висівають або за квадратно-гніздовою схемою, або з використанням пунктирного способу. Обраний метод сівби визначає специфічні агротехнічні вимоги до проведення посівних робіт. Додаткові вимоги до посіву просапних культур можна викласти наступним чином:

1. Відхилення фактичної глибини загорання насіння соняшнику від заданої величини не повинно перевищувати  $\pm 1,0$  см для окремих культур і  $\pm 1,5$  см для інших.

2. Допустимі відхилення ширини основних міжрядь не повинні перевищувати  $\pm 1,0$  см, а ширини стикових міжрядь –  $\pm 5,0$  см.

3. Під час квадратно-гніздового посіву в кожне гніздо закладається певна кількість насіння: 2–3 насінини для соняшнику, 3–4 для баштанних культур та 4–5 для бобових і бавовнику. Розтягнутість окремих гнізд на поверхні поля не повинна перевищувати 10 см.

4. При пунктирному способі сівби кількість насіння на гектар збільшується приблизно на 30% порівняно із розрахунковою нормою. Відхилення між зернами в рядку не повинно перевищувати  $\pm 30\%$ , а кількість зерен із допустимими відхиленнями від загального числа має становити не менше 85%.

5. Важливо дотримуватися прямолінійності рядків у поздовжньому напрямку, а для квадратно-гніздової сівби – і в поперечному. Відхилення центрів гнізд від осі поперечних рядів на ділянці, що відповідає трьом суміжним захопленням агрегату, не повинно перевищувати  $\pm 7\%$ .

6. Ширина захвату сівалки повинна дорівнювати або бути кратною ширині захвату агрегату для міжрядного обробітку рослин.

7. Допустиме відхилення норми висіву насіння для кукурудзи становить  $\pm 5\text{--}8\%$ , для соняшнику – до  $\pm 5\%$ . Відхилення одночасно внесених добрив не перевищує  $\pm 10\%$ .

При першому проході сівалки контролюють фактичну глибину загорання насіння. На другому та наступних проходах перевіряють норму висіву насіння, внесення добрив та гербіцидів, а також рівномірність розподілу насіння окремими секціями та роботу маркерів. Основними показниками оцінки є: дотримання норми висіву, точна глибина загорання насіння, прямолінійність рядів у поперечному напрямку, що визначається

довжиною гнізд і величиною уступів рядів на суміжних проходах агрегатів. Крім того, оцінюють ширину основних та стикових міжрядь.

Посів і посадку просапних культур виконують у оптимальні для конкретної культури агротехнічні строки, після достатнього прогріву ґрунту. Поле, підготовлене до посіву чи посадки, має бути рівним: відсутні високі звальні гребені понад 5 см і глибокі розвальні борозни понад 10 см.

Одночасно з посівом або посадкою у рядки вносять мінеральні добрива. Використовують каліброване, протруєне та оброблене пестицидами насіння. При розміщенні насіння необхідно забезпечити рівномірний розподіл і точне загортання на задану глибину по всій площі. Насіння повинне формувати прямі ряди з однаковою шириною міжрядь.

Глибину загортання визначають за відкритими борознами відповідно до встановленої методики. Відхилення фактичної глибини від заданої не повинно перевищувати 1,5–2 см. Ширину стикових міжрядь вимірюють за методикою оцінки посівів зернових культур.

Контроль норми висіву насіння можна здійснювати різними способами, однак найчастіше застосовують такий метод: на одному або декількох проходах агрегату розкривають рядки довжиною 1 м, підраховують знайдені насінини та помножують середнє число на перекладний коефіцієнт, отримуючи фактичну норму висіву. Вона має дорівнювати розрахунковій або дещо перевищувати її.

Густоту стояння рослин доцільно визначати не на площі, а на протяжності рядка. При ширині міжрядь 45, 60, 70 і 90 см рослини підраховують на 22,2; 16,7; 14,3 і 11,1 м рядка відповідно, оскільки кількість рослин на таких відрізках чисельно відображає густоту стояння рослин (тис. шт./га).

### **1.3 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур**

Ефективне функціонування сучасного аграрного виробництва потребує високої продуктивності посівних агрегатів, здатності комбінувати

різні робочі елементи в складі одного комплексу, а також можливості швидко та безпечно переміщувати їх дорогами загального користування.

У цілому варто підкреслити, що поряд із традиційними вимогами до надійності та ефективності сільгосптехніки нині на перший план виходять такі характеристики, як конкурентоспроможність, здатність виконувати кілька операцій одночасно, універсальність використання та адаптація до різноманітних природних і виробничих умов, оптимальне співвідношення ціни і якості, а також організація своєчасного технічного обслуговування. Сучасні виробники машин і обладнання зобов'язані демонструвати більшу гнучкість і оперативність при задоволенні різних потреб замовників.

Подальше вдосконалення посівних агрегатів спрямоване на забезпечення рівномірної доставки насіння і добрив до сошників, гарантування стабільного заглиблення висіву, збільшення обсягів резервуарів для матеріалів, а також скорочення часу на переведення широкозахватних комплексів із транспортного режиму в робочий і навпаки під час перевезення на великі відстані.

Незалежно від конструкції та типу посівної техніки, загальною тенденцією розвитку є підвищення точності виконання технологічного процесу всіма агрегатами машини. Досягти цього можливо завдяки ретельному підбору типів і параметрів робочих елементів відповідно до специфічних ґрунтово-кліматичних умов кожного регіону.

Серед показників сучасних сівалок, визначених під час опитування керівників агропідприємств, першочергове значення надається якості посіву, на другому місці – надійність роботи, а третє – оптимальне співвідношення ціни та якості.

