

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Ефективність використання техніки при
вирощуванні кукурудзи на зерно з модернізацією
конструкції просапної сівалки**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Гненний Сергій Юрійович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

ДНІПРО – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

EMTP

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 2026 p.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ СТУДЕНТУ

Гненному Сергію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Ефективність використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з модернізацією конструкції просапної сівалки

керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 08.06.2026.

3. Вихідні дані до роботи Сучасний стан вирощування кукурудзи в у світі та Україні на основі статистичних даних. Технології вирощування кукурудзи на зерно в Україні. Вплив якості сівби на врожайність кукурудзи.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Виконати аналіз вирощування кукурудзи у світовому масштабі та її місце в Україні. Розробити техкарту вирощування кукурудзи на зерно. Запропонувати рішення щодо модернізації просапної сівалки. Визначити навантаження, що діють на елементи розробленої конструкції. Висвітлити основні вимоги безпеки при підготовці посівних машин та безпосередньо під час їх експлуатації. Провести економічну оцінку проєкту. Сформувати загальні висновки до проєкту. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Обсяги вирощування, валовий збір та врожайність кукурудзи на зерно (A1).
2. План мехробіт вирощування кукурудзи на зерно (A1)
3. Посівна секція сівалки Kinze-3600 (A1).
4. Рама посівної секції з важелем та опорно-копіювальним колесом (A2)
5. Конус (A4).
6. Важіль колеса лівий (A4)
7. Суміжна втулка (A4).
8. Дистанційна втулка (A4).
9. Економічна ефективність проєкту (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5, нормоконтроль	Макаренко Д. О. доцент		

7. Дата видачі завдання: 10.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз вирощування кукурудзи	до 02.04.2026 р.	
2	Розробка технологічної карти	до 21.04.2026 р.	
3	Модернізація конструкції сівалки	до 13.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 19.05.2026 р.	
5	Економічна ефективність проєкту	до 29.05.2026 р.	
6	Графічна частина	до 05.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Гненний С. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макаренко Д. О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Гненний С. Ю. Ефективність використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно з модернізацією конструкції просапної сівалки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ. Дніпро. 2026.

Встановлено, що кукурудза на зерно є однією із важливих сільськогосподарських культур, як у в цілому у світовому виробництві, так і в Україні. . У 2024 році глобальне виробництво кукурудзи становило близько 1,22 млрд т. При цьому, в цьому ж році, серед найпоширеніших польових культур в Україні були соняшник – 4,947 млн га, пшениця – 4,902 млн га та кукурудза – 4,049 млн га. Встановлено, що в структурі посівних площ України ця культура займає 22...25 %.

Розроблено план механізованих робіт для вирощування кукурудзи на площі 172 га та встановлено, що питома витрата пального за запропонованою технологією становить 43 кг/га. При цьому, планові питомі затрати праці на проведення комплексу робіт дорівнюють 2,6 люд.-год/га. В дипломному проєкті обґрунтовано необхідний склад збирально-транспортної ланки. Запропоновано конструкцію трибоспряження важеля опорно-копіювального колеса сівалки. За прийнятою спрощеною схемою, визначено навантаження, що діє на вузол коливання – 1850 Н. Проведеними перевірочними розрахунками підтверджено працездатність розробленої конструкції та її елементів. Наведено основні вимоги безпеки при підготовці посівних машин та безпосередньо під час їх експлуатації. Економічний ефект від модернізації складає – 125,47 грн/га.

Ключові слова: кукурудза на зерно, рівномірність сівби, опорно-копіювальний механізм, композитні матеріали, підвищення якості сівби.

ЗМІСТ

ВСТУП	<u>7</u>
1. АНАЛІЗ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	<u>9</u>
1.1 Обсяги вирощування кукурудзи на зерно та її місце в загальній структурі	<u>9</u>
1.2 Урожайність кукурудзи на зерно в Україні	<u>14</u>
1.3 Огляд технологій вирощування кукурудзи на зерно	<u>16</u>
1.4 Обґрунтування теми дипломного проєкту	<u>20</u>
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	<u>23</u>
2.1 Обґрунтування складів МТА та основних їх показників роботи	<u>23</u>
2.2 Проектування роботи збиральної техніки та вантажних автомобілів	<u>30</u>
3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ СІВАЛКИ KINZE	<u>35</u>
3.1 Обґрунтування модернізації конструкції сівалки	<u>35</u>
3.2 Розрахунок навантажень, що діють на елементи конструкції	<u>42</u>
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	<u>49</u>
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	<u>53</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>58</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	<u>60</u>
ДОДАТКИ	<u>62</u>

ВСТУП

За даними FAO, у 2023 році кукурудза, пшениця та рис разом забезпечували близько 91 % світового виробництва зернових культур, а збільшення загального виробництва зернових у 2023 році значною мірою було пов'язане саме зі зростанням виробництва кукурудзи. Світове виробництво кукурудзи протягом останніх років залишається на дуже високому рівні. У 2024 році, за матеріалами FAO, глобальне виробництво кукурудзи становило близько 1,22 млрд т, що лише приблизно на 20 млн т менше порівняно з 2023 роком. Це свідчить про те, що навіть за умов кліматичних коливань, зміни цін на ресурси та нестабільності світових ринків кукурудза залишається однією з головних культур світового рослинництва. В Україні кукурудза на зерно також займає одне з провідних місць у структурі посівних площ. Вона входить до групи основних польових культур поряд із пшеницею, соняшником, соєю, ячменем і ріпаком. У 2024 році серед найпоширеніших польових культур в Україні були соняшник – 4,947 млн га, пшениця – 4,902 млн га, кукурудза – 4,049 млн га, соя – 2,655 млн га та ячмінь – 1,412 млн га.

Вирощування кукурудзи на зерно виконують за різноманітними технологіями, кожна з яких має свої особливості, при цьому кожна технологія обов'язково містить технологічну операцію сівби. Якість виконання даної технологічної операції має вагоме значення у формуванні високої врожайності. Тому, забезпечення рівномірності сівби залишається актуальним завданням сьогодення.

Кукурудза на зерно належить до культур, урожайність яких значною мірою залежить від рівномірності розміщення рослин. На відміну від культур суцільного висіву, де певна нерівномірність частково компенсується куццям або густотою стеблостою, кукурудза формує врожай переважно за рахунок продуктивності окремих рослин. Тому кожна рослина повинна мати достатню площу живлення, доступ до світла, вологи та поживних речовин. Якщо під час

сівби допущено пропуски або двійники, це одразу впливає на структуру посіву і майбутню врожайність.

Саме тому, метою дипломного проєкту є підвищення рівномірності сівби просапною сівалкою шляхом модернізації її рухомих з'єднань.

В дипломному проєкті необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз стану вирощування кукурудзи на зерно у світі та Україні, розглянути основні особливості вирощування даної культури.
2. Обґрунтувати технологію вирощування кукурудзи на зерно та основні її складові.
3. Запропонувати модернізацію конструкції посівної секції для підвищення її якісних показників роботи.
4. Розглянути питання охорони праці при використанні модернізованої посівної машини.
5. Проаналізувати економічну ефективність роботи.

1. АНАЛІЗ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

1.1 Обсяги вирощування кукурудзи на зерно та її місце в загальній структурі

Кукурудза на зерно є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світовому землеробстві. Вона займає провідне місце серед зернових культур завдяки високій урожайності, широкому напрямку використання та здатності забезпечувати значні обсяги виробництва зерна з одиниці площі. У світовій структурі виробництва зернових кукурудза разом із пшеницею та рисом формує основну частину продовольчого і кормового балансу. За даними FAO, у 2023 році кукурудза, пшениця та рис разом забезпечували близько 91 % світового виробництва зернових культур, а збільшення загального виробництва зернових у 2023 році значною мірою було пов'язане саме зі зростанням виробництва кукурудзи [1].

