

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Дослідження технологічних та експлуатаційних параметрів
сівалки Horsch Maestro»

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62
Спеціальності 208 „Агроінженерія”

(шифр і назва)

Стебельський Назар Михайлович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Сукач О.М.

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2021

УДК 631.331

Стебельський Назар Михайлович «Дослідження технологічних та експлуатаційних параметрів сівалки Horsch Maestro» // Дипломна робота. – Дубляни: Львівський національний аграрний університет, 2021. – 83 с.

Встановлено, що основними тенденціями зі захисту та відновлення родючості ґрунтів є виробництво за технологіями нульового обробітку ґрунту No-Till та смугового обробітку - Strip Till. Активне впровадження й розвиток цифрових технологій в сільськогосподарській техніці значною мірою підвищує ефективність роботи сівалок, дає можливість застосовувати автоматизовані електронні системи управління, програмне забезпечення з управління, звітності, супутникових систем навігації для ведення точного землеробства відповідно до програм «Сільське господарство 4.0».

Досліджено параметри керуючих сигналів електронної за додаткового опору в електричних колах за 4 кОм (наприклад через поганий контакт, або його окислення), при цьому спостерігається генерація додаткових шумів на осцилограмі, через що слідкуючий сигнал за потоком насіння може надсилатись з певними похибками. Проведено випробування сівалки проводилось за наступних умов: схожість насіння 95%, лабораторна чистота 98,9 %, рослин на 1 м² - 9 шт., насінин на 1 м.п.- 7,4. Наприклад за додаткового навантаження опором, рівномірність висіву може знизитись до 12,4%, а корекція висіву може змінюватись в межах $\pm 4,5$ %.

Економічний ефект від економії витратних матеріалів, збільшення врожайності та якості отриманої продукції становить 90 грн./га Річний економічний ефект досягається, переважно, за рахунок економії посівного матеріалу й становитиме близько 1510336,80 грн.

Табл. 3; рис. 29; бібліогр. джерел 27.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
	РОЗДІЛ 1.	
	СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1.	Основні види сільськогосподарських культур та технології їх вирощування.....	10
1.2.	Огляд сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.....	14
1.3.	Основні способи посіву та вимоги до технологічного процесу....	18
1.4.	Конструктивні та функціональні особливості машин для посіву насіння.....	23
1.5.	Конструктивні та функціональні особливості машин для посіву насіння.....	29
	Висновки за розділом.....	32
	РОЗДІЛ 2.	
	ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОННОГО УПРАВЛІННЯ ВИСІВУ.....	33
2.1.	Аналіз вихідних даних.....	33
	Висновки за розділом.....	40
	РОЗДІЛ 3.	
	МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМАНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1.	Вихідні дані та умови проведення досліджень.....	41
3.2.	Методика та обладнання для дослідження електронної системи управління сівалкою.....	49
3.3.	Результати дослідження керуючих сигналів електронної системи управління сівалкою.....	51
3.4.	Результати дослідження похибки дозування за несправності компонентів електронної системи управління сівалкою.....	55
	Висновки за розділом.....	58
	РОЗДІЛ 4.	
	ОХОРОГА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	60
4.1.	Аналіз небезпечних факторів, що виникають під час роботи з посівними машинами.....	60
4.2.	Обґрунтування логіко-імітаційної моделі появи небезпечних ситуацій на виробництві.....	62
4.3.	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
	Висновки.....	67
	РОЗДІЛ 5.	
	ЕКОЛОГІЯ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	68
5.1.	Заходи, щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище	68

	РОЗДІЛ 6.	
	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОПОНОВАНОЇ	
	МЕТОДИКИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ	
	УПРАВЛІННЯ СІВАЛКОЮ.....	72
6.1.	Розрахунок економічного ефекту від використання	
	пропонованої методики діагностики.....	72
	Висновки.....	78
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	79
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

Актуальність дослідження. Залежно від зміни агротехнічних вимог до вирощування сільськогосподарських культур та техніко-економічних факторів можливе впровадження адаптивних технологій посіву

Ще до початку активного розвитку інформаційних технологій та впровадження електронних компонентів стандартним оснащенням сівалок були механічні дозатори та анкерні або лапоподібні сошники, що активно використовувались для посіву зернових культур. Після розробки та впровадження дискових сошників з пневматичним принципом висіву точність та якість сівалок покращилася в рази. Через підвищення вимог до технологічної ефективності сівалок, технології висіву стрімко розвиваються й забезпечують хороші результати продуктивності й точності [2], [8], [17].

Висока інтенсивність виробництва, зміни клімату, регулююче законодавство, щодо використання добрив, отрутохімікатів, боротьба з ерозією ґрунтів ставить до виробників такі як: одночасне виконання декількох операцій, точність, економічність, простота налаштування та технічного обслуговування.

Активне впровадження й розвиток новітніх цифрових технологій в усіх сферах побуту не оминуло й власників фермерських господарств. Тому сьогодні широко використовується термін «Сільське господарство 4.0», що є актуальним не лише щодо програмного забезпечення з управління господарством, зберігання даних та звітності, супутникових систем наведення автотракторної техніки, але й актуальним у технологіях посіву.

Використання електронних карт полів та автоматичний розрахунок норми висіву, забезпечує фермерам значну перевагу під час планування технології та способу посіву підвищення врожайності, технологічної та економічної ефективності. Дана технологія не тільки враховує різні ґруново-кліматичні умови та їх вплив на врожайність, але й адаптує під них норму висіву насіння та внесення добрив. Це дозволяє використовувати мінімальну

кількість гербіцидів та добрив з можливістю локального внесення. Дана технологія передбачає можливість регулювання робочої ширини сівалки по окремих секціях, а також диференційовано управляти окремими секціями та змінювати швидкість дозування на окремих ділянках поля. Таким чином досягається оптимальний розподіл насіння у рядку, а згодом й ріст рослин у різних з врахуванням ґрунтових умов та їх впливу на потенційну врожайність, що в кінцевому результаті дає ефект економії насіннєвого матеріалу та інших засобів [5], [6], [7].

Використання розумних інформаційних систем розподілу надає можливість адаптивного й точного управління секціями сівалки в автоматичному режимі, формування технологічних колій, зон перекриття. Технологічні колії можуть створюватися простим відключенням секції за допомогою натискання кнопки на дисплеї терміналу, завдяки чому відпадає будь яка необхідність механічного втручання відключення. Це дає можливість контролювати усі насіннепроводи одночасно через систему ISOBUS й керувати секціями з кабіни трактора. Під час руху по краю поля й обробітку залишкових смуг можливе відключення третини або половини робочої ширини сівалки.

Використання інтелектуальних дозуючих систем в окремих сошниках дає можливість на лінії повороту відключати кожну секцію послідовно, адже на агрегаті робочою шириною 6 м першими вимикаються секції, які розміщені найближче до центра радіуса розвороту, тоді система управління послідовно закриває відповідні секції. Також здійснюється автоматична зміна продуктивності дозатора відповідно до зміни лінійної швидкості кожної окремої секції на поворотах (секції, що рухаються по зовнішньому радіусу повороту мають вищу лінійну швидкість). Норма висіву автоматично адаптується, а відповідні секції відключаються для зменшення зон перекриття на клиноподібних полях та під час роботи на краю поля, тим самим забезпечуючи рівномірність посівів й раціональне використання насіннєвого матеріалу [6], [7], [24].

Використання посівних комплексів з широкими технологічними можливостями, має ряд переваг, поряд з тим веде до складності конструкції, налаштування та обслуговування. Для інженерних служб господарств розробники пропонують спеціалізоване програмне забезпечення та типові конфігурації й налаштування для різних видів культур й способів сівби. Для кожної групи насіння пропонується кремій котушки, або дозатори, й параметри налаштувань для забезпечення заданої норми висіву, це можливо провести навіть за допомогою програми, яка доступна на смартфонах

Системи точного й комбінованого висіву потребує широкого застосування електронних систем управління, що веде до складності їх конструкції й технічного обслуговування. [5-8], [22], [24].

Метою роботи є: підвищення технологічних та експлуатаційних параметрів сівалки Horsch Maestro шляхом дослідження електронної системи управління.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз технологій та способів посіву різноманітних культур та агротехнічних вимог до проведення даних операцій;
- провести аналіз конструкцій та принципів роботи сівалок та посівних комплексів, оснащених електронними системами управління.
- обґрунтувати норму внесення насіння на одиницю площі посіву;
- розробити методику та модель випробування технологічних та експлуатаційних параметрів сівалки Horsch Maestro залежно від зміни технічних показників електронної системи управління;
- провести техніко-економічну оцінку методики діагностики сівалки Horsch Maestro.

Об'єктами досліджень є: сівалка Horsch Maestro, технологічні та експлуатаційні параметри сівалки, діагностичні параметри електронної системи управління.

Предметом досліджень є закономірності зміни технологічних та експлуатаційних параметрів сівалки Horsch Maestro від параметрів електронної системи управління.

Методи досліджень: емпіричний, збір інформації та аналіз даних, аналітичні методи, проведення досліджень та вимірювання.

Наукова новизна дослідження: обґрунтовано модель зміни параметрів електронної системи управління та їх вплив на технологічні та експлуатаційні параметри сівалки Horsch Maestro.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Основні види сільськогосподарських культур та технології їх вирощування

Основна увага сільськогосподарських виробників зосереджена на проблемах, пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур у таких напрямках:

- аналіз ринкової кон'юнктури;
- застосування високоефективних стійких технологій та практик культивування;
- збільшення врожайності;
- зниження собівартості виробництва й нераціонального виробництва;
- комплексна боротьба зі шкідниками й хворобами;
- кліматичні й екологічні ризики і ризики для здоров'я людини;
- дотримання нормативно-правових актів регулювання галузі.

На загал, у рослинництві існують різні типи та системи сільськогосподарського виробництва залежно від виду культури та їх подальшого використання. Використання тих чи інших культур – кормових, технічних або просапних, фермерами (рис. 1.1), залежать від ґрунтово-кліматичних умов, наявних традиційних, органічних або інноваційних систем управління й виробництва. Виробництво кукурудзи, бавовни, пшениці, сої, соняшнику та тютюну приносить фермерам належний прибуток. Галузь рослинництва є базою для кормовиробництва та виробництва сільськогосподарських культур, необхідних для підтримки молочної та м'ясної промисловості. Виробництво кормів відбувається з використанням зерна кукурудзи, пшениці, люцерни, сої й соєвого шроту, силосу, сіна, соломи, тощо. Тварин, які утримуються в господарствах, необхідно забезпечити кормами, дієтичними, вітамінними та мінеральними речовинами, а також травою сіном, солом'яною підстилкою [17], [25].

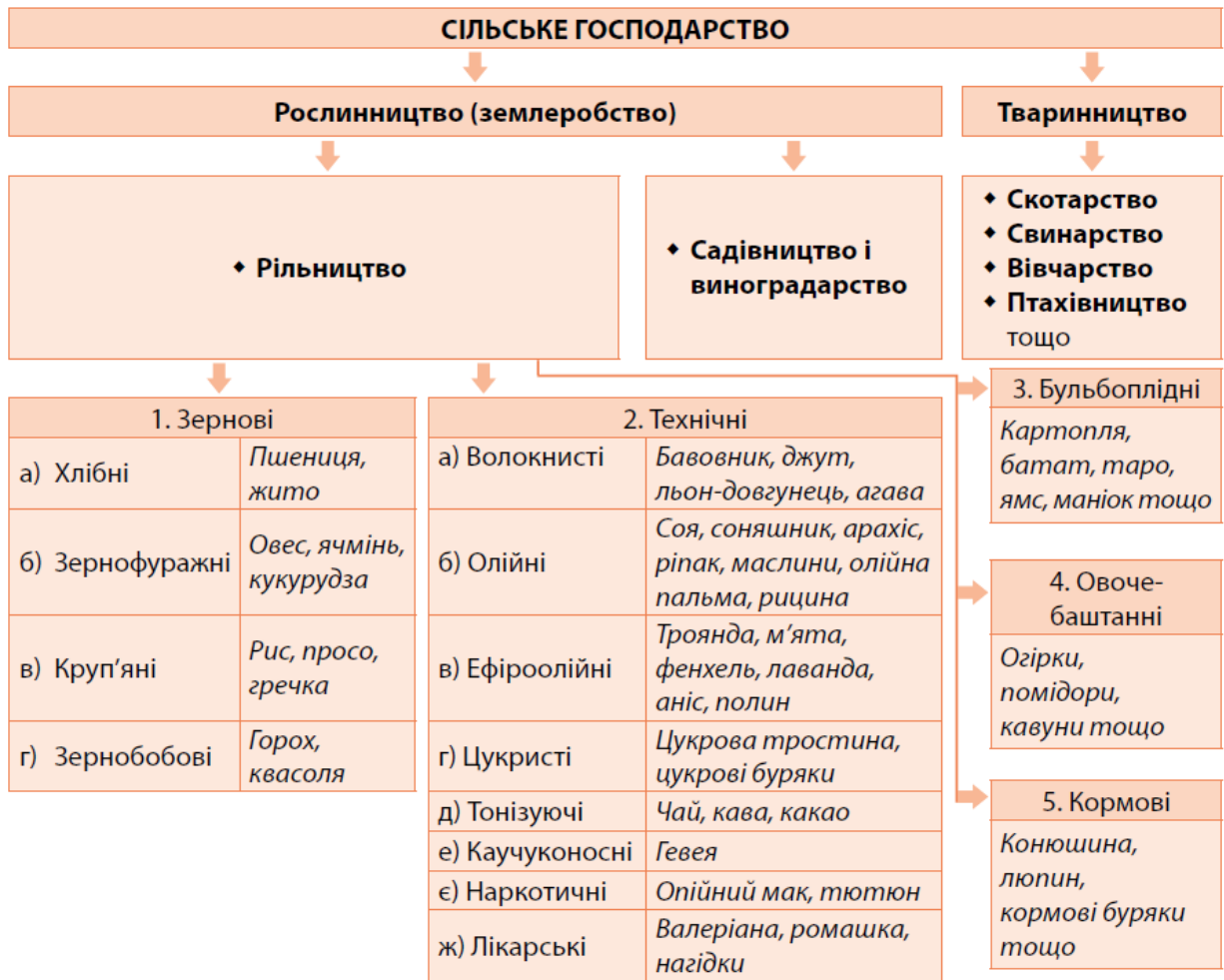


Рисунок 1.1 - Основні напрями сільськогосподарського виробництва

Існує кілька організаційних систем виробництва, які виникають через наявність природних, технологічних та економічних та інших факторів. Деякі практики виробництва харчових культур передбачають змішане, натуральне, плантаційне землеробство та інші. У системі змішаного землеробства передбачається одночасне вирощування сільськогосподарських культур і вирощування тварин. Різні культури з різним періодом дозрівання вирощуються безперервно протягом сезону одночасно з використанням передового досвіду й апробованих технологій.

Малі приватні, особисті та підсобні господарства дозволяють власникам виробляти продукцію за допомогою простих сільськогосподарських знарядь на невеликих земельних площах. За таких умов продуктивність та врожайність є досить низькою, оскільки рідко

використовуються енергетичні засоби, системи зрошення, добрива, пестициди чи високоякісний посівний матеріал [5], [24].

Садівництво та плантаційне землеробство базується на вирощуванні деревних культур – фруктів, ягід, какао, чай, кава, каучук, спеції, які виготовляються на комерційній основі й відносні великих ділянках. Даний напрям вимагає якісних організаційних та технологічних навичок, також необхідні значні капіталовкладення на довготривалу перспективу, як в рослини, так і машини і обладнання машини, сховища, добрива та ін.

За змішаної системи вирощування фермери часто використовують чагарникові ділянки або частково заліснені, розчищають їх, вирізаючи та переробляючи рослинні рештки протягом декількох років. Землю залишають під парами через втрату родючості й використовують як пасовища та сіножаті.

На сьогодні використовується безліч технологій виробництва, вони переважно базуються на орній системі обробітку, що застосовуються на невеликих та масштабних виробництвах та корпораціях. Дана технологія використовується для вирощування однорічних культур, без змішаного або пасовищного землеробства.

Підприємства, які практикують скотарство або тваринництво часто уникають вирощування сільськогосподарських культур і мають на меті лише м'ясне виробництво [5].

Оскільки продукція тваринництва і рослинництва є основними джерелами їжі, тому від їх ефективності залежить, здоров'я, життєдіяльність, продовольча та економічна безпека людей. Продукція рослинництва є потужним джерелом ресурсів продовольчих й технічних ресурсів, тому класифікація сільськогосподарських культур була розроблена за основним функціональним призначенням та напрямом використання ресурсів.

До культурних рослин відносять рослини одного виду, які вирощуються та культивуються у великій кількості в одному місці й найбільша їх група це:

- Продовольчі культури. До даної групи відносять злаки, фуражні культури, продовольче насіння, зернобобові круп'яні.
 - Овочеві та баштанні культури.
 - Садові культури та продукція виноградарства.
 - Прянощі та зелень. До даної групи можна віднести такі культури чорний перець, імбир, мікрозелень та ряд інших.
 - Кормові культури та фуражне насіння.
 - Олійні культури. Їх використовують для отримання олії шляхом подрібнення їх насіння та механічного відтискання чи екстрагування
 - Луб'яні та волокнисті культури. Дані культури спеціально вирощуються для виробництва волокон, які необхідні формування текстилю, мотузок і наповнювачів.
 - Декоративні культури, як правило, вирощуються для декоративних цілей, кімнатні рослини, зрізані свіжі квіти.
 - Технічні культури. Їх часто називають товарними культурами для отримання більшого прибутку в промислових масштабах: бавовник, цукрова тростина, кава і чай, тютюн, каучук.
- Рослини також класифікують за життєвим циклом:
- Однорічні культури з життєвим циклом в один рік, вони виростають з насіння, дозрівають до цвітіння і знову та збору урожаю за один вегетаційний період. Дані культури висаджують щосезону,
 - Дворічні культури - це рослини з дворічним біологічним циклом, де в перший рік культура виносить вегетативні елементи (листя, стебло, корінь) у вигляді дрібних структур, що прилягають до гранту, а протягом другого вегетаційного періоду відбувається ріст стебла, розвиток суцвіть і дозрівання насіння (цибуля, морква, капуста).
 - Багаторічні культури – це культурні рослини з біологічним циклом більше двох вегетаційних періодів. Як правило, кожної зими раніше вирощена рослина гине, а в наступному вегетаційному періоді рослини відростають з тієї ж кореневої системи.

Сільськогосподарські культури поділяють за сезонами:

- Ярі культури.
- Озимі культури.
- Сезонні культури [5],

1.2 Огляд сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур

У зв'язку з проблемами глобального потепління виробники усіма силами намагаються зупинити втрату родючості, ерозію, та переущільнення ґрунтів, тому провідні вчені та фахівці галузі активно апробують технології нульового обробітку. Серед них виділяють наступні:

Технологія No-till. В останні десятиліття агровиробники з усього світу активно відмовляються від традиційної оранки повною, замінюючи її іншими видами обробітку ґрунту та технологіями посіву.

