

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Бетке Марина Олександрівна**

**УДК 631.331**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Підвищення надійності сошника зернових сівалок  
для технології ноу-тіл**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Бетке М.О.

**Керівник роботи**

**Грабар І.Г.**

доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

**Бетке Марина Олександрівна. Підвищення надійності сошника зернових сівалок для технології ноу-тіл. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В умовах сучасного сільського господарства технологія No-Till набуває все більшої популярності завдяки своїм екологічним і економічним перевагам. Однак, впровадження цієї технології ставить нові вимоги до надійності та довговічності робочих органів зернових сівалок, зокрема сошників, які піддаються значному зносу при експлуатації в жорстких польових умовах. Актуальність даної роботи полягає у необхідності розробки ефективних методів підвищення надійності сошника зернових сівалок, що дозволить забезпечити стабільну роботу техніки та зменшити експлуатаційні витрати.

Підвищення надійності сошника зернових сівалок для технології No-Till досягнуто за рахунок приварювання ремонтних вставок зі сталі 65Г, зміцнених електроерозійною обробкою. В виконання роботи проведено аналіз сучасних технологій зміцнення робочих органів зернових сівалок та визначено основні причини їх зносу. Здійснено вивчення фізико-механічних властивостей сталі 65Г та досліджено вплив електроерозійної обробки на її характеристики.

Розроблено методику приварювання ремонтних вставок зі сталі 65Г до сошника, що дозволяє підвищити їх зносостійкість та довговічність. Встановлено, що використання ремонтних вставок зі сталі 65Г значно знижує знос робочих органів, що дозволяє збільшити термін їх експлуатації та підвищити ефективність сільськогосподарських робіт.

Практична значимість роботи полягає у можливості впровадження розробленої методики в аграрних господарствах для покращення надійності техніки, що використовує технологію No-Till.

*Ключові слова: надійність, зміцнення сталь, приварювання електроерозійна обробка.*

## ANNOTATION

*Maryna Oleksandrivna Betke. Improving the reliability of the coulter of grain seeders for No-Till technology. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

No-till technology is becoming increasingly popular in modern agriculture due to its environmental and economic benefits. However, the introduction of this technology imposes new requirements for the reliability and durability of the working bodies of grain seeders, in particular, coulters, which are subject to significant wear and tear when operating in harsh field conditions. The relevance of this work lies in the need to develop effective methods to improve the reliability of the grain seeder coulter, which will ensure stable operation of the equipment and reduce operating costs.

Improving the reliability of the coulter of grain seeders for No-Till technology was achieved by welding repair inserts made of 65G steel, hardened by electrical discharge machining. In the course of the work, the analysis of modern technologies for strengthening the working bodies of grain seeders was carried out and the main causes of their wear were determined. The physical and mechanical properties of 65G steel were studied and the effect of electrical discharge machining on its characteristics was investigated.

A method of welding repair inserts made of 65G steel to the coulter was developed, which allows to increase their wear resistance and durability. It has been established that the use of repair inserts made of 65G steel significantly reduces the wear of the working bodies, which allows to increase their service life and improve the efficiency of agricultural work. The practical significance of the work lies in the possibility of implementing the developed methodology in agricultural farms to improve the reliability of equipment using No-Till technology.

*Keywords: reliability, steel hardening, welding, electrical discharge machining.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL.....	8
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СОШНИКІВ СУЧАСНИХ СІВАЛОК ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЮ NO-TILL.....	18
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ СОШНИКІВ СІВАЛОК ПРЯМОГО ПОСІВУ.....	24
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Сучасне сільське господарство стикається з низкою викликів, серед яких підвищення ефективності використання ресурсів, збереження родючості ґрунтів та забезпечення стабільного врожаю в умовах кліматичних змін. Однією з передових технологій, що сприяє розв'язанню цих проблем, є технологія No-Till, або нульова обробка ґрунту. Ця технологія дозволяє зберігати вологу, зменшувати ерозію ґрунтів та покращувати їх структуру, що в сукупності забезпечує підвищення врожайності та зниження витрат на виробництво.

Однак, застосування технології No-Till висуває особливі вимоги до надійності та довговічності робочих органів зернових сівалок, зокрема сошників. Сошники виконують ключову функцію – вони створюють борозни для висіву насіння в необробленому ґрунті, що часто містить велику кількість рослинних решток і каміння. Це призводить до інтенсивного зносу сошників, що, в свою чергу, знижує ефективність сівби та збільшує експлуатаційні витрати на ремонт і заміну зношених деталей.

Актуальність даного дипломного проекту обумовлена необхідністю пошуку інноваційних рішень для підвищення надійності сошників зернових сівалок, що працюють за технологією No-Till. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є використання ремонтних вставок зі сталі 65Г, зміцнених електроерозійною обробкою. Сталь 65Г характеризується високими показниками зносостійкості та міцності, що робить її ідеальним матеріалом для використання в умовах підвищеного абразивного зносу.

Електроерозійна обробка дозволяє додатково зміцнити матеріал, підвищуючи його експлуатаційні характеристики. Поєднання цих двох технологій може значно подовжити термін служби сошників, зменшити частоту їх заміни та скоротити витрати на обслуговування сівалок. Важливість цього дослідження також полягає в можливості його практичного застосування в

аграрних господарствах, що дозволить підвищити ефективність та рентабельність сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, метою даного дипломного проекту є розробка та впровадження методу підвищення надійності сошника зернових сівалок для технології No-Till шляхом приварювання ремонтних вставок зі сталі 65Г, зміцнених електроерозійною обробкою. Досягнення цієї мети передбачає вирішення низки завдань, зокрема дослідження фізико-механічних властивостей матеріалу, розробку методики приварювання та оцінку ефективності застосованої технології в умовах реальної експлуатації.

Реалізація проекту сприятиме підвищенню надійності та довговічності сільськогосподарської техніки, що в кінцевому результаті покращить економічні показники аграрних підприємств і забезпечить стале управління земельними ресурсами.

**Метою** даного дипломного проекту є підвищення надійності та довговічності сошників зернових сівалок, які працюють за технологією No-Till, шляхом застосування ремонтних вставок зі сталі 65Г, зміцнених електроерозійною обробкою.

Завдання дослідження:

- провести аналіз сучасних технологій зміцнення робочих органів зернових сівалок та визначити основні причини їх зносу при застосуванні технології No-Till.
- дослідити фізико-механічні властивості сталі 65Г та визначити вплив електроерозійної обробки на її експлуатаційні характеристики.
- розробити методику приварювання ремонтних вставок зі сталі 65Г до сошника та визначити оптимальні параметри технологічного процесу.
- розробити рекомендації щодо впровадження розробленої методики в аграрних господарствах та оцінити економічну ефективність запропонованого методу.

