

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2023_ р.

Зав. кафедри, к.т.н., доцент

_____ Войтік А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА

_____ магістр

(назва освітнього рівня)

тема роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
спеціальності 208«Агроінженерія»

_____ Остапенко А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Кравченко В.В.

(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Войтік А.В.

“ ____ ” _____ 20 ____ р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Остапенку Андрію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження та удосконалення параметрів робочих органів сівалки точного висіву»

керівник роботи _____ Кравченко В.В., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“14” листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 24.11.2023

3. Вихідні дані до роботи: існуючі висівні системи сівалок точного висіву.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

провести аналіз існуючих висівних систем точного висіву; розробити механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна; розробити систему керування приводом висівного апарату; розробити заходи охорони праці при проведенні операції сівби сівалкою точного висіву; техніко-економічне обґрунтування роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Економічне обґрунтування проекту	Кравченко В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 20.10.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	04.12.22 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання і задачі досліджень	05.03.23 р.	
3.	Розділ 2. Розробка механізму точної доставки насіння з приводом від електродвигуна	04.06.23 р.	
4.	Розділ 3. Розробка системи керування приводом висівного апарату	03.09.23 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	01.10.23 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування	16.11.23 р.	
7.	Виконання презентаційної частини роботи	03.12.23 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	03.12.23 р.	

Студент

(підпис)

Остапенко А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кравченко В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Остапенко А.В. Дослідження та удосконалення параметрів робочих органів сівалки точного висіву. (Дипломна робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 47 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 17 рисунків, 2 таблиці, 26 джерела).

Об'єкт дослідження – механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна та стрічковим механізмом доставки насіння.

Мета роботи – дослідження і вдосконалення стрічкової системи доставки насіння від висівного апарату до сошника.

У першому розділі “Стан питання і задачі досліджень” наведено огляд існуючих висівних систем сівалок точного висіву, їх переваги та недоліки, та сформовано задачі досліджень.

У другому розділі “Розробка механізму точної доставки насіння з приводом від електродвигуна” обґрунтовано конструкцію пристрою для доставки насіння та визначено його оптимальні конструктивні параметри.

У третьому розділі “Розробка системи керування приводом висівного апарату”, розроблено алгоритм роботи системи та підібрано основні робочі компоненти, відповідно до кінематичних та силових вимог.

У четвертому розділі “Охорона праці” розглянуто безпечне виконання операції сівби та службу охорони праці на підприємстві.

У п'ятому розділі “Техніко-економічне обґрунтування” розраховано ефект від впровадження запропонованого насіннєпровода сівалки.

СІВАЛКА ТОЧНОГО ВИСІВУ, ВИСІВНИЙ АПАРАТ, НАСІННЄПРОВІД, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИСІВОМ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Особливості технології точного висіву	8
1.2. Типи висівних апаратів сівалок точного висіву	9
1.3. Типи приводів висівних апаратів	12
1.4. Механізм доставки насіння	14
1.5. Інтелектуальна технологія моніторингу та управління	16
1.6. Висновки і завдання досліджень.....	17
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ТОЧНОЇ ДОСТАВКИ НАСІННЯ З ПРИВОДОМ ВІД ЕЛЕКТРОДВИГУНА	18
2.1. Будова та принцип роботи пристрою для доставки насіння	18
2.2. Обґрунтування конструкції пристрою для доставки насіння	19
2.3. Висновки до розділу	27
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ВИСІВНОГО АПАРАТУ	28
3.1. Система керування	28
3.2. Висновки до розділу	33
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	34
4.1. Контроль за станом охорони праці на підприємстві	34
4.2. Безпека праці при роботах на посівних машинах	35
4.3. Моделювання виробничих небезпек	37
4.4. Висновки до розділу	38
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	39
ВИСНОВКИ.....	45
Список використаних джерел.....	46

ВСТУП

Європейський напрямок розвитку України передбачає впровадження в сільськогосподарське виробництво передових заощаджуючих і енергозберігаючих технологій. Їх реалізація можлива на основі вдосконалення існуючих і розробки нового покоління машин і їх комплексів [1].

Рослинництво є провідним сектором в сільському господарстві, а операції посіву закладають основу майбутньому врожаю культур. Для технічних культур оптимальними умовами розвитку рослин є їх взаємне рівномірне розташування в рядку, яке досягається шляхом виконання вимог до необхідної точності посіву. В напрямку підвищення точності посіву проведена велика кількість досліджень і розроблено ряд перспективних апаратів. Отримані результати в певній мірі задовольняють агрономи на посів технічних культур, однак на сьогоднішній день не представляється можливим стверджувати, що проблема повністю вичерпана. Подальші дослідження в цьому напрямку залишаються актуальними, а їх позитивні результати відкривають перспективи економії не тільки посівного матеріалу, але також підвищення загальної врожайності культур.

Однією з найбільш важливих сільськогосподарських культур у фермерському господарстві є кукурудза, яка займає значні посівні площі. Другою в Україні олійною культурою є ріпак, який за площею посіву та валовим виробництвом поступається лише соняшнику. Для розкриття максимального потенціалу культури необхідно застосовувати сівалку, яка б виконувала рівномірний розподіл насіння по всій площі, з дотриманням норми висіву, загортаючи його на оптимальну глибину, забезпечувала б сприятливі умови для проростання та появи дружніх сходів, до того ж виконувала всі перераховані операції на високій швидкості з підвищеною продуктивністю без втрат точності та якості висіву.

Пневмомеханічні апарати, задовільно справляються з висівом некаліброваного насіння і насіння, яке має шорстку поверхню. До переваг пневмомеханічних апаратів слід віднести також їх високу універсальність, достатню простоту конструкції і надійність в роботі. Ще однією з переваг

пневматичних висівних апаратів є мала пошкоджуваність насіння при відборі його із загальної маси.

В останні роки для посіву все найбільше використовуються сівалки точного висіву, які відповідають вищесказаним вимогам та дозволяють впроваджувати інтенсивні та ресурсозберігаючі технології при вирощуванні сільськогосподарських культур. На перехід від швидкості посіву 5-9 км/год до 18 км/год із збереженням якості висіву також впливають і способи доставки насіння від висівних апаратів до сошників, тому дослідження спрямовані на дослідження таких систем є актуальними.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості технології точного висіву.

Високошвидкісна та високоефективна технологія точного посіву набуває все більшого поширення при сівбі кукурудзи через переваги економії насіння, уникнення операції проріджування сходів, збереження рівномірності між насінням у поздовжньому напрямку, а також підвищення врожайності [2]. Основна мета точного висіву полягає в тому, щоб насіння було закладено на бажану відстань в рядах та глибину, що сприяє пришвидшенню сходів і збільшенню врожайності за рахунок зменшення конкуренції між рослинами за доступне світло, воду та поживні речовини [3].

На рівномірність розподілу насіння в полі головним чином впливає система точного висіву, яка є основною частиною сівалки точного висіву. Висівний апарат точного висіву використовується для відокремлення насіння від групи насіння, утворюючи рівномірний і впорядкований потік насіння, який спрямовується до насіннепроводу, що встановлюється під вихідним отвором висівного апарата, і використовується для спрямування насіння для падіння з висівного апарата в борозну. Наразі розроблено велика кількість високопродуктивних висівних апаратів, таких як vSet, розроблений Precision Planting Corporation у США, показав чудові результати з індексом якості сівби 99,06% на швидкості 12 км/год під час тестування вимірювача на стенді. Пневматичний дозатор точного висіву кукурудзи з комбінованими отворами для висіву [4] досягли індексу якості сівби до 98,60 % на швидкості 12 км/год.

На ефективність висіву в основному впливає продуктивність висівного апарата та конструкція насіннепроводу, а саме його форма, кут нахилу, площа перетину, довжина та гладкість.

1.2. Типи висівних апаратів сівалок точного висіву.

Висівний апарат є найважливішим компонентом сівалки для забезпечення якості посіву [5]. Для точного посіву при високій робочій швидкості були розроблені різні види висівних апаратів:

1) Пальцевий висівний апарат.

В пальцевому висівному апараті (рис. 1.1) пружинні пальці встановлені на вертикальному диску, який обертається в насіннєвому бункері. Пальці обертаються відносно нерухомого диску, коли вони досягають нижньої частини бункера, вони послідовно відкриваються, і кожен палець захоплює одну насінину. При подальшому русі палець підносить насінину до отвору у нерухомому диску, і насіння викидається до насіннєпроводу. Завдяки своїй механічній конструкції існує певне обмеження у швидкості роботи висівного апарату: близько 7-9 км/год.



Рисунок 1.1. Пальцевий висівний апарат.

2) Вакуумний висівний апарат

У вакуумному висівному апараті (рис. 1.2) вакуум, створений вентилятором, утримує насіння в посівних комірках на висівному диску. Коли насінини досягають точки над насіннєвою трубою, вакуум перестає подаватись до отвору насіннєвого диску і насінина падає до насіннєпроводу під дією власної сили ваги. Для

видалення зайвого насіння, яке могло потрапити до отвору висівного диска, із вакуумною системою використовується спеціальний відсікач насіння.