Особливістю кукурудзи є те, що вона використовується не тільки як продовольча культура, а й як важлива кормова та технічна сировина. Значна частина зерна спрямовується на годівлю тварин, виробництво комбікормів, крохмалю, спирту, біоетанолу та інших продуктів переробки. Саме тому кукурудза має стратегічне значення не лише для продовольчої безпеки, а й для розвитку тваринництва, переробної промисловості та енергетичного сектору. За даними Our World in Data, які базуються на FAOSTAT, показник виробництва кукурудзи враховує саме кукурудзу, зібрану на сухе зерно, тобто без урахування зеленої маси, силосу або кормового використання у вигляді зеленої культури [2].

Світове виробництво кукурудзи протягом останніх років залишається на дуже високому рівні. У 2024 році, за матеріалами FAO, глобальне виробництво кукурудзи становило близько 1,22 млрд т, що лише приблизно на 20 млн т менше порівняно з 2023 роком. Це свідчить про те, що навіть за умов

кліматичних коливань, зміни цін на ресурси та нестабільності світових ринків кукурудза залишається однією з головних культур світового рослинництва [3].

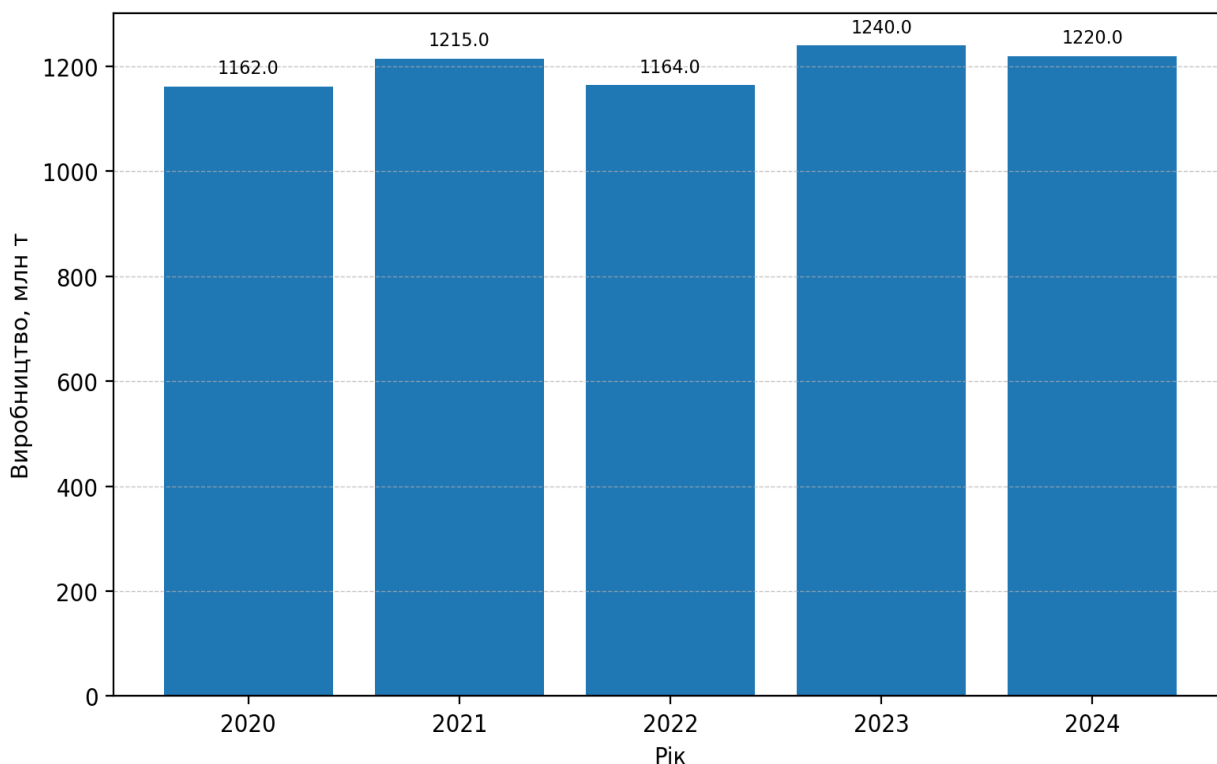


Рисунок 1.1 – Світове виробництво кукурудзи на зерно у 2020–2024 рр.

Створено автором за даними [1–3]

Наведена гістограма показує, що світове виробництво кукурудзи у 2020–2024 роках перебувало на рівні понад 1,1 млрд т щороку. Найбільший показник за наведений період спостерігався у 2023 році, коли виробництво досягло приблизно 1240 млн т. У 2024 році обсяг виробництва дещо зменшився, проте залишився дуже високим. Це підтверджує стабільне значення кукурудзи у світовому балансі зернових культур.

У світовому масштабі основними виробниками кукурудзи є країни з великими площами орних земель, розвиненим машинним землеробством і значним внутрішнім попитом на зерно. До таких країн належать США, Китай, Бразилія, Аргентина, Індія, Мексика та Україна. Для багатьох із них кукурудза є не тільки товарною культурою, а й основою кормової бази для тваринництва.

Водночас Україна відіграє важливу роль саме як експортер кукурудзи, оскільки значна частина вирощеного зерна постачається на зовнішні ринки.

В Україні кукурудза на зерно також займає одне з провідних місць у структурі посівних площ. Вона входить до групи основних польових культур поряд із пшеницею, соняшником, соєю, ячменем і ріпаком. У 2024 році серед найпоширеніших польових культур в Україні були соняшник – 4,947 млн га, пшениця – 4,902 млн га, кукурудза – 4,049 млн га, соя – 2,655 млн га та ячмінь – 1,412 млн га (рис. 1.2).

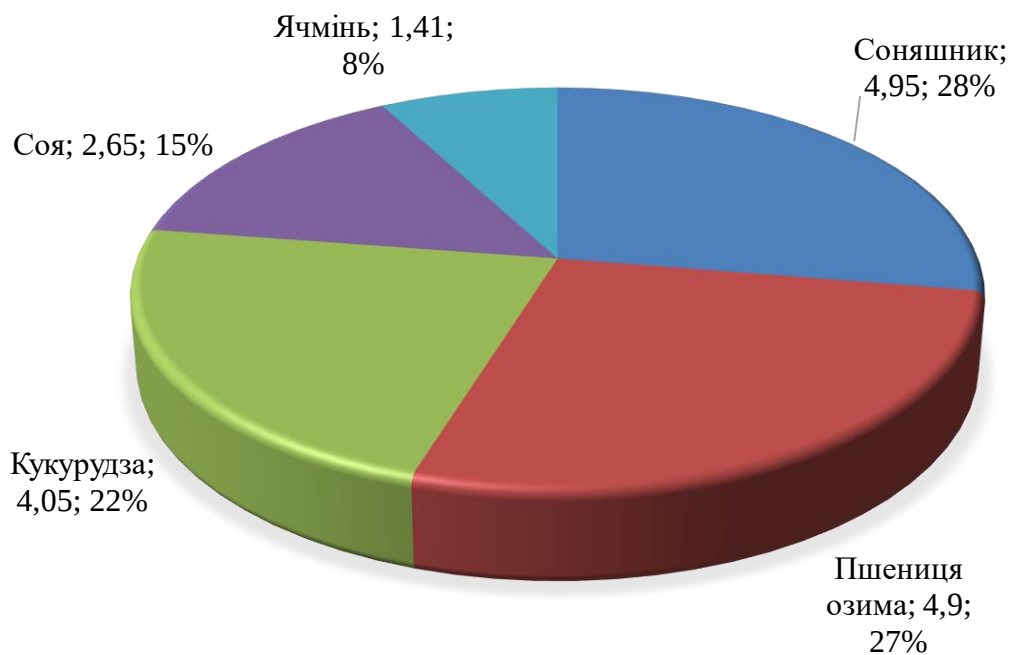


Рисунок 1.2 – Структура посівних площ в Україні у 2024 році

Відповідно до наведеного рис.1.2 очевидно, що кукурудза залишається однією з трьох найбільших культур за площею посіву, поступаючись лише соняшнику та пшениці [4].