No-till (з англ. «без оранки») - це технологія землеробства, за якої виключається будь-який передпосівний обробіток ґрунту протягом досить тривалого часу.

Особливістю даної технології є те, що посів насіння здійснюють в необроблений шар ґрунту, при цьому на його поверхні залишається значна кількість рослинних решток. Для ефективного використання технології No-Till необхідне впровадження:

- обґрунтованої системи сівозмін;
- використання необхідної кількості добрив;
- засобів для захисту рослин;
- використання відповідних машин і обладнання.

За No-Till технологій ґрунт вкривається мульчею - подрібненими залишками рослинних культур, що є необхідною складовою технологічного процесу (рис. 1.2). Оскільки цей метод є досить новим, тому його потребує і

особливих знань і навиків, внаслідок чого позитивний ефект досягається за системного підходу [3], [5], [22].



Рисунок 1.2 - Вигляд посівів за No-Till технології вирощування

До основних переваг No-Till технології, насамперед, відносять збереження родючості ґрунту. Іншими позитивними ефектами є скорочення затрат на паливо знаходиться на рівні 120%, скорочення затрат на оплату праці – 60%, на купівлю і експлуатацію техніки 50%. За дотримання Урожайність за даної технології може зростати до 50%, а загальні затрати на виробництво скорочуються приблизно на 5...15%.

Використання No-Till зменшує вітрову ерозію гумусу, а також водну ерозію. За таких умов рослинні рештки залишається на полі й згодом перетворюються на поживні відходи, внаслідок чого в ґрунті підвищується вміст органіки підвищується рівень гумусу, накопичується волога.

Поряд з тим, що знижується споживання палива за нульової обробки відповідно скорочується рівень шкідливих викидів в атмосферу.

Тоді як до недоліків системи No-Till можна віднести:

- перезволоження родючого шару ґрунту, у випадку якщо ґрунт погано дреноються, після цього знижується біологічна активність рослин;
- накопичення вологи й значної кількості органіки й залишків створює сприятливі умови для розвитку патогенних організмів, шкідників та інфекцій;
- можуть виникати сприятливі умови для виживання фітофагів у зимовий період, складнішою може бути боротьба з мишоподібними гризунами;
- виникає потреба в придбанні спеціалізованої техніки, насамперед, сівалок прямого посіву; а також технологія No-Till потребує високої кваліфікації агрономічного та технічного персоналу.
- необхідне використання нової системи хімічного захисту рослин та боротьби з бур'яном.



Рисунок 1.3 - Фрагмент прямого посіву з одночасним локальним внесенням мінеральних добрив

За використання нульового обробітку ґрунту з дотриманням всіх технологічних аспектів врожайність культур не зменшується, а навпаки, дещо зростає.

Це пояснюється тим, що за технології No-Till ґрунт поступово відновлює свою родючість.

Технологія Strip Till. Тенденції серед аграріїв полягають в тому, щоб проводити меншу кількість обробітку ґрунту для виробництва культур. Strip till - це система обробітку ґрунту, яка поєднує систему нульового обробітку ґрунту, та необхідного обробітку невеликих смуг безпосередньо для посіву просапних культур (рис. 1.4) [2], [5].



Рисунок 1.4 - Обробіток ґрунту за технологією Strip till

За даної технології вузькі смуги шириною від 10 до 25 см обробляють безпосередньо по стерні, при цьому самі міжряддя залишають у незмінному вигляді. Найчастіше при цьому одночасно вносять добрива в оброблені смуги обробки. Ширина смуг повинна відповідати ширині міжрядь сівалки для висіву культури.

Смуговий обробіток проводять восени після збору врожаю, або безпосередньо перед посівом.

Переваги технології Strip Till є аналогічними що й для попередньої:

- зменшення ерозії ґрунтів;

- значна економія енергії, оскільки обробляється лише частина ґрунту;
 - зменшення викидів вуглецю в атмосферу;
- підтримання високого рівня вмісту органічних та поживних речовин в ґумусі;
- швидке прогрівання оброблених смуги та насіння; щоб сприяти проростанню насіння та сходам рослин
 - збільшення врожайності та зменшення питомих витрат на обробіток ґрунту.

Типаж обробітку ґрунту смугами активно стимулюються програмами Служби збереження природних ресурсів (NRCS). Дана служба запропонувала використовувати поняття STIR – числовий показник, який враховує середньострокову водну ерозію ґрунту. Для господарств, які досягли значення рейтингу інтенсивності обробітку ґрунту (STIR) менше 20 підлягають під спеціалізовану програму стимулювання. Значення показника STIR знаходяться в межах 0...200, де низькі значення вказують на зменшення зміни структури й родючості ґрунту [2], [3], [6-9].

Ефекти секвестрації вуглецю відіграє серйозне значення у глобальному кругообігу вуглецю, виділяється в атмосферу, але може бути поглинутим ґрунтом. Вуглець, що зберігається в ґрунті, в зв'язаному вигляді, може потрапити в атмосферу у вигляді вуглекислого газу CO₂ і метану CH₄. Органічні речовини ґрунту безпосередньо пов'язана з родючістю ґрунту та позитивно корелює з потенціалом продуктивності сільського господарства.

За останніми дослідженнями встановлено, що дискове лушення та смуговий обробіток ґрунту зменшують на 83 % викиди CO₂ порівняно оранкою.

У необроблених зонах міжрядь залишаються рештки рослин перешкоджають випаровуванню з поверхневих шарів ґрунту, за рахунок чого зберігається відносно висока вологість в необробленому ґрунті від 90 до 100%, що є сприятливим для проростання насіння.

1.3 Основні способи посіву та вимоги до технологічного процесу

Виробництво сільськогосподарської продукції передбачає цілий ряд технологічних операцій, серед яких однією із найбільш важливих є посів. Під час посіву насіння сівалки смуги майбутніх рослин за певними параметрами у поздовжньому, поперечному та вертикальному напрямках.

Залежно від біологічних та морфологічних особливостей, характеру росту та дозрівання агрономічні служби господарств намагаються забезпечити оптимальні умови для формування оптимальної густоти рослин. Це згодом дає змогу належно розвиватись рослинам та отримати прогнозований врожай. Крім того, густота рослин напряму залежатиме від кількості кондиційного насіння та умов, у яких воно розвиватиметься. Крім ґрунтово-кліматичних умов є ряд технологічних чинників, з безпосереднім впливом на проростання й розвиток рослин: формування насінневого ложа глибини закладення насіння, глибини закладення мінеральних добрив, якості закриття вологи, наявності поживних речовин та вологи у ґрунті, способу посіву [22], [23], [24].

Найбільш вагомим фактором забезпечення добривих сходів та високої врожайності є використання якісного продуктивного насіння, що відповідає найвищим стандартам щодо посівних матеріалів. Насіння, як правило перед посівом калібрують й обробляють належними розчинами розмішують для підвищення сипучості й руйнування грудок та склепінь. Якщо насіння в процесі зберігання опушилось, то його злегка шліфують, за необхідності гранулюють, для твердого насіння проводять скарифікацію.

Для забезпечення високої врожайності та належної густоти рослин задають необхідну норму висіву - кількість насіння, що висівається на 1 га площі ріллі. Норма висіву та глибину залягання насіння контролюється агрономічними службами підприємств, з врахуванням кліматичних умови, ґрунтових особливостей та технології вирощування рослин.

Глибина загорання насіння має важливе значення адже за недостатньої глибини може відбутись висихання чи вимерзання пророщеного насіння. За збільшеної глибини загорання відбувається ослаблення паростків, які проростають через товстий шар ґрунту.

В процесі посіву насіння повинно щільно присипатись ґрунтом – таким чином, щоб не було повітряних порожнин, адже дане явище ускладнює доступ вологи до насінин. Тому рядки, в яких висіяно насіння належним чином, вирівнюють, та прикочують. Важливим фактором, що впливає на розвиток рослин є агротерміни посіву.

До технологічної операції посіву ставлять ряд агротехнічних вимог:

- оптимальні терміни;
- забезпечення норми висіву $\pm 3\%$;
- рівномірність розкладання насіння в рядках для просапних культур, повинна знаходитись 4...8 %;
- допустиме відхилення від заданої глибини не повинна перевищувати ± 1 см;
- стикове міжряддя не повинно відрізнятись від решти рядків на ± 5 см.

Для різних видів сортів культур необхідно застосовувати різні способів посіву та висадки. Насіння, як правило, висівають двома найбільш поширеними способами: рядовим або суцільним розкидним способом (рис. 1.5). В свою чергу рядовий спосіб висіву може бути звичайним, вузькорядним, або широкорядним перехресним, пунктирним та іншими видами, що є похідними від попередніх [22], [23], [24].

Суцільний, або розкидний (рис. 1.5 и) спосіб використовують для посіву насіння трав та кормових культур для вирощування на культурних пасовищах. За даного методу насіння розкидають по оброблених, часто не вирівняній поверхні поля, а загорання насінин у ґрунт проводять за допомогою боронування або прикотковування. Для окультурення важко доступних, чи заболочених місць часто застосовують авіацію - літаки обладнані розкидачами.

Зернові культури та злаки переважно висівають рядовим способом, при цьому відстань між рядками коливається в межах 7,5...15 см, а глибина загортання насіння коливається в межах 1,5-12 см (рис. 1.5 а, б).

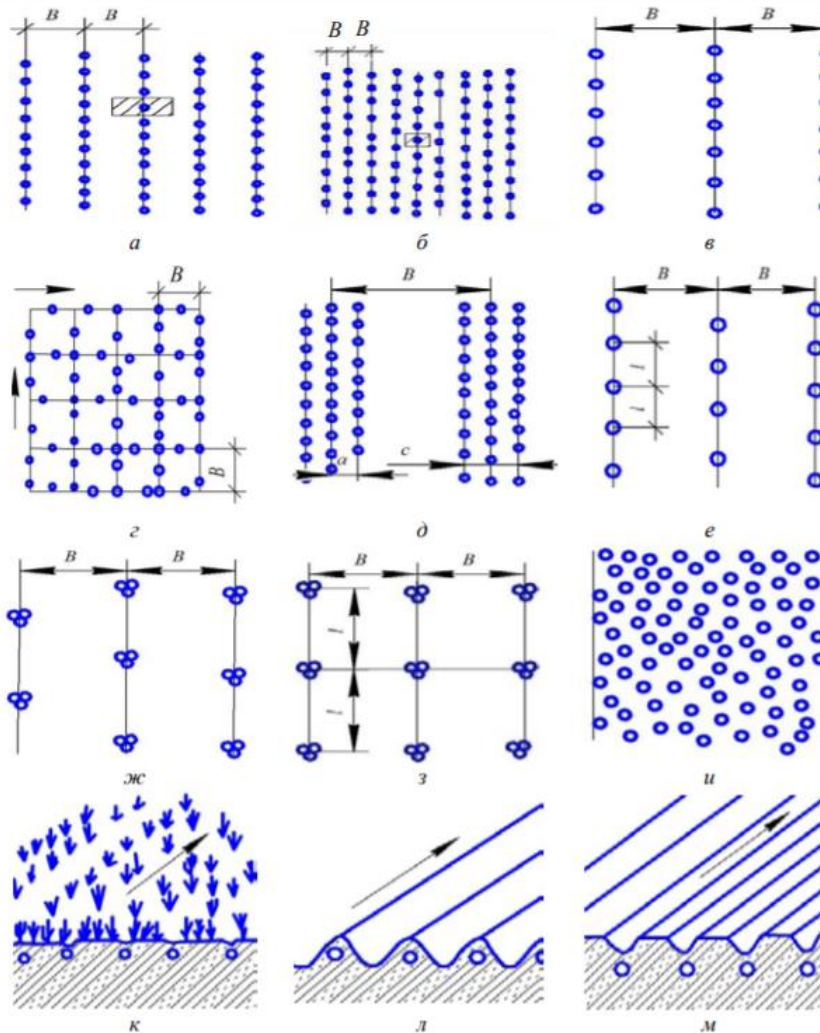


Рисунок 1.5 – Основні способи посіву та висадки насіння й розсади

Для висіву зернових культур можна використовувати вузькорядний (рис. 1.5 б) метод зі зменшенням міжрядь до 6...8 см, що для деяких сортів у певних ґрунтово-кліматичних умовах забезпечує певне підвищення врожайності. При цьому норму висіву зберігають однаковою, за рахунок збільшення відстані між насіннями у рядках приблизно у 2 рази порівняно зі звичайним рядовим способом висіву. Площа живлення для кожної рослини замість подовженого прямокутника, набуде форми квадрата, що сприяє

кращому проростанню й розвитку висаджених рослин. Для цього застосовують сівалки, з дводисковими сошниками для вузькорядного посіву й насіння розміщуються по полю більш рівномірно. Суттєвим недоліком даного методу значне збільшення кількості проходів техніки по полю, що призводить до ущільнення ґрунтів, збільшуються затрати, праці, ресурсів та терміни відведені на посів.

Модифікацією рядкового способу є перехресний (рис. 1.5 г), який інколи застосовують для посіву зернових культур, або ж технічних культур з дрібним насінням.

Для просапних культур зазвичай використовують широкорядний спосіб посіву, при цьому ширина міжрядь висіву просапних культур та коренеплодів може варіювати в значних межах від 40 до 90 см. Збільшена ширина посадки характерна для висаджування капусти – 50...70 см, для картоплі, кукурудзи, соняшника – 60...90 см. Збільшена ширина міжрядь забезпечує належний простір й дозволяє обробляти ґрунт у міжряддях під час вегетації й росту рослин. Також є можливість вносити добрива та проводити прикореневе підживлення рослин, вносити засоби захисту рослин.

Під час вирощування цукрових буряків, кукурудзи та овочевих культур необхідна висока точність висіву насіння, яка досягається застосуванням спеціальних сівалок точного висіву а насіння при цьому повинне бути відкаліброване за розмірними фракціями. Для таких умов найкраще використовувати пунктирний спосіб (рис. 1.5 е), або однозерновий спосіб. Даний спосіб характеризується тим, що рядки формують з міжряддям 15...45 см, насіння у рядках розташовують строго на однаковій відстані одне від одного, що забезпечує найбільш рівномірний й точний розподіл насіння в одному рядку. Пізніше зникає потреба у подальшому проріджуванні рослин, забезпечується належний простір для живлення рослин й підвищується врожайність культур. Для овочевих культур дуже часто використовують стрічковий спосіб висіву насіння. Де замість міжрядь формують кілька рядів, які об'єднуються у так звані стрічки й залежно від кількості рядків у одній

стрічці посів може бути дво- або багаторядковим. Перед посівом агроном формує вимоги до ширини між рядками та стрічками з можливістю подальшої обробки міжрядь.

Часто для овочевих культур використовують гніздовий спосіб висадки. у паралельних рядах. Ширину міжрядь формують під конкретну культуру, а кількість висіяного насіння зменшуються на 100...200% у порівнянні з широкорядним способом (рис. 1.5 г). Тоді як квадратно-гніздовий метод (рис. 1.5 ж) передбачає розташування гнізд насіння у прямолінійних рядах як у повздовжньому, так і поперечному напрямках поля.

За надмірної вологості ґрунту насіння можна загортати безпосередньо у гребені, які формують одночасно з посівом. Тоді ж як у посушливих зонах висівають у борозни, щоб надати їм доступ до вологи. На ґрунтах і ділянках, схильних до вітрової ерозії, насіння найчастіше висівають по стерні, що захищає поверхню ґрунту від видування та надмірного випаровування вологи (рис. 1.5 л, м).

1.4 Конструктивні та функціональні особливості машин для посіву насіння

Відповідно до способу посіву насіння здійснюють класифікацію сівалок за основними конструктивними й технологічними характеристиками. На практиці найчастіше зустрічаються рядові, гніздові, пунктирні та розкидні машини для посіву.

Тоді як за функціональними призначенням їх поділяють на: універсальні, спеціальні та комбіновані.

Універсальні посівні машини призначені для висіву насіння дуже широкого спектру сільськогосподарських культур, найчастіше, зернових зернобобових, олійних, деяких технічних культур, а також кормових чи декоративних трав [6-9], [22], [24].

Спеціальні сівалки застосовують лише для певних культур - буряків, кукурудзи, овочевих культур. розраховані на одну або обмежену кількість культур.

Комбіновані сівалки додатково оснащені туковисіваючими апаратами, що забезпечує їм одночасний висів мінеральних добрив за одного проходу агрегату.

Найбільш економічними є універсальні сівалки, що дає змогу зменшити кількість машин у господарства, а ступінь їх використання зростає, відповідно й накопичується досвід їх експлуатації та ремонту. Однак, використання лише універсальних сівалок майже неможлива, оскільки розміри насіння різних культур, норми висіву та способи їх посіву є дуже різноманітними, то більш доцільно для таких цілей застосовувати спеціальні сівалки.

За компоувальними схемами, будовою та розміщенням робочих органів сівалки розрізняють (рис. 1.6): моноблочні (з висіваючими апаратами індивідуального висіву на кожен сошник, рис. 1.6 а), роздільно-агрегатні (з висіваючими апаратами групового висіву, рис. 1.6 б), а також секційні (в даних машин кожна секція має окремий бункер, висівний апарат, сошник, рис. 1.6 в).

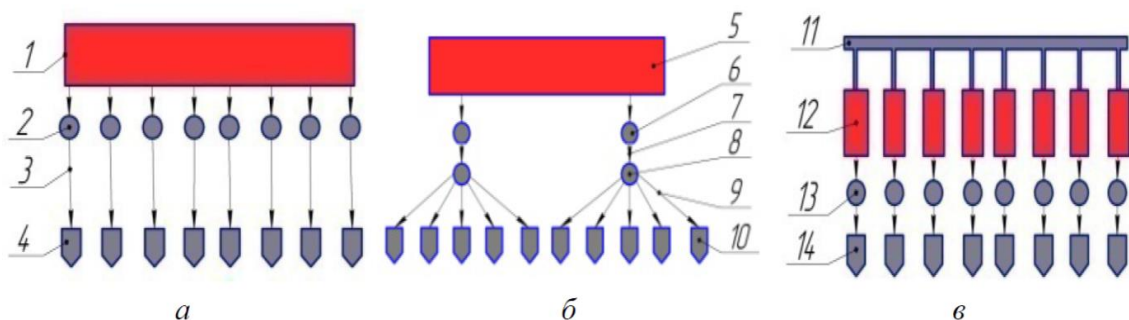


Рисунок 1.6 - Основні компоувальні схеми сівалок

Моноблочні сівалки мають загальну суцільну раму, на якій розміщено один або декілька бункерів, та компактно змонтовані усі робочі органи.

Насіння з дозатора подається одразу в декілька висівних апаратів. Роздільно-агрегатні сівалки виготовляють у вигляді окремих блоків поєднаних у вигляді єдиного агрегат. В даних сівалок передбачено великий бункер, що зазвичай монтується на додатковому візку. В бункері розміщено один, рідше два висівних дозатора, пов'язаних центральним, або розподільними насіннєпроводами з'єднані з сошниками.

Секційні сівалки складаються з окремих посівних секцій з окремим бункером та висівним апаратом. Для кожної секції передбачено окремий сошник і загортач. Розсуваючи секції по рамі, можна змінювати ширину міжрядь.