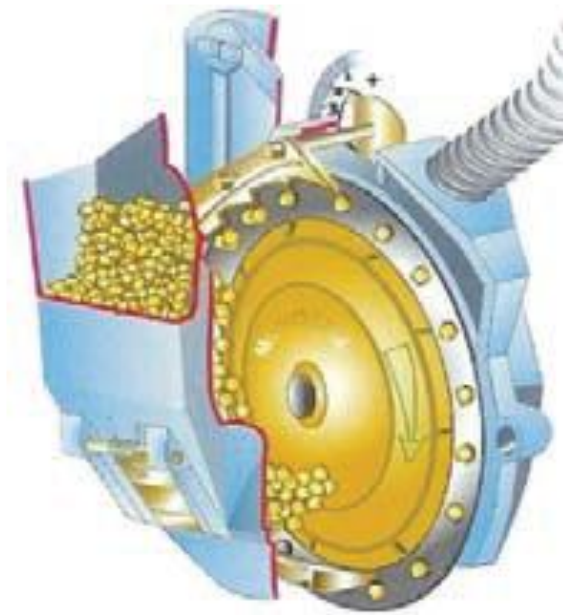


Рисунок 1.2. Вакуумний висівний апарат.

3) Пневматичний висівний апарат.

У пневматичного висівного апарату насіння утримується біля висівного диска під тиском повітря (рис.1.3). Переміщення насіння з бункера до висівного апарату здійснюється під дією сили тяжіння, далі надлишковий тиск, що створюється вентилятором, утримує насіння в комірках висівного диска, які розташовані по колу цього диска. Коли кожна комірка наближається до насіннєпроводу, м'яка щітка перекриває подачу повітря до комірки, і насіння падає в насіннєпровід, а потім у ґрунт під дією сили тяжіння. Пневматичні висівні апарати які працюють з надлишковим тиском повітря поділяються по способу доставки насіння до ґрунту на тип «з вільним падінням» і тип «постріл».

Такі висівні апарати, виробляються компаніями Great Plains [6] і White Planter [7], Vaderstad [8]. Сівалки з такими висівними апаратами можуть працювати зі швидкістю до 15,8 км/год [8].



Рисунок 1.3. Пневматичний висівний апарат.

4) Комірчастий висівний апарат.

Комірчасте колесо з воронкоподібними комірками обертається всередині висівного апарата біля основи насінневого бункера і окремі комірки заповнюються декількома насінинами кукурудзи (рис. 1.4). Після того, як заповнені комірки з'являться з насінневого бункера, надлишки насіння кукурудзи видуваються з комірок за допомогою повітряної форсунки, так що на дні комірок залишається лише одна насінина, доки комірки не досягнуть точки, де насіння буде скинуто в насіннепровід [9].

Перевагою такого висівного апарату є можливість висівати несортване насіння кукурудзи (різного розміру), і він також краще висіває насіння несферичної форми.

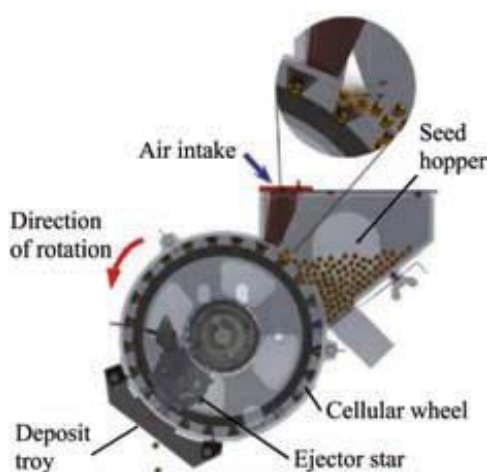


Рисунок 1.4 Комірковий висівний апарат.

5) Централізований пневматичний висівний апарат.

Централізований пневматичний висівний апарат (рис. 1.5) може обслуговувати чотири, шість або вісім рядів, залежно від кількості рядів перфорованих отворів на висівному барабані. Коли барабан висівного апарату обертається, перепад тиску утримує насіння в кожному отворі по колу барабана. Коли насіння переміщується до насіннепроводів, ряд зовнішніх роликів біля насіннепроводів миттєво блокує отвори, таким чином усуваючи перепад тиску та дозволяючи насінню впасти в насіннепроводи.

Потім повітря переносить насіння до сошників і скидає їх у насіннєве ложе кожного ряду. Такий висівний апарат використовується на сівалках серії Amazone Xpress, а робоча швидкість може досягати до 15 км/год [10].



Рисунок 1.5. Централізований пневматичний висівний апарат.

1.3. Типи приводів висівних апаратів.

Висівні апарати звичайних кукурудзяних сівалок точного висіву зазвичай приводяться в рух ґрунтовим колесом, ланцюгом і системою зірочок, і, як наслідок, точність висіву не може бути забезпечена через існування ковзання ґрунтового колеса та вібрації ланцюга, особливо на високій швидкості руху. Щоб вирішити проблеми, згадані вище, був розроблений альтернативний метод передачі енергії, який замінив електричний двигун на механічну систему приводу для приводу висівних апаратів [11]. Системи приводу електродвигуна поділяються на два типи: система приводу в осьовому напрямку та в окружному напрямку.

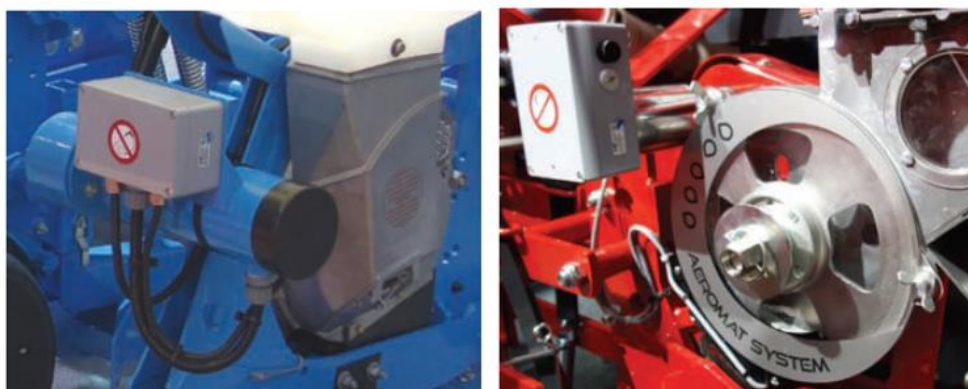
Система приводу в осьовому напрямку - це режим, при якому вали висівних апаратів приводяться в рух двигунами прямо або опосередковано. Висівні апарати не потребують модифікації, але потрібні двигуни з високим крутним моментом. Таким чином, зубчасті редуктори зазвичай встановлюються на вихідному кінці двигунів для збільшення крутного моменту двигуна. Тому боковий розмір висівних апаратів стає більшим. Horsch і Vaderstad (рис. 1.6) розробили метод прямого приводу, встановивши двигун із редуктором безпосередньо на валу висівного апарата, що призводить до більшого бічного розміру висівного апарату [12,13].



a. Horsch

b. Vaderstad

Рисунок 1.6 Висівні апарати з приводом від електродвигунів з редукторами Monosem і Becker розробили новий привід (рис. 1.7), встановивши двигун із редуктором на передній або задній частині висівного апарата, щоб уникнути надмірного розміру. Передача між двигуном і висівним апаратом здійснюється синхронним пасом або ланцюгом із зірочкою [14,15].



a. Monosem

b. Becker

Рисунок 1.7 Висівні апарати з приводом від електродвигунів з ланцюговою та пасовою передачами.

Система приводу в окружному напрямку була розроблена для вирішення проблеми надмірно великого бічного розміру та високих вимог до крутного моменту двигуна. Потужність передавалася від двигуна до висівного апарата через зачеплення між шестернею та зовнішнім зубчастим вінцем на краю висівного диску. Такий привід вимагає двигуна з невеликим крутним моментом, а також має переваги компактної конструкції та плавної передачі. Однак конструкція насінневого диску потребувала вдосконалення. Precision Planting Inc. [16] розробили висівний диск окружності якого виглядає як зубчасте колесо, яке входить у зачеплення з маленькою шестернею, встановленою на валу двигуна. Кінзе [17] сконструював висівний диск з внутрішнім зубчастим вінцем, який входить в зачеплення з маленькою шестернею, встановленою на валу двигуна (рис. 6b).

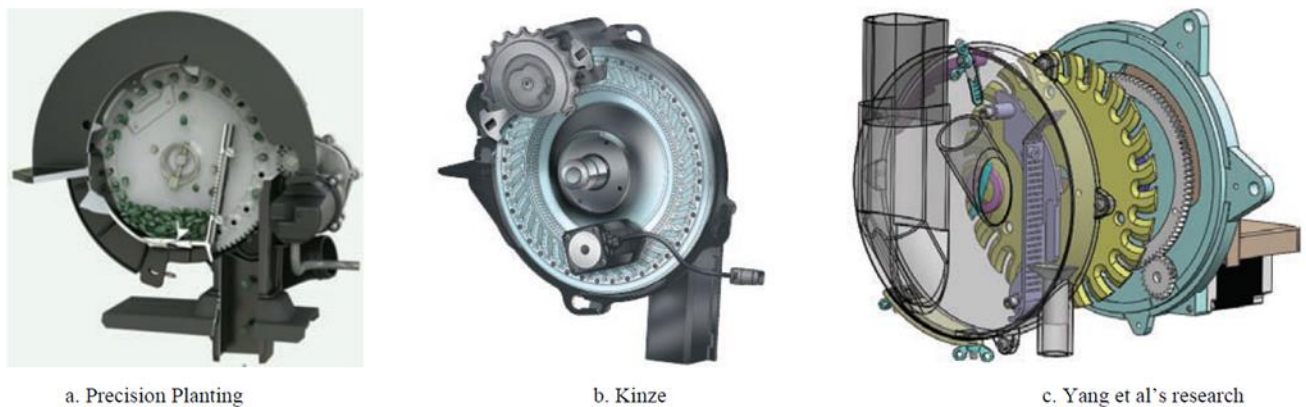


Рисунок 1.8 Системи приводу висівних апаратів в окружному напрямку.