Однак після початку повномасштабної війни структура посівних площ в Україні помітно змінилася. Господарства почали більше враховувати логістичні ризики, витрати на сушіння зерна, доступність елеваторних потужностей,

вартість пального та загальну рентабельність культур. У результаті частина виробників почала скорочувати площі під кукурудзою на користь олійних культур, зокрема соняшнику та сої, оскільки вони мають менший обсяг урожаю на одиницю площі і часто простіші в логістиці. За даними [5], зібрана площа кукурудзи в Україні зменшилася з 5481,8 тис. га у 2021 році до 3759,9 тис. га у 2024 році (рис. 1.3).

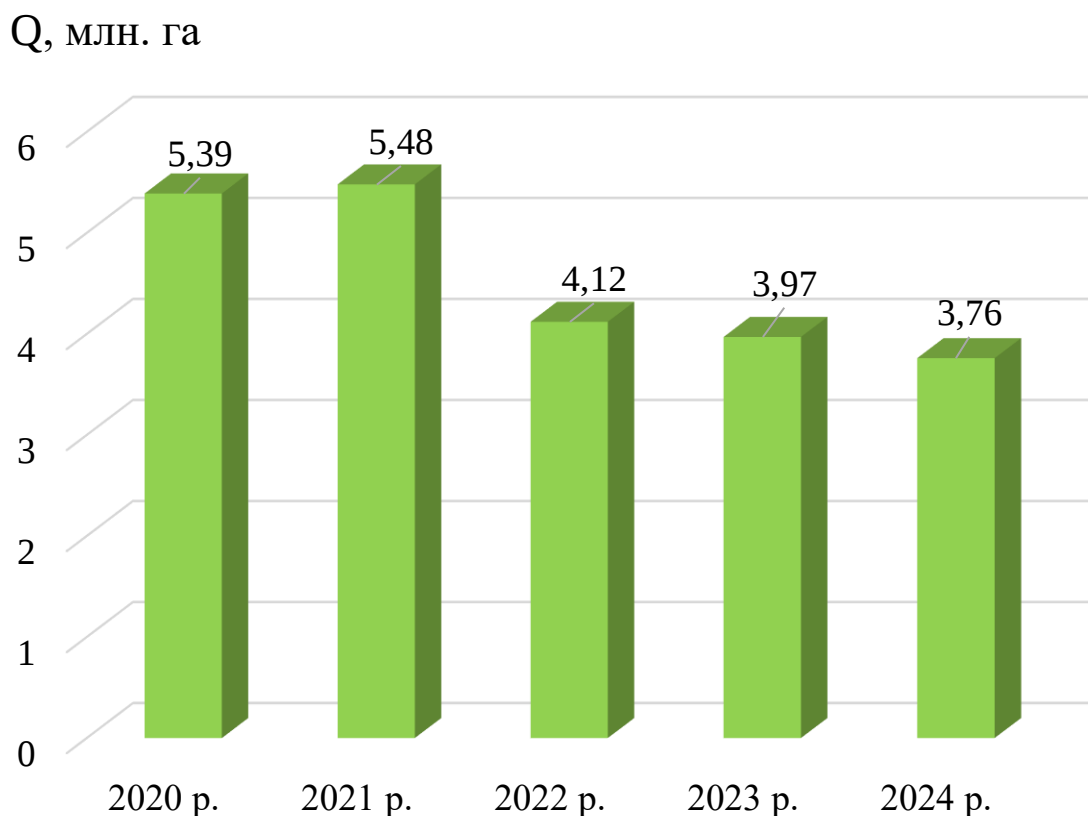


Рисунок 1.3 – Зібрана площа кукурудзи на зерно в Україні у 2020–2024 рр. Побудовано автором за даними [5]

Аналіз зібраних площ показує, що найбільший показник за розглянутий період був у 2021 році – 5481,8 тис. га. Після цього площі поступово скорочувалися. Найбільш різке зменшення відбулося у 2022 році, що було пов'язано з військовими діями, логістичними обмеженнями, зміною економічних умов і високими витратами на післязбиральну доробку зерна. У 2024 році зібрана площа кукурудзи становила 3759,9 тис. га, тобто була значно меншою порівняно з довоєнним 2021 роком.

Незважаючи на зменшення площ, кукурудза залишається важливою культурою для українського аграрного сектору. Її валовий збір у 2021 році досягав 42,1 млн т, що було одним із найвищих показників за аналізований період. У 2022 році, через воєнні дії, проблеми з логістикою, зростання витрат і складні умови збирання, виробництво скоротилося до 26,2 млн т. У 2023 році ситуація частково покращилася, і валовий збір зріс до 31,0 млн т (рис. 1.4). У 2024 році обсяг виробництва, за попередніми даними, становив 24,2 млн т [5].

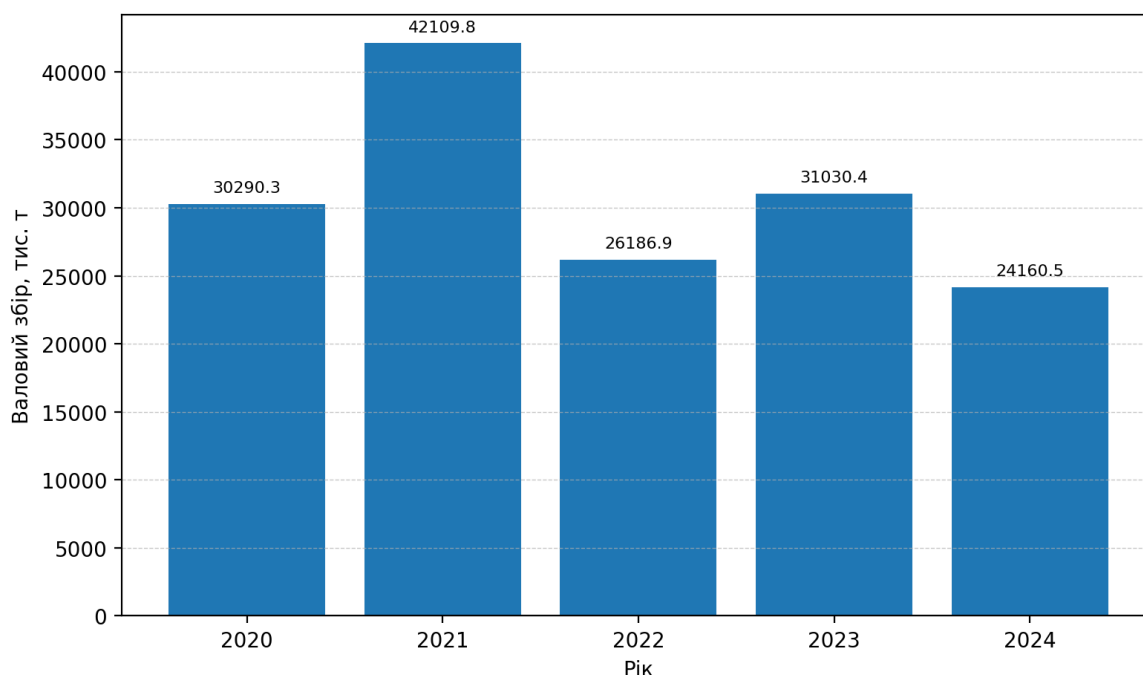


Рисунок 1.4 – Валовий збір кукурудзи на зерно в Україні у 2020–2024 рр.