За способом з'єднання та агрегування з тяговими тракторами сівалки поділяють на навісні, напівнавісні та причіпні. А за способом подачі насіння від висівного апарату до сошника найчастіше поділяються на механічні та пневматичні.

З активним відродженням сільськогосподарської галузі на вітчизняних підприємствах широко використовуються сівалки українських та провідних зарубіжних виробників (рис. 1.7) [6-9], [22], [24].





б



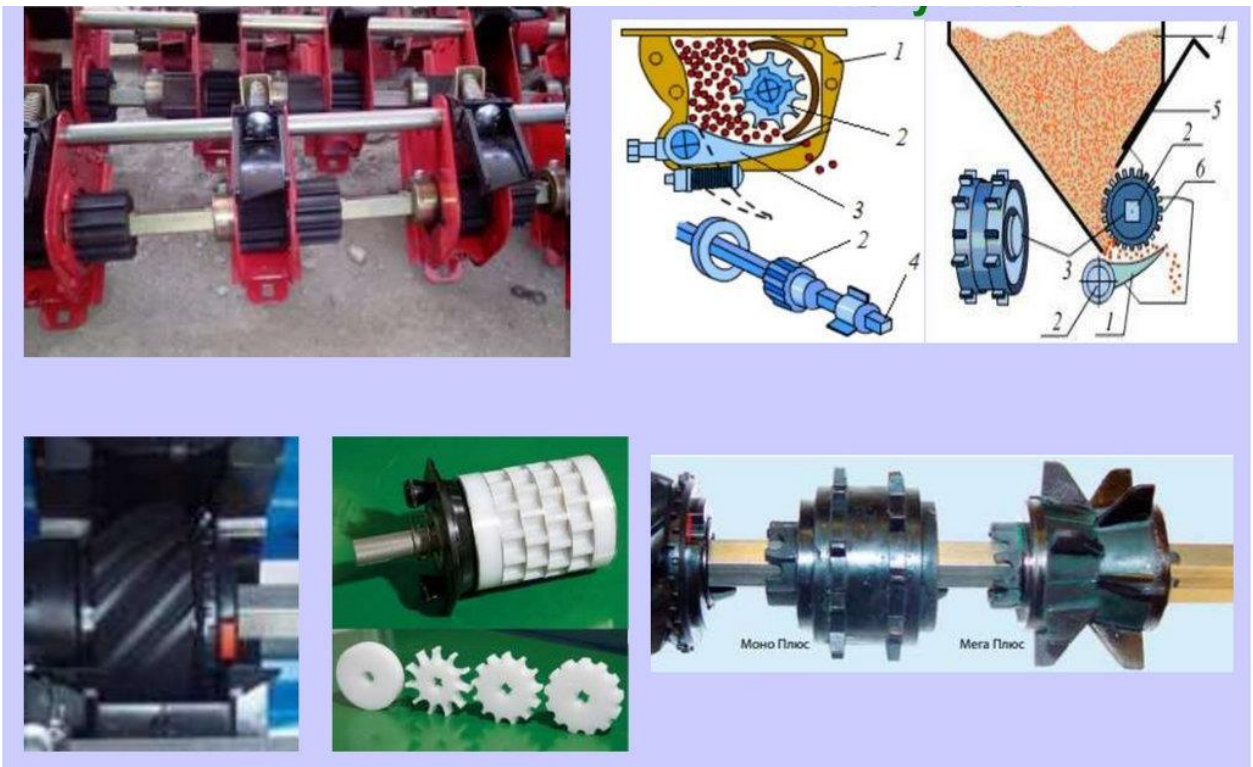
в

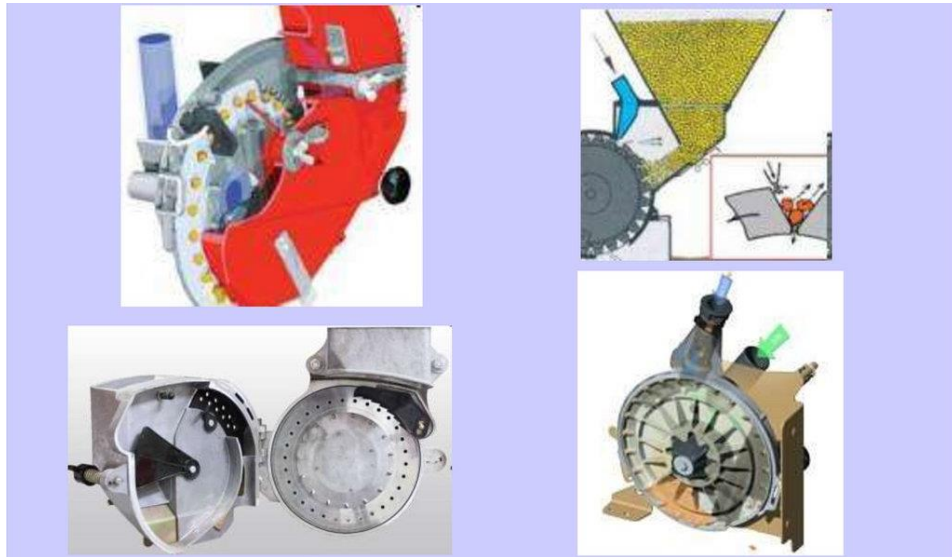
Рисунок 1.7 - Основні види сівалок:

а – моноблочна навісна сівалка AMAZONE D9; б – роздільно-агрегатна сівалка Kverneland Accord DF-2; в – сівалка точного висіву HORSCH Maestro DV

Висівний апарат сівалки – це робочий орган, який здійснює подачу насіння або добрив, з можливістю встановлення точної норми дозування (рис. 1.8). Від конструкції та технологічної ефективності даних пристроїв залежить якість посіву, а згодом і врожайність культури. До основних параметрів висівних апаратів відносять варіативність та точність дозування, можливість точного регулювання [2], [3], [22]. До висівних апаратів ставлять наступні вимоги:

- рівномірною подача насіння до сошників;
- стійкість і точність подачі насіння незалежно від зміни навколишніх факторів на одиницю + пройденого шляху;
- автоматична адаптація норми висіву до зміни швидкості руху агрегату;
- збереження цілісності насіння;
- забезпечувати ефективний висів насіння різних культур, що різняться геометричними параметрами, формою, станом поверхні.





б

Рисунок 1.9 – Висівні апарати: *а* – механічні; *б* – пневматичні

Крім системи дозування, у сівалках вагому роль відіграє система загортання насіння, яка утворюється з сукупності елементів - сошників. Завдяки сошникам в ґрунті формується борозенка (насінневе ложе), в яку вкладається насіння. Після проходження сошника ґрунт поступово осипається зі стінок сформованої борозенки та накриває насіння (рис. 1.10).

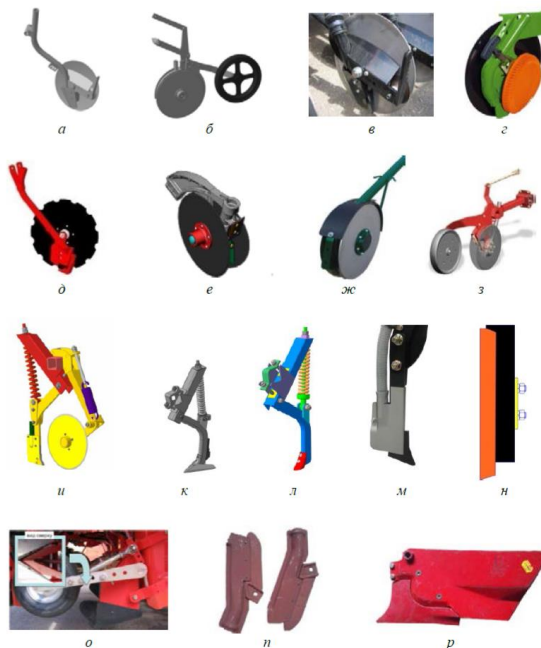


Рисунок 1.10 - Види сошників, що застосовуються в посівних машинах

На рисунку 1.10 відображено основні типи сошників, що найчастіше застосовуються у сівалках та посівних машинах, найчастіше їх обладнують дисковими, а також наральними сошниками: а – сферичний однодисковий сошник; б – плоский однодисковий сошник; в – плоский однодисковий сошник; г – плоский однодисковий сошник з накладкою; д - плоский однодисковий сошник; е – рядовий дводисковий сошник; ж - вузькорядний дводисковий сошник; з – плоский дводисковий сошник із катком; та - анкерний сошник; к – лаповий сошник; л, м – долотоподібні сошники; н - трубчастий сошник; про - клиноподібний сошник; п – кілеподібний сошник; р - полозовидний сошник.

1.5 Конструктивні та функціональні особливості машин для посіву насіння

З розвитком інформаційних систем у виробників сільськогосподарської техніки з'явилась можливість підвищити ефективність посівних машин за рахунок новітніх високоточних систем дозування та контролю (рис. 1.11). Сучасні посівні машини точного висіву мають можливість обробляти, відображати та аналізувати наступну інформацію:

- оброблена (засіяна площа поля);
- дотримання заданої норми висіву (тис од./га, од/м.п.);
- кількість висіяного насіння загалом і окремо по секціях (од);
- перекриття та пропуски (%);
- середня швидкість технологічної операції (км/год);
- кількість зупинок і пропусків по секціях (од);
- площа засіяна з відхиленнями від заданої норми висіву;
- інтервал та рівномірність укладання насіння у рядку (см);
- можливість відключення секцій.

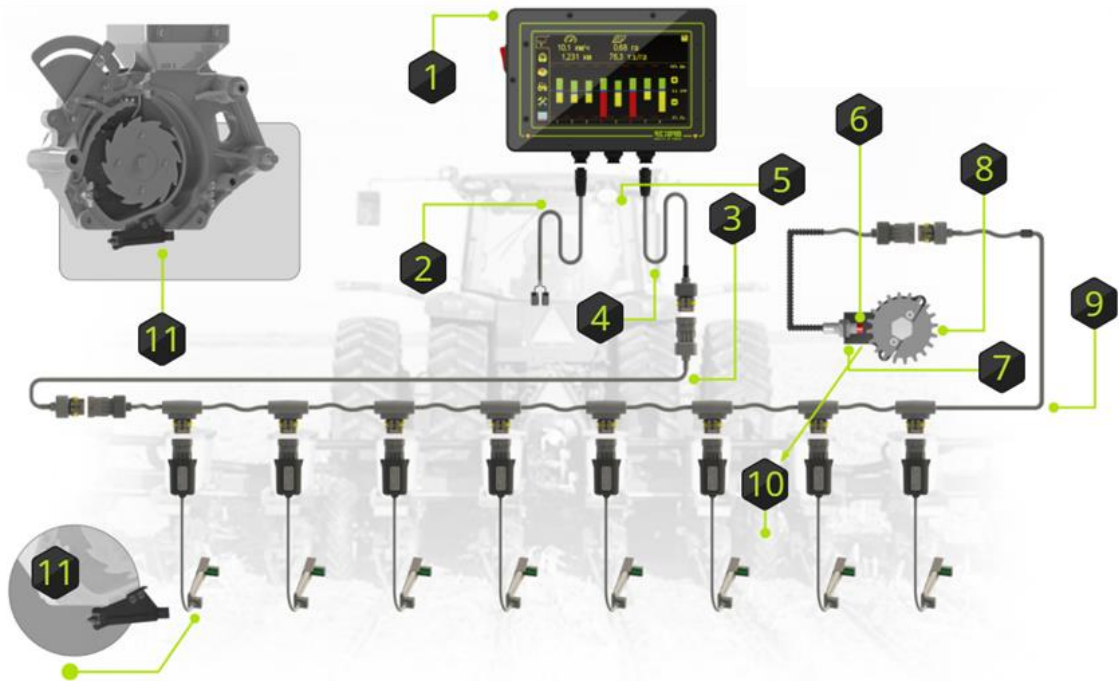


Рисунок 1.11 – Схема оснащення в посівних машинах електронними системами управління:

1 – головний термінал; 2 - силовий кабель живлення; 3 – інформаційний кабель; 4 - інформаційний кабель терміналу; 5 - місце кріплення терміналу; 6 – сенсор швидкості (пройденого шляху) 7 – сенсор колії; 8 – шунт сенсора колії; 9 – кабель зв'язку сенсорів; 10 – кронштейн для встановлення сенсора колії; 11 – сенсор контролю висіву

Для визначення наявності потоку насіння, або підрахунку кількості насіння, що вноситься використовуються безконтактні індуктивні та ємнісні сенсори, а також різноманітні варіанти, що гуртуються на використанні оптичних фотоелементів контактних. Однак, для контролю висіву насіння найчастіше застосовують оптичні сенсори, так звані оптоелектронні або фотоелектричні [3], [8], [22].

За даним типажом виконання габарити сенсора можуть змінюватись в широких межах – від невеличких циліндрів до пристроїв здатних працювати на відстанях кількасот метрів.

Стандартний оптоелектронний сенсор містить два основні компоненти - випромінювач (світлодіод, лазер) і приймач. Тоді як приймач є дещо складнішим елементом, який складається з фотодіода, демодулятора, електронного елемента перемикавання.

Принцип дії даних сенсорів базується реакції фотодіода приймача на зміну інтенсивності променя освітлення. Найчастіше дані сенсори бувають бар'єрними (односпрямованими), рефлекторними (дзеркальними) та дифузними – такі, що фіксують наявність розсіяного променя. Приклад оптоелектронного сенсора сівалки відображено на рисунку 1.12.

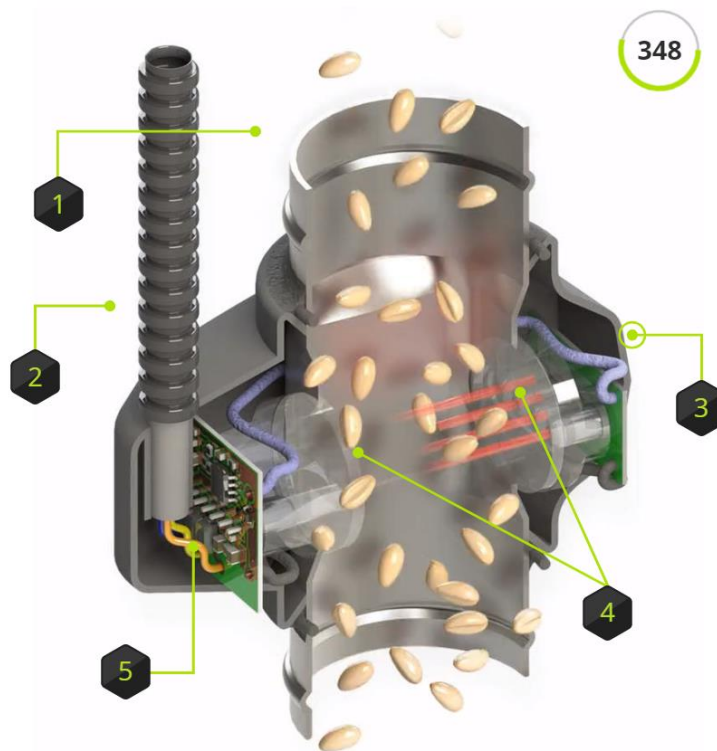


Рисунок 1.12 – Оптоелектронний сенсор системи контролю висіву

В сучасних сівалках широко використовують сенсори рівня (рис. 1.13), завдяки яким існує можливість контролювати рівень насіння чи добрив у різних відсіках, секціях, елементах бункера.

Принцип роботи даних сенсорів рівня базується на перекритті відбитого інфрачервоного світлового потоку від поверхні насіння, або добрив [1], [4], [19].

За умови зміни рівня, або досягнення критично низького рівня насіння змінюється вихідний струм сенсором, який контролюється польовим комп'ютером, а відповідні дані передаються на монітор терміналу.



Рисунок 1.13 – Інфрачервоний сенсор рівня заповнення

Висновки за розділом

1. В Україні протягом тривалого часу основним видом сільськогосподарського виробництва є рослинництво, завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам.

2. Основними тенденціями зі захисту та відновлення родючості ґрунтів є виробництво за технологіями нульового обробітку ґрунту *No-Till* та смугового обробітку - *Strip Till*.

3. Для посіву насіння використовують універсальні, спеціальні та комбіновані сівалки, які поділяються на: моноблочні, роздільно-агрегатні, а також секційні. За типом агрегування розрізняють причіпні та навісні, а способом подачі насіння – механічні й пневматичні.

4. Активне впровадження й розвиток цифрових технологій в сільськогосподарській техніці значною мірою підвищує ефективність роботи сівалок, дає можливість застосовувати автоматизовані електронні системи управління, програмне забезпечення з управління, звітності, супутникових систем навігації для ведення точного землеробства відповідно до програм «Сільське господарство 4.0».

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОННОГО УПРАВЛІННЯ ВИСІВУ

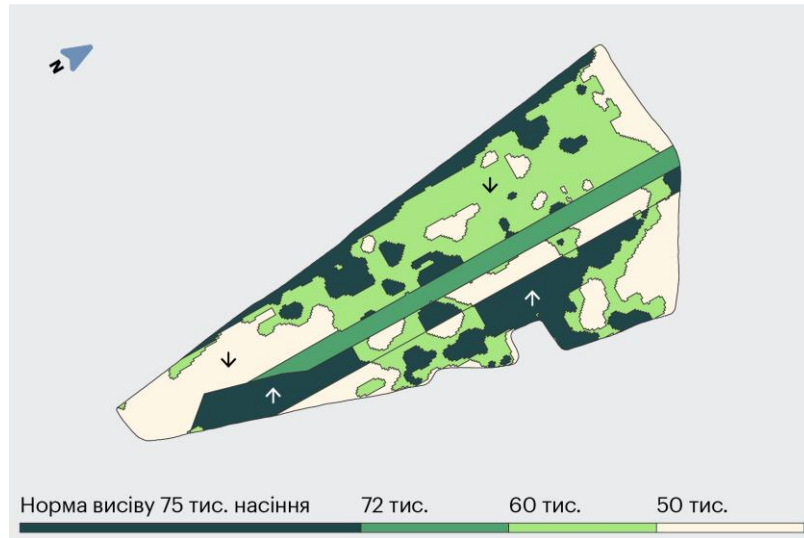
2.1 Аналіз вихідних даних

До сучасних посівних машин ставлять жорсткі вимоги щодо дотримання агротехнічних вимог та максимальної точності розподілу насіння по насіннєвому ложі - щільності висіву.

При цьому сівалка, окрім точного рівномірного висіву та гнучкої адаптації до широкого спектру різноманітних культур, повинна працювати з електронними картами полів та автоматично змінювати норму для диференційованого дозування (рис. 2.1 а). Для реалізації технології диференційованого висіву за електронними картами полів необхідно провести аналіз картограм механічної твердості, хімічного складу та вологості ґрунту, карти урожайності (рис. 2.1 б) культур попередніх років. На підставі даного аналізу та корелятивного зв'язку вище перелічених показників, приймають рішення про диференційований підхід до посіву та внесення добрив локальними способом в різних зонах поля [21], [22].