**Об'єкт дослідження** є сошники зернових сівалок, які застосовуються в агротехнології No-Till, зокрема їх зносостійкість та надійність в умовах експлуатації.

**Предметом дослідження** є методи підвищення надійності сошників зернових сівалок шляхом використання ремонтних вставок зі сталі 65Г, зміцнених електроерозійною обробкою, а також вплив цієї технології на зносостійкість та експлуатаційні характеристики сошників.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Бетке М.О. Технологія No-Till – найважливіший напрямок ресурсозбереження в рослинництві. Збірник тез VIII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 6 квітня 2022 року. Житомир : ЖАТФК. С. 54-55.

2. Бетке М.О. Технологія No-till та її технічне оснащення. Збірник тез IX всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 329-331.

**Практична значимість роботи** полягає у можливості впровадження розробленої методики в аграрних господарствах для покращення надійності техніки, що використовує технологію No-Till.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінки комп'ютерного тексту, містить 10 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL

#### 1.1 Технологія No-Till- найважливіший напрямок ресурсозбереження в рослинництві

Ресурсозбереження є одним із найважливіших напрямів у структурній перебудові методів ведення сільськогосподарського виробництва. Ефективність застосування ресурсозберігаючих технологій має супроводжуватися постійним підвищенням родючості ґрунту, врахуванням біологічних особливостей районованих високопродуктивних сортів інтенсивного типу, застосуванням інтегрованої системи захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, використанням новітньої сільськогосподарської техніки [4, 5].

Стрімкий науково-технічний прогрес у розвитку мікроелектроніки, інформаційної та телекомунікаційної техніки, розробка географічних інформаційних систем (ГІС), ефективне використання ГІС-технологій за автоматичного керування робочими процесами машин, устаткування та навігаційними пристроями, широке використання мережі Інтернет створюють умови для застосування в сільському господарстві якісно нових технологічних рішень [1, 2, 3].

Світовий досвід землеробства довів, що глибокий щорічний обробіток ґрунту не тільки не дає користі, а й завдає непоправної шкоди, посилюючи ерозійні процеси. Оранка ґрунту призводить до негативних для нього наслідків, гинуть ґрунтові мікроорганізми, комахи ентомофаги, а також дощові черв'яки. А швидка втрата вологи в посівному шарі змушує розпочинати польові роботи надто рано, часто тоді, коли ґрунт ще холодний і сильно зволожений. За "класичного" землеробства ґрунти деградують аж до повної втрати родючості та виведення земель із сільгоспобігу [3].



Ерозія ґрунтів сприймається як неминучий процес, пов'язаний із традиційним землеробством. Але існує й альтернатива "плужному" землеробству, це технологія No-till (нульовий обробіток ґрунту) [1, 2, 3].

Вона передбачає відмову від переорювання землі, посів по стерні, застосування покривних культур і грамотне використання сівозміни.

З бур'янами на початковій стадії впровадження No-till борються внесенням гербіцидів. Вибір типу гербіцидів і часу їх внесення залежить від чисельності бур'янів, їхнього видового складу та кліматичних умов. Кінцева мета - боротьба з бур'янами за допомогою сівозмін і покривних культур (сидератів), тобто повна відмова від гербіцидів [1, 2, 3].

No-till – «нульова технологія» – термін, що використовується в Північній Америці. В Англії для опису цього процесу застосовується словосполучення "прямий посів". Ці терміни використовуються здебільшого як синоніми в багатьох частинах світу [3, 4, 6].

Для роботи за технологією No-till потрібен мінімальний набір сільськогосподарських машин: сівалка прямого посіву (стерньова сівалка), обприскувач і зернозбиральний комбайн із пристосуванням для рівномірного розкидання подрібненої соломи та рослинних решток по полю [1, 2, 3].

За технології No-till залежно від кліматичних і ґрунтових умов використовуються стерньові сівалки з різними видами сошників – дисковими, анкерними та комбінованими (рис. 1.1) [7].

Сошники мають формувати профіль насінневого ложа, що сприяє збереженню вологи та кращому проростанню насіння. Насіннєве ложе має забезпечувати захист зерна від висихання (у посушливих ґрунтах), кисневого голодування (у вологих ґрунтах), а також від комах і птахів.

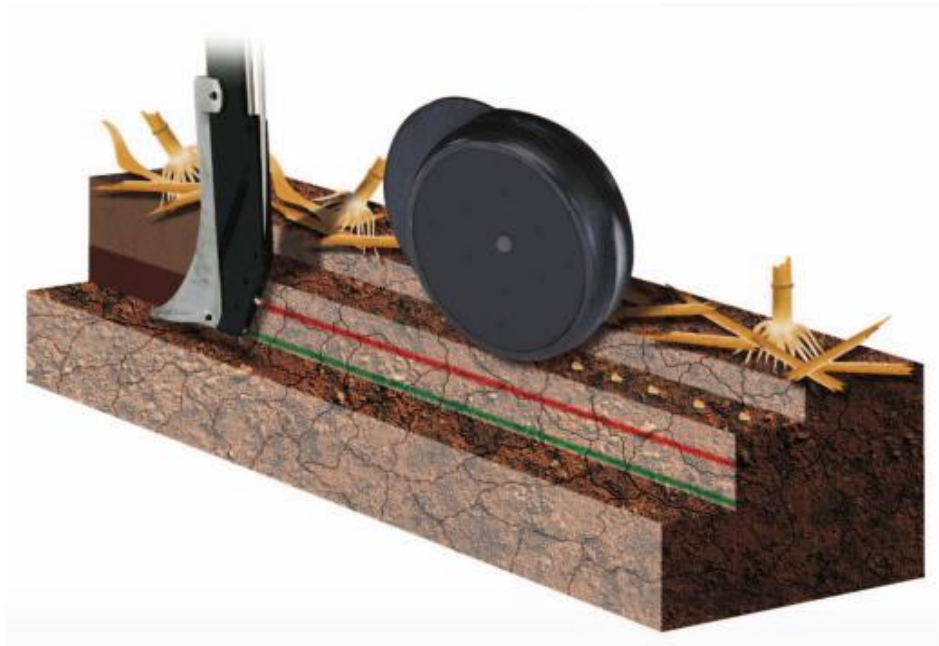


Рис. 1.1. Схема висіву насіння за технологією No-till з одночасним внесенням добрив

Основними переваги технології No-till перед класичними технологіями є:

- зниження водної та вітрової ерозії ґрунтів, накопичення та збереження вологи в кореневмісному шарі;
- зменшення коливань ґрунтової температури (денної та сезонної);
- поліпшення родючості ґрунтів (підвищення вмісту гумусу від 0,1 до 0,2% на рік);
- зниження витрат паливно-мастильних матеріалів на 50-70% порівняно з плужною технологією (зниження кількості задіяних сільськогосподарських машин приблизно вдвічі, зниження трудовитрат у 3-4 рази);
- після третього року застосування технології на 20-30% знижується витрата засобів захисту рослин, мінеральних добрив і гербіцидів [3, 6].