1.4 Механізм доставки насіння.

Механізм подачі насіння встановлений на виході висівного апарата, призначений для подачі насіння від висівного апарату до борозни. Механізми подачі насіння поділяються на три види: круглий насіннепровід, квадратний насіннепровід і стрічкова система подачі.

1) Круглий насіннепровід.

Кругла насіннева трубка — це гнучкий шланг, який в основному використовується з пневматичними висівними апаратами, які працюють під тиском повітря (рис. 1.9a). Компанія Vaderstad Inc. розробила круглий насіннепровід, який

встановлений на виході висівного апарата. Під час роботи насіння «викидається» через насіннєпровід з допомогою сили повітряного потоку, тому такий насіннєпровід нечутливий до нахилів і вібрацій [18].

2) Квадратний насіннєпровід.

Квадратний насіннєпровід (рис. 1.9b) використовується для подачі насіння, що випадає з висівного апарата. Форма квадратного насіннєпроводу розроблена на основі траєкторії руху потоку насіння. Коли швидкість обертання висівного диску менше 30 об/хв. Квадратний насіннєпровід працює добре, і може підтримувати рівномірний інтервал між насінням. Однак, коли швидкість обертання висівного диску перевищує 30 об/хв, відскоки насіння посилюються, коли вони проходять через квадратний насіннєпровід, що призводить до гіршої рівномірності між насінням [19]. Квадратний насіннєпровід під назвою BullsEye був розроблений компанією Precision Planting Inc. [19].

3) Стрічкова система доставки.

Система стрічкової подачі була розроблена для забезпечення рівномірного розподілу насіння під час роботи сівалок на високій швидкості. Система стрічкової подачі під назвою Speed Tube розроблений компанією Precision Planting Inc. (рис. 1.9c), який може захоплювати насіння з висівного диску та утримувати насінини на всьому шляху до посівного ложа за допомогою спеціального паса [20]. Система подачі щіткового паса (Рис. 1.9.d), може брати насіння з висівного апарату та переміщувати його до посівного ложа за допомогою щіткового паса, розроблена компанією John Deere Inc. [21]. Система подачі може покращити робочу швидкість сівалок до найвищої швидкості 10-16 миль на годину.

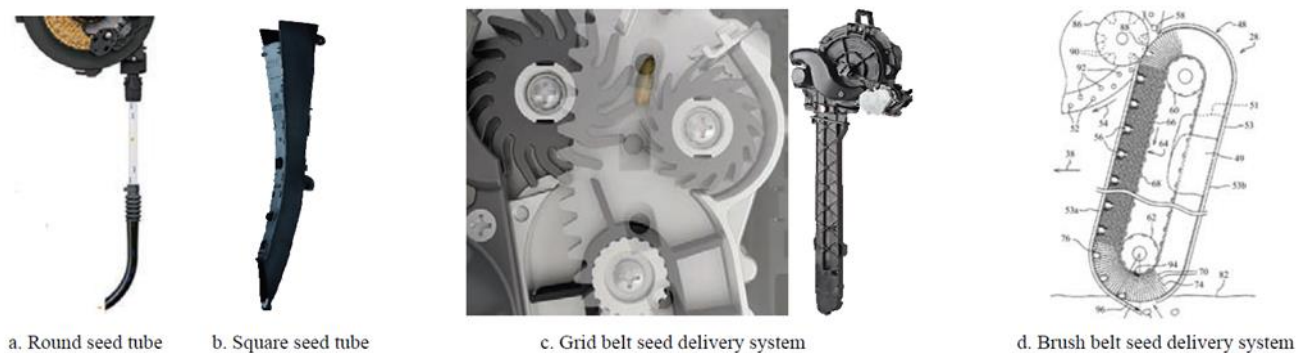


Рисунок 1.9 Насіннєпроводи та механізми доставки насіння.

1.5 Інтелектуальна технологія моніторингу та управління.

Датчики насіння, які використовуються для моніторингу насіння, є ключовим компонентом інтелектуальної системи моніторингу та контролю. Оптико-електронний датчик широко використовується через його низьку вартість. Компанія Dickey-John Inc. розробила оптико-електронний датчик у 1966 році, який міг контролювати насіння в режимі реального часу [5].

Однак оптико-електронні датчики чутливі до пилу в полі. Щоб вирішити цю проблему, було розроблено ємнісний датчик для прийому та обробки ємнісного сигналу насіння кукурудзи. Precision Planting Inc. [22] розробили радіохвильовий датчик для визначення маси насіння замість форми насіння, щоб усунути перешкоди від пилу в полі. Відповідно до сигналів, отриманих від датчика насіння, контролер монітора розраховує кількість насінин на гектар і часовий інтервал між сусідніми випадальними насінинами і відображає відносні параметри на екрані. Якщо насіння не буде виявлено в очікуваний час, спрацює сигналізація. Компанія Changzhou Jade Electronics Inc. розробила систему моніторингу VJ8 для виявлення падіння насіння на основі оптико-електронного датчика, який може контролювати 8 рядів одночасно [23]. Нові методи, що поєднують датчики виявлення насіння з радарним датчиком швидкості руху або GPS, розроблені Precision Planting (Малюнок 9b), Agleader, John Deere та іншими компаніями [24].

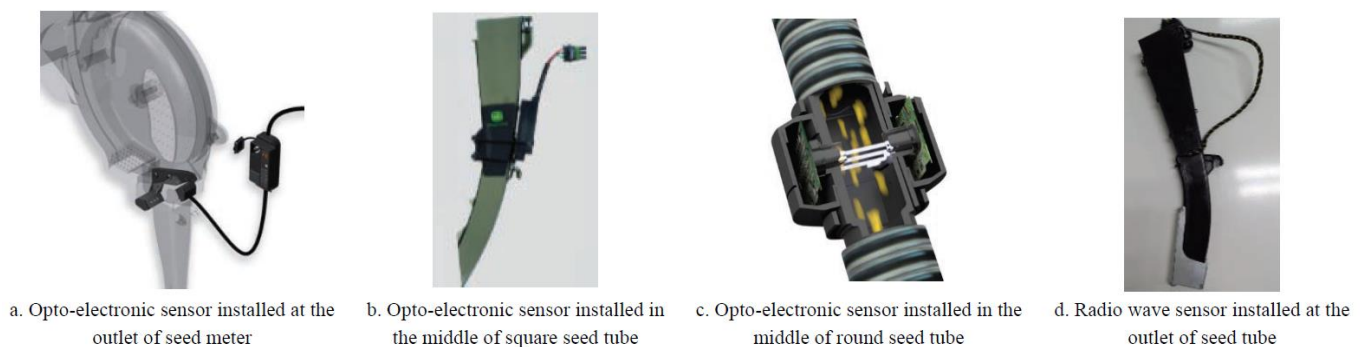


Рисунок 1.10 Датчики моніторингу насіння.

1.6. Висновки та завдання досліджень.

Зараз, коли важливість процесу посіву у виробництві кукурудзи зростає, у сівалках точного висіву впроваджується все більше інновацій.

Щоб досягти кращої рівномірності між насінням, різні оптимальні методи конструкції та моделювання використовуються при конструюванні висівних апаратів, щоб забезпечити точнішу якість посіву. Більше того, систему приводу висівних апаратів замінено з ґрунтового колеса та ланцюгової зірочки на електричний двигун, щоб усунути вплив прослизання ґрунтового колеса на якість висіву та отримати більш рівномірний розподіл насіння.

Найбільш ефективною є стрічкова система доставки насіння, яка транспортує насіння від висівного апарата до насінневого ложа, запобігаючи при цьому ударам насінин і пропускам між насінням і насіннєпроводом і, як наслідок, забезпечуючи найкращу рівномірність розподілу насіння. Тому метою даної роботи є дослідження і вдосконалення саме стрічкової системи доставки насіння від висівного апарату до сошника.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Дослідити існуючі системи висіву насіння кукурудзи.
2. Розробити механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна та стрічковим механізмом доставки насіння.
3. Розробити системУ керування приводом висівного апарату.
4. Розробити заходи охорони праці при роботі з удосконаленим агрегатом.
5. Провести аналіз економічних показників застосування розробленого висівного апарату для висіву насіння кукурудзи.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ТОЧНОЇ ДОСТАВКИ НАСІННЯ З ПРИВОДОМ ВІД ЕЛЕКТРОДВИГУНА

2.1 Будова та принцип роботи пристрою для доставки насіння.