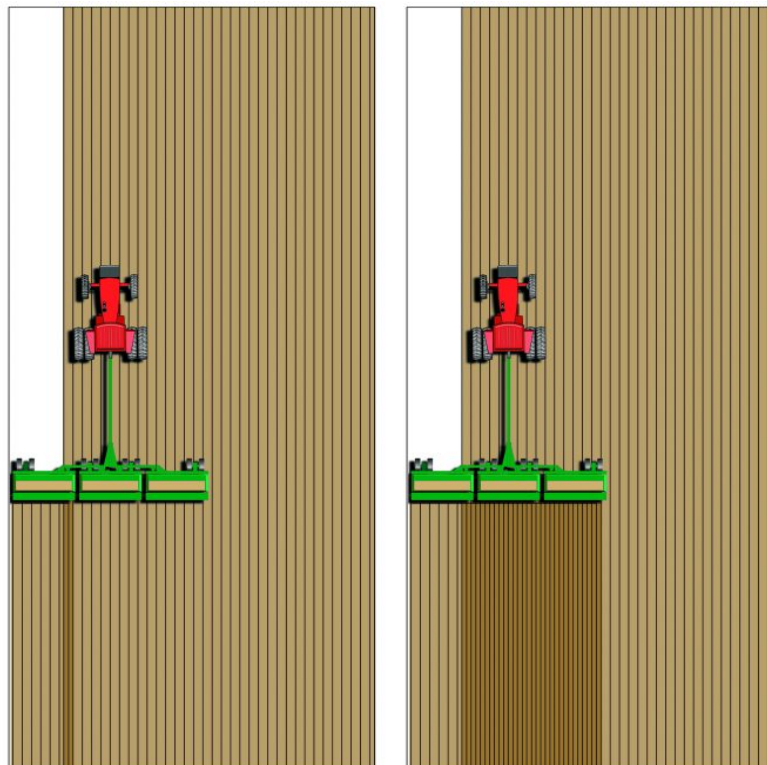
а



б

Рисунок 2.1 – Електронна карта поля: а – карта врожайності попереднього року; б - карта диференційованого висіву

На основі електронної карти поля електронна система управління сівалкою виконує процес посіву в автоматичному режимі. Під час посіву система аналізує інформацію-завдання з картографічного файлу відповідно до місцезнаходження за даними GNSS- системи (рис. 2.2). Контроль та управління виконавчими механізмами здійснюється польовим комп'ютером.



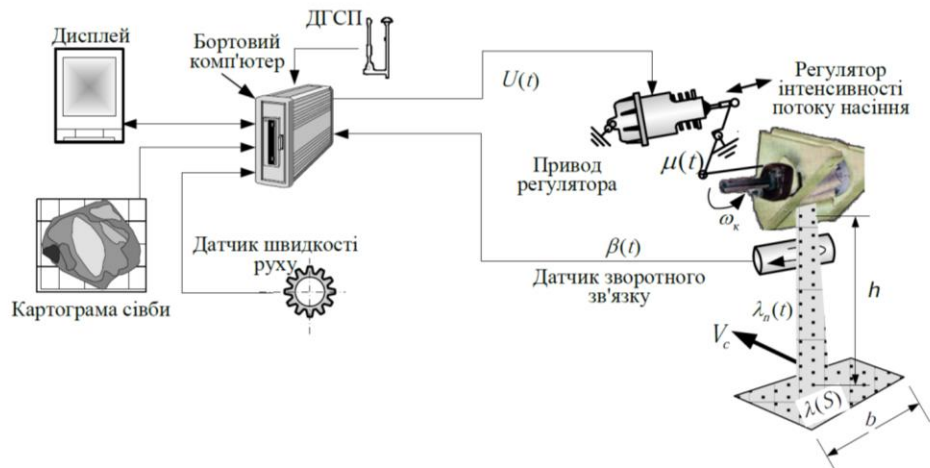


Рисунок 2.2 – Алгоритм реалізації диференційованого висіву насіння

Під час вирощування сільськогосподарських культур з використанням систем точного землеробства МТА рухаються по полю за наперед визначеною схемою руху відповідно завдання і координат місцезнаходження. Норму висіву при цьому контролює сенсор інтенсивності потоку насіння й передає інформацію у зворотному напрямі польовому комп'ютеру, який за потреби змінює інтенсивність дозування насіння [7], [24].

2.2 Дослідження точності висіву за даними сенсора інтенсивності потоку насіння

Технологія точного висіву загалом базується на принципах жорсткої точності виконання технологічних операцій за сформованим завданням. У випадку ефективного функціонування усіх елементів системи посів відбувається дуже якісно. Однак, на практиці існує цілий ряд різноманітних факторів, які нівелюють сам принцип точного диференційованого висіву. До основних факторів порушення технологічної ефективності посівних машин даного класу відносять:

- неналежне налаштування та конфігурація системи;
- несправності електронної системи управління, її елементів та механізмів;

- несправність та фізичне зношування робочих органів;
- неякісне обслуговування та проведення регламентних робіт.

Тому з часом точність посівних машин суттєво порушується. Оскільки основним показником технологічної ефективності є строге додержання норми висіву й щільності розподілу насіння у рядках, тому необхідно контролювати дані параметри.

Під час підготовки посівних машин до роботи встановлюють необхідний барабан дозатора для висіву певної культури. Після чого проводять контроль та регулювання щільності розподілу насіння по насіннєвому ложі $\lambda(S)$, паралельно контролюють інтенсивність потоку насіння $\lambda(t)$.

Наприклад, для посівних машин зміна норми висіву може регулюватись двома шляхами: зміною частоти обертання робочого органу дозатора, або зміною робочої довжини або частоти обертання робочого органу висіваючого апарату. Найпростішим способом реалізації зміни норми висіву є зміна частоти обертання вала дозатора, особливо, коли він приводиться в рух електроприводом. Польовий комп'ютер повинен також враховувати швидкість руху МТА на основі інформації від сенсора швидкості руху й одночасно враховувати інтенсивність висіву насіння та автоматично змінювати її за необхідності [3], [17], [24].

Основними критерієм оцінки ефективності сівалок точного висіву є нульова різниця між встановленою та фактичною нормою висіву.

Дослідження ефективності технологічного процесу висіву заданими параметрам необхідно проводити в режимі реального часу й з врахуванням різноманітних технологічних, експлуатаційних, ґрунтово-кліматичних чинників. Зміна норми висіву за завданням карти диференційованого висіву щодо збільшення, або зниження подачі не повинна привести до погіршення кількості й розподілу насіння у рядку.

Для цього знаходимо закладену щільність розподілу насіння $\lambda(S)$ по рядках на одиницю площі поля за формулою:

$$\lambda(s) = \frac{\lambda_n(t)}{bV_c}, \quad (2.1)$$

де $\lambda_n(t)$ - інтенсивність висіву насіння апаратом;

b - відстань між рядками;

V_c - швидкість руху МТА по полю.

Крім заданої норми висіву для просапних культур важливо забезпечити щільність розподілу насіння, тобто рівні інтервали між насінинами по насіннєвому ложі. Однак необхідно враховувати те, що сівалки працюють за картографічним завданням. Тому дозування насіння повинно відбуватись в динамічному режимі й відносно цього фактична інтенсивність потоку насіння відносно заданої. Звідси фактична інтенсивність потоку насіння становить [7],[17]:

$$I = \int [(\lambda(t) - \lambda_n(t))^2] dt, \quad (2.2)$$

Наступним фактором, який впливає на точність дозування є постійна похибка визначення власного місцевизначення МТА за даними глобальної навігаційної системи. Визначення швидкості руху МТА відбувається за сенсором швидкості й відносно нього регулюється подача насіння й в кінцевому випадку оцінюється за сенсором висіву. Усі три сенсори перебувають у взаємозв'язку та здійснюють зворотній зв'язок для генерування необхідного сигналу керування. На основі такого взаємозв'язку польовий комп'ютер управляє регулятором приводу й така замкнена динамічна система часто відхиляється від заданої норми висіву.

$$\lambda(t) = K_{va} \mu(t), \quad (2.3)$$

де μ - задана продуктивність висіваючого апарату;

$K_{va} = \overline{K_{va}} (1 + \Delta \overline{K_{va}} + \xi_{va})$, - коефіцієнт, що враховує неточність дозування

під час використання механічних систем і передач;

$\overline{K_{va}}$ - сумарна величина коефіцієнта неточності передачі;

$\Delta \overline{K_{va}}$ системна дія коефіцієнта неточності передачі;

ξ_{va} - можливість появи випадкових відхилень.

Через складність конструкції приводу, інертності та наявності значної кількості передач в системах дозування, то зміна інтенсивності потоку описується наступним виразом:

$$T_p^2 \mu''(t) + D_p \mu'(t) + \mu(t) = K_p U(t), \quad (2.4)$$

де K_p, D_p та T_p^2 - технологічні параметри системи приводу дозатора;

$U(t)$ - зміна керуючого сигналу.

Для ефективного розподілу насіння по полю необхідний швидкий зворотній зв'язок як по зміні керуючого сигналу так і миттєвої реакції приводу дозуючої системи.

Параметри вихідного сигналу контролю потоку насіння набуває вигляду:

$$T_d \beta'(t) + \beta(t) = K_d \lambda(t), \quad (2.5)$$

де T_d - затримка сигналу сенсора по часу;

$K_d = \overline{K_d} (1 + \Delta \overline{K_d} + \xi_d)$ - коефіцієнт передачі сигналу сенсора;

Для ефективної роботи системи слідкуючої дії за дозуванням насіння необхідно дослідити параметри керуючого сигналу за широкого діапазону різноманітних факторів впливу та перехідних процесів в системі управління. Параметри керуючого сигналу набувають вигляду:

$$U = \int [z(t)], \quad (2.6)$$

де $z(t) = \lambda_n(t) - \beta(t)$ -

Тоді загальна характеристика функції сенсора висіву набуває значення:

$$W_k = \frac{K_k}{T_k^2 p^2 + D_k p + 1}, \quad (2.7)$$

де K_k, D_k та T_k - програмні та технічні характеристики сенсора висіву.

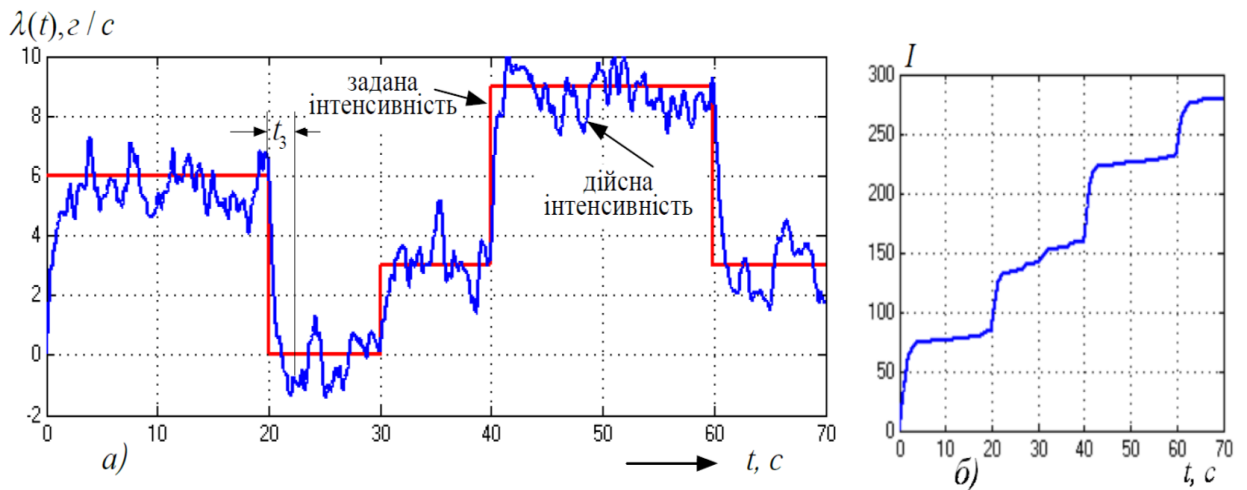


Рисунок 2.3 – Визначення різниці між заданою та фактичною нормою висіву (за сенсором висіву)

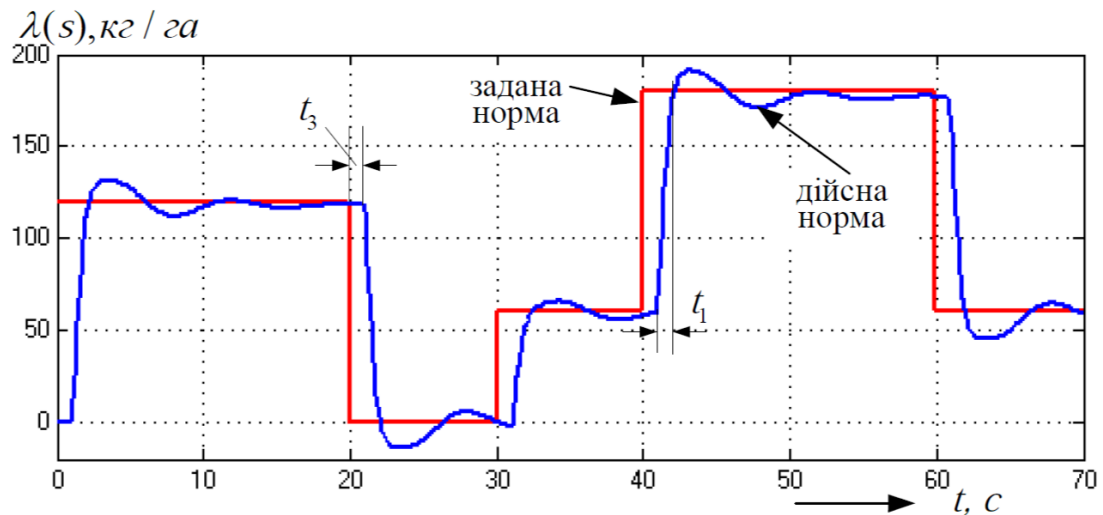


Рисунок 2.4 – Визначення різниці між заданою та фактичною апроксимована нормою висіву (за даними польового комп'ютера)

Як видно з рисунків 2.3 і 2.4 для забезпечення належної ефективності висіву та дозування насіння необхідне використання системи з якісними характеристиками слідкуючої дії. Для цього необхідне використання сенсорів з низьким рівнем шумів керуючого сигналу [7], [17].

Висновки за розділом

1. Для сівалок точного висіву характерна з електронними картами полів автоматична зміна дозування та контроль за потоком насіння, що висівається. Робота таких машин відбувається за даними глобальної навігаційної системи відповідно до завдання електронної карти.

2. Електронна система управління сівалкою автоматично реалізує регулювання норми висіву та контроль за кількістю висіяного насіння.

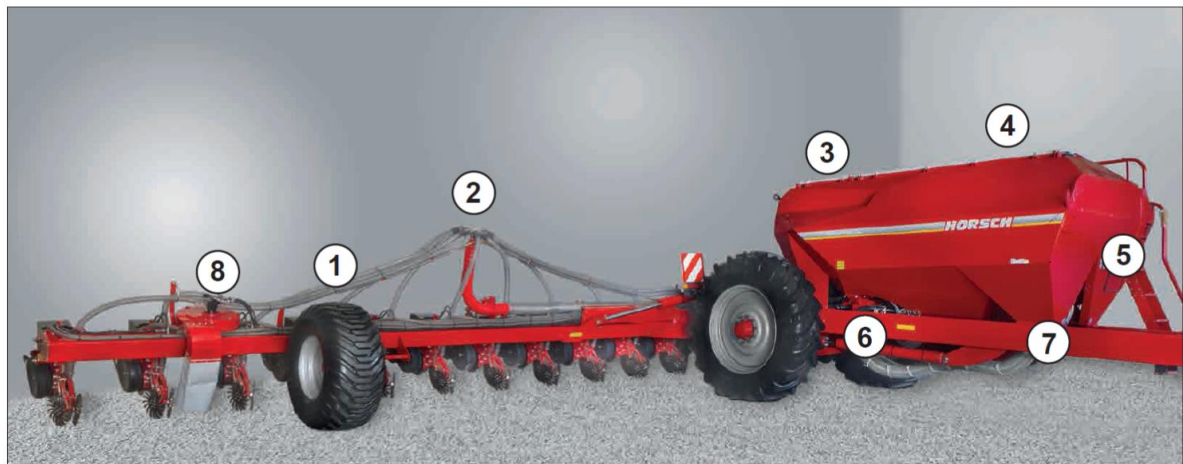
3. Через наявність різноманітних технологічних, експлуатаційних, ґрунтово-кліматичних чинників відбувається погіршення дозування й розподілу насіння у рядку відносно заданої норми.

РОЗДІЛ 3

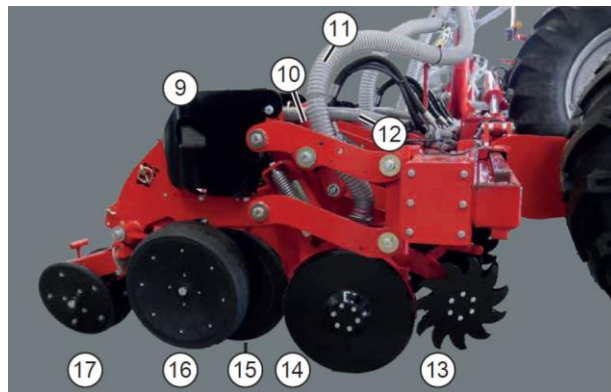
МЕТОДИКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМАНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вихідні дані та умови проведення досліджень

Посівні машини HORSCH Maestro – призначені для висіву просапних культур й найкраще зарекомендували себе під час вирощування соняшника, кукурудзи, сої, цукрових буряків, гороху та ін. (рис. 3.1) [3], [22], [24].



а



б

Рисунок 3.1 – Посівна машина HORSCH Maestro (а – загальний вигляд; б – висівна секція): 1 - опорне колесо; 2 - розподільник добрив; 3 – бункер насіння; 4 – бункер для добрив; 5 – трап; 6 – нагнітач повітря; 7 - нагнітач повітря для добрив; 8 – вакуумний нагнітач; 9 - дозатор одиночного висіву; 10 – гідравлічний довантажувач сошників; 11 – туковисівні проводи; 12 – насіннепроводи; 13 – зірочки очисника; 14 - дисковий сошник для внесення добрив; 15 - дисковий сошник для внесення насіння; 16 – колеса стабілізації глибини; 17 - котки

У машинах даної серії реалізовано інноваційні технології дозування, використано індивідуальні компактні пневматичні дозатори для кожної із секцій, висів відбувається під контролем електронної системи висіву. Переміщення насіння і добрив відбувається під дією надлишкового тиску повітря, а поштучне внесення відбувається за допомогою дії вакуумного розрідження на дозуючому диску.

Значущим фактором, що впливає на ефективність та рівномірність укладання насіння є зниження відцентрових сил на диску. Система реалізована таким чином, що сходження насіння по напрямній відбувається під час стабілізації тиску. А саме сходження відбувається по прямій траєкторії, за рахунок чого досягається висока точність дозування, яка фіксується електронікою. Крім того дана машина забезпечує економне використання посівного матеріалу та добрив. Інтелектуальне програмне забезпечення відображає на екрані терміналу пропуски та подвійне внесення насіння у відсотках [3].