У світовому аграрному секторі нульові технології застосовуються на площі понад 150 млн. гектар, переважно на території держав, що займають лідируючі позиції в галузі виробництва сільськогосподарської продукції (Канада, США, Бразилія, Аргентина, Нова Зеландія, Австралія та ін.) [3, 6].

Понад 60% посівних площ Аргентини, Бразилії та Парагваю обробляються за технологією No-Till, а найближчим часом планується їх збільшити до 90%.

Багато господарств і в нашій країні переходять на нульову технологію. Це переважно господарства степової та лісостепової зони. Багаторічні спостереження щодо застосування технології No-till під час вирощування зернових культур у низці сільськогосподарських підприємств Псковської області засвідчили, що ця технологія дає гарний економічний ефект у перші роки застосування, проте через 3-4 роки її доцільно чергувати з традиційним обробітком [4, 8].

Таким чином, технологія No-till для українських аграріїв є вже не міфом, а сьогоденною реальністю. Вона дає змогу економити матеріальні, фінансові та кадрові ресурси підприємств, будучи водночас не тільки енергозберігаючою, а й ґрунтозахисною технологією. Однак для ефективного ведення сільськогосподарського виробництва необхідно брати до уваги цілу низку об'єктивних і суб'єктивних чинників, зокрема, тип ґрунтів, що переважають у землекористуванні, природно-кліматичні умови регіону, спеціалізацію сільськогосподарського підприємства, особливості обробітку сільськогосподарських культур тощо [9].

## **1.2 Технологія No-till та її технічне оснащення**

У нашій країні немає чітко сформульованих понять, що таке No-till. Фактично - це технологія вирощування сільськогосподарських культур без обробітку ґрунту (No-till - "не орати", англ.) [3, 6, 7, 9, 11].

Тобто, це система землеробства, за якої унеможлиблюється будь-який обробіток ґрунту під усі культури протягом тривалого часу (щонайменше чотири роки). Посів насіння проводиться в необроблений ґрунт із наявністю на його поверхні рослинних залишків. Тому технологія, в якій обробляється понад п'ятдесят відсотків поверхні ґрунту, не може називатися "технологією No-till". No-till включає в себе систему сівозмін, добрив, захист рослин, ефективне використання землі, охорону ґрунту тощо. Тому No-till зовсім не "нульовий"

обробіток, як часто називають технологію ЗМІ. Прямий посів – це одноразовий (до трьох років поспіль) посів насіння оброблюваних рослин у необроблений ґрунт. А традиційна технологія – це раніше рекомендована науковими установами система обробітку сільгоспкультур із застосуванням обробітку ґрунту. Але не обов'язково оранка, це може бути поверхневий або будь-який інший обробіток ґрунту [3, 6, 7, 9, 11].



Рис. 1.2. Оптимальна кількість рослинних рештків на поверхні поля (після озимої пшениці посіяна кукурудза)

Не можна вбудовувати No-till в наявну систему землеробства. Треба просто забути все, що раніше знав про агрономію. Необхідно повністю переключитися на новий напрямок і не інтерполювати вирішення нових завдань відповідно до наявного раніше досвіду роботи в агрономії. У зв'язку з цим не слід впроваджувати нову систему в уже наявну сівозміну. Це можна робити тільки у виняткових випадках з ретельним підбором культур, та їх чергуванням. У сівозміні No-till мають змінювати одна одну озимі та ярі культури, вузьколисті та широколисті рослини, мичкова та стрижнева кореневі системи, культури для теплої та холодної пори року. Обов'язково слід включати в сівозміну бобові

рослини. Неприпустимі повторні посіви озимої пшениці по озимій пшениці або чисті пари [3, 6, 7, 9, 11].

У гострозасушливих зонах парування можливе, але виключно хімічними методами. Існує ще одна хибна теза, що для вирівнювання полів перед освоєнням No-till необхідно кілька років застосовувати мінімальні та поверхневі обробітки ґрунту [3, 6, 7].

З цією метою купуються важкі дискові борони, які ще більше ущільнюють ґрунт, ніж плуг. Коштують вони дуже дорого і через рік знаряддя викидати ніхто не буде. Тому працюють вони до повної амортизації, по сім-вісім років, створюючи за цей час на глибині 10-18 см дуже щільний шар ґрунту, який під час переходу на No-till призводить до пригнічення оброблюваних рослин і зниження врожайності. Звинувачують у цьому, природно, технологію No-till, але винна в цьому неправильна підготовка полів до її освоєння. Тому перед освоєнням No-till необхідно визначити щільність ґрунту і на "ущільнених" полях провести розпушування ґрунту плугами чи чизелями на глибину, нижчу за переущільнений горизонт. Після цього поля вирівняти культиваторами в агрегаті з пристосуваннями для вирівнювання ґрунту або зубовими боронами, шлейф-боронами. Деякі господарства для цієї мети використовують розрізані вздовж труби діаметром 60-80 см. Таким чином, вирівнювання можна виконати за один рік [9, 11].

Досвід американських фермерів показує, що в технології No-till високі врожаї можна отримувати і без внесення добрив, але це через 30-35 років роботи за цією технологією, коли в ґрунті буде накопичено достатній запас доступних для рослин елементів живлення. У нашій країні поки що не можна без добрив, тому що в дев'яності та на початку двохтисячних років добрива, особливо фосфорні, практично не вносили або застосовували дуже мало. За ці роки було витрачено весь накопичений раніше в ґрунті фосфор і його вміст перебуває на рівні природної родючості та нижче. Тому внесення добрив вкрай важливе, особливо в перші два-три роки впровадження технології [2, 3, 6, 7, 9, 11].