Чотири ключові фактори, які безпосередньо впливають на майбутній врожай під час сівби, включають норму висіву, точність розташування рослин у рядку, наявність двійників та пропусків, а також рівень проростання.

Цікаво, що норма висіву, як може здатися на перший погляд, має найменший вплив на врожайність. Важливішим є відстань між насінинами, тобто точне розміщення зерен у рядку, що значно впливає на подальший урожай. Ще більш критичним є сінгуляція – відсоток двійників і пропусків. Виробники та постачальники сівалок постійно акцентують увагу аграріїв на зменшенні цих дефектів, однак це лише частково впливає на результати. Насправді всі ці заходи спрямовані на забезпечення рівномірного розподілу насіння по полю, тоді як основним фактором, який визначає кінцевий урожай, є саме рівномірність проростання насіння.

У цей показник включають не лише відсоток схожості насіння, але й рівномірність та одночасність появи сходів. Вважають дружними і однорідними ті сходи, що з'являються протягом перших 36–48 годин після посіву. Якщо якась рослина не встигає прорости в перші дві доби, а більшість сусідніх уже піднялися, то ранні сходи її пригнічують, що призводить до недобору врожаю.

Наступним кроком є визначення причин нерівномірності проростання. Цьому питанню приділили увагу деякі експерименти та аналіз даних із систем точного землеробства. Наприклад, з'ясовано, що на глибині загортання насіння, рекомендованій літературою як оптимальна для конкретної культури, відносна вологість ґрунту коливалася від 20 до 60%. У той же час для успішного проростання насіння волога на глибині їх закладки має бути щонайменше 30%.

Відповідно, досліді показали істотний вплив глибини загортання на швидкість та якість проростання. Тому агроном постійно шукає «золоту середину»: глибокий посів забезпечує більше вологи, але зменшує енергію проростання; дрібний — підвищує проросткову активність, проте вологи може не вистачати.

Крім того, минулорічні досліді на полях компанії «Кернел» в Україні показали, що правильний вибір навантаження на посівну секцію має значно більший вплив на врожайність, ніж наявність двійників чи пропусків.

Наприклад, при оптимальному притискному зусиллі, за інших рівних умов, врожайність кукурудзи досягала 144,5 ц/га. При максимальному зусиллі, коли на сівалці «закручували всі пружини», показник знизився до 140,5 ц/га. Зменшення притискного тиску до 80 кг призвело до падіння врожайності до 131 ц/га. Часто низьке притискне зусилля не може запобігти підйому сошника, що поширене серед українських фермерів, які сіють просапні культури легкими сівалками з тиском менше 80 кг.

Звісно, про необхідність регулювання глибини посіву та притискного зусилля залежно від типу ґрунту знає будь-який агроном. Проте на практиці не всі виробники перенастроюють обладнання при зміні поля, адже на це витрачається 4–5 годин із 20 годин роботи сівалки навесні в сезон.

У зв'язку з цим останнім часом технології точного землеробства дозволяють змінювати притискне зусилля без виходу з кабіни, навіть посекційно — так само, як раніше стало можливим точно регулювати норму висіву. Однак подібні рішення потребують значних фінансових витрат. Наприклад, сучасна імпортна пропашна сівалка з усіма технологіями точного землеробства для українських фермерів обійдеться у 60–90 тисяч доларів.

Мета дослідження: полягає у визначенні впливу швидкості руху сільськогосподарського агрегату на якість посіву, виконаного сівалкою точного висіву, а також у дослідженні ролі системи керування та контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва компанії MC Electronics) на ці показники.

Об'єкт дослідження: технологічний процес висіву соняшнику сівалкою точного висіву Vega 8 Profi, оснащеною електроприводом висівних апаратів та інтегрованою системою керування й контролю висіву (Electronic Seed Driver, MC Electronics).

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ**

Під час виконання посівних робіт ключовим аспектом є висока точність цієї операції, що особливо важливо при обробі просапних культур. Під терміном «точність висіву» розуміють оптимальне розташування насіння не лише по площі поля, а й по глибині загортання.

За рівномірне розміщення насіння відповідають робочі органи сошникового та прикочуючого типу, тоді як рівномірний розподіл насіння вздовж рядка забезпечується, передусім, висіваючим апаратом, системою насіннепроводів та напрямними сошниками. Розташування насіння у рядку є результатом комплексної дії цих елементів. На точність висіву безпосередньо впливають конструктивні особливості посівної машини, що визначають конфігурацію висівного апарату, насіннепроводів та напрямних елементів. Важливим моментом для оптимальної розробки цих вузлів є визначення способів оцінки точності розподілу насіння в рядку.

У численних наукових дослідженнях пропонувалося оцінювати рівномірність посіву через аналіз точності розподілу насіння вздовж напрямку руху сівалки. Для цього певну довжину рядка ділять на окремі сегменти, визначаючи кількість насіння у кожному. Окремо підраховують загальну частку насіння по всій ділянці. Такий підхід дозволяє кількісно визначати ефективність роботи висівних апаратів і здійснювати порівняння між ними за цим показником, проте його складно застосовувати для швидкої оцінки якості посіву безпосередньо в польових умовах.

Подібну методику застосовували ще на початку 1980-х років під час польових експериментів, зокрема із критичною оцінкою її обмежень через відсутність чітких граничних значень параметрів. Вказувалося, що в польових умовах доцільно оцінювати точність висіву безпосередньо по сходах із наступною статистичною обробкою результатів вимірювань. Цей

підхід отримав підтримку серед економістів. Для більш об'єктивного оцінювання рівномірності розподілу насіння на полі пропонувалося застосовувати двомірний закон, що враховує відхилення не лише вздовж руху сівалки, але й у поперечному напрямку. Така оцінка була б більш репрезентативною, однак використання двомірного закону доцільне лише для аналізу кінцевого розподілу насіння по всьому полю, а не для оцінки роботи окремого висівного апарату. Водночас на виробництві застосування цього методу не отримало широкого поширення [10].