Побудовано автором за даними [5]

Наведені дані (рис. 1.4) свідчать, що валовий збір кукурудзи в Україні залежить не лише від площі посіву, а й від урожайності. Наприклад, у 2023 році площа була меншою, ніж у 2020 році, але валовий збір був дещо вищим завдяки кращій урожайності. Це підтверджує, що підвищення ефективності технології вирощування, своєчасне виконання операцій і якісна сівба можуть суттєво впливати на кінцевий результат.

Таким чином, кукурудза на зерно є однією з ключових культур як у світі, так і в Україні. У світовому виробництві вона займає провідне місце серед зернових, а в Україні залишається однією з основних експортно орієнтованих культур. При цьому останні роки показали, що ефективність її вирощування

залежить не лише від природно-кліматичних умов, а й від технічного забезпечення господарства, рівня механізації, якості сівби, можливості своєчасного збирання та зменшення виробничих витрат.

1.2 Урожайність кукурудзи на зерно в Україні

Урожайність кукурудзи на зерно в Україні характеризується значними коливаннями за роками. Це пояснюється тим, що дана культура дуже чутлива до забезпечення вологою, температурного режиму, строків сівби, якості виконання технологічних операцій та рівня удобрення. На відміну від деяких зернових культур, кукурудза має тривалий вегетаційний період і формує значну вегетативну масу, тому для реалізації потенціалу врожайності потребує достатнього живлення, вологи та якісного розміщення рослин у рядку.

За останні п'ять років урожайність кукурудзи в Україні змінювалася нерівномірно (рис. 1.5). У 2020 році вона становила 5,62 т/га, у 2021 році зросла до 7,67 т/га, у 2022 році знизилася до 6,35 т/га, у 2023 році досягла 7,81 т/га, а у 2024 році становила 6,43 т/га. Найвищий показник за аналізований період було отримано у 2023 році, коли сприятливіші погодні умови в багатьох регіонах дозволили частково компенсувати скорочення площ [5].

Наведена динаміка показує, що кукурудза має високий потенціал продуктивності, але він реалізується не щороку. Зниження урожайності у 2020 році було пов'язане з посушливими умовами в окремих регіонах, а зменшення показника у 2022 році – не тільки з погодними факторами, а й з ускладненням технологічного забезпечення виробництва в умовах війни. У 2024 році середня врожайність також була нижчою, ніж у 2023 році, що можна пояснити поєднанням погодних ризиків, скороченням інвестицій у технологію та нерівномірністю умов вирощування в різних областях.

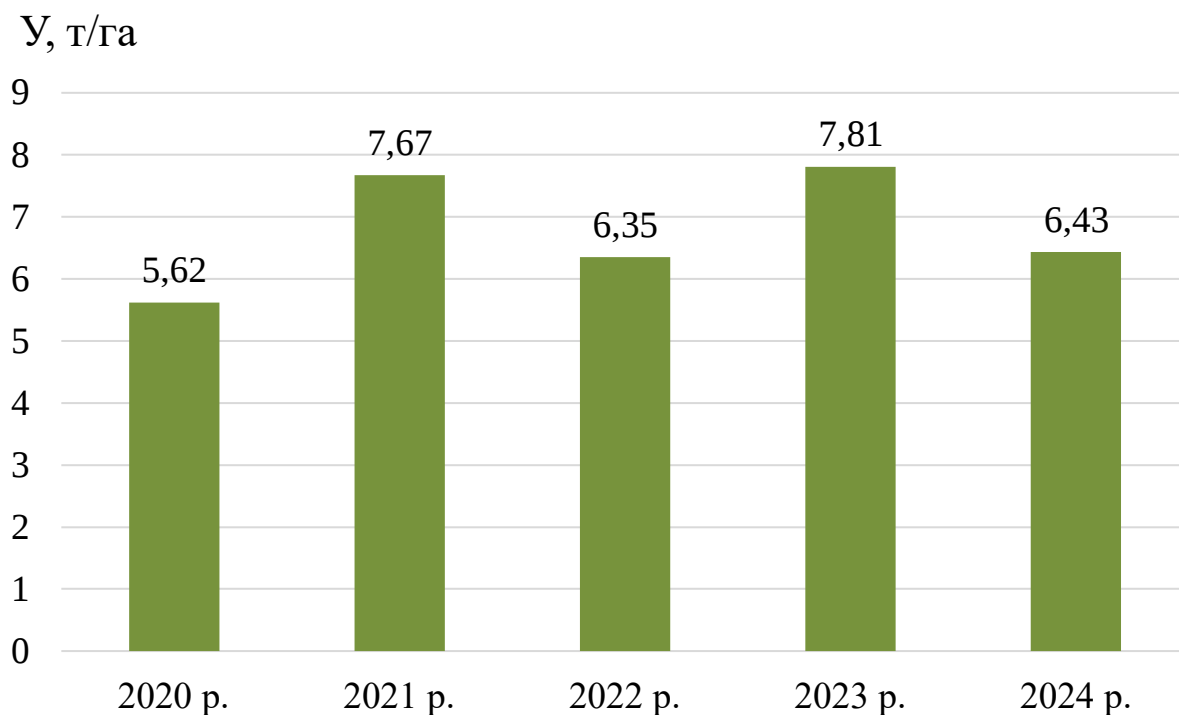


Рисунок 1.5 – Урожайність кукурудзи на зерно в Україні у 2020–2024 рр.

Побудовано автором за даними [5]

На врожайність кукурудзи на зерно впливає велика кількість факторів. До основних належать вибір гібрида, якість насіння, строки сівби, температура ґрунту на момент висіву, запаси продуктивної вологи, система удобрення, густота стояння рослин, захист від бур'янів, шкідників і хвороб, а також якість збирання. Особливо важливим фактором є вологозабезпечення, оскільки кукурудза формує найбільшу потребу у воді в період інтенсивного росту, викидання волоті, цвітіння та наливу зерна. Якщо в цей період рослини відчувають дефіцит вологи, знижується запилення, погіршується налив зерна і, як наслідок, зменшується врожайність.

Серед усіх технологічних операцій особливе значення має сівба. Саме під час сівби формується майбутня густота стояння рослин, рівномірність їх розміщення в рядку та глибина загортання насіння. Для кукурудзи це особливо важливо, оскільки кожна рослина має сформувати повноцінний качан. Якщо під час сівби виникають пропуски, двійники або нерівномірна глибина

загортання насіння, сходи з'являються неодноразово. Рослини, які зійшли пізніше, починають конкурувати з більш розвиненими рослинами за світло, вологу та поживні речовини. У результаті частина рослин формує менший качан або взагалі не реалізує свій продуктивний потенціал.

Важливою є не тільки точність роботи висівного апарата, а й стабільність роботи всієї посівної секції. Сошник повинен витримувати задану глибину, опорне колесо має якісно копіювати поверхню поля, а притискні та загортальні елементи повинні забезпечувати надійний контакт насіння з ґрунтом. Якщо в рухомих з'єднаннях сівалки з'являються люфти внаслідок зношування деталей, секція починає працювати нестабільно. Це може призводити до коливання глибини сівби, погіршення рівномірності загортання насіння і зниження якості формування посівного ложа.

Отже, урожайність кукурудзи залежить не тільки від агрономічних рішень, а й від технічного стану сівалки. Навіть якісне насіння та правильно підібраний гібрид не забезпечать максимальної продуктивності, якщо сівба виконана з порушенням глибини, норми висіву або рівномірності розміщення рослин. Саме тому підвищення точності сівби є одним із ключових напрямів підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно.

1.3 Огляд технологій вирощування кукурудзи на зерно

Технологія вирощування кукурудзи на зерно залежить від природно-кліматичних умов регіону, типу ґрунту, наявності вологи, рівня забезпечення господарства технікою, системи удобрення та економічних можливостей підприємства. В Україні кукурудзу вирощують у різних ґрунтово-кліматичних зонах, тому універсальної технології для всіх областей не існує. У зоні Степу основною проблемою є нестача вологи, у Лісостепу – необхідність поєднання високого рівня продуктивності з раціональними витратами, а в Поліссі – надмірна вологість, низька температура ґрунту та потреба у правильному підборі гібридів за групою стиглості.