Підходи до внесення можуть бути різні. Фосфорні добрива у великих дозах краще внести в ґрунт під час підготовки поля до технології No-till (наприклад, під оранку), а під час роботи за цією технологією вносити під час висівання в рядки і краще окремо від насіння, для чого необхідно мати сівалки з пристосуваннями, які забезпечують роздільне внесення добрив і добрив.

З азотних краще застосовувати рідкі добрива (КАС), які можна вносити в ґрунт і на вегетуючі рослини. Коли розкидаємо селітру, її багато залишається в рослинних рештках, чекаючи опадів. Але навіть якщо пройде дощ і селітра потрапить у ґрунт, на неї там дуже чекають бактерії, які розкладають рослинні рештки, бо їм теж потрібен азот. Тому рослини отримують дуже мало діючої речовини добрива, і звичайні норми внесення азоту для No-till стають недостатніми, і потрібно збільшувати дозу добрива, що призводить до здороження технології та одержуваної продукції. Існують різні пристосування для внесення добрив, одне з них - модифіковані штанги обприскувача з точками розпилення, зміщеними до землі за рахунок додаткових шлангів [3, 6, 7, 9, 12].

У цьому сенсі найпрогресивніший агрегат – це ліквілайзер (ін'єктор рідких мінеральних добрив) (рис. 1.3). Його робочі органи складаються з голчастих дисків, які під час руху ін'єкціями вносять рідкі добрива в ґрунт. Це в рази підвищує ефективність. Традиційне розкидання ста кілограмів селітри по озимій пшениці для No-till дає прибавку в межах статистичної похибки [3, 6, 8, 9, 11].



Рис. 1.3. Ліквілайзер.

А внесення рідкої фракції з аналогічним вмістом діючої речовини додає до 4-6 центнерів з гектара. Ще один цікавий нюанс: якщо пшениця дуже добре відгукується на застосування добрив, то соняшник і соя поведуться інакше. За вмісту в ґрунті фосфору понад 20 мг/кг соняшник перестає відгукуватися на внесення добрив, а соя дуже слабо або взагалі не відгукується на застосування добрив. Тому краще вносити добрива під попередню культуру (озиму пшеницю), а врожай соняшнику та сої отримувати на їхній післядії [3, 6, 7, 8, 9].

За технологією No-till мінеральні добрива можна вносити: - на глибину загортання насіння з посівом (або окремим проходом сівалки);

- поверхнево врозкид;
- по вегетуючих рослинах.

При цьому спостерігається збільшення вмісту рухомого фосфору у верхньому (0-10 см) шарі ґрунту і його зменшення на глибині. Вітчизняна агрохімія вважає такий розподіл добрив шкідливим, що, на нашу думку, справедливо для традиційної технології.

У технології No-till, завдяки більшому накопиченню та кращому збереженню вологи, зокрема у верхньому шарі ґрунту, рослини споживають елементи живлення з ґрунту, не відчуваючи при цьому дискомфорту. Принаймні досвід господарств, які отримують високі врожаї оброблюваних за цією технологією культур, це підтверджує [3, 6, 7, 9, 11].

Сівалки, призначені для посіву за технологією No-till, окрім загортання насіння мають розрізати рослинні рештки, що лежать на поверхні поля. Відповідно, вони обладнані ріжучими органами для розрізання пожнивних решток - гофрованими дисками (култерами) [3, 6, 8, 9, 10].

Дане обладнання виконує велику кількість операцій за один прохід, що передбачає більш високі вимоги до надійності вузлів. Залежно від кліматичних і ґрунтових умов регіону, використовуються сівалки з різними видами сошників - анкерними, дисковими та дисково-анкерними. Ці три типи посівних борозен набули найбільшого поширення у світовій практиці. Однак слід звернути увагу,

що однією з основних умов ефективної роботи системи No-till є наявність на поверхні доволі великої кількості рослинних решток. У зв'язку з цим сівалки з анкерними робочими органами неприйнятні, тому що анкери працюють як граблі та посів не можливий. У цьому разі перевагу слід віддавати сівалкам із дисковими сошниками. У будь-якому разі для якісного посіву та відсутності проблем із сошниками важливим є якість підготовки поля під посів, дотримання необхідних технологічних вимог під час збирання попередника та захисту поля від бур'янистої рослинності перед посівом [3, 6, 7, 9, 10].

Сівалки технології No-till не потребують попереднього обробітку ґрунту перед загортанням насіння, що значно скорочує часові, ресурсні та амортизаційні витрати. Використання сівалок прямого посіву призводить до значної економії пального та мастильних матеріалів порівняно з традиційною технологією. Сформований на поверхні поля покрив із рослинних решток зберігає вологу, захищає від вітрової ерозії, зберігає й активізує мікрофлору родючого шару. Накопичення вологи в ґрунті позитивно позначається на врожайності в посушливих регіонах. Як зазначають аграрії, які використовують сівалки прямого посіву, якість сходів виходить відмінна, але варто врахувати такі моменти: Система No-till передбачає наявність досить великої кількості рослинних решток на поверхні поля. Тому бажано вводити в сівозміну культури з великою кількістю біомаси [3, 6, 7, 9, 11].

Сівалки ефективно розрізають пожнивні рештки за умови їх рівномірного розподілу на полі. Тобто, жнивarki чи зернозбиральні комбайни, що використовуються в господарстві, мають бути обладнані розкидачем соломи та полови. Якість сівби такими сівалками на нерівному полі різко знижується. Тому поля треба добре вирівняти перед переходом на нову технологію.

Практично всі провідні компанії, що виробляють сільськогосподарські машини та обладнання, випускають сівалки та інші агрегати для роботи за технологією No-till [3, 6, 7, 9, 11].



Для сільгоспвиробників існує величезний вибір, як економічно вигідних варіантів, так і дорогих моделей світових брендів. Серед зарубіжні виробників варто відзначити наступних виробників сівалок для технології No-till «Amazone», «John Deere», «Kuhn», «MASCHIO GASPARDO», «Vaderstad» тощо.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СОШНИКІВ СУЧАСНИХ СІВАЛОК ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЮ NO-TILL

Для підвищення ефективності виробництва сільськогосподарських культур аграрії все частіше стали застосовувати технологію прямого посіву. При прямому посіві скорочуються витрати, відновлюється ґрунтова родючість, зберігається волога, знижуються ризики землеробства, ерозія ґрунту зводиться до нуля. Закрита система посіву повторює дії природи, при ній ґрунт більш стійкий до посухи.