У дослідженнях аграрних науковців справедливо підкреслюється, що процес висіву насіння по суті є випадковим явищем, який формується під впливом численних чинників: як внутрішніх особливостей конструкції та роботи висівного апарату, так і зовнішніх умов експлуатації сівалки точного висіву[11]. Загалом, відстані між окремими насінням у ряду мають випадковий характер, і їх можна описати, спираючись на статистичні закономірності розподілу цих величин. У результаті для оцінки точності посіву використовують такі показники, як математичне очікування та дисперсія, враховуючи швидкість пересування сівалки, часові проміжки між викиданням зерен апаратом, а також відхилення насіння від передбачених точок висіву. Такий підхід передбачає комплексну оцінку роботи висівного обладнання.

Водночас встановлені функціональні залежності між параметрами внутрішньої структури висіваючої системи та характеристиками її роботи дозволяють проводити порівняльний аналіз різних дозуючих механізмів, що відокремлюють окремі зерна від загальної маси. Кількісну оцінку поняття «точність висіву» запропонували на початку 1990-х років. Під точністю розуміють такий процес сівби, коли інтервали між насінням розподіляються відповідно до нормального закону з параметрами  $x$  та  $2b$ , при цьому середнє значення інтервалу повинне задовольняти умові  $x \geq 6b$ , що забезпечує коефіцієнт варіації не більше 16,7%.

Для оцінювання роботи апаратів вводять поняття ймовірності точності висіву, що визначає ймовірність дотримання таких умов:

- присмоктувальні отвори заповнюються насінням;
- у кожному отворі міститься лише одне зерно;
- відхилення викинутого насіння від запланованої точки висіву не перевищує кроку висіву.

У ряді досліджень основний акцент роблять на фактичному розташуванні насіння у борозні як кінцевому результату сівби. Момент скидання зерен дозуючим елементом розглядають як випадкову величину. Відповідно, траєкторія руху зерен до поверхні ґрунту також підпорядкована випадковим процесам, які обумовлюють відхилення їх розташування уздовж ряду. Для оцінки точності посіву застосовують числові статистичні показники інтервального розподілу зерен, зокрема середні значення інтервалів та їх дисперсію.

Рівномірність формування зернового потоку визначається багатьма факторами, серед яких ключову роль відіграють початкова швидкість скидання зерен та час їх відділення від присмоктувальних осередків. Ці характеристики формуються як під впливом геометричних параметрів насіння, так і його форми. Таким чином, початкові показники формування потоку зерен мають випадковий характер і підпорядковані певним статистичним закономірностям з відповідними кількісними характеристиками.

Важливим фактором, що впливає на точність висіву, є кінематичні режими дозуючих механізмів. Дослідження показали, що, крім уже зазначених умов, значення має також процес прокочування зерен по дну борозни. Саме це пояснює, чому сівалки точного висіву часто не досягають нормативної точності: для насіння кукурудзи фактичне виконання точності складає лише близько однієї третини від нормативного рівня[9].

Точність розміщення насіння вздовж ряду істотно залежить від швидкості руху посівного агрегату. При перевищенні швидкостей понад 0,3

м/с сучасні апарати значно погіршують точність дозування зерна. Це підкреслює необхідність удосконалення конструктивних рішень, спрямованих на зменшення ймовірності пропусків та утворення подвійних насінин.

Дослідники звертають особливу увагу на те, що неоптимальна робота висівного апарату тісно пов'язана зі зміною норм висіву насіння та швидкості руху сівалки точного висіву. Було встановлено, що при висіві насіння цукрових буряків норма висіву може коливатися від 8 до 25 одиниць на метр і більше, залежно від таких факторів, як якість та схожість насіння, фізико-технологічні властивості ґрунту та інші умови. Автори досліджень підкреслюють, що швидкість руху сівалки при цьому змінюється в діапазоні від 4,5 до 9 км/год, а коливання мінімальної та максимальної швидкості обертання диска становлять 0,188–0,751 м/с, що безпосередньо впливає на точність висіву насіння.

У численних джерелах також зазначається, що оптимальними для стабільної роботи висівальних апаратів є швидкості диска в межах 0,24–0,36 м/с. Для забезпечення таких режимів роботи науковці розробили спеціальну номограму, яка дозволяє швидко визначати відповідні посівні диски та швидкість руху сівалки для заданої норми висіву  $Q$ , шт./м. Було розглянуто диски з 30 та 47 осередками, що дало змогу підібрати оптимальну швидкість агрегату (від 3 до 9 км/год) залежно від обраної норми висіву та типу диска. Використання цих рекомендацій сприяло підвищенню агротехнічно допустимої швидкості роботи сівалки, збільшенню продуктивності та забезпеченню більш точного розподілу насіння [7].

Розташування рослин уздовж рядка значною мірою визначається багатьма чинниками, його пропонують оцінювати за допомогою коефіцієнта варіації. Цей безрозмірний показник, який враховує середнє значення величини та середнє відхилення, дозволяє об'єктивно оцінювати точність виконання посіву та використовувати його для порівняння ефективності роботи різних апаратів. Водночас було доведено, що значення

коефіцієнта варіації залежить від довжини досліджуваного поля, що створює додаткові обмеження для проведення експериментів та знижує універсальність його застосування для оцінки якості висіву.