Вивчення будови та налагодження роботи сівалки через складність її конструкції й значної кількості елементів, які функціонують під управлінням електронної системи вимагає значних затрат часу та ресурсів. Безпосереднє використання сівалки для даної цілі є вкрай нераціональним, оскільки вона є габаритною та вимагає агрегування з трактором. За даних умов дві одиниці техніки будуть задіяні для невиробничих завдань протягом тривалого часу. Тому такі налаштування й навчання більш доцільно проводити на лабораторному обладнанні (рис. 3.2), яке імітує роботу сівалки (наприклад лише однієї секції).

Для проведення досліджень використано лабораторний стенд, який розроблено на кафедрі автомобілів і тракторів Львівського НАУ, його було використано для встановлення параметрів основних електричних сигналів електронної системи управління сівалкою [21]. Її живлення здійснюється від електромережі напругою 13,6 В через протокол інтерфейсу ISOBUS,

даний кабель служить для зчитування сигналів та обміну даними між сенсорами системи та польовим комп'ютером.

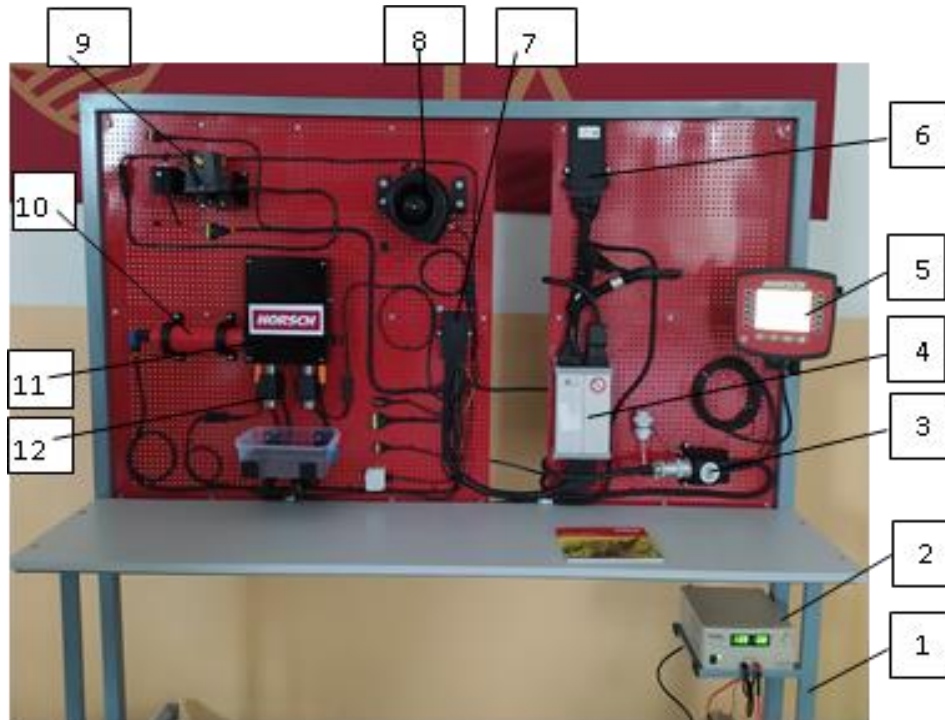


Рисунок 3.2 – Лабораторний стенд з інтегрованою електронною системою управління сівалки HORSCH:

- 1 – монтажна рама; 2 – блок живлення (0...24 В); 3 – монтажний комплект ISOBUS з подовженим кабелем; 4 - робочий комп'ютер E - Manager Midi 3.0; 5 - сумісний з ISOBUS термінал; 6 – модуль контролю висіву; 7 - монтажний комплект DrillManager ISOBUS з подовженим кабелем; 8 – нагнітач повітря; 9 – радіолокаційний радар швидкості; 10 – електропривод катушки дозатора; 11 – корпус дозатора
12 – система контролю висіву

Завдяки використанню протоколу передачі даних через інтерфейс ISOBUS дана сівалка може інтегруватись з сумісними енергетичними засобами, що забезпечує можливість управління технікою з термінала трактора. Також з трактора можна керувати електро- та гідроприводом сівалки. Робочий комп'ютер Midi 3.0, аналізує інформацію від наявних сенсорів та здійснює автоматизоване управління, а за потреби надсилає керуючі команди на виконавчі механізми й проводить корекцію їх роботи.

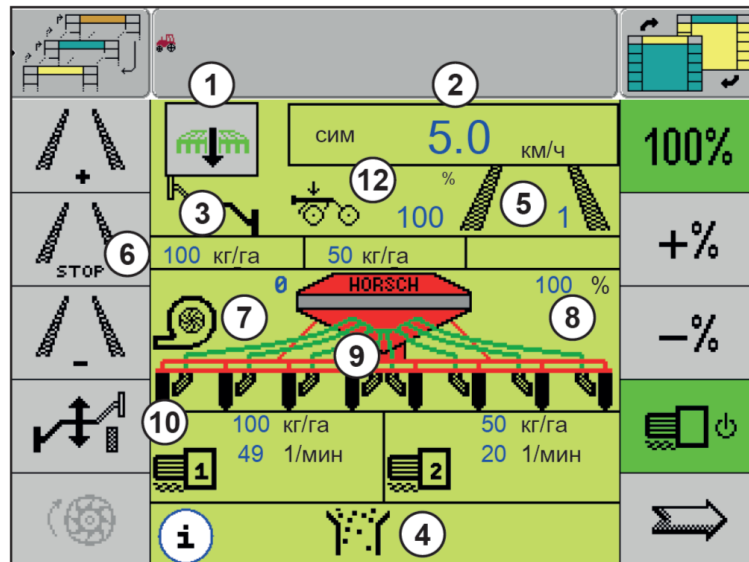
Стан системи й програмне меню висвітлюється на екрані термінала, на ньому знаходяться кнопки управління й активації режимів роботи [26].

Для управління роботою сівалки використовують термінал, в меню якого відображаються усі ключові системи та вузли, крім того, параметри роботи системи відображаються в режимі реального часу (рис. 3.3). Після включення термінала почергово завантажується маски меню (сторінки) залежно від комплектації машини та задіяних додаткових систем. Для управління системою можна запрограмувати відображення кнопок мені, які найчастіше використовуються під час роботи сівалки. За допомогою даних кнопок можна активувати або відключити функції сівалки.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов та типу ґрунтів можна збільшувати або зменшувати тиск сошників у відсотковому значенні відносно початкового шляхом активації програмованої кнопки "+" або "-" електричними регуляторами тиску сошників. Регулювання проводять відносно початкового значення в 200 кг.



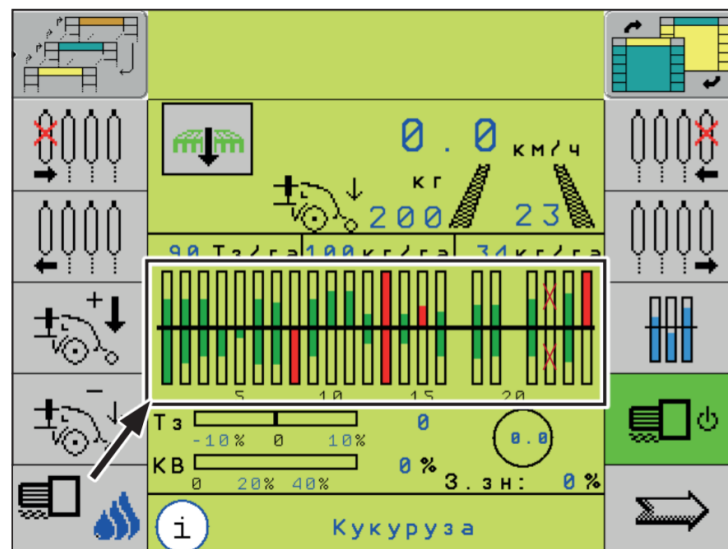
а



Меню термінала:

1. Індикація для робочого положення сівалки.
2. Індикація дійсної або заданої швидкості руху.
3. Вибір положення маркера колії.
4. Функція контролю подачі посівного матеріалу.
5. Номер технологічної колії, що відповідає номеру не активного посівного сошника.
6. Індикація вихідної кількості посівного матеріалу, або добрив в кг/га.
7. Індикація частоти обертання вентилятора нагнітача повітря.
8. Індикація в % дійсної норми висіву відносно заданої.
9. Робоче положення посівних сошників.
10. Відображення актуальних даних частоти обертання ротора дозатора.
11. Індикація площі в гектарах і відрізка в метрах, які можна обробити з поточним завантаженням бункера.
12. Регулятор тиску сошників (встановлений гідравлічний тиск прижиму сошників).

б



в

Рисунок 3.3 – Термінал управління роботою сівалки: а – загальний вигляд;
б – схема програмного меню управління сівалкою; в – відображення параметрів рядків

Програмне меню термінала дозволяє проводити запуск дозатора добрив в ручному протягом 5 секунд, такий режим дозволяє вносити добрива по кутах та необроблених ділянках поля.

Функція висіву в сівалці може бути активована лише тоді, коли машина розкладена в робочому положення, а польовий комп'ютер отримує сигнал від сенсора швидкості. За даними сенсора швидкості проводиться управління і адаптація частоти обертання дозатора, а відповідно й норми висіву (рис. 3.4).

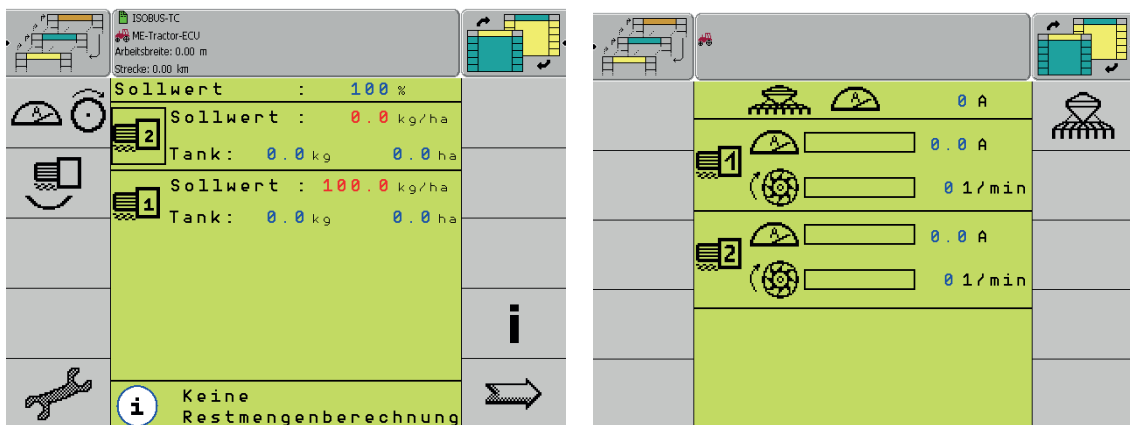
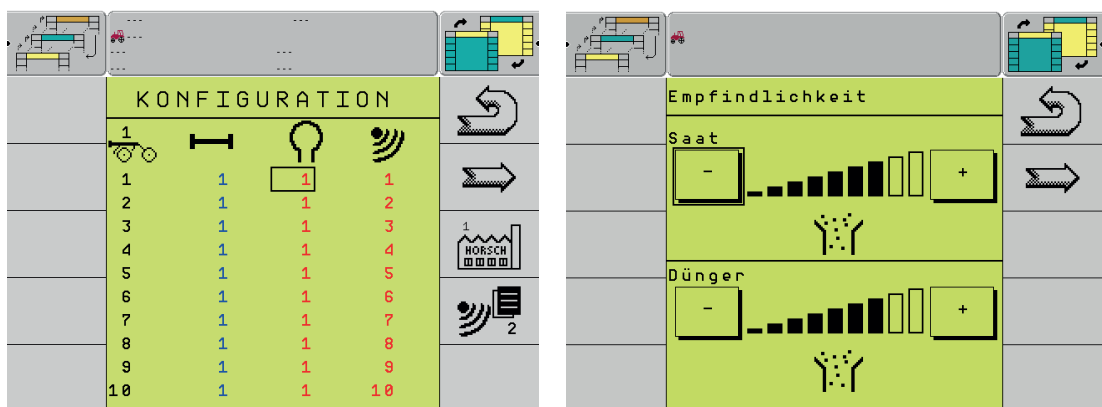
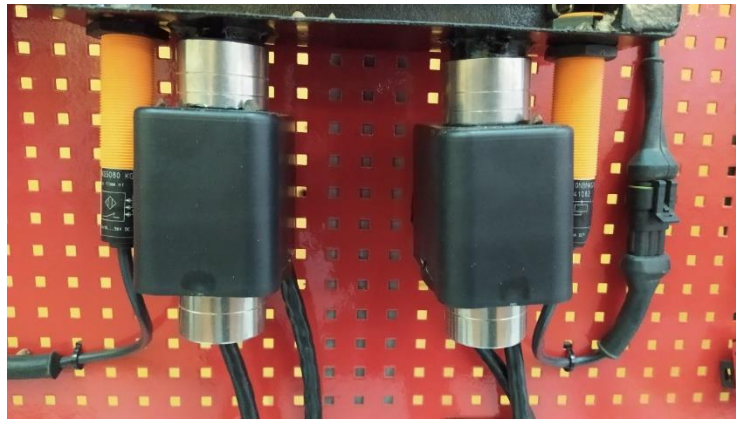


Рисунок 3.4 – Маска меню з налаштування обертів дозатора відповідно до норми внесення добрив

Перед початком посівних робіт здійснюють калібрування дозаторів та висівних апаратів відповідно до культури та норми внесення добрив (рис. 3.5). Калібрування проводять декілька разів й визначають похибку дозування.



a



б

Рисунок 3.5 – Фрагмент дослідження сенсорів потоку висіву: а – маска програми; б- оптичні сенсори потоку

Перша робоча маска меню терміналу посівної машини Maestro (рис. 3.6) відображає усі важливі параметри роботи у режимі реального часу. Цифрами позначено основні параметри індикації дисплея терміналу:

1 – Робоче або транспортне положення (жовтий колір – машина є піднятою, зелений колір – машина знаходиться в робочому положенні).

2 – Фактична швидкість МТА за даними сенсора.

3 – Відображення тиску сошників на рядки у %.

4 – Відображення активних технологічних колій (в даному випадку відключено посівні секції 17 і 20 для формування технологічної колії).

5 – Задана норма висіву (для сівалок точного висіву вимірюється в тис. насінин/га)

6 – Задана норма внесення добрив, кг/га.

Індикатор стану висівних

рядів

7 – Індикація параметрів рядка відповідної секції (при активації певного рядка відкривається окреме меню. У даному меню відображається характеристики процесу для кожного окремого ряду, які можна налаштувати за необхідності. Дане меню відображає якісну характеристику посіву, тобто кількість внесеного насіння і рівномірність

його розподілу. Кольорові смуги відображають параметри окремих рядків рядів. Якщо індикатор знаходиться в центрі смуги, це означає, що висів проходить рівномірно, у випадку переміщення індикатора у верхню частину смуги система сигналізує про внесення двох насінин, так званих «двійників». Якщо ж індикатор переміщується в низ смуги - система сигналізує пропуск насіння. Якщо відхилення відносно норми знаходяться в допустимих межах, то, індикатори відображаються зеленим кольором, з відповідним розміщенням внизу, або вверху смуги. Червоний колір індикатора сигналізує про відхилення від заданої норми) [2], [3].

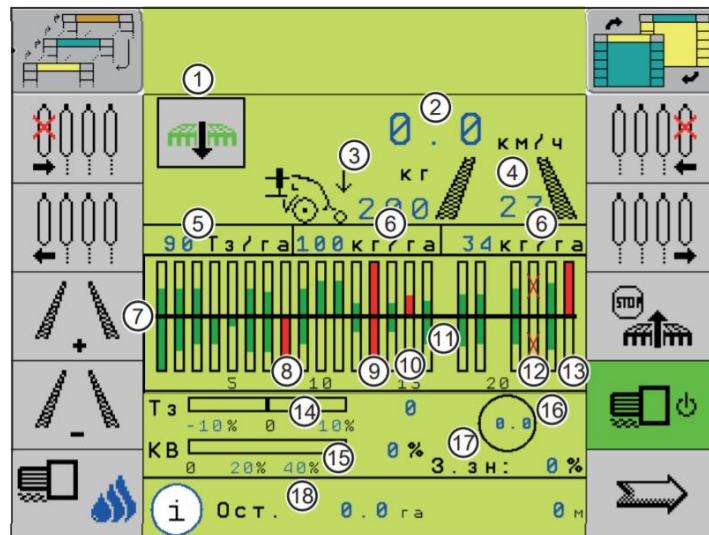


Рисунок 3.6 – Маска меню, що відображає параметри точного висіву просапних культур

8 – Дозатор 8-ої секції працює некоректно (значна кількість здвоєних, або пропусків насіння).

9 – 13-та секція працює без сенсора контролю висіву насіння.

10 – 15-та секція висіває значну кількість здвоєних насінин.

11 – У секціях 17 і 20 відсутній висів.

14 – Кількість фактично висіяних насінин, тис/га (Індикатор відхилення від заданої норми у % знаходиться в середині смуги й в процесі роботи зміщується вліво або вправо).

15 – Даний показник характеризує щільність та рівномірність розподілу насінин по довжині рядка посіву.

16 – Поточне середнє відхилення від заданої відстані між насінинами загалом по усіх секціях з точністю до секунди (рис. 3.7).

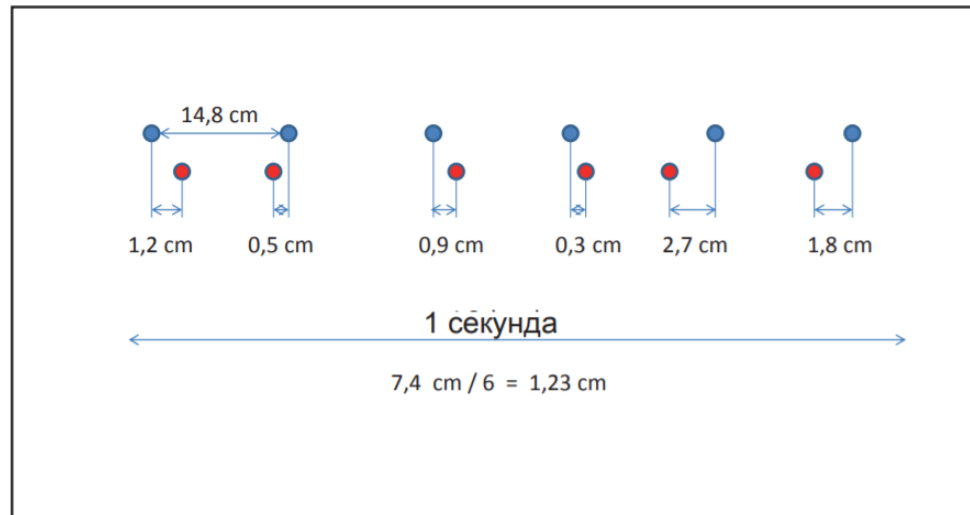


Рисунок 3.7 – Середнє відхилення відстані між насінинами по рядках:

синя лінія – задана норма; червона лінія – фактична відстань

17 – Загальна кількість насінин висіяного відповідно до заданої норми відстані, %

18 – Залишок матеріалів в бункерах.