Застосовувані для прямого посіву сівалки повинні розрізати рослинні залишки, мінімально зрушувати ґрунт і повинні забезпечити точний посів на задану глибину. Сошник є найважливішим, найскладнішим і завантаженим елементом сівалки. Нині для прямого посіву використовуються дискові, анкерні (долотоподібні) та лапові сошники.

Існує велика кількість різновидів дискових сошників і відповідно вони працюють по-різному в різних умовах. До переваг дискового сошника можна віднести мінімальне пошкодження цілісності ґрунту. Деякі виробники ставлять копіювальне колесо регулятора заглиблення в місці виходу сошника з ґрунту, що перешкоджає спучуванню ґрунту під впливом диска. Що менший кут нахилу диска у напрямку до руху, то менше пошкодження верхнього ґрунтового шару [4].

До стерньових сівалок із дисковими сошниками належать Salford 520 (Канада), CPH-2000F (США), SD7200 (Україна), John Deere 1590 (США) та ін.

Основою сівалки Salford 520 є дводисковий сошник (рис. 1.1), який відмінно копіює нерівності поля, за рахунок паралелограмного механізму приєднання до рами, точно витримує встановлену глибину загортання на високих швидкостях. Зміщені відносно один одного диски легко проникають у ґрунт, розташований між дисками пластиковий ущільнювач розрівнює насіння в

борозні та покращує його контакт із ґрунтом. Підпружинений паралелограмний важільний механізм створює тиск на сошник, який концентрується на гумовому прикочувальному котку. Необхідне заглиблення дисків і відповідно глибина посіву встановлюється за допомогою зміни положення котка. Шарнірне з'єднання сошника та котка забезпечує точне прикочування навіть під час сівби на полях зі складним контуром і частими поворотами [1, 2, 5, 6].



Рис. 1.1. Сошник сівалки Salford 520: 1 – сошник; 2 – паралелограмний важільний механізм; 3 – каток; 4 – дисківий ніж.

Перед кожним сошником встановлено дисківий ніж (хвилястий диск) на незалежній підвісі. Він прорізає в стерні щілину, руйнує ущільнення верхнього шару, подрібнює рослинні рештки, запобігає потраплянню соломи на насінневе ложе. Заглиблення дисківого ножа налаштовується на 2,5 см нижче за глибину посіву. У результаті коренева система рослин розвивається вертикально, їй доступна волога та поживні речовини нижніх шарів ґрунту.

Потенційними недоліками, залежно від способу застосування та сівозміни, може стати проникнення стерні в насінневе ложе. Так само дисківий сошник потребує збільшення витрат на технічне обслуговування та підвищує вартість сівалки.

Анкерні (долотоподібні) сошники мають беззаперечну перевагу - здатність переміщати поживні рештки та ґрунт із насінневого ряду. При цьому долотоподібний сошник ущільнює посівне ложе борозни, що сприяє швидкому проростанню насіння [3].

До сівалок з анкерними сошниками належать Primera DMC (Німеччина), Seed Master (Франція).

Анкерний (долотоподібний) сошник сівалки Amazone Primera DMC (рис. 2.2) було розроблено для прямого та мульчувального посіву в посушливих областях. Посівний матеріал закладається під поживні рештки, щоб забезпечити добрий контакт із ґрунтом і тим самим створити оптимальні умови для проростання насіння [2, 7].



Рис. 2.2. Сошник сівалки Amazone Primera DMC: 1 – долотоподібний сошник; 2 – каток, 3 – паралелограмний механізм.

Вони встановлені за допомогою паралелограмної підвіски 3 і постійно копіюють нерівності ґрунту. Захист від наїзду на камінь дає можливість вертикального та горизонтального відхилення від перешкоди. Подвійні котки 2 за прямої сівби забезпечують рівномірну глибину ходу та покриття насіння

грунтом. Долотоподібні сошники 1 залишають за собою чисті борозни для посівного матеріалу.

Анкерний сошник сівалки СКП-2.1 ДА (рис. 2.3) впливає на ґрунт на 20%. Він робить борозенку в землі і створює щільне ложе, в яке кладеться насіння. При цьому ущільнена структура ґрунту зберігаються, мульча на поверхні залишається практично недоторканою, за рахунок чого зберігається волога [8].

Сошник сівалки кріпиться до рами шарнірно, за допомогою пружини 2 створюється вібрація, що дає змогу стійці 1 самоочищатися, а також знизити тяговий опір машини.



Рис. 2.3. До недоліків долотоподібних сошників належить недостатній контроль глибини посіву та висока ймовірність нагортання пожнивних решток. Крім цього, сошники пошкоджують поверхню ґрунту, що призводить до втрати ґрунтової вологи.



До сівалок із лаповими сошниками належать СКП-2.1 (Україна) LD 3000 – AS QUASAR (Італія) та ін.

Культиваторна лапа спричиняє ще більше пошкодження ґрунту, ніж анкерні сошники, і провокує забивання пожнивними рештками. Глибина посіву часто нерівномірна. Сівалки з культиваторними лапами під час роботи часто виносять брили та каміння на поверхню ґрунту, що спричиняє проблеми під час вирощування сільськогосподарських культур [4].

Лаповий сошник сівалки СКП-2,1 (рис. 2.4) призначений для підґрунтово-розкидного висівання зернових і зернобобових культур по стерньових і відвальних фонах, переважно в районах із недостатнім зволоженням та проявом вітрової ерозії ґрунтів.

Сошник складається з стійки 1, у нижній частині якої є лоток 2 для встановлення насіннепроводу. Лапа 3 кріпиться до стійки 1. Пружина 4 сприяє коливанню (вібрації) стійки з лапою, що дає змогу лапі самоочищатися від навислих рослинних решток. У нижній частині стійки встановлений дільник, що дає змогу розподіляти насіння по всій ширині лапи.



Рис. 2.4. Лаповий сошник сівалки СКП-2.1

Підґрунтово-розкидний посів за рахунок рівномірного розподілу насіння по площі сприяє поліпшенню розвитку рослин і дає змогу отримати збільшення

врожаю на 10...30%, густина хлібостою при цьому підвищується на 36%; засміченість ґрунту знижується на 50...60%.