Щоб покращити рівномірність розподілу насіння при високій швидкості руху кукурудзяної сівалки, розроблений механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна [4]. Як показано на рис. 2.1, система складається з висівного апарату з приводом від електродвигуна, пристрою подачі насіння з приводним пасом і системи керування. Система працює наступним чином: коли двигун вмикається, вентилятор створює вакуум у камері висівного апарату, потім вмикається перемикач попереднього заповнення насіння, та починає рух пас з тримачами для насінин, який також приводиться в рух електродвигуном висівного апарату. Коли тримачі насінин підходять до місця установки U-подібного електрооптичного датчика, кроковий двигун 5, що приводить в рух шків, зупиняється, а кроковий двигун 6, що приводить в рух привідний вал, починає працювати, одна або кілька насінин присмоктуються до отвору висівного диску і під впливом різниці тисків переміщуються разом із цим диском. Зайве насіння скидається спеціальним пристроєм 9, розташованим у верхній лівій частині висівного апарату. Коли біля отвору залишається одна насінина, вона потрапляє в зону скиду. Коли перша насінина спадає з насінневого диску її падіння фіксується електрооптичним датчиком і синхронно починає свій рух пас з тримачами для насінин, насінина попадає на тримач для насінин та переміщується разом з пасом. Коли привідний кроковий двигун робить певну кількість обертів, насінина переміщується до нижньої частини пристрою транспортування насіння.

Швидкість обертання крокових привідних двигунів висівного апарату синхронізується з поступальною швидкістю кукурудзяної сівалки. Швидкість сівалки в свою чергу фіксується інкодером встановленим на її робочому колесі.

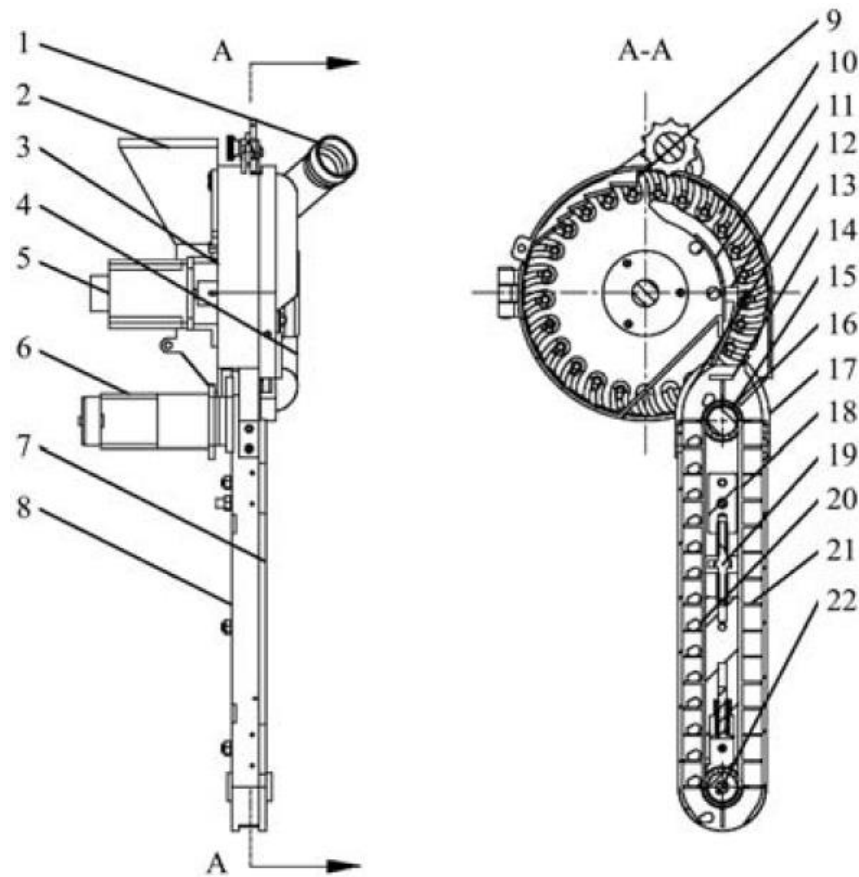


Рисунок 2.1. Структурна схема механізму доставки насіння від висівного диску до сошника: 1 - вакуумний патрубок, 2 – приймач насіння, 3 - передній корпус висівного апарату, 4 - задній корпус висівного апарату, 5 - привідний кроковий двигун висівного диску; 6 - привідний кроковий двигун механізму доставки насіння; 7 - передній корпус механізму доставки насіння; 8 - задній корпус механізму доставки насіння; 9 – скидач зайвого насіння; 10 – висівний диск; 11 – відсікач; 12 – напрямляч насіння; 13 – кожух; 14 - електрооптичний датчик; 15 - ведучий шків механізму доставки насіння; 16 - U-подібний електрооптичний датчик; 17 – кожух; 18 - пас з тримачами для насінин; 19 – фіксатор; 20 – насінина; 21 – тримач насінин; 22 - ведений шків механізму доставки насіння.

2.2. Обґрунтування конструкції пристрою для доставки насіння.

Як показано на рис. 2.2, коли насінина досягає точки падіння з висівного диску, вона спрямовується до механізму доставки.

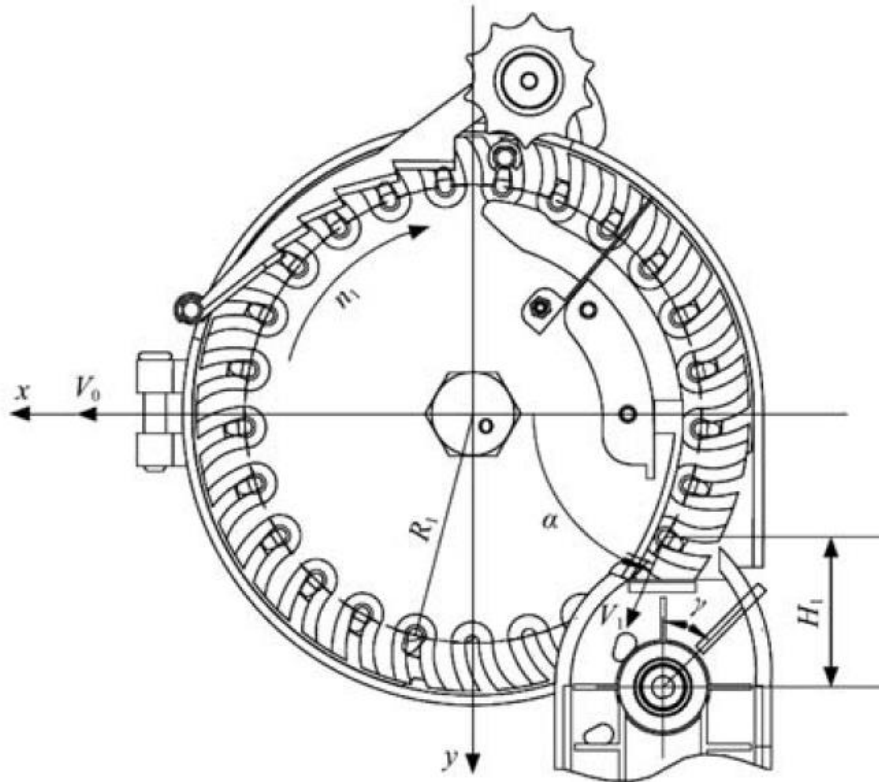


Рисунок 2.2. Схематичне зображення аналізу руху насінин у висівному апараті: O - початок координат; V_0 – швидкість руху сівалки, км/год; V_1 – швидкість падіння насіння від точки скиду, м/с; n_1 – швидкість обертання висівного диску, об/хв; R_1 – радіус розміщення отворів на висівній пластині, м; α – кут скиду насінин, ($^\circ$); γ – кут між місцем монтажу електрооптичного датчика та вертикаллю, ($^\circ$); H_1 – відстань по вертикалі між точкою скиду насінин та центральною точкою ведучого шківів, м.

Швидкість і переміщення насінин від точки скиду до пасу з тримачами для насінин розраховуються за такими формулами:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = V_1 \cos \alpha \\ \frac{dY}{dt} = V_1 \sin \alpha \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} X = \frac{dX}{dt}t \\ Y = \frac{dY}{dt}t + \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \quad (2.2)$$

де, X – переміщення насіння в напрямку X , м;

Y – переміщення насіння в напрямку Y , м;

t – час переміщення насіння, с;

V_1 – швидкість падіння насіння від точки викиду насіння, м/с;

α – кут викиду насіння, (°).

З рівнянь (2.1) і (2.2) переміщення насіння в горизонтальному та вертикальному напрямку були розраховані за допомогою наступних формул:

$$\begin{cases} X = V_1 t \cos \alpha \\ Y = V_1 t \sin \alpha + \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \quad (2.3)$$

Щоб забезпечити плавне надходження насіння в порожнину подачі насіння необхідно дотримуватися відповідної горизонтальної та вертикальної відстані від точки скиду насіння до центральної точки ведучого шківа.

Якщо вертикальна відстань була занадто великою, насіння може набути великого прискорення за рахунок власної ваги і може проскочити між правою захисною пластиною та порожниною подачі насіння, тоді насіння може помилково потрапити в наступну порожнину подачі насіння. Це призведе до пропусків та двійників. З іншого боку, вертикальна відстань не може бути надто малою через обмеження конструкції пристрою подачі насіння. Горизонтальна відстань була визначена як нуль, а вертикальна відстань була визначена як H_1 ($H_1=50$ мм). П-подібний електрооптичний сенсор встановлювався під кутом γ ($\gamma=45^\circ$) до горизонту.

Застосування пристрою подачі насіння стрічкового типу зменшує висоту скиду насінин та швидкість їх падіння, що, при контакті з ґрунтом, також зменшує підстрибування насінин в борозні, таким чином покращуючи рівномірність розподілу насінин.

Основною частиною пристрою доставки насіння стрічкового типу є пас із тримачем насінин, який відіграє визначну роль у процесі доставки насінин, тому його конструктивні параметри безпосередньо впливають на якість доставки насінин до борозни. пас із тримачем насінин містить певну кількість тримачів насінин, кількість яких безпосередньо впливає на відстань між ними. Відстань між тримачами насінин є одним із ключових параметрів конструкції.