Вплив точності посіву на врожайність продемонстровано на прикладі цукрових буряків. Так, за даними ряду досліджень, п'ятикратне зростання коефіцієнта варіації (від 0,25 до 1,25) призводить до зниження врожайності на 160 ц/га. Встановлено, що основною причиною недостатньої точності є робота висівного апарату, який під час формування потоку насіння створює пропуски та двійники. Таким чином, підвищення якості висіву безпосередньо пов'язане з удосконаленням самого апарату як дозуючої системи, що відповідає за відокремлення насіння та формування з нього рівномірного потоку [8].

Широко вивчено вплив швидкості руху сівалки на точність висіву як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями. Було встановлено, що при підвищенні швидкості до 2 м/с точність розподілу насіння істотно знижується. Усунути цей негативний ефект можливо шляхом модернізації дозуючого механізму висівного апарату. Це стає особливо важливим у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва, коли зростає продуктивність робіт та скорочуються терміни їх виконання [3, 4].

Для поліпшення точності дозування насіння пропонують додатково здійснювати попередню орієнтацію зерен перед їх захопленням осередком. Оцінку ефективності цієї операції проводять за середньоарифметичним інтервалом між насінням, середньоквадратичним відхиленням проміжків та коефіцієнтом варіації. Такий підхід є найбільш прийнятним для оцінки точності висіву, хоча й потребує більше вимірювальних процедур. Він доцільний при наукових дослідженнях та порівнянні роботи різних апаратів, особливо при висіві насіння різних культур.

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

### 3.1 Будова та особливості застосування сівалки Vega 8 Profi

Vega 8 Profi - пневматична сівалка (рис. 8), яка використовується для високоточного висіву насіння як при мінімальних, так і при традиційних способах обробітку ґрунту. Вона дозволяє рівномірно висівати зерна кукурудзи, соняшнику, сої та інших просапних культур, одночасно здійснюючи внесення мінеральних добрив та ущільнення ґрунту у вже засіяних рядках.



Рис. 8 - Загальний вигляд сівалки універсальної пневматичної «Vega-8» з електроприводом висівних апаратів: 1 - маркер; 2 - опорно-приводне колесо; 3 – посівна секція; 4 - туковисівна система; 5 - вентилятор; 6 - вал карданний; 7 - рама; 8 - вантаж; 9 - транспортний пристрій

Сівалка включала раму, вісім посівних секцій, систему внесення добрив, вентилятор, карданний вал, два опорно-привідні колеса, чотири опорні колеса, сницю, механізм для транспортування, маркери, гідравлічну систему, електропривод висівних апаратів та комплекс управління і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics). Рама виконана із квадратного профілю і служить для монтажу робочих органів, приводних і опорних коліс, транспортного механізму та маркерів, забезпечуючи надійну опору всім встановленим компонентам.

Таблиця 1 - Технічні параметри сівалки «Vega 8 Profi» з електроприводом

Показник	Значення показника за даними випробувань
Тип	напівпричіпна
Тип висівного апарата	пневматичний
Робоча ширина захвату, м	5,6
Ширина міжрядь, см	70
Кількість посівних секцій, шт	8
Габаритні розміри сівалки, мм:	
- в робочому положенні (без врахування вильоту маркерів), мм:	
- довжина	4250
- ширина	7540
- висота (по вентилятору)	1500
Дорожній просвіт, мм	300
Маса сівалки, кг	2760

Посівна секція виконує функції забезпечення процесу висіву насіння, включаючи підготовку посівного ложа, безпосереднє висівання насіння та ущільнення ґрунту після посіву. Вона складається з висівного апарата, обладнаного бункером для насіння, паралелограмного механізму для кріплення секції, дводискового сошника, насіннепроводу, двох котків для підтримки та копіювання поверхні ґрунту з можливістю регулювання глибини висіву, а також V-подібного прикочувального котка, оснащеного механізмом регулювання тиску на ґрунт.

Висівний апарат включає литий корпус із шарнірно закріпленою кришкою, прокладку, висівний диск, мішалку та два скидачі для видалення надлишкового насіння.

Електропривід висівних апаратів складається з восьми електродвигунів, по одному для кожної посівної секції, та кабельної системи для під'єднання двигунів до системи контролю і управління процесом висіву. Живлення електродвигунів здійснюється від генератора, змонтованого на рамі сівалки, який забезпечує подачу напруги 12 В. Обертання генератора передається через карданний вал від трактора.

### 3.2 Умови проведення випробувань

Тестування виконували на дослідному полі Сумського НАУ після проведеної культивуації за умов, коли температура повітря становила 16°C, відносна вологість повітря – 70%, швидкість вітру – 3 м/с, а його напрямок щодо руху машини складав 75 градусів. Рельєф дослідної ділянки був рівнинним, а мікрорельєф вирівняним.

Під час проведення дослідів сівалка Vega 8 Profi працювала в агрегаті з трактором John Deere 6195 M.

Випробування сівалки з електроприводом висівних апаратів виконували під час сівби соняшнику у оптимальні агротехнічні строки. В ході агротехнічного оцінювання встановлювали висівну здатність сівалки та визначали основні агротехнічні показники. Умови проведення дослідів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Показники умов випробувань

Показник	Значення показника заданими випробувань
Місце випробувань	дослідне поле Сумського НАУ
Марка машини	Vega 8 Profi
Культура	Соняшник
Маса 1000 шт насінин, г	56,2
Вологість насіння, %	10,2
Тип ґрунту та назва по механічному складу	чорнозем важкосуглинковий
Рельєф	рівний
Мікрорельєф	вирівнений
Вологість ґрунту, %, по прошарках, см. від 0 до 5 вкл.	34,9
більше 5 до 10 вкл	37,56
Глибина розпушеного шару ґрунту: - середня, см	6 - 8
Кількість рослинних залишків, шт./м <sup>2</sup>	21
Маса рослинних залишків, г/м <sup>2</sup>	25,0
Попередній обробіток	культивуація на 6-8см

### 3.3 Програма та методика експериментальних досліджень

Під час роботи посівного агрегату ми здійснювали аналіз таких характеристик: рівномірність закладання насіння по глибині, відстань між окремими зернами, стабільність роботи висівних механізмів, середній проміжок між висіяними рослинами та відсоткове забезпечення правильного інтервалу при трьох різних швидкостях пересування машини [14].