3.2 Методика та обладнання для дослідження електронної системи управління сівалкою

Електронна система управління сівалкою досить складна у функціонуванні та обслуговуванні, оскільки працює з механічними та біологічними об'єктами в складних експлуатаційних умовах. Окрім живлення системи приводів та механізмів у сівалці використовується значна кількість мікропроцесорної техніки й сенсорів, що перебувають у постійному взаємозв'язку. Електронні компоненти працюють на низьких напругах й

дуже чутливі до перешкод та навантажень, внаслідок чого можуть виникати додаткові шуми й хибні сигнали та покази. Під час цього у сівалки точного висіву порушується норма та рівномірність висіву. Під час появи інформаційних повідомлень та індикації на моніторі терміналу про порушення якості висіву необхідно перевірити електричні ланцюги живлення та електронні мережі й інтерфейси передачі інформаційних сигналів. Також важливо встановити кореляційний зв'язок між порушеннями роботи електронної системи управління сівалкою та точністю висіву. Для перевірки справності електричних ланцюгів живлення можна використовувати цифрові мультиметри. Вони найкраще підходять для вимірювання параметрів струму та цілісності кіл напругою 0...12В. Для діагностики мережі сенсорів доцільно використовувати цифрові осцилографи, оскільки за їх характером можна оцінити якість інформаційного сигналу [1], [13-16], [20].

До основних несправностей електронної системою управління можна віднести [18-19]:

- пошкодження електричних кіл, втрата контакту, поява додаткових опорів;
- пошкодження, некоректна робота, спотворення інформаційного сигналу сенсорів.

Для імітації несправності електронної системою управління було розроблено та встановлено блоки додаткових опорів на електричних колах, які відтворюють втрату надійного контакту в з'єднаннях, або ж появи додаткового навантаження й споживання струму на приводах виконавчих механізмів. Для проведення вимірювань в електричних колах було додатково встановлено спеціальні стандартизовані роз'єми та з'єднувачі (рис. 3.8).

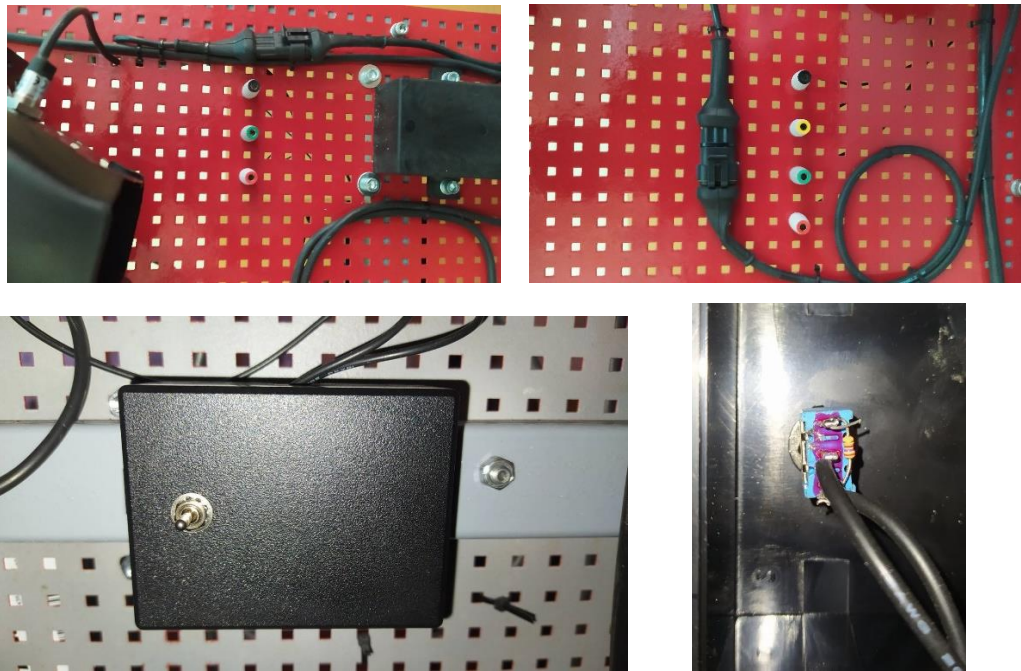


Рисунок 3.8 – Система імітації несправності електронної системи управління сівалкою

Під час моделювання несправності електронних компонентів системи управління було проведено вимірювання заданої та фактичної норми висіву, а також рівномірності розподілу насіння.

3.3 Результати дослідження керуючих сигналів електронної системи управління сівалкою

Дослідження параметри керуючих сигналів проводилось за портативним персональним комп'ютером та цифровим осцилографом Hantek 1008B, а цілісність електричних кіл живлення – за допомогою цифрового мультиметра UNI-T UT61D.

Сенсори контролю висіву насіння монтуються в мережу 4-р'юх жильним кабелем з волого-та пило захищеними рознімними контактними. Усі сенсори контролю висіву підключені паралельно, кожен з яких генерує код для ідентифікації в системі (рис. 3.9). Живлення сенсорів відбувається

через 2 контакти (контакт «1» і контакт «4») напругою 12 В. А на контакті «2» відбувається генерація цифрового керуючого сигналу.

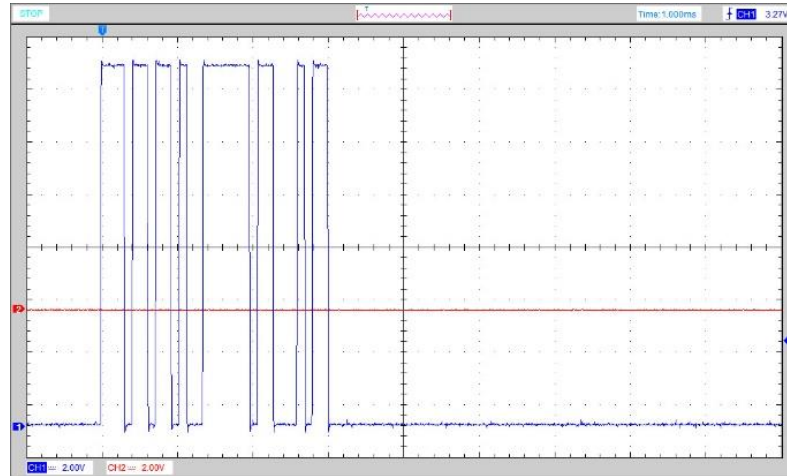


Рисунок 3.9 – Генерування керуючого сигналу сенсора контролю висіву (ідентифікації пристрою в системі без подачі насіння)

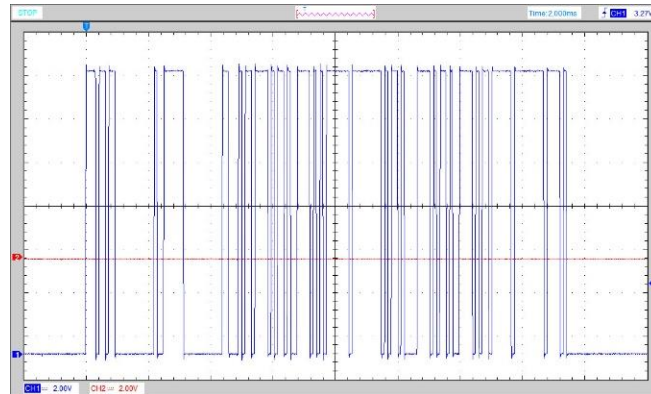
Дослідження проводилось за наступних умов:

- висів насіння відсутній;
- висів насіння відповідно до заданої норми;
- висів насіння відбувається відповідно до заданої норми за наявності додаткового опору електричному колу 4 кОм;

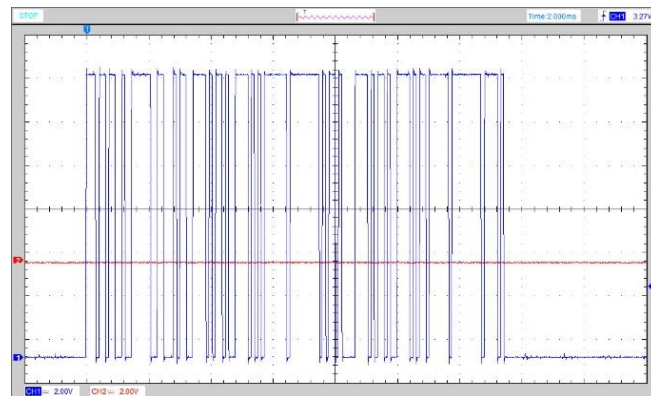
Як видно із рисунку 3.10 а, у випадку відсутності висіву насіння, характеристика осцилограми керуючого сигналу майже ідентична осцилограмі, що генерується у випадку, коли відбувається висів насіння відповідно до заданої норми. Характеристика керуючого сигналу за осцилограмою є практично незмінною незалежно (рис. 3.10 б) від того, чи пролітають насінини між чутливими елементами оптичного сенсора висіву.

Дещо іншою є форма осцилограми (рис. 3.10 в) у випадку, коли висів насіння відбувається відповідно до заданої норми, але в колі з'являється додатковий опір (наприклад через поганий контакт, або його окислення) наявності додаткового опору електричному колу, наприклад 4 кОм. Під час вимірювання керуючого сигналу на контакті 2 сенсора висіву із додатковим

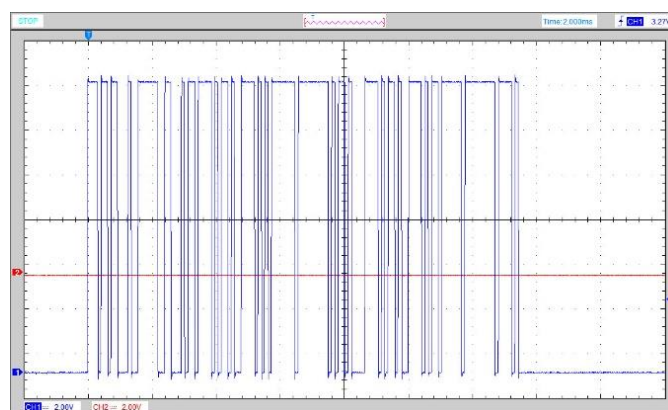
опором спостерігається генерація додаткових шумів на осцилограмі. На основі отриманої характеристики осцилограми можна припустити, що слідкуючий сигнал за потоком насіння може надсилатись з певними похибками через появу додаткових шумів [1], [19], [21].



а



б

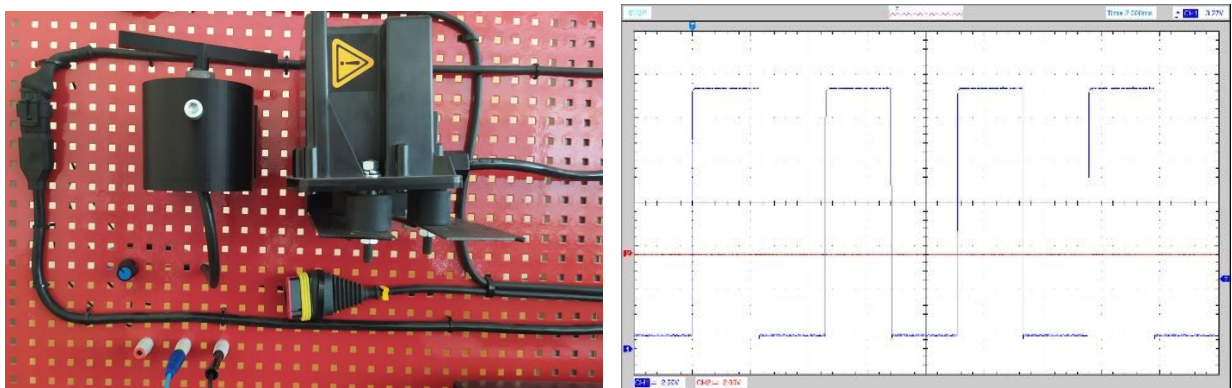


в

Рисунок 3.10 – Характеристика керуючого сигналу сенсора контролю висіву: а - висів насіння відсутній; б - висів насіння відповідно до заданої норми; в - висів насіння відбувається відповідно до заданої норми за наявності додаткового опору електричному колі 4 кОм

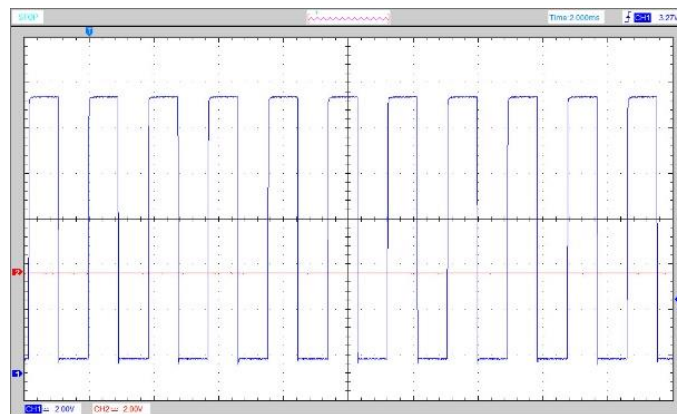
Слідкуюча система контролю висіву насіння сформована з мережі оптичних сенсорів на сошниках сівалки використовує протокол передачі даних UART, де «2» і «3» контакт роз'єму є приймачем (RX), та передавачем (TX) цифрового сигналу [19], [21]. Даний інтерфейс дозволяє змонтувати значну кількість пристроїв, підключених через один чотирьохжильний кабель, два з яких відводиться для отримання та передачі даних.

На рисунку 3.11 відображено характеристику інформаційного сигналу, отриманого під час дослідження сенсора швидкості руху сівалки.



а

б



в

Рисунок 3.11 – Характеристика керуючого сигналу сенсора швидкості руху: а – схема вимірювання; б – характеристика керуючого сигналу (швидкість 3 км/год); в - – характеристика керуючого сигналу (швидкість 10 км/год)

Як видно з осцилограм, за зростання швидкості сівалки прямопропорційно зростає й частота зміни інформаційного сигналу. Коефіцієнт заповнення знаходиться на рівні 50% у двох випадках.

3.4 Результати дослідження похибки дозування за несправності компонентів електронної системи управління сівалкою

Для підвищення ефективності роботи сівалок точного висіву використовують системи контролю висіву, особливо це актуально під час вирощування просапних культур посівними комплексами великої продуктивності. Такі системи автоматичного контролю надають інформацію про перебіг технологічного процесу та фіксації похибок і відхилень. Однак в процесі роботи виникають різні чинники, які впливають на процес висіву:

- домішки й забруднення посівного матеріалу;
- несправність електронної системи управління сівалкою, її компонентів;
- невірний підбір елементів висівного апарата;
- невірні програмні налаштування й вибір режимів роботи.

Внаслідок даних причин часто різняться покази електронної системи управління та фактичними даними висіву насіння, тому необхідно здійснювати перевірку та контроль за рівномірністю та кількістю висіяного насіння. Часто агрономічними й інженерними службами підприємств проводять статистичну перевірку параметрів роботи сівалки: швидкість (за сенсором і фактична) пройдений шлях; фактична норма висіву по кожній секції, кількість висіяних насінин, стабільність і рівномірність висіву в рядку

Ефективність та якість роботи систем контролю сівалки HORSCH Maestro було оцінено під час стендових випробувань, до проведення (рис 3.12) вимірювання необхідно:

- встановити швидкість руху сівалки на рівні 9 км/год (2,5 м/с);



Рисунок 3.12 – Налаштування дозатора насіння сівалки HORSCH Maestro для висіву кукурудзи:

- підібрати типаж дозувального диска відповідно до культури (вибір дисків проводять відповідно до типу культури, приблизної маси тисячі насінин (МТН), розміру і форми насіння);

- підібрати артикул дозувального диска за номером для певного сорту посівного матеріалу, в нашому випадку № 24018931 (завжди необхідно використовувати диск з меншими отворами чи прорізами з можливого вибору однакових дисків) [3];

- посівний матеріал – кукурудза;
- критерій вибору – маса тисячі насінин;
- дозуючий диск арт. № 24018931;
- впускна заслінка № 3;
- розрідження 65-85 мбар;
- ковзна перемичка «А»;
- внутрішній скребок «А»;
- кількість насічок зовнішнього скребка – 1.

Дані випробувань занесено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати досліджень ефективності висіву за різного технічного стану електронної системи управління (задані та фактичні параметри висіву насіння)

Показник	Середні значення показників				
	Відповідно до ТУ (для систем контролю для посівних машин)	Задано програмними налаштуваннями сіваки	Отримані за показами системи контролю висіву	Отримані за показами системи контролю висіву з імітацією на додаткового навантаження електронної системи управління	Фактично отримані
Культура	Кукурудза				
Ширина міжряддя, см	37-90	70			
Рослин на 1 м ²	6 - 12	9			
Насінин на 1 м.п.	7,2 – 18,9	7,4	7,3	7,1	7,3
Насінин тис./га	50 - 127	73,5	72,6	70,5	72,6
Швидкість посіву, км/год	1-20	9	9	8,7	-
Похибка вимірювання системи контролю висіву, %	0,1	± 25 (встановлено системою для аварійного повідомлення)	1,8	4,5	1,8
Відстань між насінинами, см	10 - 22	13,5	13,7	14,1	13,7
Відхилення рівномірності висіву, %	± 16	± 25 (встановлено системою для аварійного повідомлення)	6,2	12,4	9,6

Випробування сівалки проводилось за наступних умов - схожість насіння 95%, лабораторна чистота 98,9 %, рослин на 1 м² - 9 шт., насінин на 1 м.п.- 7,4. Як видно з таблиці 3.1 параметри висіву можуть різнитись залежно від технічного стану компонентів електронної системи управління, наприклад за додаткового навантаження опором, рівномірність висіву може знизитись до 12,4%, а корекція висіву може змінюватись в межах 4,5 %.

Висновки за розділом

1. Посівні машини HORSCH Maestro - це високопродуктивні сівалки точного висіву з пневматичним способом переміщення насіння та добрив. Для точного поштучного дозування у висівних апаратах використовують вакуумний забір насінин дозувальними дисками. Для машин такого типу широко використовують електронні системи управління та контролю за робочими процесами.

2. Робоче меню терміналу посівної машини Maestro відображає усі важливі параметри роботи систем у режимі реального часу, де основними пунктами індикації дисплея є підрахунок кількості висіяного насіння та відхилення від заданої норми.

3. Дослідження параметрів керуючих сигналів проводилось за портативним персональним комп'ютером та цифровим осцилографом Hantek 1008B, а цілісність електричних кіл живлення – за допомогою цифрового мультиметра UNI-T UT61D. Досліджено роботу сенсорів контролю висіву, живлення яких відбувається через 2 контакти (контакт «1» і контакт «4») напругою 12 В. А на контакті «2» відбувається генерація цифрового керуючого сигналу. Імітовано додатковий опір електричному колу 4 кОм (наприклад через поганий контакт, або його окислення), при цьому спостерігається генерація додаткових шумів на осцилограмі, через що слідкуючий сигнал за потоком насіння може надсилатись з певними похибками.