Конструкцію та кінематичні параметри механізму точної доставки насінин з пасом із тримачем насінин наведено на рисунку 2.3.

Для того, щоб забезпечити точний висів по одній насіниці, кількість тримачів насінин, які пройшли через U-подібний електрооптичний датчик, має бути цілим кратним кількості насіння, які вийшли з висівного диску, і їх кількісне співвідношення може бути представлений як:

$$\frac{Nn_1Zt}{60} = \frac{V_2t}{S} \quad (2.4)$$

де, N – позитивний інтеграл;

n_1 – швидкість обертання висівної пластини, об/хв;

Z – кількість отворів у висівному диску;

V_2 – швидкість падіння насінин із стрічкового насінневого пристрою, м/с;

S – відстань, між тримачами насінин, м;

t – час падіння насінин від точки сходу з висівного диску, с.

V_2 у рівнянні (4) можна виразити як:

$$V_2 = \frac{\pi n_2 R_2}{30} \quad (2.5)$$

де, V_2 – швидкість падіння насіння із стрічкового пристрою подачі насіння, м/с;
 n_2 – частота обертання ведучого шківа, об/хв;
 R_2 – зовнішній радіус ведучого шківа, м.

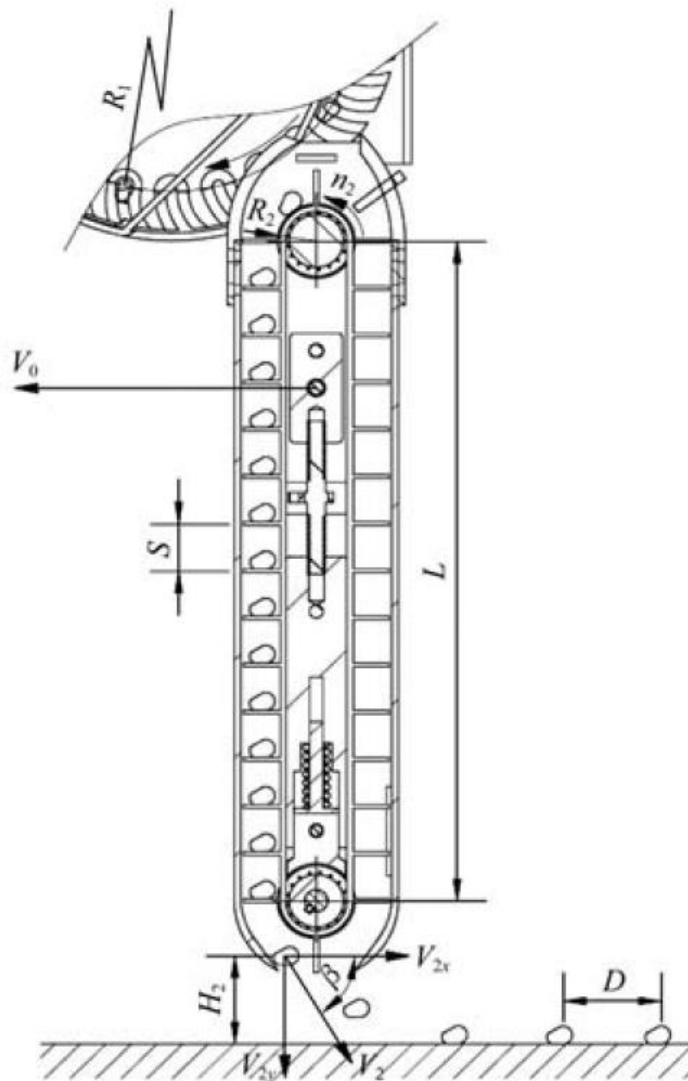


Рисунок 2.3 Параметри механізму точної доставки насіння: V_0 – поступальна швидкість руху сівалки (км/год); n_1 – швидкість обертання висівного диску (об/хв); R_1 – радіус розміщення отворів для насіння на висівному диску (м); n_2 – швидкість обертання ведучого шківа (об/хв); R_2 – зовнішній радіус ведучого шківа (м); L – міжцентрова відстань між ведучим та веденим шківами (м); S – відстань між тримачами насінин (м); H_2 – відстань у вертикальному напрямку між нижньою частиною насінневого пристрою та борозною (м); V_2 – швидкість падіння насінин із стрічкового пристрою подачі насіння (м/с); β – кут між вектором руху насінин при падінні в борозну та горизонтальним напрямком ($^\circ$); D – відстань між насінням у борозні (м).

З рівнянь (2.4) і (2.5):

$$Nn_1Z = \frac{2\pi n_2 R_2}{S} \quad (2.6)$$

Тим часом, кількість тримачів насінин, які пройшли через U-подібний електрооптичний датчик повинна бути цілим кратним кількості насіння, що вийшло з пристрою подачі насінин за такий самий період часу, це співвідношення можна виразити наступною формулою:

$$\frac{5NV_0t}{18D} = \frac{V_2t}{S} \quad (2.7)$$

де, N – позитивний інтеграл;

V_0 – поступальна швидкість руху сівалки, км/год;

D – відстань між насінинами в борозні, м;

V_2 – швидкість падіння насінин із стрічкового насіннєвого пристрою, м/с;

S – відстань між тримачами насінин, м.

Поступальну швидкість сівалки (V_0) можна виразити як:

$$V_0 = \frac{3Dn_1Z}{50} \quad (2.8)$$

Враховуючи рівняння (2.6) можна записати:

$$S = \frac{2\pi R_2 n_2}{NZn_1} \quad (2.9)$$

Насіння проходить між двома дисками сошника. Тому значення R_2 було визначено як 16 мм, а значення L становить 300 мм відповідно до конструктивної відстані між дном висівного апарату та борозною. Співвідношення швидкостей двох крокових двигунів i_{12} ($i_{12}=n_1/n_2$) було визначено як 6, кількість отворів висівного диску – 25.

Підставляючи наведені вище параметри, в рівняння (2.9) отримаємо:

$$S = \frac{24\pi}{3125N} \quad (2.10)$$

Відповідно до (2.10), якщо $N=1$, тоді $S=24$, і пас із тримачами відповідає вимогам. Якщо $N=2$, тоді $S=12$, і якість висіву системою погіршується, оскільки відстань між двома сусідніми тримачами в на пасові стає замалою. Тобто, якщо $N \geq 2$, посівна якість системи погіршиться.

Кількість обертів ведучого шківa, необхідна для доставки насінин від місця попадання насінин на тримач до місця їх сходу в борозну можна описати наступним виразом:

$$k = \frac{L}{2\pi R_2} \quad (2.11)$$

де, k – кількість обертів ведучого шківa.

Підставивши відомі параметри до рівняння (2.11), отримаємо, що $k=3$.

Визначимо вплив параметрів тримача насінин на якість виконання сівби.

Час, який потрібен одному тримачу насінин, щоб переміститися на довжину однієї відстані між сусідніми тримачами, можна представити як:

$$t = \frac{S}{V_2} \quad (2.12)$$

де, S – відстань між сусідніми тримачами насінин, м;

V_2 – швидкість падіння насінин із тримача насінин, м/с.

Відстань у вертикальному напрямку від нижньої частини пристрою подачі насіння до борозни можна представити як:

$$H_2 = V_2 t \sin \beta + \frac{gt^2}{2} \quad (2.13)$$

де, H_2 – відстань у вертикальному напрямку між днищем насінневого пристрою та борозною, м;

V_2 – швидкість падіння насіння із стрічкового насінневого пристрою, м/с;

β – кут між вектором руху насінин та горизонтальним напрямком, °.

З рівнянь (2.5), (2.12) і (2.13):

$$H_2 = S \sin \beta + \frac{450S^2 g}{\pi^2 n_2^2 R_2^2} \quad (2.14)$$

Максимальна поступальна швидкість руху сівалки (V_1) і відстань між насінинами у борозні (D) були обрані як 20 км/год і 0,25 м відповідно, кількість отворів у висівній пластині (Z) була - 25.

Підставивши наведені вище параметри до рівняння (2.8), було отримано, що $n_1=53,33$ об/хв. Відомо, що $n_1/n_2=6$, звідси $n_2=320$ об/хв. β було визначено як 55° .

Підставивши наведені вище параметри до рівняння (2.14), отримаємо, що $H_2=29,5$ мм, що значно більше, ніж максимальна довжина насінин кукурудзи. Тобто, коли наступний тримач насінин буде переміщуватися до точки скиду насіння, висота падіння насінин буде становити 29,5 мм, а сам тримач насінин не буде впливати на подальший рух насінин.

2.3. Висновки до розділу.

1. Щоб покращити рівномірність розподілу насіння при високій швидкості руху кукурудзяної сівалки, розроблений механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна, який складається з вакуумного висівного апарата з приводом від електродвигуна, пристрою подачі насіння з приводним пасом і системи керування.

2. Обґрунтовано конструкцію пристрою для доставки насіння, яка забезпечує подачу насіння механізмом стрічкового типу, що зменшує висоту скиду насінин та швидкість їх падіння, покращуючи рівномірність розподілу насінин.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ВИСІВНОГО АПАРАТУ

3.1 Система керування.