Для кожного виду культури заміри проводили при трьох робочих швидкостях агрегату — 1,67 м/с, 2,5 м/с та 3,33 м/с. Норма висіву соняшнику була встановлена на рівні 45 тис. насінин на гектар, що відповідає теоретичному проміжку між рослинами 32,33 см. Випробування здійснювались у два етапи: спершу проводили стендові дослідження з імітацією заданої швидкості, а потім виконували польові випробування безпосередньо на полях.

Для визначення показників використовувались прості вимірювальні інструменти — лінійка та рулетка. Детальна характеристика досліджуваних параметрів та методи їхнього визначення представлені у таблиці 3, а також на рисунках 9 та 10.

Таблиця 3 - Контрольовані показники на посіві зернових культур

Показник	Кількість замірів	Прилад або пристосування	Спосіб заміру
Глибина посіву насіння, мм	Не менше 5	Лінійка	Розкопували рядки по ширині захвату та приставляючи лінійку визначали
Відстань між насінинами в рядку, мм	Не менше 5	Рулетка	Розкопували рядки по ширині захвату та клали рулетку вздовж рядка



Рис. 9 - Визначення відстані між насінинами в рядку



Рис. 10 - Визначення глибини посіву

### 3.4 Аналіз показників роботи висівних апаратів на стендових випробуваннях

На рисунку 11 представлено зміну відхилення фактичної норми висіву в залежності від робочої швидкості агрегату під час посіву соняшнику. Найменш точний посів, з відхиленням 3,4 %, спостерігався при швидкості руху 3,33 м/с, тоді як найвищу точність — лише 0,6 % — зафіксовано при швидкості 1,67 м/с. Результати експерименту показали, що збільшення швидкості агрегату призводить до росту відхилень від встановленої норми висіву, що відображає погіршення якості дозування насіння.

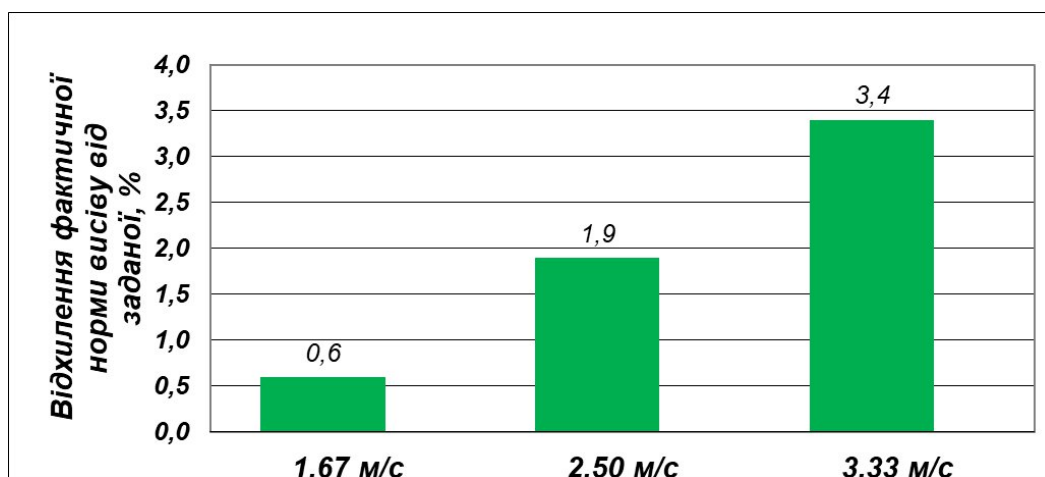


Рис. 11 - Залежність відхилення фактичної норми висіву від робочої швидкості.

На рисунку 12 представлено динаміку зміни нерівномірності висіву між різними висівними апаратами залежно від змінної симульованої робочої швидкості посівного комплексу. Проведене дослідження показало, що підвищення швидкості руху агрегату призводить до зростання розбіжностей у висіві між окремими пристроями. Максимальне значення нерівномірності, що становило 2,5 %, спостерігалось при моделюваній швидкості 3,33 м/с, тоді як найменше значення — 0,5 % — зафіксовано при швидкості 1,67 м/с. Такі результати можуть бути наслідком як недостатньо точного регулювання висівних апаратів, так і особливостей якості виготовлення їхніх конструктивних елементів.

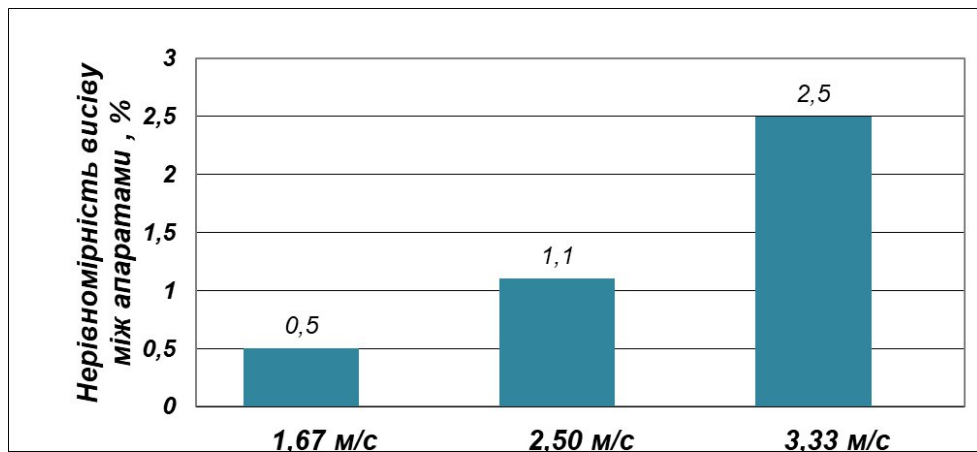


Рис. 12 - Залежність нерівномірності висіву між апаратами від робочої швидкості.