Класична технологія вирощування кукурудзи передбачає повний комплекс механічного обробітку ґрунту. Зазвичай вона включає лушення стерні або дискування після попередника, основний обробіток ґрунту, передпосівну культивуацію, внесення добрив, сівбу просапною сівалкою, догляд за посівами та збирання зерна. Основною перевагою класичної технології є те, що вона добре відома більшості господарств і дає змогу якісно підготувати посівне ложе. За достатнього забезпечення вологою, добривами та засобами захисту рослин така технологія може забезпечувати високі врожаї. Недоліком є значна кількість проходів техніки по полю, високі витрати пального, більша потреба в робочому часі та ризик пересушування верхнього шару ґрунту.

Мінімальна технологія вирощування передбачає скорочення кількості обробітків ґрунту. Замість оранки можуть застосовуватися дискові борони, чизельні агрегати, глибокорозпушувачі або комбіновані ґрунтообробні машини. Такий підхід дозволяє зменшити витрати пального, скоротити час підготовки поля і краще зберегти вологу. Мінімальна технологія особливо актуальна для зон недостатнього зволоження, де кожна зайва операція обробітку може призводити до втрати вологи з ґрунту. Разом із тим вона потребує якісного контролю бур'янів, правильної роботи сівалки в умовах наявності рослинних решток і достатнього рівня агрономічного супроводу.

Технологія Strip-till є одним із перспективних напрямів вирощування кукурудзи на зерно. Її суть полягає в тому, що обробляється не вся поверхня поля, а лише вузька смуга, у яку потім висівається насіння. Міжряддя залишаються необробленими або мінімально порушеними, що сприяє збереженню вологи, зменшенню ерозії та зниженню витрат пального. Для кукурудзи ця технологія є досить ефективною, оскільки культура висівається широкорядним способом, і створення якісної обробленої смуги в зоні рядка забезпечує добрі умови для розвитку кореневої системи. Недоліком Strip-till є потреба у спеціалізованій техніці, точній навігації та якісному внесенні добрив у смугу.

No-till технологія передбачає сівбу кукурудзи без попереднього механічного обробітку ґрунту. Насіння висівається безпосередньо в необроблений ґрунт із пожнивними рештками на поверхні. Основними перевагами цієї технології є максимальне збереження вологи, зменшення ерозії, скорочення витрат пального та зниження кількості проходів техніки по полю. Водночас No-till висуває дуже високі вимоги до сівалки. Посівна секція повинна стабільно працювати в умовах великої кількості рослинних решток, забезпечувати прорізання поверхневого шару, витримування глибини сівби і якісне закриття борозни. Крім того, така технологія потребує добре продуманої сівозміни та ефективної системи гербіцидного захисту.

У зоні Степу, де часто спостерігається дефіцит вологи, найбільш доцільним є застосування технологій, які зменшують втрати ґрунтової вологи. До них можна віднести мінімальний обробіток, Strip-till і No-till. У таких умовах основна увага приділяється накопиченню та збереженню вологи, вибору посухостійких гібридів, оптимальній густоті стояння рослин і точному розміщенню насіння. Надмірна кількість механічних операцій може бути небажаною, оскільки вона підвищує випаровування вологи та збільшує витрати пального.

У Лісостепу умови для вирощування кукурудзи загалом сприятливіші, оскільки тут частіше спостерігається кращий баланс тепла і вологи. У цій зоні можуть ефективно застосовуватися як класична, так і мінімальна технологія, а також Strip-till. Вибір конкретної системи залежить від ґрунтів, попередника, наявної техніки та рівня забезпечення добривами. Для Лісостепу важливим завданням є не тільки отримання високої врожайності, а й зменшення собівартості виробництва, тому ресурсозберігаючі технології мають значну перспективу.

У зоні Полісся вирощування кукурудзи має свої особливості. Тут частіше трапляються перезволожені ґрунти, повільніше прогрівання навесні та підвищена кислотність. Тому важливого значення набувають вибір гібридів з відповідною групою стиглості, оптимальні строки сівби та якісна підготовка

грунту. У таких умовах класична або мінімальна технологія часто може бути ефективнішою, ніж повний No-till, особливо на важких і холодних ґрунтах. Разом із тим на добре окультурених ґрунтах з правильною сівозміною можуть застосовуватися й елементи ресурсозберігаючих технологій.

Узагальнену інформацію щодо використання різного обробітку ґрунту та його ефективність при вирощуванні кукурудзи на зерно наведено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Вплив обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи на зерно

Для умов України обробіток ґрунту під кукурудзу на зерно потрібно вибирати з урахуванням зони вирощування. У посушливих умовах доцільно зменшувати кількість проходів техніки і застосовувати ресурсозберігаючі системи, які краще утримують вологу. На важких або ущільнених ґрунтах ефективними залишаються оранка або глибоке розпушування. Для сучасних господарств перспективними є мінімальний обробіток і strip-till, але їх ефективність значною мірою залежить від якості сівки, системи удобрення, захисту рослин і технічного стану посівної техніки.

Отже, кожна технологія вирощування кукурудзи на зерно має свої переваги та недоліки. Класична технологія забезпечує добру підготовку ґрунту,

але є більш затратною. Мінімальна технологія дозволяє скоротити витрати і зберегти вологу, однак потребує якісного захисту від бур'янів. Strip-till поєднує переваги смугового обробітку та ресурсозбереження, але вимагає спеціалізованої техніки. No-till забезпечує найменше механічне втручання в ґрунт, але потребує високої культури землеробства та надійної сівалки. У всіх випадках якість сівби залишається одним із головних факторів, що визначає рівномірність сходів і подальшу продуктивність посіву.

1.4 Обґрунтування теми дипломного проєкту

Кукурудза на зерно належить до культур, урожайність яких значною мірою залежить від рівномірності розміщення рослин. На відміну від культур суцільного висіву, де певна нерівномірність частково компенсується кущенням або густотою стеблостою, кукурудза формує врожай переважно за рахунок продуктивності окремих рослин. Тому кожна рослина повинна мати достатню площу живлення, доступ до світла, вологи та поживних речовин. Якщо під час сівби допущено пропуски або двійники, це одразу впливає на структуру посіву і майбутню врожайність.

Якість сівби визначається кількома основними показниками: дотриманням норми висіву, рівномірністю розміщення насіння в рядку, стабільністю глибини загортання, якістю закриття посівної борозни і забезпеченням контакту насіння з ґрунтом. Для кукурудзи особливо важливо, щоб насіння було загорнуте на однакову глибину. Якщо частина насіння розміщена мілко, а частина – глибше, сходи з'являються нерівномірно. Рослини, які відстають у розвитку з перших фаз, надалі вже не можуть повністю наздогнати основний посів і часто формують менший качан.

Просапна сівалка Kinze-3600 призначена для точного висіву просапних культур, зокрема кукурудзи. Її посівні секції повинні забезпечувати стабільне копіювання поверхні поля, точне дозування насіння і витримувати заданої глибини сівби. Одним із важливих елементів роботи секції є рухомі з'єднання

важелів, зокрема вузли, пов'язані з роботою опорного колеса сошника. Саме через ці елементи забезпечується переміщення робочих органів секції відносно рами та копіювання мікрорельєфу поля.

У процесі експлуатації сівалки рухомі з'єднання працюють у складних умовах. На них діють змінні навантаження, пил, частинки ґрунту, пісок, залишки рослин і волога. У традиційних конструкціях такі вузли часто виконуються зі сталевими деталями, які потребують періодичного мащення. Проте в реальних умовах експлуатації технічне обслуговування не завжди виконується своєчасно. Крім того, мастило може утримувати пил і абразивні частинки, через що в зоні тертя утворюється суміш, яка прискорює зношування деталей.