### **Висновок по розділу**

Аналіз сошників для стерньового посіву показав, що нині існує безліч конструкцій. Під час вибору сівалки з тим чи іншим типом сошника важливо, щоб вона не забивалася, могла забезпечувати рівномірний посів, як по довжині рядка, так і по глибині. Особливу увагу необхідно приділити сервісній службі, гарантії виробника, легкодоступності до вузлів і деталей, ремонтпридатності.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ СОШНИКІВ СІВАЛОК ПРЯМОГО ПОСІВУ

#### 3.1. Постановка проблеми

Знос деталей робочих органів сівалок для прямого посіву за технологією No-till є природним процесом і однією з форм фізичного старіння. Це призводить до зміни розмірів, форми і стану робочих поверхонь деталей, що поступово знижує їх функціональні властивості та продуктивність машин, а також збільшує ймовірність відмови.

Практика показує, що в процесі експлуатації дискові сошники сівалок вибраковуюються через зменшення зовнішнього діаметра до критичних значень. Зменшення діаметра сферичного диска погіршує агротехнічні показники виконання технологічних операцій.

Для забезпечення високої якості виконання посіву за технологією No-till, необхідно уповільнювати знос дисків. Зменшення діаметра диска вимагає корекції в налаштуваннях посівного комплексу, що неможливо навіть у сучасних агрегатах. Під час різання ґрунту дисковими робочими органами лезо зазнає значного навантаження на ріжучу кромку, що призводить до швидкого затуплення лез і зниження працездатності машини.

За даними автора [1], безремонтний строк служби дисків сівалок складає 1-2 роки, тоді як строк служби самих сівалок становить близько 7...10 років. Отже, актуальною задачею є розробка робочих органів сівалок прямого посіву, ресурс яких наближається до ресурсу всієї машини.

Під час експлуатації сферичних сошників можуть виникати наступні несправності:

- затуплення ріжучої кромки;
- знос посадкового місця під вал;



знос за діаметром.

У цьому дипломному проєкті пропонується створення установки для відновлення зовнішнього діаметра сошників, що включає:

- розробку пристрою для приварювання ремонтних вставок до остова диска;
- розробка роботизованого комплексу для приварювання ремонтних вставок до остова диска.

### **3.2. Розробка установки для відновлення дискових сошників сівалок прямого посіву**

Для відновлення сферичних дисків необхідно виготовлення ремонтних вставок (рис. 3.1.), які зміцненні електроерозійною обробкою з одночасним загострюванням відповідно до технології запропонованою у роботі [1].



Рис. 3.1. Приклад ремонтної вставки

Для приварювання і фіксованого просторового розміщення (відцентровки) ремонтних вставок відносно випуклої частини остова диска було спроектовано і виготовлено пристрій умовах кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету (рис. 3.3), який складається із з циліндричного валика, який вставляється в отвір диска, фланця, до якого

кріпиться штанга з упорними пластинами. Валик, фланець, штанга та пластини жорстко закріплені між собою.

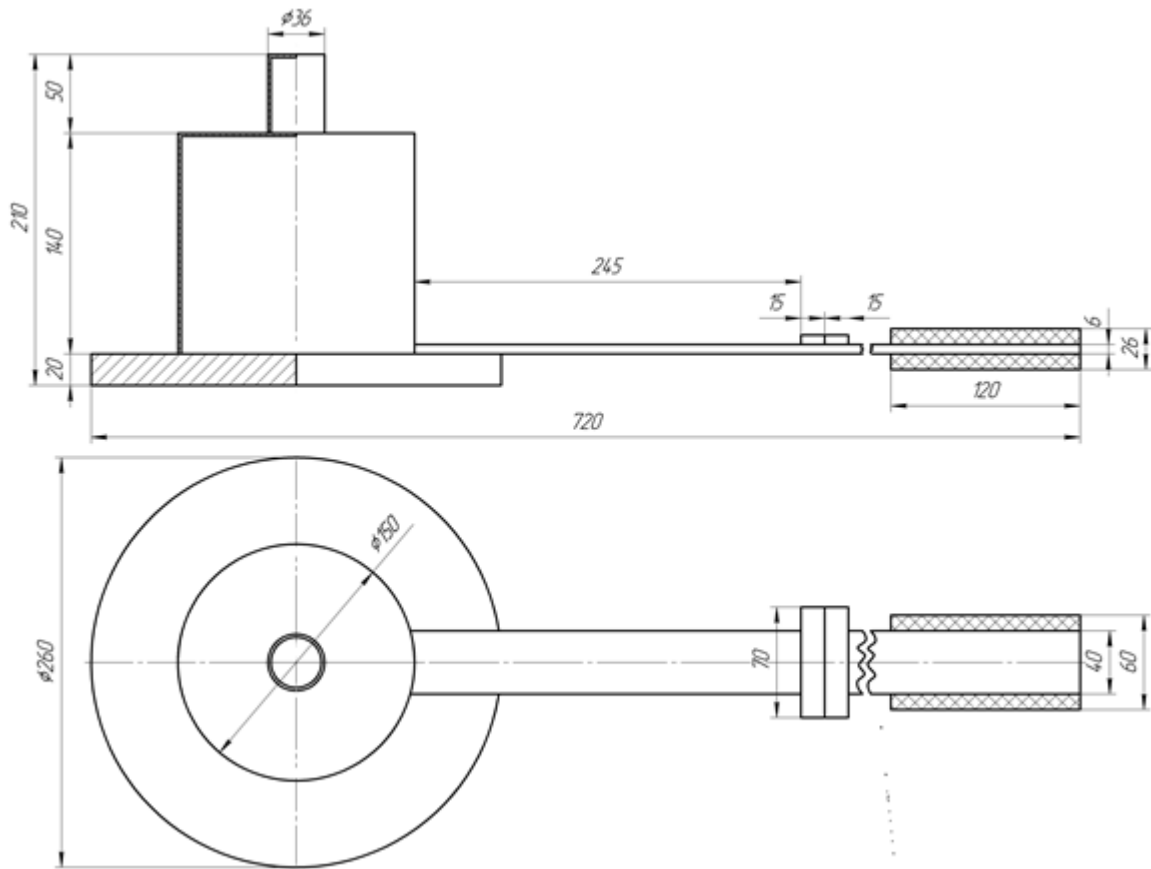


Рис. 3.2. Пристрій для приварювання ремонтних вставок до остова дискового сошника зернової сівалки

За допомогою штанги з опорними пластинами ремонтні вставки прихвачуються електродами УОНИ на потрібну відстань відносно центра диска.

Приварювання здійснювалось проволкою діаметром 3 мм на цьому пристрої, який виконував функцію кантувача, з двох сторін за допомогою розробленого робота (рис. 3.3.).