### 3.5 Аналіз результатів польових випробувань сівалки

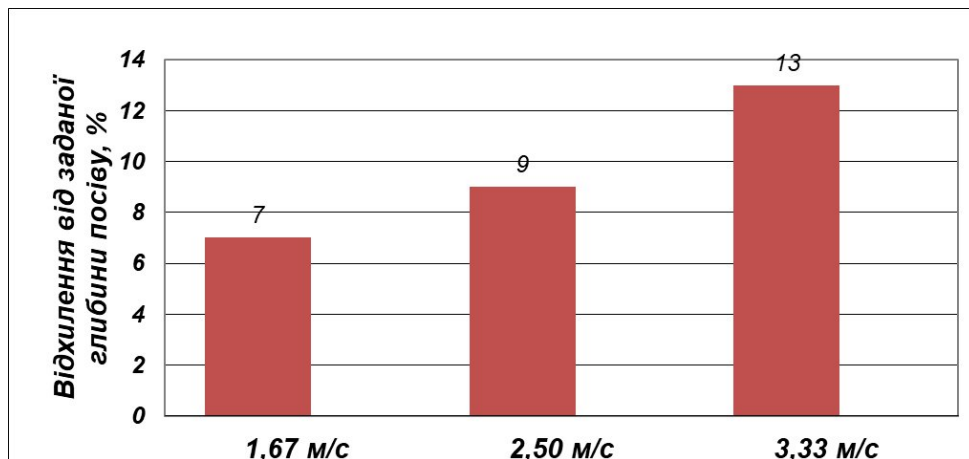


Рис. 13 - Залежність відхилення заданої глибини посіву соняшнику від робочої швидкості агрегату.

На рисунку 13 представлено динаміку змін величин відхилень від заданої глибини висіву соняшнику залежно від швидкості пересування сівалки. Аналіз діаграми свідчить, що відхилення збільшуються разом із підвищенням швидкості агрегату. Максимальне відхилення, яке склало 13 %, було зафіксоване при швидкості 3,33 м/с, тоді як мінімальне значення 7 % спостерігалось при швидкості 1,67 м/с.

На рисунку 14 відображено зміну відхилення фактичної норми висіву при різних швидкостях роботи агрегату під час посіву соняшнику. Найбільше відхилення — 6,2 % — було зафіксоване при максимальній

швидкості 3,33 м/с, а найменше — 1,7 % — спостерігалось при мінімальній швидкості 1,67 м/с. Діаграма демонструє чітку тенденцію збільшення величин відхилень зі збільшенням швидкості пересування агрегату.

На рисунку 15 показано, як змінювався відсоток дотримання необхідного інтервалу між насінинами в рядку залежно від швидкості руху посівного агрегату. Діаграма свідчить про зниження відсотку точного дотримання інтервалів при зростанні швидкості агрегату, що вказує на зменшення точності висіву при більш інтенсивному русі сівалки.

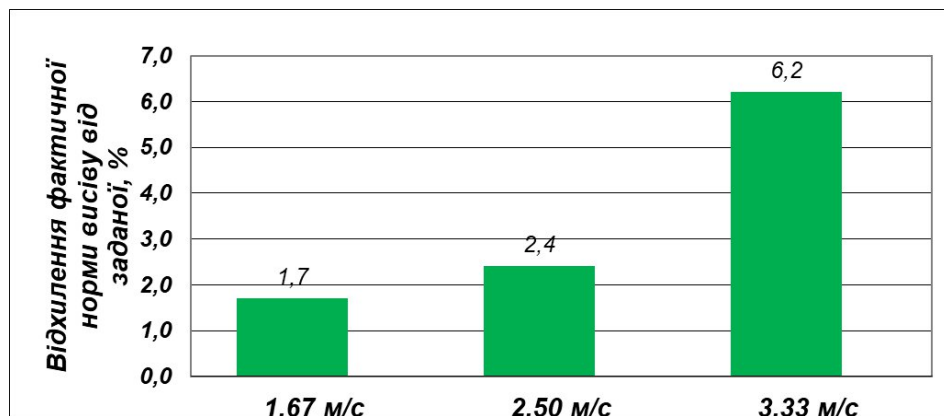


Рис. 14 - Залежність відхилення фактичної норми висіву від робочої швидкості агрегату.

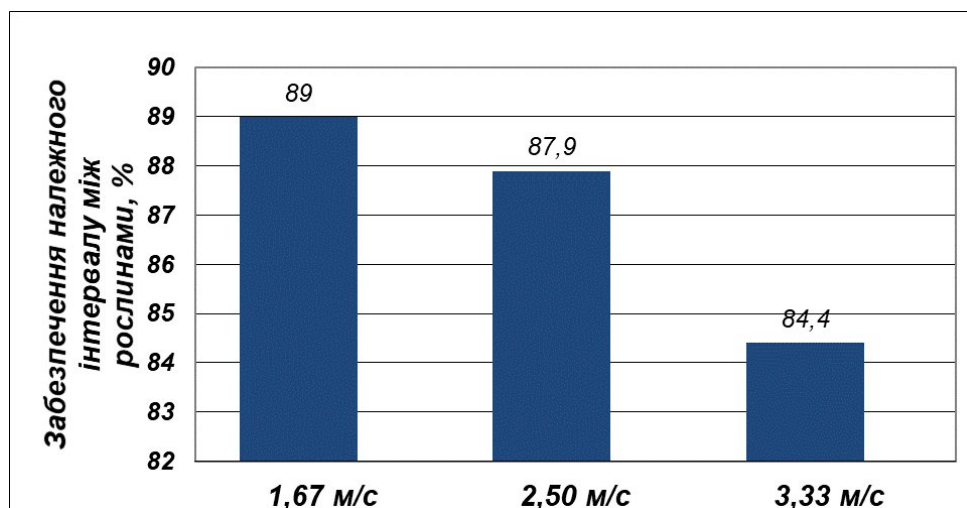


Рис. 15 - Відсоток забезпечення належного інтервалу між рослинами при посіві соняшнику.