Поступове зношування сталевих деталей рухомого з'єднання призводить до появи зазорів і люфтів. Для сівалки це є небажаним явищем, оскільки навіть незначний люфт у вузлах посівної секції може впливати на стабільність роботи сошника та опорного колеса. У результаті погіршується копіювання поверхні поля, змінюється глибина загортання насіння, знижується рівномірність сходів і погіршується загальна якість сівби. Тому підвищення довговічності таких вузлів має не тільки технічне, а й агрономічне значення.

Одним із перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування полімерно-композитних матеріалів у рухомих з'єднаннях сівалки. Такі матеріали можуть працювати в умовах сухого тертя, не потребують постійного мащення і мають добрі антифрикційні властивості. Їх застосування дозволяє зменшити інтенсивність зношування, скоротити кількість операцій технічного обслуговування, знизити простой техніки під час посівної кампанії та підвищити ресурс роботи вузла.

У межах дипломного проєкту пропонується модернізувати конструкцію рухомого з'єднання важеля опорного колеса сошника сівалки Kinze-3600 шляхом заміни окремих сталевих деталей на деталі, виготовлені з полімерно-композитних матеріалів. Таке рішення спрямоване на підвищення довговічності вузла, зменшення потреби в мащенні та покращення стабільності роботи

посівної секції. Особливо актуальним це є в умовах інтенсивного використання сівалки на великих площах, коли від надійності кожного вузла залежить своєчасність виконання сівби.

Таким чином, модернізація рухомого з'єднання важеля опорного колеса сошника має практичне значення для підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні кукурудзи на зерно. Запропоноване технічне рішення дозволяє поєднати агрономічну потребу в точній сівбі з інженерним завданням підвищення довговічності та надійності сівалки. Це створює передумови для зменшення експлуатаційних витрат, скорочення простоїв і забезпечення більш стабільної якості сівби, що в кінцевому підсумку може позитивно впливати на урожайність кукурудзи.

Саме тому, метою дипломного проєкту є підвищення рівномірності сівби просапною сівалкою шляхом модернізації її рухомих з'єднань.

В дипломному проєкті необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз стану вирощування кукурудзи на зерно у світі та Україні, розглянути основні особливості вирощування даної культури.
2. Обґрунтувати технологію вирощування кукурудзи на зерно та основні її складові.
3. Запропонувати модернізацію конструкції посівної секції для підвищення її якісних показників роботи.
4. Розглянути питання охорони праці при використанні модернізованої посівної машини.
5. Проаналізувати економічну ефективність роботи.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

2.1 Обґрунтування складів МТА та основних їх показників роботи

Складання технологічної карти є одним із основних етапів проектування технології вирощування сільськогосподарської культури. У цій карті послідовно відображають усі механізовані операції, які необхідно виконати від підготовки ґрунту до збирання врожаю [7, 8]. В дипломному проєкті технологічна карта розробляється для вирощування кукурудзи на зерно на площі 172 га з плановою врожайністю 7,9 т/га.

Очікуваний валовий збір зерна визначаємо як добуток площі вирощування на планову врожайність:

$$Q_{\text{зерна}} = F \cdot U = 172 \cdot 7,9 = 1358,8 \text{ т}$$

Отже, за дотримання прийнятої технології вирощування господарство може отримати близько 1358,8 т зерна кукурудзи.

Перед складанням технологічної карти насамперед визначають перелік основних операцій, які необхідні для вирощування культури. Для кукурудзи на зерно за прийнятою традиційною технологією до таких операцій належать: оранка, внесення мінеральних добрив, культивація, внесення карбаміду, передпосівна культивація, сівба, внесення гербіциду, внесення інсектициду з прилипачем, авіаційне обприскування та збирання врожаю [7, 8].

Кожна операція вноситься до технологічної карти окремим рядком. Для неї вказують агротехнічні строки, одиницю виміру, обсяг робіт, склад машинно-тракторного агрегату, продуктивність, кількість агрегатів, витрати пального, затрати праці та кількість нормо-змін [7, 8]. Такий підхід дає можливість не тільки описати технологію вирощування, а й оцінити потребу господарства в техніці, пальному, працівниках і матеріалах.

Перші графи технологічної карти заповнюють на основі прийнятої технології вирощування. У них записують назву операції, агротехнічний строк

її виконання, одиницю виміру та загальний обсяг робіт. Якщо технологічна операція виконується на всій площі посіву, то її обсяг приймають рівним площі вирощування, тобто 172 га. Це стосується оранки, культивації, сівби, внесення гербіциду, інсектициду та інших польових операцій.

Таблиця 2.1 – Інформація щодо складів основних МТА при вирощування кукурудзи на зерно

№	Технологічна операція	Прийнятий склад МТА	Основне обґрунтування
1	Оранка	John Deere 8335R + LEMKEN Diamant 11	Висока потужність трактора відповідає енергоємній операції основного обробітку ґрунту.
2	Внесення NPK	MT3-82.1 + AMAZONE ZA-M 3000	Агрегат достатній для розкидання мінеральних добрив із нормою 200 кг/га.
3	Культивація	John Deere 8335R + HORSCH Terrano FM 8	Ширина захвату 8 м забезпечує високу продуктивність обробітку.
4	Внесення карбаміду	MT3-82.1 + AMAZONE ZA-M 3000	Доцільно використовувати той самий агрегат, що й для внесення NPK.
5	Передпосівна культивація	John Deere 8335R + КПСО-10	Агрегат забезпечує підготовку посівного ложа перед сівбою.
6	Сівба кукурудзи	John Deere 8335R + Kinze-3600	16-рядна сівалка забезпечує точний висів і високу продуктивність.
7	Обприскування	John Deere 6110M + AMAZONE UX 4200	Штанга 27 м і достатня місткість бака підходять для захисту посівів.
8	Збирання врожаю	John Deere S670 + Capello Quasar F8	8-рядна жатка відповідає параметрам збирання кукурудзи.

Для збирання врожаю обсяг робіт можна вказувати як у гектарах, так і в тонах, оскільки фактично комбайн збирає площу, але результат роботи

пов'язаний із масою зерна. У даному випадку площа збирання становить 172 га, а очікувана маса зерна – 1358,8 т.

Наступним етапом є підбір складу машинно-тракторних агрегатів. Машини підбирають залежно від виду операції, потрібної ширини захвату, тягового класу або потужності трактора, а також продуктивності, яку потрібно забезпечити в межах агротехнічних строків.

Для енергоємних операцій, таких як оранка, культивація та сівба широкозахватною сівалкою, доцільно використовувати трактор високої потужності. У технологічній карті для таких операцій прийнято трактор John Deere 8335R, який агрегується з плугом LEMKEN Diamant 16, культиватором КПСО-10 та просапною сівалкою Kinze-3600.

Для внесення мінеральних добрив використовується агрегат меншої потужності: МТЗ-82.1 + AMAZONE ZA-M 3000, оскільки ця операція не потребує такого високого тягового зусилля, як основний обробіток ґрунту. Для хімічного захисту посівів підібрано агрегат John Deere 6110M + AMAZONE UX 4200, який забезпечує необхідну ширину захвату штанги та достатню місткість бака для виконання обприскування.

Після вибору складів МТА визначають норми виробітку або продуктивність агрегатів. Норма виробітку може прийматися за типовими нормативами, даними господарства або технічними характеристиками агрегату. Якщо норма виробітку задана в гектарах за зміну, то годинну продуктивність визначають діленням змінного виробітку на тривалість зміни:

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}} \quad (2.1)$$

де $W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год; $W_{зм}$ – норма виробітку агрегату за зміну, га/зм; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Для звичайних польових робіт тривалість зміни зазвичай приймають 7 год, а для робіт із засобами захисту рослин або добривами – 6 год, оскільки такі операції мають підвищені вимоги до безпеки праці та організації роботи.