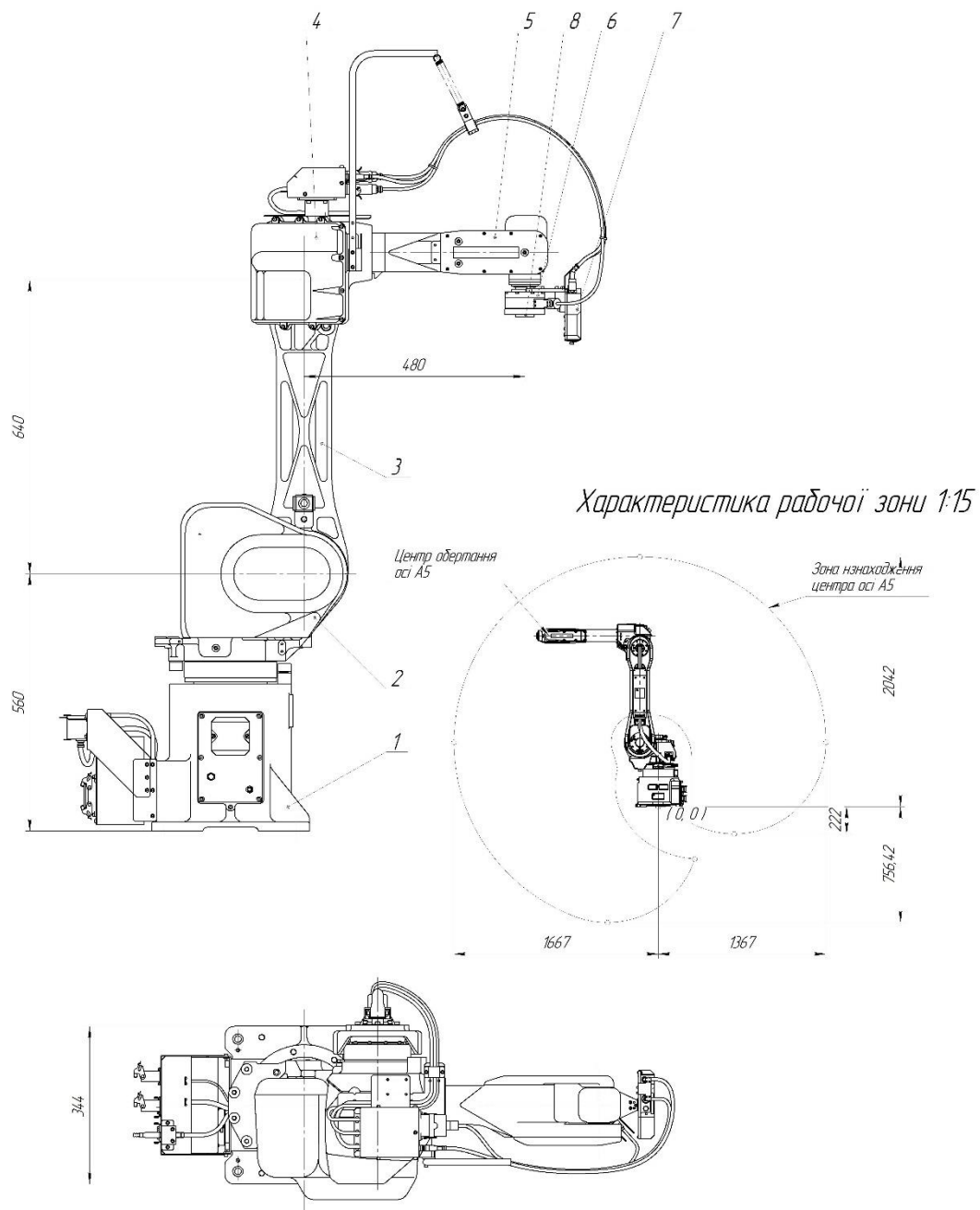


Рис. 3.3. Роботизований комплекс для приварювання ремонтних вставок до остова диска: 1 – основа, 2 – карусель, 3 – коромисло, 4 – основа руки, 5 – рука; 6 – кисть; 7 – камера 3D; 8 – сенсор зусилля FS320.

Приварювання ремонтних вставок за допомогою роботизованого комплексу забезпечує необхідну якість зварного шва і унеможливорює відривання ремонтних вставок в процесі експлуатації дисків.

### 3.3. Розрахунок параметрів автоматичного зварювання

Основними характеристиками автоматичного зварювання сталі є: сила зварювального струму, напруга на дузі, швидкість переміщення дуги, діаметр та швидкість подачі зварювального дроту. Ці параметри обираються залежно від товщини зварюваного металу та форми зварного шва, яка визначається глибиною проплавлення і шириною шва.

Режим зварювання зазвичай визначається наступним чином: спершу, відповідно до товщини зварюваного металу, обирається діаметр електродного дроту. Потім, залежно від діаметра дроту, визначається сила зварювального струму, а далі – швидкість подачі електродного дроту і швидкість зварювання.

Розрахунки режиму зварювання завжди проводяться для конкретного випадку, враховуючи тип зварного з'єднання, марку сталі та інші дані про шов і технологічний процес.

Визначення зварювального струму здійснюється за допомогою рівняння [7]:

$$I_{зв} = \frac{h}{k} \cdot 100 \quad (3.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від роду струму, діаметра електрода, полярності. Конкретне значення вибираємо із таблиці 34 [7]. При діаметрі електрода 4 мм ОСЦ-45  $k = 1,15$ , тоді [7]:

$$I_{зв} = \frac{9 \cdot 100}{1,15} \approx 800 \text{ А} \quad (3.2)$$

Встановлюємо напругу на дузі. Із загально відомих рекомендацій вибираємо  $U_d = 36 \text{ В}$ .

Встановимо діаметр зварювального дроту для процесу [7]:

$$d_{el} = 2\sqrt{\frac{I_{зв}}{i \cdot \pi}} = 2\sqrt{\frac{800}{3,14 \cdot 45}} = 2\sqrt{5,66} = 4,74 \text{ мм}. \quad (3.3)$$

де  $i$  – щільність струму, вибираємо із таблиці стандарту для діаметра електроду 5 мм  $i = 45 \text{ А/мм}^2$ .

Встановимо коефіцієнт форми проварювання по відомій номограмі при  $d_{el} = 5 \text{ мм}$ ;  $I_{зв} = 800 \text{ А}$  встановимо  $\psi_{пр} = 2,7$ .