Найнижчий рівень точності, який склав 84,4 %, спостерігався при швидкості агрегату 3,33 м/с, тоді як при швидкості 1,67 м/с відсоткове значення досягло максимуму і становило 89 %. Аналіз діаграми демонструє,

що показники забезпечення правильного інтервалу погіршувалися пропорційно збільшенню швидкості руху агрегату.

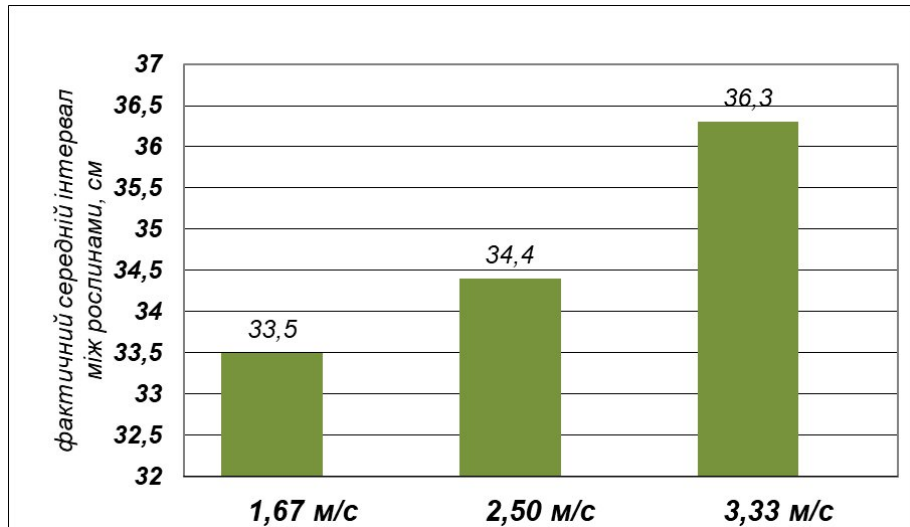


Рис. 16 - Зміна середнього інтервалу між рослинами при посіві.

На рисунку 16 продемонстровано, як змінювався середній проміжок між окремими насінинами в рядку залежно від швидкості пересування агрегату. З аналізу графіка можна помітити, що зі збільшенням швидкості руху машини величина середнього інтервалу між насінням також зростає. Найбільше значення середнього проміжку (36,3 см) спостерігалось при швидкості 3,33 м/с, тоді як найменший показник (33,5 см) фіксувався при швидкості 1,67 м/с. Отже, підвищення швидкості агрегату супроводжувалося збільшенням середнього проміжку між насінинами в рядку.

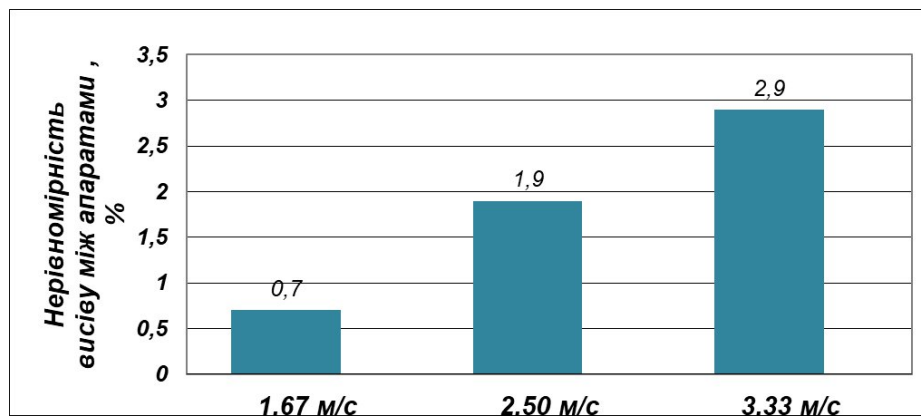


Рис. 17 - Залежність нерівномірності висіву між апаратами від робочої швидкості.

На рисунку 17 представлено зміну нерівномірності висіву між різними апаратами під час польових випробувань залежно від робочої швидкості посівного агрегату. Експериментальні дослідження показали, що при збільшенні швидкості руху агрегату спостерігається зростання розбіжностей у висіві між апаратами. Найвищий показник нерівномірності, який становив 2,9 %, був зафіксований при швидкості агрегату по полю 3,33 м/с, тоді як найменше значення — 0,7 % — спостерігалось на швидкості 1,67 м/с. Варто відзначити, що порівняно з лабораторними (стендовими) випробуваннями рівень нерівномірності у польових умовах виявився дещо вищим.

Ретельний аналіз отриманих експериментальних даних дозволив визначити оптимальні параметри руху посівного агрегату, що забезпечують проведення технологічного процесу сівби соняшнику з максимальним дотриманням якісних характеристик. В результаті дослідження встановлено, що найбільш ефективний діапазон швидкостей для наших польових умов при нормі висіву 45 тис. рослин/га становить 1,67–2,5 м/с. Підвищення швидкості понад цей інтервал призводить до погіршення всіх показників якості сівби, а при 3,33 м/с результати виходять за межі встановлених агротехнічних вимог.