Наприклад, якщо для сівби кукурудзи агрегатом John Deere 8335R + Kinze-3600 прийнято змінний виробіток 70 га/зм, то годинна продуктивність становитиме:

$$W_{\text{год}} = 70 / 7 = 10,0 \text{ га/год}$$

Це означає, що за одну годину змінного часу агрегат може засіяти приблизно 10 га. За таким самим принципом визначають продуктивність інших агрегатів.

Після цього розраховують добовий виробіток агрегату. Він залежить від годинної продуктивності та тривалості роботи протягом доби. Якщо господарство працює у дві зміни, то для звичайних польових робіт тривалість роботи протягом доби можна приймати 14 год, а для операцій із добривами та пестицидами – 12 год. Добовий виробіток визначають за формулою:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}} \quad (2.2)$$

де $W_{\text{доб}}$ – добовий виробіток агрегату, га/добу; $T_{\text{доб}}$ – тривалість роботи агрегату протягом доби, год.

Для сівби кукурудзи за годинної продуктивності 10,0 га/год і тривалості роботи 14 год добовий виробіток становитиме:

$$W_{\text{доб}} = 10,0 \cdot 14 = 140 \text{ га/добу}$$

Отже, один агрегат за добу може засіяти близько 140 га. Для площі 172 га цього достатньо, щоб виконати сівбу у встановлені агротехнічні строки.

Далі визначають необхідну кількість агрегатів для кожної операції. Цей показник залежить від загального обсягу робіт, добового виробітку одного агрегату та кількості днів, відведених на виконання операції. Розрахунок виконують за формулою [8]:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p} \quad (2.3)$$

де n – необхідна кількість агрегатів, од.; Q – загальний обсяг робіт, га; $W_{\text{доб}}$ – добовий виробіток одного агрегату, га/добу; D – допустима тривалість виконання операції, діб.

Для сівби кукурудзи на площі 172 га, якщо добовий виробіток становить 140 га/добу, а агрострок виконання приймається 3 доби, кількість агрегатів буде:

$$n = \frac{172}{140 \cdot 3} = 0,41$$

Після округлення приймаємо 1 агрегат. Це означає, що одного агрегату John Deere 8335R + Kinze-3600 достатньо для своєчасного виконання сівби на заданій площі.

Після визначення кількості агрегатів у технологічній карті зазначають кількість працівників. Для більшості операцій достатньо одного механізатора, який керує агрегатом. Додаткові працівники можуть залучатися для допоміжних операцій, наприклад завантаження сівалки насінням, підвезення добрив, приготування робочого розчину для обприскування або обслуговування техніки.

Питомі затрати праці визначають за формулою:

$$H_n = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.4)$$

де H – питомі затрати праці, люд.-год/га; m – кількість працівників, які обслуговують агрегат; $W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Якщо сівбу виконує один механізатор, а продуктивність агрегату становить 10,0 га/год, то питомі затрати праці дорівнюють:

$$H = 1 / 10,0 = 0,10 \text{ люд.-год/га}$$

Загальні затрати праці на виконання операції визначають множенням питомих затрат праці на площу:

$$H_{\text{заг}} = H \cdot Q$$

$$H_{\text{заг}} = 0,10 \cdot 172 = 17,2 \text{ люд.-год}$$

Отже, для виконання сівби на площі 172 га потрібно приблизно 17,2 люд.-год роботи механізатора.

Важливою частиною складання технологічної карти є визначення витрат пального. Питому витрату пального приймають за нормативами господарства, типовими довідниками або результатами фактичного обліку. Якщо витрата пального подана в літрах на гектар, її можна перевести у кілограми, використовуючи густину дизельного пального.

Загальну витрату пального визначають за формулою:

$$G = g \cdot Q \quad (2.5)$$

де G – загальна витрата пального, кг; g – питома витрата пального, кг/га; Q – обсяг робіт, га.

Наприклад, якщо для сівби прийнята питома витрата пального 4,0 кг/га, то загальна витрата становитиме:

$$G = 4,0 \cdot 172 = 688 \text{ кг}$$

Отже, для виконання сівби кукурудзи на всій площі потрібно близько 688 кг дизельного пального.

Кількість нормо-змін визначають як відношення загального обсягу робіт до норми виробітку агрегату за зміну:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{год}} = \frac{Q}{W_{зм}} \quad (2.6)$$

де $H_{зм}$ – кількість нормо-змін; Q – обсяг робіт, га; $W_{зм}$ – змінний виробіток агрегату, га/зм.

Для сівби кукурудзи при площі 172 га і змінному виробітку 70 га/зм:

$$H_{зм} = \frac{172}{70} = 2,46 \text{ нормо-зміни}$$

Отже, для проведення сівби потрібно приблизно 2,46 нормо-зміни.

Окремо в технологічній карті розраховують потребу в матеріалах. Для добрив, насіння і препаратів потребу визначають множенням норми внесення або висіву на площу. Отримані значення заносять у технологічну карту або в окрему таблицю потреби в матеріалах.

$$\text{Комплексні мінеральні добрива NPK: } Q_{NPK} = 172 \cdot 200 = 34400 \text{ кг} = 34,4 \text{ т}$$

Карбамід: $Q_{\text{карбамід}} = 172 \cdot 320 = 55040 \text{ кг} = 55,04 \text{ т}$

Посівний матеріал: $Q_{\text{насін}} = 172 \cdot 88 = 15136 \text{ тис.нас.} = 15,136 \text{ млн.нас.}$

Гербіцид Харнес: $Q_{\text{герб}} = 172 \cdot 2,3 = 395,6 \text{ л}$

Інсектицид Майстер: $Q_{\text{інсек}} = 172 \cdot 1,25 = 215 \text{ л}$

Прилипач Біопауер: $Q_{\text{прилипач}} = 172 \cdot 0,15 = 25,8 \text{ л}$

Інсектицид для авіаобприскування: $Q_{\text{авіаобпр.}} = 172 \cdot 1 = 172 \text{ л}$

Після виконання всіх розрахунків формується повний план механізованих робіт (додаток А). У ньому відображено, які операції потрібно виконати, у які строки, якою технікою, з якими витратами пального, праці та матеріалів. Така карта дозволяє заздалегідь оцінити потребу господарства в техніці, працівниках, пальному, насінні, добривах і засобах захисту рослин.

Крім того, технологічна карта дає змогу перевірити, чи достатньо одного агрегату для виконання кожної операції у встановлені строки, і чи не виникатимуть затримки під час проведення основних польових робіт. Це особливо важливо для сівби кукурудзи, оскільки несвоєчасне її виконання може призвести до нерівномірних сходів і зниження урожайності.

Таким чином, технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно на площі 172 га є основою для організації виробничого процесу. Вона поєднує агротехнічні вимоги до культури з технічними можливостями машинно-тракторного парку. У розробленій карті передбачено використання таких основних складів МТА: John Deere 8335R + LEMKEN Diamant 11 для оранки, Belarus 82.1 + AMAZONE ZA-M 3000 для внесення мінеральних добрив, John Deere 8335R + HORSCH Terrano FM 8 для культивації, John Deere 8335R + Kinze-3600 для сівби, John Deere 6110M + AMAZONE UX 4200 для обприскування та John Deere S670 + Capello Quasar F8 для збирання врожаю.

Правильне складання технологічної карти дозволяє забезпечити своєчасне виконання всіх операцій, зменшити простой техніки, раціонально використати ресурси та створити умови для отримання запланованої урожайності кукурудзи на зерно.

2.2 Проектування роботи збиральної техніки та вантажних автомобілів

Розв'язання логістичних питань під час організації збирально-транспортних робіт дає змогу зменшити простої комбайнів і раціональніше використовувати наявний транспорт. Для цього насамперед необхідно встановити основні техніко-технологічні показники роботи кожної складової збирально-транспортної ланки.