Виходячи із коефіцієнта форми провару, визначаємо ширину шва [7]:

$$e = \psi_{пр} h = 2,7 \cdot 9 = 24,3 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Враховуючи, що коефіцієнт форми валика шва варіюється в межах від 5 до 8, приймаємо його значення рівним  $\psi_6 = 8$  і розраховуємо опуклість шва [7]:

$$q = \frac{e}{\psi_6} = \frac{24,3}{8} \approx 3 \text{ мм}. \quad (3.5)$$

Розраховуємо площу поперечного перерізу нанесеного металу [7]:

$$F_n = 0,75eq = 0,75 \cdot 24,3 \cdot 3 = 0,546 \text{ см}^2 \quad (3.6)$$

Реальний коефіцієнт наплавки  $\alpha_{нд}$  визначаємо із залежності [7]:

$$\alpha_{нд} = \alpha_n + \Delta\alpha_n = 13,4 + 0,5 = 13,9 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}. \quad (3.7)$$

Збільшення коефіцієнта наплавки в залежності від вильоту електрода визначаємо за номограмою, враховуючи вильот електрода і силу струму. Для нашого випадку  $\Delta\alpha_n = 0,5$ .

Розраховуємо швидкість переміщення зварювальної дуги [7]:

$$V_{\text{пд.}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{зв}}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100} = \frac{13,9 \cdot 800}{0,546 \cdot 7,8 \cdot 100} = 26,4 \text{ м / год} . \quad (3.8)$$

Визначимо швидкість подачі зварювального дротів із залежності [7]:

$$V_{\text{п.др.}} = \frac{4\alpha_{\text{нд}} I_{\text{зв}}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_{\text{ел}}^2} = \frac{4 \cdot 13,9 \cdot 800}{3,14 \cdot 25 \cdot 7,8} = 72 \text{ м / год} . \quad (3.11)$$

### **Висновки до третього розділу**

У третьому розділі дипломного проекту створено пристрій для приварювання та точного розміщення (центрування) ремонтних вставок відносно опуклої частини остова диска.

Розроблено також промисловий робот, призначений для виконання приварювання ремонтних вставок.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломний проект на тему «Підвищення надійності сошника зернових сівалок для технології No-Till» дозволив розв'язати низку важливих питань, пов'язаних з удосконаленням агротехнічних засобів. У ході дослідження була розроблена та апробована методика підвищення надійності сошників, яка включає використання ремонтних вставок зі сталі 65Г та їх зміцнення електроерозійною обробкою.

Аналіз сучасних технологій показав, що традиційні методи зміцнення робочих органів зернових сівалок не завжди забезпечують необхідну довговічність в умовах експлуатації за технологією No-Till. Основні причини зносу сошників пов'язані з їх інтенсивним абразивним зношуванням, що обумовлює необхідність частих ремонтів та заміन. Використання сталі 65Г у поєднанні з електроерозійною обробкою дозволило суттєво покращити фізико-механічні властивості ремонтних вставок, підвищивши їх зносостійкість та міцність.

Розроблена методика приварювання ремонтних вставок до сошника виявилася ефективною та технологічно доступною для застосування в умовах аграрних господарств. Результати роботи підтвердили, що модифіковані сошники значно перевершують за показниками зносостійкості та довговічності звичайні зразки. Використання ремонтних вставок зі сталі 65Г дозволяє знизити знос робочих органів та продовжити термін їх експлуатації, що в свою чергу зменшує експлуатаційні витрати та підвищує ефективність сільськогосподарських робіт.

Результати роботи також підтвердили економічну доцільність впровадження запропонованої технології. Зниження частоти замін та ремонтів сошників дозволяє аграрним підприємствам оптимізувати витрати на технічне обслуговування та підвищити рентабельність виробництва. Крім того,

підвищення надійності робочих органів сівалок сприяє стабільному висіву насіння, що є важливою передумовою для отримання високих урожаїв.

Таким чином, дипломний проект не лише вирішив актуальну технічну проблему, але й відкрив нові перспективи для подальших досліджень та впровадження розроблених методик у практику. Запропонована технологія може бути використана для модернізації існуючих моделей сівалок та розробки нових зразків сільськогосподарської техніки, що працює за технологією No-Till.

Отримані результати мають велике значення для агропромислового комплексу, оскільки сприяють підвищенню ефективності та надійності сільськогосподарського виробництва. Подальша робота повинна бути спрямована на оптимізацію технологічного процесу електроерозійної обробки та пошук нових матеріалів для зміцнення робочих органів зернових сівалок.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К.В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 – тертя та зношування в машинах / Борак Костянтин Вікторович. Харків, 2013. 217 с.
2. Коваленко Л. П. Інновації в аграрній техніці. Дніпро: АгроТех, 2017. 274 с.
3. Грищенко В. В. Технічне забезпечення зернових сівалок. Полтава: Агроексперт, 2016. 245 с.
4. Зайцев А. І. Електроерозійна обробка сталі. Київ: Наукова думка, 2015. 183 с.
5. Лисенко О. О. Технології зміцнення сільськогосподарських машин. Одеса: Агроосвіта, 2021. 299 с.
6. Мельник І. І. Застосування сталі 65Г в аграрній техніці. Харків: Промінь, 2018. 220 с.
7. Сергієнко П. П. Модернізація зернових сівалок. Львів: Технополіс, 2019. 315 с.
8. Василенко Н. М. Ефективність технології No-Till. Київ: Аграрний світ, 2017. 267 с.
9. Романенко, Д. С. Відновлення сошників зернових сівалок. Харків: Агромаш, 2016. 189 с.
10. Ткаченко О. Г. Інноваційні підходи в агротехніці. Дніпро: Наука і техніка, 2020. 245 с.
11. Бойко Ю. Ю. Технології зміцнення та ремонту сільгосптехніки. Одеса: Агроексперт, 2018. 208 с.

12. Савченко В. В. Сучасні методи обробки сталі. Полтава: Агропром, 2017. 277 с.
13. Мороз К. К. Техніка для обробки ґрунту. Київ: Науковий світ, 2019. 231 с.
14. Федоренко І. І. Розробки в агротехніці. Харків: Промінь, 2016. 215 с.
15. Кравченко М. М. Інновації у виробництві зернових сівалок. Львів: Технополіс, 2021. 298 с.
16. Даниленко П. П. Використання сталі 65Г у сільському господарстві. Київ: Агронаука, 2018. 243 с.
17. Олійник В. О. Технології відновлення сільськогосподарських машин. Дніпро: Агроосвіта, 2020. 280 с.
18. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спеціальність 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / К. В. Борак. К., 2021. 53 с.