Система керування складається з датчика швидкості руху, контролера, крокового серводвигуна, модуля приводу двигуна та інтерфейсу для оператора. Електронна схема керування механізмом точної подачі насіння показана на рисунку 3.1. Контролер визначає поступальну швидкість руху сівалки за допомогою інкодера, встановленого на польовому колесі, обробляє цей сигнал, і потім сигнал ШІМ (широтно-імпульсної модуляції), який генерується контролером пропорційно введеній поступальній швидкості, надсилається драйверу крокового двигуна, цей сигнал посилюється та використовувався для приводу двигуна, забезпечуючи при цьому необхідну швидкість обертання [4]. Також, для контролю швидкості двигуна та отримання зворотного зв'язку на кроковому двигуні встановлено інкодер, це забезпечує замкнуте коло керування і максимально підвищує точність обертання крокового двигуна.



Рисунок 3.1. Блок-схема механізму точної доставки насіння

Інтерфейс системи.

Вхідні параметри інтерфейсу «людина-машина» включають кількість отворів у висівному диску та теоретичну відстань між насінинами, також тут відображаються вихідні параметри системи включають поступальну швидкість руху сівалки та швидкість обертання крокового серводвигуна.

Датчик поступальної швидкості руху сівалки.

Під час роботи кукурудзяної сівалки швидкість приводного двигуна подавального валу має точно відповідати поступальній швидкості руху сівалки, а необхідною умовою є точне визначення поступальної швидкості руху сівалки. Оптичний інкодер має переваги високої точності, надійної роботи та малих розмірів, тому саме оптичний інкодер був обраний як датчик поступальної швидкості кукурудзяної сівалки. Датчик встановлено поруч із валом опорного колеса, а вал датчика розташований на одній лінії з валом опорного колеса. Максимальна частота відгуку оптичного інкодера $f_{\max}$ представлена як:

$$f_{\max} = \frac{c_e n_{\max}}{60} \quad (3.1)$$

де, $f_{\max}$ – максимальна частота відгуку оптичного інкодера, Гц;

$n_{\max}$ – найбільша швидкість обертання опорного колеса сівалки, об/хв;

c_e - роздільна здатність інкодера, пульсів/об.

Найбільша швидкість обертання опорного колеса сівалки $n_{\max}$ визначається як:

$$n_{\max} = \frac{60V_{\max}}{7.2(1-\delta)\pi R_4} \quad (3.2)$$

де, $V_{\max}$ – найбільша поступальна швидкість руху сівалки, км/год;

δ – коефіцієнт ковзання опорного колеса;

R_4 - радіус опорного колеса, м.

Для визначення швидкості обертання опорного колеса вибрано інкодер OMRON E6A2-CW3C, його роздільна здатність становить 200 пульсів/об ($c_e = 200$ пульсів/об), для швидкісної сівалки приймаємо: $V_{\max} = 20$ км/год, $\delta = 10\%$, а $R_4 = 0,35$ м. Підставивши наведені вище параметри до рівняння (3.1), значення $f_{\max}$ отримаємо $f_{\max} = 156$ Гц. Максимальна частота відгуку вибраного інкодера становить 30 кГц, що відповідає вимогам виявлення швидкості, описаним у цьому дослідженні.



Рисунок 3.2. Інкодер OMRON E6A2-CW3C.

Контролер.

Щоб якомога швидше досягти і підтримувати потрібну швидкість для двох крокових двигунів, запропоновано ПД-регулятор. Два імпульси ШІМ (широтно-імпульсна модуляція) генеруються контролером пропорційно відповідно до поступальної швидкості руху сівалки. Частота ШІМ-імпульсу, який контролер посилає для керування обертанням висівного апарату, представлена у вигляді:

$$f_1 = \frac{N_e}{c_e} \cdot \frac{360}{\varphi} \cdot \frac{2\pi R_4}{ZD} \quad (3.3)$$

де, f_1 – частота ШІМ-імпульсу, який посилає контролер для керування обертанням висівного апарату, пульсів/с;

N_e – частота імпульсів від частоти обертання опорного колеса, пульсів/с;

c_e – оборот датчика частоти обертання колеса, п/р;

φ – кут кроку приводного двигуна валу подачі, (°);

R_4 - радіус опорного колеса, м;

Z – кількість отворів у висівному диску;

D – теоретичне розташування насіння, м.

Частота ШІМ-імпульсу, який контролер посилає для керування приводним двигуном шківів, представлена як:

$$f_2 = 6f_1 \quad (3.4)$$

де, f_2 – частота ШІМ-імпульсу, який контролер посилає на керування приводним двигуном шківів, пульсів/с;

f_1 – частота ШІМ-імпульсу, який посилає контролер для керування обертанням висівного апарата, пульсів/с.

Привідні двигуни.

Номінальна швидкість і номінальний крутний момент є двома ключовими параметрами при виборі двигуна для цього дослідження. Швидкість обертання приводного двигуна валу подачі висівного апарата представлена у вигляді:

$$n_1 = \frac{50V_0i_{01}}{3DZ} \quad (3.5)$$

де, n_1 – частота обертання висівного апарата, об/хв;

V_0 – швидкість руху кукурудзяної сівалки, км/год;

i_{01} – передаточне відношення системи приводу;

D – теоретична відстань між насінинами в рядку, м;

Z – кількість отворів у висівному диску, $Z=25$.

Швидкість обертання приводного двигуна шківів для приводу механізму транспортування насінин:

$$n_2 = 6n_1 \quad (3.6)$$

Підставляючи відомі параметри до рівнянь (3.5) і (3.6), було отримано значення двох параметрів $n_1=53,3$ об/хв, $n_2=320$ об/хв відповідно.

Момент тертя — це основний крутний момент, який діє на вал подачі під час роботи висівного апарата. Момент тертя створюється, коли висівний апарат працює. Момент тертя представляється у вигляді:

$$M_f = \mu \cdot |P| \cdot S \cdot L \quad (3.7)$$

де, M_f — момент тертя, Н·м;

μ — коефіцієнт тертя між висівним диском та ущільнювальним кільцем;

P — величина вакуумметричного тиску в повітряній камері, кПа;

S — площа контакту повітряної камери з ущільнювальним кільцем, м²;

L — плече тертя, м.

Відомі наступні параметри: $\mu = 0,4$, $P = -5$ кПа, $S = 0,0048$ м² і $L = 0,07475$ м. Підставляючи наведені вище параметри до рівняння (3.7), розраховане значення M_f обчислюється як 0,72 Н·м.

Відомо, що максимальний крутний момент, який діє на приводний двигун шківів механізму транспортування насіння становить 0,45 Н·м. Базуючись на наведених вище розрахунках і аналізі, кроковий серводвигун постійного струму 57EBP75ALC-TF0 було обрано як приводний двигун механізму подачі насіння та для висівного апарата. Номінальна швидкість обертання двигуна становить 1000 об/хв, номінальний крутний момент - 1,5 Н·м, обидва параметри відповідають робочим вимогам системи висіву.



Рисунок 3.3. Серводвигун постійного струму 57EBP75ALC-TF0.

3.2. Висновки до розділу.

Таким чином, щоб забезпечити якісну роботу висівної системи сівалки при швидкісній сівбі було розроблено алгоритм роботи системи та підібрано основні робочі компоненти, відповідно до кінематичних та силових вимог, а саме інкодер OMRON E6A2-CW3C для визначення поступальної швидкості сівалки та швидкості обертання приводних електродвигунів і серводвигуни постійного струму 57EBP75ALC-TF0 для приводу висівного апарату та механізму подачі насіння від висівного апарату до борозни.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Контроль за станом охорони праці на підприємстві.

На сільськогосподарських підприємствах контроль за станом охорони праці може бути одно-, дво- або триступеневим залежно від їх величини та особливостей СУОП [25].

Триступеневий адміністративно-громадський контроль застосовується на великих підприємствах (господарських товариствах, виробничих кооперативах, державних підприємствах).

Перший ступінь контролю (оперативний, або поточний) забезпечують керівник структурного підрозділу (бригадир, майстер, начальник виробничої дільниці) та громадський інспектор профгрупи або уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці. Контроль виконують на початку небезпекою – і протягом його щодо:

- усунення порушень, виявлених раніше;
- стану маршрутів руху техніки та працівників;
- відповідності робочих місць вимогам до їх утримання;
- безпечності засобів виробництва;
- наявності засобів індивідуального захисту;
- утримання місць складування;
- дотримання працівниками вимог інструкцій з охорони праці;
- наявності у працівників документів, які дають право на виконання робіт, та інших питань.

Контроль другого ступеня (періодичний) здійснює комісія, до складу якої входять начальник структурного підрозділу (цеху, відділення), керівники або спеціалісти служб підрозділу (агроном, механік, електрик тощо), громадський інспектор профгрупи або уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці. Періодичність контролю – щотижня (щомісячно). Під час нього перевіряють:

- ефективність контролю першого ступеня;
- відповідність вимогам нормативної документації засобів виробництва і технологічних процесів;
- дотримання графіків планово-попереджувальних ремонтів виробничого устаткування;
- стан засобів колективного захисту;
- проведення інструктажів з охорони праці;
- наявність і використання працівниками засобів індивідуального захисту;
- стан санітарно-побутових приміщень;
- стан куточків з охорони праці;
- забезпечення працівників лікувально-профілактичним харчуванням;
- дотримання режиму праці й відпочинку, виробничої дисципліни, та інші питання.