4. Випробування сівалки проводилось за наступних умов: схожість насіння 95%, лабораторна чистота 98,9 %, рослин на 1 м² - 9 шт., насінин на 1 м.п.- 7,4. Згідно отриманих даних, параметри висіву можуть різнитись залежно від технічного стану компонентів електронної системи управління, наприклад за додаткового навантаження опором, рівномірність висіву може знизитись до 12,4%, а корекція висіву може змінюватись в межах $\pm 4,5$ %.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Аналіз небезпечних факторів, що виникають під час роботи з посівними машинами

Під час роботи з дозуючими пристроями на працівника можуть діяти наступні небезпечні та шкідливі виробничі чинники [9]:

- рухомі або обертові механізми та частини технологічного устаткування;
- напруга в електричному колі, може протікати через тіло людини при наближенні на відстань менше допустимого до неізольованих струмоведучих частин і елементів устаткування, що знаходиться під напругою;
- гострі кромки, задирки і шорсткості на поверхні обладнання, механізмів, інструменту, тари, в якій знаходиться перероблюваний матеріал.
- недостатня освітленість робочої зони;
- високе шумове навантаження у робочій зоні;
- важкість умов праці, значна втомлюваність працівника.

Для виключення дії негативних факторів і виникнення непередбачуваних небезпечних ситуацій працівники повинні дотримуватись основних вимог техніки безпеки [9].

Перед початком роботи необхідно:

Перевірити комплектність і відповідність встановленим нормам справність спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту, не допускаючи звисаючих кінців одягу, волосся прикрити головним убором.

Оглянути робоче місце, прибрати зайві предмети, звільнити проходи. Перевірити наявність справність обладнання, інструменту, пристосувань і підготувати до роботи.

Перед включенням дозатора, необхідно провести його візуальний огляд і переконатися у відсутності пошкоджень окремих вузлів і механізмів, органів управління (кнопок, перемикачів), світлової і звукової сигналізації, захисного заземлення. Необхідно перевірити:

- справність огорожувальних, запобіжних, гальмових пристроїв, захисних кожухів;
- щільність різьбових з'єднань вузлів та механізмів сівалки;
- відповідність рівня мастила в системі паспортним вимогам, справність гідравлічної системи;
- відсутність в бункерах і живильниках сторонніх предметів;
- справність ізоляції електросилової проводки приводних агрегатів, справність контурів заземлення.

Під час роботи з машинами потрібно:

- сівалка повинна стояти на твердій, рівній поверхні, крім того не дозволяється перебування в робочій зоні сторонніх осіб;
- забороняється торкатися до рухомих частин механізмів;
- опускати руки в приймальний бункер;
- знімати огороження небезпечних зон працюючого обладнання;
- працювати з електрообладнанням з оголеними проводами або відкритими провідниками;
- вимкнути електрообладнання у випадках: відлучення з робочої зони на короткий час, при тимчасовому припиненні роботи, мащені, очищенні механізмів;
- здійснювати подачу матеріалу тільки після того, як двигун набере номінальних обертів;
- зупинка дозволяється після повної переробки завантаженого матеріалу.
- діставати матеріал, який застряг у дозаторі, допускається тільки після повної зупинки його механізмів;

- під час заклинюванні барабана двигун повинен бути негайно зупинений;

- під час технічне обслуговування, чи ремонту на вимикачі лінії живлення, вивіщується табличка "Не вмикати - працюють люди!".

4.2 Обґрунтування логіко-імітаційної моделі появи небезпечних ситуацій на виробництві

Зменшення кількості небезпечних ситуацій на виробництві вимагає визначення та усунення основних причин їх виникнення. Небезпечна ситуація носить деякий характер ймовірності та виникає внаслідок випадкових подій або факторів, які до неї призводять. Тому в даному випадку варто скористатись методом «зворотної логіки», яка виділяє найбільш суттєві причини, що приводять до кінцевої події (аварії, травми). Такий метод був запропонований Д.Хенлі та Х.Кумомото, що полягає у побудові “дерева” причин та чинників виникнення кінцевої події.

Принципи методу ґрунтуються на обстеженні технологічного обладнання, чи робочої зони працівника. Після цього виявляють травмонезбезпечні, виробничі безпеки, аварійні чинники, визначають головну найбільш небезпечну подію (катастрофа, аварія або травма) і структурують модель «відмов і помилок оператора».

Під час роботи з дозаторами луцильних машин, дробарок насіння найбільш небезпечними (головними) подіями бувають:

захоплення кінцівок людини;

захоплення одягу;

удар;

електричний удар;

опіки тіла електричним струмом;

В основі логіко-імітаційної моделі (рис. 5.1) лежать фактори ризику виникнення головної небезпечної події з деяким значенням ймовірності:

рівень дотримання вимог з охорони праці – $P_{7,10} = 0,52$; відсутність проведення інструктажів з охорони праці – $P_2=0,22$; відсутність спецодягу, його неналежний стан – $P_{14} = 0,22$; включення двигуна без попередження – $P_5 = 0,0005$; досвідченість працівників – $P_{3,17} = 0,2$; професійність працівників – $P_{1,8,11,16} = 0,21$; фізіологічний стан працівників – $P_{15} = 0,052$. травмонебезпечної ситуації під час дозування насіння [51].

На основі ймовірнісних значень факторів ризику розраховуємо ймовірність виникнення події P_4 :

$$P_4 = 0.2 + 0.2 + 0.2 - 0.2 \cdot 0.2 - 0.2 \cdot 0.2 - 0.2 \cdot 0.2 + 0.2 \cdot 0.2 \cdot 0.2 = 0.488$$

Ймовірність виникнення небезпечної ситуації під час проведення технологічних регулювань з увімкненим двигуном (P_6) визначаємо наступним чином:

$$P_6 = 0.488 \cdot 0.0005 = 0.000244$$

Ймовірність виникнення небезпечної події за умови неналежного стану загороджувальних елементів та захисних кожухів (P_9):

$$P_9 = 0.5 + 0.2 - 0.5 \cdot 0.2 = 0.6$$

За умови відсутності загороджувальних елементів та захисних кожухів (P_{12}):

$$P_{12} = 0.5 + 0.2 - 0.5 \cdot 0.2 = 0.6$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0.05 + 0.2 + 0.2 - 0.05 \cdot 0.2 - 0.05 \cdot 0.2 - 0.2 \cdot 0.2 + 0.05 \cdot 0.2 \cdot 0.2 = 0.392$$

Виникнення аварійної ситуації через відкриті обертові елементи (P_{13}) становить:

$$P_{13} = 0.6 + 0.6 - 0.6 \cdot 0.6 = 0.86$$

Ймовірність захоплення одягу працівника (P_{19}):

$$P_{19} = 0.86 \cdot 0.2 \cdot 0.392 = 0.067$$

Отже, ймовірність виникнення найбільш небезпечної події (P_{20}):

$$P_{20} = 0.000244 + 0.067 - 0.000244 \cdot 0.067 = 0.0675$$

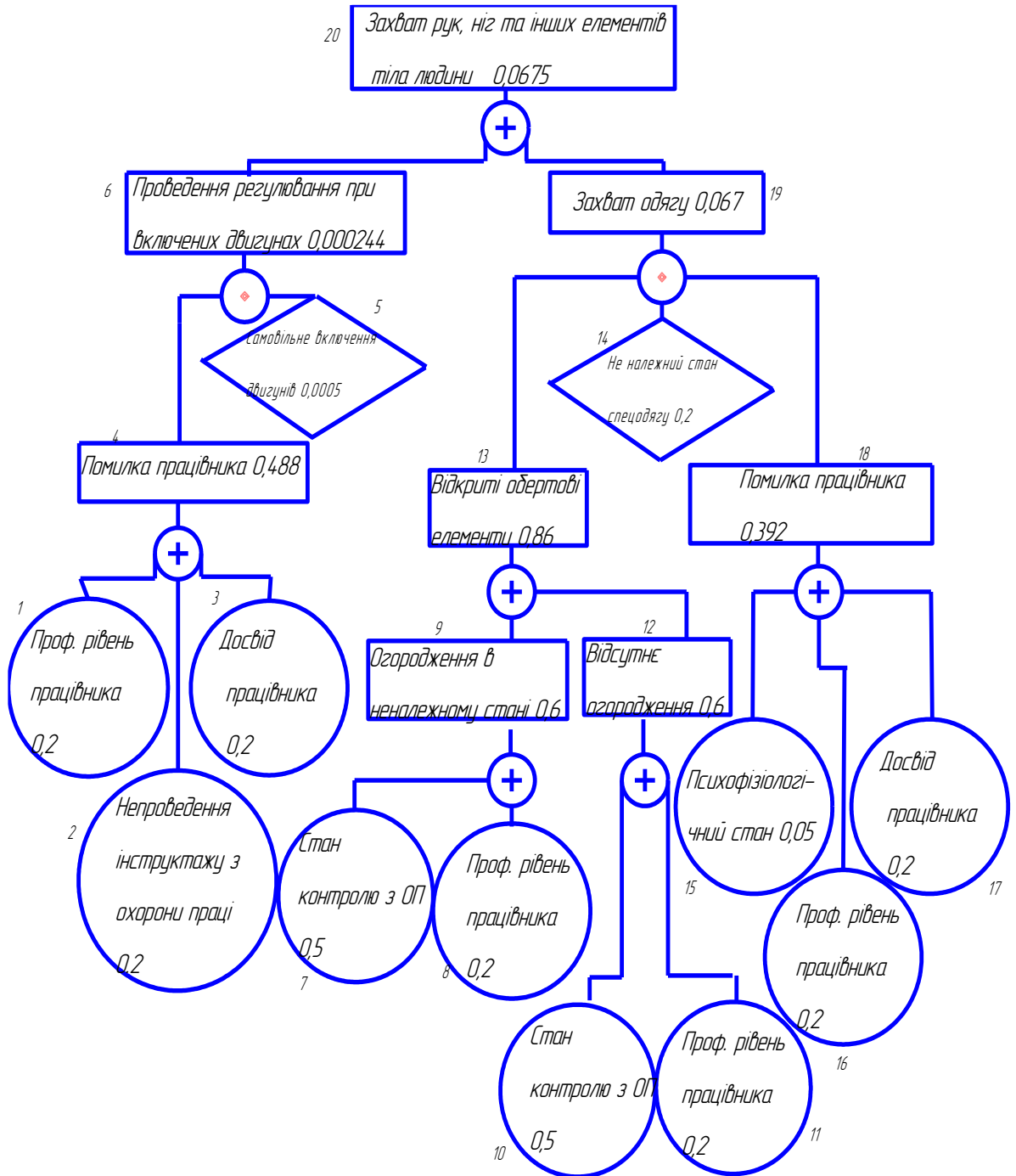


Рисунок 4.1 - Імітаційна модель логічних зав'язків між небезпечними подіями та факторами впливу

На основі аналізу імітаційної моделі (рис. 5.1) можна зробити висновок, що ймовірність виникнення найбільш небезпечної події – захоплення кінцівок чи інших частин тіла оператора під час обслуговування дозатора злущувача становить $P_{20} = 0.0675$.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Проблема у сфері безпеки, що виникає під час природного або техногенного впливу на населення і територію, зумовлена нещасними випадками серед людей та руйнуванням інфраструктури. Враховуючи складну політичну та економічну ситуацію в державі, питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій є дуже важливим на сьогоднішній день.

Згідно з законом “Про цивільну оборону України” керівник підприємства є відповідальним за організацію цивільної оборони на вказаному об’єкті. Захист населення у разі виникнення надзвичайної ситуації включає в себе наступні першочергові заходи:

- оповіщення населення про можливу небезпеку;
- інформування щодо порядку дій у надзвичайній ситуації, що виникла;
- евакуація і розосередження населення;
- інженерний захист населення і територій;
- радіаційний і хімічний захист;
- медичний захист;
- забезпечення пожежної безпеки;
- завчасна підготовка населення в галузі цивільної оборони та захисту від надзвичайних ситуацій.

Заходи щодо до захисту населення проводять завчасно з урахуванням можливих загроз, їх планують і здійснюють диференційовано, з урахуванням природно-кліматичних та інших місцевих умов. Обсяги, форма і терміни проведення цих заходів визначаються на підставі прогнозів природної та техногенної небезпеки на відповідних територіях. Їх здійснюють засобами підприємств, організацій, органів місцевого самоврядування, органів територіальної виконавчої влади.

В системі цивільної оборони підприємства, керівництво повинне забезпечити захист працівників засобами індивідуального та колективного

захисту, а також створити загони для ліквідації причин наслідків надзвичайних ситуацій. Також необхідно забезпечити:

- будівництво захисних інженерних споруд;
- насадження захисних лісосмуг;
- створити можливість розміщення цивільного населення у захисних спорудах;
- населення засобами індивідуального і медичного захисту.

Оповіщення населення про надзвичайну ситуацію є одним з головних заходів щодо захисту населення про виникнення або загрозу виникнення будь-якої небезпеки. Проінформоване населення повинне бути обізнаним у порядку поведінки в надзвичайних умовах.

Евакуація – вимушене переміщення людей і матеріальних цінностей в безпечні місця, вона класифікується за наступними ознаками:

- вид небезпеки (хімічне, радіаційне, біологічне забруднення);
- спосіб евакуації (транспортна, піша порядком, комбінована);
- віддаленість (локальна, місцева, регіональна, державна);
- тривалість (тимчасова, середньострокова, тривала).

Під *укриттям* розуміють розміщення населення у спеціальних інженерних спорудах і є одним з найбільш ефективних способів забезпечення безпеки людей, що не однократно підтверджено на практиці.

Індивідуальні засоби захисту за призначенням поділяють на засоби індивідуального захисту органів дихання (протигази, респіратори, ватно-марлеві пов'язки) та засоби індивідуального захисту шкіряних покривів. Під час надзвичайних ситуацій першочерговим завданням є забезпечення населення необхідною кількістю засобів індивідуального захисту.

Пошуково-рятувальні роботи проводять для пошуку і вилучення з під завалів, із зруйнованих будівель і захисних споруд для надання їм першої медичної транспортування до лікувальних установ.

Аварійно-відновлювальні роботи проводять для обмеження, локалізації або ліквідації шкідливого впливу надзвичайних ситуацій, в ході чого локалізують або нейтралізують джерело небезпеки.

Медична допомога передбачає ряд організаційних, лікувально-профілактичних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. До медичних засобів індивідуального захисту відносяться: аптечка індивідуальна; індивідуальний протихімічний пакет; пакет перев'язочний медичний; профілактичний антидот П-10М.

Уразі надзвичайної ситуації розрізняють наступні види медичної допомоги: перша допомога, долікарська допомога, перша лікарська допомога, кваліфікована і спеціалізована.

Висновки

1. Під час роботи з посівними на працівника можуть діяти наступні небезпечні та шкідливі виробничі чинники: рухомі або обертові механізми та частини технологічного устаткування; напруга в електричному колі живлення; гострі кромки, задирки і шорсткості на поверхні обладнання, недостатня освітленість робочої зони; високе шумове навантаження та важкість умов праці працівника.

2. На основі аналізу імітаційної моделі встановлено, що ймовірність виникнення найбільш небезпечної події – захоплення кінцівок чи інших частин тіла оператора під час обслуговування сівалки становить 0,0675.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЯ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Заходи, щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище

Охорона навколишнього середовища – одна із найбільш актуальних проблем в усьому світі. Галузі сучасного виробництва, наносять не аби якої шкоди навколишньому середовищу, порушуючи його дисбаланс у природі. З цим пов'язаний і контроль раціонального використання природних ресурсів. З часів виникнення людської цивілізації в природному середовищі земної кулі, яка забезпечувала всі екологічні, економічні і соціальні потреби суспільства. Разом із зміною людства і розвитком матеріального виробництва неминуче змінювалось і природне середовище. Однак упродовж багатьох тисячоліть антропогенні впливи на середовище були настільки незначними і локальними, що в планетарному масштабі їхня дія була не шкідливою і практично непомітною. Ситуація докорінно змінилася лише в ХХ ст., коли демографічний вибух і друга індустріальна революція призвели до неминучих змін в природному середовищі. Вивчення законів життя природи та умов рівноважного існування природного середовища земної кулі тривалий час розглядали як другорядне і мало актуальне завдання. Машинобудівна промисловість значно забруднює навколишнє середовище, тому слід розробляти природоохоронні заходи: – впровадженнь безвідходного виробництва; – впровадженнь на виробництві нових технологій очистки води і повітря та інше [11], [12].

Забруднення довкілля, що виникли в результаті виготовлення рами ескаватора та заходи по їх зменшенню У виробництві розробляється технологічний процес та вибирається раціональне зварювальне устаткування і пристосування для виготовлення рами ескаватора . В процесі реалізації технологічного процесу виникають такі забруднення: електромагнітне, твердими відходами, води, викиди шкідливих газів в атмосферу. Джерелом

електромагнітного забруднення є зварювальний трансформатор і електроустаткування, яке використовується в технологічному процесі. Тому слід застосовувати спеціальні заходи що до захисту навколишнього середовища [11], [12].

Небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і не може бути виявленою без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищуючи рівень електромагнітних полів спричиняє порушенню біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому. Зварювальний трансформатор є джерелом змінних електричного і магнітного полів. Працівники, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втому, дратівливість, слабкість погіршення пам'яті, порушення сну. Серцево-судинна система реагує дистонією, лабільністю пульсу і артеріального тиску, болем у серці, схильністю до гіпертонії. Відзначаються також фазові зміни складу периферійної крові, лабільність показників з наступним розвитком вираженої лейкопенії, нейропенії, еритроцитопенії. Звісно, такі критичні стани виникають у тих, хто тривалий час працює у зоні дії електромагнітних полів достатньо великої інтенсивності, але сама інформація змушує замислитися [11].