## ВИСНОВКИ

Здійснюючи вибір типу посівних машин та їхніх параметрів, слід зважати на цілий комплекс чинників, зокрема, глибину посіву, тип ґрунту, вологість, наявність рослинних решток, особливості сорту тощо, а також слід враховувати неоднорідність ґрунтових умов в межах одного поля.

Аналіз експериментальних даних дав можливість визначити оптимальні параметри швидкості руху посівного агрегату при яких можливо виконати технологічний процес посіву соняшнику з забезпеченням максимальних значень якісних показників.

Так нами було визначено, що найбільш оптимальним діапазоном швидкостей при посіві соняшнику, для наших умов з нормою висіву 45 тис.шт/га є 1,67 – 2.5 м/с. Збільшення робочої швидкості призводило до погіршення всіх досліджуваних показників якості і на швидкості 3,33 м/с всі вони виходили за межі агровимогого до посіву.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Схожість насіння як один із важливих показників [Електронний ресурс] // syngenta.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/shozhist-nasinnya-yak-odin-iz-vazhlivih-pokaznikiv>.
2. Чому необхідно перевіряти схожість насіння перед посівом [Електронний ресурс] // Головне управління Держпродспоживслужби в Черкаській області. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/1965-chomu-neobkhidno-pereviryaty-skhozhist-nasinnia-pered-posivom>.
3. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву / Ельчин Бахтияр огли Алієв, Петро Євгенійович Безверхній // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Кіровоградський національний технічний університет. - 2022. - Вип. 52. - С. 86 - 98.
4. Y. Ding, L. Yang, X. He, T. Cui, B. Qi, W. Zhang, Ch. Xie, Zh. Du, Y. Li, D. Zhang, Development and performance evaluation of an automatic section control system for corn precision planters, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 206, 2023, 107670, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107670>.
5. W. Wang, W. Shi, C. Liu, Y. Wang, L. Liu, L. Chen. Development of automatic wheat seeding quantity control system based on Doppler radar speed measurement, Artificial Intelligence in Agriculture, Vol. 15, Issue 1, 2025, pp 12-25, <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.12.001>.
6. Полторецький С. П. Оцінка залежності врожайності і показників якості насіння проса залежно від строку та способу сівби / С. П.

Полторецький, Н. М. Полторецька. // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. – 2019. – №4. – С. 29–31.

7. Радіонов Д. Якість висіву соняшнику 94%, або Tempo F — сівалка, яку потрібно розуміти [Електронний ресурс] / Д. Радіонов // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/11904-yakist-vysivu-soniashnyku-94protsent-abo-tempo-f-sivalka-iaku-potribno-rozumity.html>.

8. Котигора О. Вплив строків та норм висіву на урожайність соняшника [Електронний ресурс] / О. Котигора // СуперАгроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/484-oleksandr-kotigora-vpliv-strokiv-ta-norm-visivu-na-urojaynist-sonyashnika>.

9. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати досліджу на 50 полях [Електронний ресурс] // Агроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/siyaty-sonyashnyk-zi-zminnoyu-normoyu-chy-ni-rezultaty-doslidu-na-50-polyah/>.

10. Посів соняшнику на міжряддя 12,5 см [Електронний ресурс] // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2355-posiv-soniashnyku-na-mizhriaddia-12-5-sm.html>.

11. Фактори, які впливають на прибуткове вирощування гібридів кукурудзи [Електронний ресурс] // Seed Ukraine. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://seed-ua.com/ua/factory-yaki-vplyvayut-na-prybutkove-vyroshhuvannya-gibrydiv-kukurudzy/>.

12. Amankulova K., Farmonov N., Mucsi L. Time-series analysis of Sentinel-2 satellite images for sunflower yield estimation, Smart Agricultural Technology, Vol. 3, 2023 DOI:10.1016/j.atech.2022.100098.

13. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.

14. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT\\_POGORILOGO/](https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/).
15. Процеси, машини та обладнання АПВ [Текст] : навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов та ін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. - 296 с.
16. Як оцінити якість посіву? Plant Counting: Pogostick та дрони [Електронний ресурс] // aggeek. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-otsiniti-yakist-posivu-plant-counting-pogostick-ta-droni>.
17. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>.
18. Морозов І. Фактори ефективності сівалок [Електронний ресурс] / І. Морозов, М. Макаренко // Агробізнес Сьогодні. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1138-factory-efektyvnosti-sivalok.html>.
19. Васильченко В. Фактори, які визначають якість сівби [Електронний ресурс] / В. Васильченко, В. Опалко // Агроном. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/factory-yaki-vyznachayut-yakist-sivby/>.
20. Спосіб оцінки точності висіву [Електронний ресурс] / О.Банний, А. Новицький, С. Карабиньощ, Ю. Новицький // Пропозиція, № 5. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/sposib-ocinky-tochnosti-vysivu>.
21. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.

22. Jupp L. (2018). Precision Farming From Above. Writing Matters Publishing, 113 p.
23. Zubko V., Sirenko V., Kuzina T., Onychko V., Sokolik S., Roubik H., Koszelg M., Shchurh T. (2022) Modelling wheat grain flow during sowing based on the model of grain with shifted center of gravity. Agricultural Engineering, Vol. 26 , No 1 , pp. 25-37 DOI: 10.2478/agriceng-2022-0003.
24. Delta Force [Електронний ресурс] // Precision Planting. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.precisionplanting.com/products/product/deltaforce>.
25. Збірник методик з використання машин в землеробстві /За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с

# Додатки