Контроль третього ступеня (періодичний) здійснює комісія, яка складається з керівника підприємства, керівника (спеціаліста) служби охорони праці, головних спеціалістів (агронома, механіка, енергетика тощо), керівників технічних служб, голови профспілкового комітету, голови комісії з питань охорони праці підприємства, громадських інспекторів та інших осіб. Періодичність контролю – щомісячно (щоквартально). Контроль здійснюють з таких питань:

- ефективність контролю першого та другого ступенів;
- виконання заходів, визначених за результатами проведення контролю третього ступеня;

4.2. Безпека праці при роботах на посівних машинах.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі на посівних машинах:

- рухомі агрегати, машини, знаряддя;
- рухомі частини машин: причіпні (навісні) пристрої, робочі органи
- (сошники, котушки висіваючих апаратів, мішалки зерна і туків); маркери, колеса, кришки зерно-тукового ящика та ін.;
- робоча рідина гідросистеми;

- протруєне насіння;
- підвищена концентрація пилу, мінеральних добрив в повітрі робочої зони;
- несприятливі метеорологічні умови і інші фактори.

Головною умовою безпечної роботи на посівних машинах являється їх технічна справність, наявність захисних кожухів над зубчатими, ланцюговими і карданными передачами, справність робочої площадки, підніжної дошки, поручнів, лопаток та гачків для очищення сошників, висівних апаратів.

Заправка сівалок насінням і добривами проводиться механізованим способом. Ручна заправка проводиться тільки на зупинках агрегату. При русі агрегату кришки насінневих ящиків і тукових банок повинні бути закритими.

Курити, приймати їжу, не помивши руки і не прополоскавши рот чистою водою, забороняється.

На пневматичній сівалці автоматична зчіпка повинна бути справною, відрегульованою і забезпечувати чітке і надійне з'єднання сівалки з трактором.

Підніжна дошка сівалки повинна бути справною, обладнана запобіжним бортиком, бути чистою і не слизькою. Наявність на ній бруду, масла і ін. не допускається. Підніжна дошка повинна бути шириною не менше 350мм з запобіжним бортиком висотою 20мм і шириною 25мм.

Поручні на кришках зерно-тукового ящика повинні бути гладкими, чистими і надійно закріплені. Кришки насінневих і тукових банок повинні щільно закриватися, надійно фіксуватися в відкритому і закритому положеннях і вільно відкриватися. Фіксуючий пристрій повинен виключати можливість самовільного відкривання кришок під час руху агрегату.

На сівалці повинен бути спеціальний чистик для очистки сошників, гачки для прочищення висіваючих апаратів, гачок на довгій ручці для підняття борін при їх очистки, спеціальна лопата для розрівнювання насіння та добрив в ящиках, комплект інструменту і башмаки при роботі на схилах.

Заправку сівалки насінням і добривами, підняття і опускання маркерів, очищення сошників, прочищення насінне- і тукопроводів потрібно здійснювати під час остаточної зупинки агрегату і вимкненому валі відбору потужності.

Заправку сівалок протруєним насінням і добривами необхідно проводити в засобах індивідуального захисту. Під час заправки дозволяється знаходитися на підніжній дошці сівалки з навітряної сторони від ящика сівалки.

При заправці сівалки автозаправщиком необхідно узгоджувати свої дії з водієм автозаправщика, не знаходитися під вигрузним пристроєм і в зоні його дії. Автозаправщик повинен бути розташований з підвітряної сторони від сівалки і бути загальмованим.

Необхідно слідкувати, щоб у насінні і добривах не було зайвих предметів.

Розрівнювання і перемішування насіння і добрив у ящиках сівалки необхідно виконувати при зупиненій сівалці спеціальною лопаточкою. Рух посівних агрегатів на транспортній швидкості з завантаженими ящиками, банками не допускається.

Маневрування агрегату необхідно здійснювати в межах позначеної поворотної смуги поля. Перед поворотом, після останньої зупинки агрегату і отримання сигналу від тракториста, слід зійти з агрегату, перевести маркер у транспортне положення і відійти у безпечне місце.

Після повороту агрегату і останньої його зупинки необхідно перевести маркер у робоче положення і зайняти своє робоче місце. При виникненні аварійної ситуації необхідно подати сигнал трактористу-машиністу. Перед палінням, прийняттям їжі, води, відвідуванням туалету і ін. необхідно зняти засоби індивідуального захисту, ретельно вимити руки та обличчя, прополоскати рот.

Після закінчення роботи необхідно передати залишки протруєного насіння і добрив наступній зміні або здати їх на збереження в установленому порядку. Залишати протруєне насіння і добрива в сівалках не дозволяється.

4.3. Моделювання виробничих небезпек.

Виробництво будь-якої продукції здійснюється завдяки функціонуванню певних елементів виробництва, які при відповідних поєднаннях між собою утворюють різні системи.

Найбільш типовою для виробництва є система людина-машина-середовище, бо саме при застосуванні численних машин та агрегатів, керованих людьми або

людиною в певних умовах виробництва робоче місце, майданчик, споруда і виникають різні явища у вигляді відказів у функціонуванні.

Небезпечна дія – це така дія оператора, яка суперечить науково обґрунтованим нормам професійної поведінки при виконанні конкретного виробничого завдання. До небезпечних дій можна віднести порушення режиму роботи машини, технологічного обладнання, перевищення швидкості руху, різке гальмування або різкий поворот, несприятливе застосування засобів праці.

Небезпечні умови, це такі умови, за яких існує загроза дії на організм людини небезпечних виробничих чинників. Основним заходом запобігання нещасним випадкам має бути усунення небезпечних умов у процесі виробничої діяльності.

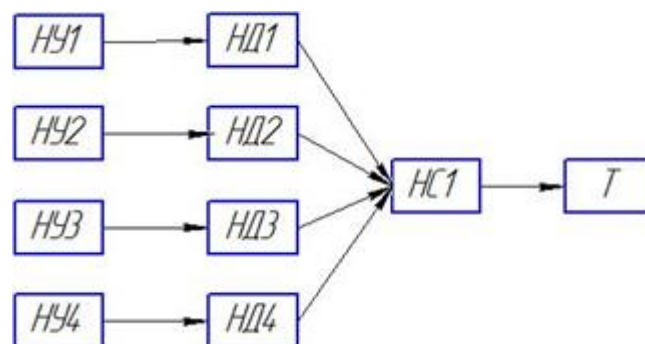


Рис. 4.1 – Моделювання небезпечної ситуації під час виконання операції сівби:

НУ1 – забивання робочих органів; НУ2 – відсутність захисного щитка; НУ3 – неправильно відрегульовані робочі органи; НУ4 – поломка робочих органів; НД1 – очищення робочих органів; НД2 – зближення робітника з машиною; НД3 – регулювання робочих органів; НД4 – заміна зламаних робочих органів; НС1 – потрапляння одягу на елементи, що обертаються та замотування його; Т – травма.

4.4 Висновки до розділу.

Таким чином безпечне виконання операції сівби досягається добре організованою службою охорони праці на підприємстві. Моделювання небезпечних ситуацій при виконанні даної операції дозволило розробити заходи охорони праці при її виконанні. Ці заходи сприятимуть зниженню травматизму на виробництві та підвищать рівень безпеки задіяних працівників.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Основний економічний ефект при використанні вдосконаленого насіннепроводу на сівалках для висіву кукурудзи є зменшення втрат насіння при його транспортуванні та покращена рівномірність висіву, що в подальшому сприяє збільшенню врожайності кукурудзи. Також даний насіннепровід дозволяє виконувати операцію сівби на вищих швидкостях поступального руху агрегату, підвищуючи таким чином його продуктивність.

Експлуатаційні показники, які характеризують ефективність застосування розробленого пристрою, визначали відповідно до стандартної методики [26].

Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності сівалки з вдосконаленим механізмом подачі насінин від висівного апарата до сошника

Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Склад агрегату	John Deere 6R 110 + John Deere 7000	John Deere 6R 110 + John Deere 7000
Номінальна потужність двигуна енергозасобу, кВт	89	89
Вартість трактора, грн.	3000000	3000000
Річне завантаження трактора, год.	1600	1600
Вартість сівалки, грн.	662447	700000
Річне завантаження сівалки, год.	170	170
Сумарні відрахування (амортизація, ТО та поточний та капітальний ремонт), %	21,5	21,5
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Робоча швидкість агрегату, км/год	8	16
Коефіцієнт використання часу зміни	0,8	0,8
Продуктивність, га/год	3,6	7,2
Заробітна плата, грн./год.	100,00	100,00
Витрата палива, кг/га	10,0	8,0
Ціна палива, грн.	55,00	55,00

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи становлять:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (5.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, що обслуговує агрегати та відрахування на соціальні заходи, грн./га;

C_2 – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

C_3 – відрахування на реновацію та капітальний ремонт агрегату, грн./га;

C_4 – відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування агрегату, грн./га.

Оплата праці обслуговуючому персоналу дорівнює:

$$C_1 = \frac{m_1 n_1 + m_2 n_2 + \dots + m_i n_i}{W_{зм}}, \quad (5.2)$$

де m_i – кількість працівників i -ої кваліфікації на агрегаті;

n_i – оплата праці за змінну норму виробітку працівника i -ої кваліфікації, грн;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм.

для базового варіанту:

$$C_1 = \frac{1 \cdot 800}{28,8} = 27,78 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_1 = \frac{1 \cdot 800}{57,6} = 13,89 \text{ грн./га}$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$C_2 = C_K Q_{\Pi}, \quad (5.3)$$

де C_K – комплексна ціна кілограма палива, грн/кг;

Q_{Π} – витрата палива, кг/га.