Електроустановка, як джерело електромагнітного випромінювання на перший погляд, спричиняє непомітний вплив на людський організм проте протягом тривалого перебування в зоні його дії може бути досить небезпечним. В першу чергу страждає нервова, імунна, ендокринна і статеві системи. Такого висновку дійшли працівники Інституту екології людини, проаналізувавши результати численних досліджень, виконаних у різних країнах світу. Нервова система, особливо певні структури головного мозку, дуже чутлива до ЕМП малої інтенсивності. Ці поля здатні відхиляти нервові імпульси, впливати безпосередньо на нервові клітини, змінювати проникність гематоенцефалічного бар'єру, особливо це стосується нервової

системи ембріона. На підприємстві джерелом забруднення стічних вод є виробничі, поверхневі та побутові стоки. Виробничі стічні води утворюються внаслідок використання води в технологічному процесі В зварювальних цехах використовують воду для охолодження зварювального обладнання, і обробки приміщень. А в механічних цехах при обробці металів вода використовується для охолодження інструмента, на промивку деталей і обробку приміщень, при цьому стічні води забруднюються мінеральними маслами, милами, металічним та абразивним пилом і емульгатором. Стічні води забруднюються в основному маслом і окалиною. У інших цехах: контролю якості, фарбувальних і т.д. стічні води містять механічні домішки, маслопродукти, кислоти. При фарбуванні використовуються матеріали, до складу яких входять легкі розчинники, що можуть містити шкідливі речовини: бензол, толуол, ацетон тощо. Шкідливі речовини виділяються, і у фарбувальних цехах як в період нанесення покриття на виріб, так і при висиханні. Із виробничих приміщень пари розчинників, і фарбувальні тумани викидаються через високі труби без попередньої очистки. Після лакування сушка деталей проводиться в сушильних шафах. Це створює надлишок тепла, яке необхідно відводити, або проводити сушку на повітрі. Проте в обох випадках виділяються шкідливі випари розчинників лаку, які потребують нейтралізації. Для вловлювання із стічних вод нерозчинних забруднень використовують відстійники періодичної і неперервної дії. В останні часом використовують так звані тепло парові відстійники. Особливість їх в тому, що відстояна зона розділяється секціями і трубчатими елементами на неглибокі шари, де забезпечується ламінарний рух освітленої води. В процесі виробництва продукції утворюються тверді відходи у вигляді амортизаційного лома (модернізація обладнання, оснастки, інструмента), шлаків і золи, стружки і опилок металів, шламів, осадків і пилу (відходи систем очистки повітря) та інше. Основним видом відходів розробленого технологічного процесу є металеві відходи – металобрухт та металева стружка. Основним шляхом утилізації металевих відходів є їх переплавлення.

Виплавлення вторинних металів із металобрухту є найважливішою сферою споживання твердих відходів у машинобудуванні. При цьому кількість забруднюючих викидів в атмосферу на гідросферу скорочується на 75..80%.

Пил, який утворюється в процесі абразивної обробки на 30-40% складається з матеріалу абразивного круга, на 60-70% - з матеріалу оброблюваного виробу. При шліфуванні виробу виділяється більше 50 г/год пилу з одного верстата. При проведенні зварювальних робіт в атмосферу попадають токсичні гази і пил. Ручне електродугове покритими електродами і зварювання в захисних газах плавким електродом виділяють дрібнодисперсний пил. Зварювальний пил на 99% складається з частинок розміром від 3 10– до 1мкм, більше 1% пилу, мають розмір частинок 1-5 мкм, а частинок більше 5мкм, всього десята частина відсотка. Хімічний склад забруднень які виділяються при зварюванні, залежить від складу зварювальних матеріалів (дроту, покриття, флюсу) і в меншій степені від хімічного складу зварювальних металів. Щоб очистити повітря від пилу, який утворюється в наслідок технологічного процесу пропоную застосувати метод електричного очищення газу в електрофільтрах. Такий метод базується на явищі іонізації газових молекул в електричному полі високої напруги. Частинки отримують заряд від іонів газу і осідають на електродах електричного фільтра, а очищений газ виводиться із апарату.

Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів застосовують адсорбери. В адсорберах очищений струмінь пронизує шар адсорбенту, що складається із зернистої речовини з розвинутою поверхнею, наприклад оксиду алюмінію, активованого вугілля, силікагелю, піролюзиту. При цьому шкідливі гази і пари зв'язуються адсорбентом і пізніше можуть бути виділенні з нього. Отож, з усього вищезгаданого видно, що при виконанні кожної технологічної операції утворюються залишки, або випари хімічних речовин та інші відходи, які потребують нейтралізації, щоб зменшити вплив на довкілля і, відповідно, на здоров'я людей.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОПОНОВАНОЇ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СІВАЛКОЮ

6.1. Розрахунок економічного ефекту від використання пропонуваної методики діагностики

Одним із критеріїв оцінки розробки і запровадження нового, а також удосконалення технологічного обладнання є обґрунтування економічної ефективності від його використання. Оцінити доцільність від впровадження удосконаленого обладнання можна рядом критеріїв серед яких: зниження собівартості продукції, зменшення затрат праці, річний економічний ефект, річна економія прямих та зведених затрат, зниження капіталовкладень.

Впровадження нових технологій і обладнання пов'язане з деякими капіталовкладеннями на їх розробку, які окупуваються в процесі використання за рахунок покращення техніко-економічних показників їх роботи [10], [27].

На практиці розрізняють розрахункову і фактичну ефективність: розрахункову визначають на стадії розрахунків, іншу – за результатами виробничих випробувань. Даний ефект від впровадження поділяють на прямий і непрямий. Пряма економічна ефективність – зниження матеріально-трудових ресурсів і грошових витрат, за рахунок підвищення продуктивності технологічного обладнання, зниження питомих енергозатрат на одиницю продукції, скорочення фонду заробітної плати, витрати основних і допоміжних матеріалів. Також виділяють непрямую ефективність, яка досягається за рахунок підвищення культури і продуктивності праці

Економічну ефективність використання удосконаленого дозатора визначали за рахунок порівняння затрат на виконання процесу висіву насіння кукурудзи сівалкою HORSCH Maestro за допомогою удосконаленої методики діагностики [10], [27].

Визначення техніко-економічних показників роботи проводилось за стандартизованою методикою визначення економічної ефективності використання техніки. Для розрахунку економічної ефективності роботи сівалки HORSCH Maestro з використанням удосконаленої методики діагностики.

Розрахунок техніко-економічних показників роботи сівалки здійснювався за методикою розрахунку питомої економічної ефективності приведеної на один кілограм використаної продукції.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої методики визначається з виразу:

$$\dot{A}_\delta = ((C_\zeta^i - C_\zeta^j) + (\tilde{A}_{i,d,i} - \tilde{A}_{i,f,i})) \cdot D_i, \text{ грн}, \quad (6.1)$$

де Z_3^b, Z_3^h – відповідно зведені затрати використання базової технології та удосконаленої технології; $\Gamma_{н.б.п.}$ – грошові надходження від реалізації продукції відповідно до базової технології, грн; $\Gamma_{н.н.п.}$ – надходження від реалізації, з використанням удосконаленої технології, грн; P_i – річне напрацювання технологічного обладнання, кг.

При цьому прямі експлуатаційні затрати P_3 розраховують за формулою [56]:

$$P_3 = Z_{зпл} + Z_{ел.ен} + Z_{рен} + Z_{ТО\text{рем}}, \quad (6.2)$$

де $Z_{ел.ен}$ – затрати на енергоресурси, грн/кг; $Z_{зпл}$ – затрати на оплату праці робітників, грн/кг; $Z_{рен}$ – відрахування на реновацію обладнання, грн/кг; $Z_{ТО\text{рем}}$ – відрахування на технічне обслуговування і ремонт, грн/кг.

Затрати на оплату праці робітників становлять:

$$Z_{зпл} = \frac{n \cdot \tau_{год} \cdot k_{допл}}{W_{год}}, \text{ грн/кг}, \quad (6.3)$$

де $\tau_{год}$ – годинна тарифна ставка працівників, грн/год; n – кількість працівників, чол; $k_{допл}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові доплати і нарахування; $W_{год}$ – продуктивність обладнання за годину часу протягом зміни, кг/год.

Затрати на електроенергію:

$$Z_{ел.ен} = \frac{N_{ел.} \cdot C_{ел.}}{W_{год}}, \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}, \quad (6.4)$$

де $N_{ел.}$ – потужність, яка споживається технологічним обладнанням, кВт; $C_{ел.}$ – ціна 1 кВт електроенергії, грн.

Відрахування на реновацію обладнання:

$$Z_{рен} = \frac{B_m \cdot k_p}{W_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (6.5)$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує річне відрахування на реновацію техніки, %; B_m – балансова вартість обладнання, грн; T_p – річне завантаження обладнання, год.

Відрахування на $T.O.$ і ремонт становлять:

$$Z_{ТОрем} = \frac{B_m \cdot (k_{н.р} + k_{к.р})}{W_{год} \cdot T_p}, \text{ грн/кг}, \quad (6.6)$$

де $k_{н.р}$ – коефіцієнт відрахувань на ремонт і $T.O.$, (в даному випадку коефіцієнт відрахування становить 0,13); $k_{к.р}$ – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт, ($k_{к.р}$ прийнято 0,0275).

Загальні капіталовкладення необхідні для впровадження удосконаленої технології діагностики $K_{кап.вкл}$ (грн/кг) визначають:

$$K_{кап.вкл} = \frac{B_m}{W_{год} \cdot T_p}. \quad (6.7)$$

Загальні зведені затрати на одиницю продукції Z_3 (грн/кг):

$$Z_3 = P_3 + K_{кап.вкл} \cdot k_{эф.кап.вкл}, \quad (6.8)$$

де $k_{эф.кап.вкл}$ – коефіцієнт, що враховує ефективність капіталовкладень.

Зменшення прямих експлуатаційних витрат протягом року $E_{екс.витр}$ розраховують за формулою:

$$E_{екс.витр} = (Z_3^6 - Z_3^H) \cdot T_p, \text{ грн}, \quad (6.9)$$

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності від використання запропонованої технології діагностики ґрунтується на інформації заводів-виготовлювачів; вартість електроенергії, годинні тарифні ставки робітників визначались на основі статистичних даних станом на 12.10.2021 року.

Таблиця 6.1 -Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	Машина	
	HORSCH Maestro 24	HORSCH Maestro SW з використанням удосконаленої методики діагностики
Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: т/год	0,0028	0,0027
Балансова вартість, грн : машини енергетичного засобу (трактора) допоміжне обладнання	2390000 1100000	2390000 1100000
Річне завантаження, год.: енергетичного засобу (трактора) машини допоміжне обладнання	140 140 1	140 140 1
Чисельність виробничого персоналу, чол.: основного допоміжного персоналу	1 2	1 1
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год : основного персоналу допоміжного персоналу	80 48	80 48
Коефіцієнт, що враховує доплати: основного персоналу допоміжного персоналу	1,1 1,1	1,1 1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію: енергетичного засобу (трактора) машини допоміжне обладнання	0,125 0,142	0,125 0,142

продовження таблиці 6.1

Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування		
енергетичного засобу (трактора)	0,22	0,22
машини	0,23	0,23
допоміжне обладнання		
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:		
енергетичного засобу (трактора)	0,04	0,04
машини		
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	32	32
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	30	30
Коефіцієнти затрати на зберігання від вартості технічного обслуговування		
енергетичного засобу (трактора)	0,065	0,065
машини	0,065	0,065
допоміжного обладнання		
Економія основних матеріалів (наприклад посівного матеріалу)		
витрата матеріалу на один гектар, ц	0,28	
ціна одиниці матеріалу, грн./ц	9000	
витрата матеріалу на один гектар, ц		0,269
ціна одиниці матеріалу, грн./ц		9000
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	0,15	
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту	0,95	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову	1,1	

Таблиця 6.2 - Результати розрахунку економічної ефективності

Показники	Машина	
	HORSCH Maestro 24	HORSCH Maestro SW з використанням удосконаленої методики діагностики
1	2	3
1. Річне напрацювання, га	16800	16800
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	0,74	0,74
– паливо-мастильні матеріали	840	840
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	154,72	154,79
– реновацію	19,46	19,47
– інші прямі затрати	10,07	10,08
– всього прямих затрат	1024,99	1025,08
3. Капітальні вкладення, грн/га	136,92	136,98
4. Зведені затрати, грн/га	1045,53	1045,63
5. Економічний ефект від економії витратних матеріалів, збільшення врожайності та якості отриманої продукції, грн./га	—	90
6. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	1510336,80
7. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	5172386,3
8. Верхня межа ціни нової машини, грн	—	6793987,55
9. Лімітна ціна нової машини, грн	—	6454288,17
10. Затрати праці, люд.-год/га	0,02	0,02
11. Річна економія праці, люд.-год.	—	0
12. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	0
– прямих затрат	—	-0,01
– зведених затрат	—	-0,01
– капіталовкладень	—	-0,04

На основі аналізу таблиці 6.2, встановлено, що за умови проведення технічного обслуговування сівалки HORSCH Maestro SW з використанням удосконаленої методики діагностики покращується рівномірність висіву

насіння. Коливання показника рівномірності висіву може сягати 14%, а Економічний ефект від економії витратних матеріалів, збільшення врожайності та якості отриманої продукції становить 90 грн./га Річний економічний ефект досягається, переважно, за рахунок економії посівного матеріалу й становитиме близько 1510336,80 грн.

Висновки

1. Проведення технічного обслуговування сівалки HORSCH Maestro SW з використанням удосконаленої методики діагностики покращується рівномірність висіву насіння. Коливання показника рівномірності висіву може сягати 14%, а економічний ефект від економії витратних матеріалів, збільшення врожайності та якості отриманої продукції становить 90 грн./га Річний економічний ефект досягається, переважно, за рахунок економії посівного матеріалу й становитиме близько 1510336,80 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Основними тенденціями зі захисту та відновлення родючості ґрунтів є виробництво за технологіями нульового обробітку ґрунту *No-Till* та смугового обробітку - *Strip Till*.

2. Для посіву насіння використовують універсальні, спеціальні та комбіновані сівалки, які поділяються на: моноблочні, роздільно-агрегатні, а також секційні. За типом агрегування розрізняють причіпні та навісні, а способом подачі насіння – механічні й пневматичні. Активне впровадження й розвиток цифрових технологій в сільськогосподарській техніці значною мірою підвищує ефективність роботи сівалок, дає можливість застосовувати автоматизовані електронні системи управління, програмне забезпечення з управління, звітності, супутникових систем навігації для ведення точного землеробства відповідно до програм «Сільське господарство 4.0».

3. Посівні машини HORSCH Maestro - це високопродуктивні сівалки точного висіву з пневматичним способом переміщення насіння та добрив. Для точного поштучного дозування у висівних апаратах використовують вакуумний забір насіння дозувальними дисками. Для машин такого типу широко використовують електронні системи управління та контролю за робочими процесами.

4. Дослідження параметрів керуючих сигналів проводилось за портативним персональним комп'ютером та цифровим осцилографом Hantek 1008B, а цілісність електричних кіл живлення – за допомогою цифрового мультиметра UNI-T UT61D. Досліджено роботу сенсорів контролю висіву, живлення яких відбувається через 2 контакти (контакт «1» і контакт «4») напругою 12 В. А на контакті «2» відбувається генерація цифрового керуючого сигналу. Імітовано додатковий опір електричному колу 4 кОм (наприклад через поганий контакт, або його окислення), при цьому спостерігається генерація додаткових шумів на осцилограмі, через що

слідкуючий сигнал за потоком насіння може надсилатись з певними похибками.

5. Випробування сівалки проводилось за наступних умов: схожість насіння 95%, лабораторна чистота 98,9 %, рослин на 1 м² - 9 шт., насінин на 1 м.п.- 7,4. Згідно отриманих даних, параметри висіву можуть різнитись залежно від технічного стану компонентів електронної системи управління, наприклад за додаткового навантаження опором, рівномірність висіву може знизитись до 12,4%, а корекція висіву може змінюватись в межах $\pm 4,5$ %.

6. Під час проведення технічного обслуговування сівалки HORSCH Maestro SW з використанням удосконаленої методики діагностики покращується рівномірність висіву насіння. Коливання показника рівномірності висіву може сягати 14%, а Економічний ефект від економії витратних матеріалів, збільшення врожайності та якості отриманої продукції становить 90 грн./га Річний економічний ефект досягається, переважно, за рахунок економії посівного матеріалу й становитиме близько 1510336,80 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bishop, R. H. (2002). *The Mechatronics Handbook*. CRC Press, Boca Raton, 1229.
2. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., Skibchuk, V. (2021). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Агроінженерні дослідження*, 24, 77-82.
<https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.077>
3. HORSCH MAESTRO. URL: <https://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-poseva/diskovye-posevnye-kompleksy/pronto-dc>. (дата звернення: 04.03.2021р.).
4. Products and services mobility [Электронный ресурс] : Режим доступу: https://ua.bosch-automotive.com/uk/parts_and_accessories/motor_and_sytems/diesel/engine_management_2/engine_control_unit_1
5. Адамчук В. В., Грицишин М. І. Система техніко –технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. *Аграрна наука*, Київ, 2012. 416 с.
6. Аніскевич Л. В. Тенденції та шляхи розвитку машин для внесення технологічних матеріалів. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. Харків. 2000. Вип. 1. С. 130–133
7. Аніскевич Л. В.. Управління системами високоточного дозування технологічних матеріалів. *Науковий вісник НУБіП України*. Серія: Техніка та енергетика АПК, 196, 2014. С. 264–277.
8. Аулин В. В. Панков А.А., Черновол М.И., Стахорская А. Г.. Автоматизация регулирования нормы высева на основе мехатронной реализации программно-аппаратного обеспечения. *Вісник інженерної академії України*, 3, 2017. С. 240 – 244.
9. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. – Львів : Світ, 1995. 288 с.

10. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Березівський З.П. Організаційно-економічні параметри ресурсо-ощадних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Львів: Українські технології, 2000. 223 с.
11. Воронов А. К. Навколишнє середовище та розвиток, К.: Наукова думка, – 1995.
12. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. пос. 2006. 292 с.
13. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. К.: Держстандарт України, 1995. 123 с. 21.
14. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1998. –42 с. 22.
15. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1999. 21 с. 23.
16. ДСТУ 3942-2000. Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). К.: Держстандарт України, 2000. 30 с.
17. Лупенко Ю.О., Малік М.Й., Шпикуляк О.Г. Інноваційне забезпечення розвитку сільського господарства України: проблеми та перспективи. ННЦ ІАЕ, Київ, 2014 516 с.
18. Мигаль, В.Д.. Системы контроля и диагностирования автомобиля: учеб. пособие. Изд-во Майдан, Харьков, 2017. 605 с.
19. Мигаль, В.Д. Мехатронні та телематичні системи: монографія. Вид-во Майдан, Харків, 2017. 307 с.
20. Міляєв Ю. П. Нечипоренко О. М. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. К.: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. 246 с.

21. Пастухов В.І. Бакум,Н.В., Михайлов А.Д., Кириченко, Р.В. До розробки мехатронних систем посівних машин. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*, 156, 2015. С. 156-162.

22. Попович О.М. Автоматичні системи управління посівними машинами. Науковий вісник НУБіП України. Серія: *Техніка та енергетика АПК*, 144, 2010. С. 118–125.

23. Сало В.М., Лузан П.Г. Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. *Техніка і технології АПК*, 9, 2014. С. 14-17.

24. Сівалку оцінюють за сходами. URL:https://www.poettinger.at/uk_UA/Newsroom/Artikel/11618. (дата звернення: 04.03.2021р.).

25. Хітров І.О., Бундза О.З., Бабич, О.Я. Організація технічного сервісу машин дилерським підприємством. *Сільськогосподарські машини*, 2018. С. 40, 121-130.

26. Шевчук В, Сукач О. Використання стенда для дослідження пневматичної гальмівної системи автомобіля. Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання. Третя Всеукраїнська науково-теоретична конференція. (м. Львів, Україна). Посвіт. Дрогобич, 2019. 20 – 21.

27. Шевчук Р. С. Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільсько-подарської техніки: Методичні рекомендації. М. Львів, 1994. 27 с.