для базового варіанту:

$$C_2 = 55,00 \cdot 10 = 550,00 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_2 = 55,00 \cdot 8 = 440,00 \text{ грн./га}$$

Відрахування на реновацію та капітальний ремонт машин в агрегаті визначаються з формули:

$$C_3 = \frac{B_{TP} \cdot a_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}} + \frac{B_M \cdot a_M \cdot n_M}{100 \cdot W_z \cdot t_M}, \quad (5.4)$$

де B_{TP} – балансова вартість комбайна, грн;

a_T – норми відрахувань на амортизацію та капітальний ремонт відповідно агрегату, % ($a_k = 15\%$);

t_{TP}, t_M – зональне річне (або фактичне) завантаження агрегату, год.

для базового варіанту:

$$C_3 = \frac{3000000 \cdot 15}{100 \cdot 3,6 \cdot 1600} + \frac{662447 \cdot 15}{100 \cdot 3,6 \cdot 170} = 240,49 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_3 = \frac{3000000 \cdot 15}{100 \cdot 7,2 \cdot 1600} + \frac{700000 \cdot 15}{100 \cdot 7,2 \cdot 170} = 124,85 \text{ грн./га}$$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування машин в агрегаті дорівнюють:

$$C_4 = \frac{B_{TP} \cdot P_{TP}}{100 \cdot W_z \cdot t_{TP}} + \frac{B_M \cdot P_M}{100 \cdot W_z \cdot t_M}, \quad (5.5)$$

де P_{TP} – сумарна норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування агрегату, % ($P_{TP} = 6,5\%$).

Для базового варіанту:

$$C_4 = \frac{3000000 \cdot 6,5}{100 \cdot 3,6 \cdot 1600} + \frac{662447 \cdot 6,5}{100 \cdot 3,6 \cdot 170} = 104,21 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C'_4 = \frac{3000000 \cdot 6,5}{100 \cdot 7,2 \cdot 1600} + \frac{700000 \cdot 6,5}{100 \cdot 7,2 \cdot 170} = 54,10 \text{ грн./га}.$$

Тоді прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи для базового варіанта становлять:

$$C = 27,78 + 550,00 + 240,49 + 104,21 = 922,48 \text{ грн./га},$$

для нового варіанту:

$$C' = 13,89 + 440,00 + 124,85 + 54,10 = 632,84 \text{ грн./га.}$$

Різниця прямих експлуатаційних витрат на гектар при впровадженні удосконалення у виробництво буде становити:

$$E_n = C - C' = 922,48 - 632,84 = 289,64 \text{ грн/га.} \quad (5.6)$$

При використанні сівалки з удосконаленим насіннєпроводом на площі 400 га різниця прямих витрат буде становити:

$$E'_n = E_n \cdot F = 289,64 \cdot 400 = 115856,00 \text{ грн.}$$

Враховуючи, експлуатаційні витрати на машини та економічний ефект від збільшення продуктивності агрегату можна записати, що економічний ефект на гектар посівів буде становити:

$$E' = E'_s - E_n = 600 - 63,3 = 536,7 \text{ грн/га}$$

$$E = E' \cdot 400 = 214680,00 \text{ грн}$$

Визначимо термін окупності удосконаленої сівалки:

$$T_{ок} = \frac{\Delta B}{E} = \frac{37553,00}{214680,00} \approx 1 \text{ рік} \quad (5.7)$$

Складові витрати коштів подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок показників економічної ефективності впровадження вдосконаленого насіннєпроводу

Показник	Варіанти		Відхилення
	Базовий варіант	Удосконалений варіант	
Затрати праці, люд.-год/га	0,28	0,13	- 0,15
Заробітна плата, грн./га.	27,78	13,89	- 13,89
Вартість палива, грн./га	550,00	440,00	- 110
Відрахування на реновацію та капітальний ремонт, грн./га;	240,49	124,85	- 115,64
Відрахування на поточний ремонт та ТО, грн./га.	104,21	54,10	- 50,11
Сумарні прямі експлуатаційні витрати, грн./га	922,48	632,84	- 289,64
Річний економічний ефект, грн	214680,00		
Термін окупності капіталовкладень, років	1		

Застосування удосконаленого агрегата John Deere 6R 110 + John Deere 7000 забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 289,64 грн./га.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки в порівнянні з існуючим варіантом – 214680,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що найбільш ефективною є стрічкова система доставки насіння, яка транспортує насіння від висівного апарата до насінневого ложа, запобігаючи при цьому ударам насінин і пропускам між насінням і насіннєпроводом і, як наслідок, забезпечуючи найкращу рівномірність розподілу насіння.

2. Щоб покращити рівномірність розподілу насіння при високій швидкості руху кукурудзяної сівалки, розроблений механізм точної доставки насіння з приводом від електродвигуна, який складається з вакуумного висівного апарата з приводом від електродвигуна, пристрою подачі насіння з приводним пасом і системи керування.

3. Обґрунтовано конструкцію пристрою для доставки насіння, яка забезпечує подачу насіння механізмом стрічкового типу, що зменшує висоту скиду насінин та швидкість їх падіння, покращуючи рівномірність розподілу насінин.

4. Щоб забезпечити якісну роботу висівної системи сівалки при швидкісній сівбі було розроблено алгоритм роботи системи та підібрано основні робочі компоненти, відповідно до кінематичних та силових вимог, а саме інкодер OMRON E6A2-CW3C для визначення поступальної швидкості сівалки та швидкості обертання приводних електродвигунів і серводвигуни постійного струму 57EBP75ALC-TF0 для приводу висівного апарату та механізму подачі насінин від висівного апарату до борозни.

5. Розглянуто особливості охорони праці при виконанні операції сівби. Безпечне виконання операції сівби досягається добре організованою службою охорони праці на підприємстві. Моделювання небезпечних ситуацій при виконанні даної операції дозволило розробити заходи охорони праці при її виконанні.

6. Застосування удосконаленого агрегата John Deere 6R 110 + John Deere 7000 забезпечує економію коштів в порівнянні з базовим варіантом 289,64 грн./га.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки в порівнянні з існуючим варіантом – 214680,00 грн/рік при обсязі роботи 400 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розробка пневмомеханічного апарата точного висіву з активною комірною спрямованою дією. Монографія / А.І. Бойко, П.С. Попик. – ТОВ «Видавничо-поліграфічний дім «ФОРМАТ», 2017. – 162 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
3. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / [Бойко А.І., Свіреня М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М.]. – К., 2003. – 206 с.
4. Liu, Quanwei, et al. Design and experimental study of seed precise delivery mechanism for high-speed maize planter. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2018, 11.4: 81-87.
5. Li, Yang, et al. Global overview of research progress and development of precision maize planters. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2016, 9.1: 9-26.
6. Great Plains seed meter: <http://www.greatplainsmfg.com/images/AdvertisingImages/CatalogPDFs/1007A-PlanterCatalog.pdf>.
7. White-planter seed meter: <http://www.whiteplanters.com/assets/js/white-planter-9000-series-planters-brochure.pdf>.
8. Vaderstad seed meter: <http://tempoplanter.com/innovations/seed-meter/>
9. Turan J, Višacki V, Mehandžić S, Findura P, Burg Patrik, Sedlar. Sowing quality indicators for a seed drill with overpressure. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2014; 62(6): 1487–1492.
10. Amazone Xpress singling system: <http://www.amazone.net/1265.asp>.
11. Yang L, He X, Cui T, Zhang D X, Zhang R, Wang M T. Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter. Int Agri & Biol Eng, 2015; 8(4): 1–9.
12. Horsch seed meter:
<http://www.horsch.com/us/produkte/saemaschinen/einzelkornsaemaschinen/maestro/maestro-cc/>.

13. Vaderstad's tempo seed meter.
<http://www.vaderstad.com/products/planters>.
14. Becker's seed meter:
<http://www.kongskilde.com/Agriculture/Soil/Seed%20Drills/Pneumatic%20precision%20Drills/BECKER%20AEROMAT%20ADVANCE%208>.
15. Monosem's seed meter: <http://www.monosem.com/News/Products-and-news/MECA-V4E-Metering-unit>.
16. The vSet and vDrive made by Precision Planting:
<http://www.precisionplanting.com/#products/vdrive/>.
17. Kinze seed meter.
<http://www.kinze.com/feature.aspx?id=705&Vacuum+Meters>
18. Tempo V. <http://www.vaderstad.com/products/planters/tempo-v>
19. BullsEye—Time Lapse Truth. Available:
<http://www.precisionplanting.com/#products/bullseye>.
20. SpeedTube. <http://www.precisionplanting.com/#products/speedtube>
21. Brush Belt Delivery System. Available:
https://www.deere.com/en_US/products/equipment/planting_and_seeding_equipment/planters/row_units/exact_emerge_row_unit/exactemerge_row_unit.page
22. Wavevision seed sensor:
<http://www.precisionplanting.com/#products/wavevision/>.
23. BJ8 monitoring system for seeding:
<http://www.huaiyudianzi.com/product/class/?1.html>.
24. Easy adjustment with E-Control:
<http://www.vaderstad.com/offers/automatic-crossboard>.
25. Працехоронні засади у схемах, таблицях і графіках: Посібник / Укл. Войналович О.В. – К.: Основа, 2009. – 88 с.
26. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, С.М. Бондар; За ред. І.І. Мельника. – Ніжин: ТОВ “Видавництво Аспект-Поліграф”, 2005. – 192 с.