Мета розрахунку полягає у визначенні такої кількості автомобілів, яка забезпечить своєчасне відвезення зерна від комбайна до місця зберігання без значних простоїв техніки. Розрахунок виконано для комбайна John Deere S670 та автомобілів МАЗ-6501, які можуть прийняти два бункери комбайна за один рейс. Відстань перевезення прийнята 5 км.

Кількість збиральних машин розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}, \quad (2.7)$$

де n – чисельність збиральних, од.;

Q – площа збирання кукурудзи на зерно;

$W_{\text{доб}}$ – виробіток за добу, приймаємо $W_{\text{доб}} = 23 \text{ га}$.

D_p – плановий термін збирання врожаю – 10 днів.

Для вказаних даних, маємо:

$$n = \frac{172}{23 \cdot 10} = 0,74 \approx 1$$

Добовий обсяг зерна, який необхідно перевезти від комбайна до місця зберігання, визначаємо за формулою:

$$M = W_{\text{доб}} \cdot q \cdot n, \quad (2.8)$$

Підставивши неведені дані, отримаємо:

$$M = 23 \cdot 7,9 \cdot 1 = 181,7 \text{ т}$$

Маса зерна в одному повному бункері комбайна зерна кукурудзи становитиме:

$$q_6 = 10,6 \cdot 0,75 = 7,95 \text{ т}$$

Оскільки автомобіль МАЗ-6501 за умовою номінальної вантажопідйомності, може прийняти два бункери комбайна, маса зерна в одному рейсі становитиме – 15,90 т

Час наповнення одного бункера визначається з урахуванням маси зерна в бункері, масової продуктивності комбайна та коефіцієнта, який враховує холості ходи і короткочасні зупинки:

$$t_6 = (q_6 / Q_k) \cdot 60 \cdot k \quad (2.9)$$

$$t_6 = (7,95 / 18,17) \cdot 60 \cdot 1,1 = 28,9 \text{ хв}$$

Отже, бункер комбайна John Deere S670 при збиранні кукурудзи урожайністю 7,9 т/га наповнюється приблизно за 28,9 хв.

Оскільки автомобіль завантажується двома бункерами, потрібно врахувати час вивантаження першого бункера, очікування наповнення другого бункера та час його вивантаження в кузов автомобіля:

$$t_{зав} = 3 + 28,9 + 3 = 34,9 \text{ хв}$$

Таким чином, повне завантаження автомобіля МАЗ-6501 двома бункерами комбайна триває приблизно 34,9 хв.

Час руху автомобіля від поля до місця зберігання і назад визначаємо з урахуванням відстані перевезення, технічної швидкості руху та коефіцієнта використання пробігу:

$$t_{рух} = \frac{62,5 \cdot l_z}{v_z \cdot \alpha_n}, \quad (2.10)$$

$$t_{рух} = \frac{62,5 \cdot 5}{25 \cdot 0,5} = 25 \text{ хв}$$

Отже, за відстані перевезення 5 км час руху автомобіля в обидва напрямки становить 25 хв.

Повний цикл роботи автомобіля включає завантаження зерном, рух у двох напрямках, контрольно-вагові операції та вивантаження зерна на місці зберігання:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{роз}}, \quad (2.11)$$

$$t_{\text{ц}} = 25 + 34,9 + 5 + 3,5 = 68,4 \text{ хв}$$

Отже, тривалість одного повного рейсу автомобіля МАЗ-6501 становить приблизно 68,4 хв.

Кількість автомобілів для забезпечення безперервної роботи комбайна визначаємо як відношення тривалості циклу автомобіля до часу його завантаження:

$$n_a = 68,4 / 34,9 = 1,95$$

Після округлення приймаємо два автомобілі МАЗ-6501. За відстані перевезення 5 км двох автомобілів достатньо для узгодженої роботи з одним комбайном John Deere S670.

Загальна кількість рейсів для перевезення всього урожаю визначається діленням валового збору зерна на масу зерна, що перевозиться за один рейс:

$$n_p^{\text{заг}} = \frac{U}{Q_z}, \quad (2.12)$$

$$n_p^{\text{заг}} = \frac{1358,8}{15,9} = 85,46$$

Після округлення приймаємо 86 рейсів. Якщо використовується два автомобілі, то на кожен автомобіль припадає орієнтовно 43,0, тобто близько 43 рейсів за весь період збирання.

Загальна відстань одного рейсу в обидва напрямки визначається з урахуванням коефіцієнта використання пробігу:

$$L_{\text{рейс}} = 5 / 0,5 = 10,0 \text{ км}$$

Сумарний пробіг автомобілів для перевезення всього урожаю становить:

$$L = \frac{n_p^{заг} \cdot l_z}{\alpha_n} = \frac{80 \cdot 7}{0,5} = 1120 \text{ км} \quad (2.13)$$

$$L_{\Sigma} = 86 \cdot 10,0 = 860,0 \text{ км}$$

Отже маємо:

$$L = \frac{n_p^{заг} \cdot l_z}{\alpha_n} = \frac{86 \cdot 5}{0,5} = 860 \text{ км}$$

Транспортну роботу визначаємо як добуток маси перевезеного зерна на відстань перевезення з вантажем:

$$A = 1358,8 \cdot 5 = 6794 \text{ т} \cdot \text{км}$$

Загальна витрата пального складається з витрат на пробіг автомобілів та додаткових витрат, пов'язаних із транспортною роботою:

$$W_{\phi} = \frac{q_l \cdot L_{\Sigma} + q_{m \cdot км} \cdot P}{100}, \quad (2.14)$$

$$W_{\phi} = \frac{40 \cdot 860,0 + 1,3 \cdot 6794}{100} = 432,3 \text{ л}$$

У перерахунку на кілограми витрата пального становить – 358,8 кг.

Питома витрата пального на 1 т перевезеного зерна визначається за формулою:

$$q_{(m)} = 241,4 / 1358,8 = 0,264 \text{ кг/т}$$

Висновки до розділу.

У роботі визначено основні складові плану механізованих робіт для вирощування кукурудзи на площі 172 га. За результатами проведених розрахунків встановлено, що питома витрата пального за запропонованою технологією становить 43 кг/га. Загальна потреба в паливі для виконання всіх передбачених технологічних операцій складає 7077 кг. При цьому, планові питомі затрати праці на проведення комплексу робіт дорівнюють 2,6 люд.-год/га.

За результатами розрахунків встановлено, що для збирання кукурудзи на зерно на площі 172 га з урожайністю 7,9 т/га достатньо одного комбайна John Deere S670 з продуктивністю 2,3 га/год. Добова продуктивність комбайна становить 23 га/добу, а добовий намот – 181,7 т зерна. Автомобіль МАЗ-6501 може прийняти два бункери комбайна, тобто приблизно 15,9 т зерна за один рейс. За відстані перевезення 5 км тривалість одного рейсу становить 68,4 хв, а розрахункова потреба в автомобілях дорівнює 2 од. Загальна кількість рейсів для перевезення врожаю становить 86, сумарний пробіг автомобілів – 860 км, транспортна робота – 6794 т·км, а витрата пального на перевезення – близько 432 л, або 358,8 кг дизельного пального.

3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ СІВАЛКИ KINZE

3.1 Обґрунтування модернізації конструкції сівалки

Сівалки точного висіву призначені для рівномірного висівання насіння просапних культур із заданим інтервалом між насінинами в рядку та на встановлену глибину. Їх використовують для сівби кукурудзи, соняшнику, сої, цукрових буряків та інших культур, де важливо забезпечити однакову площу живлення для кожної рослини. Такі сівалки дозволяють точніше розміщувати насіння в ґрунті, зменшувати його перевитрату, покращувати рівномірність сходів і створювати кращі умови для подальшого росту та розвитку рослин.

На рисунку 3.1 показано посівну секцію сівалки Kinze з основними конструктивними елементами.

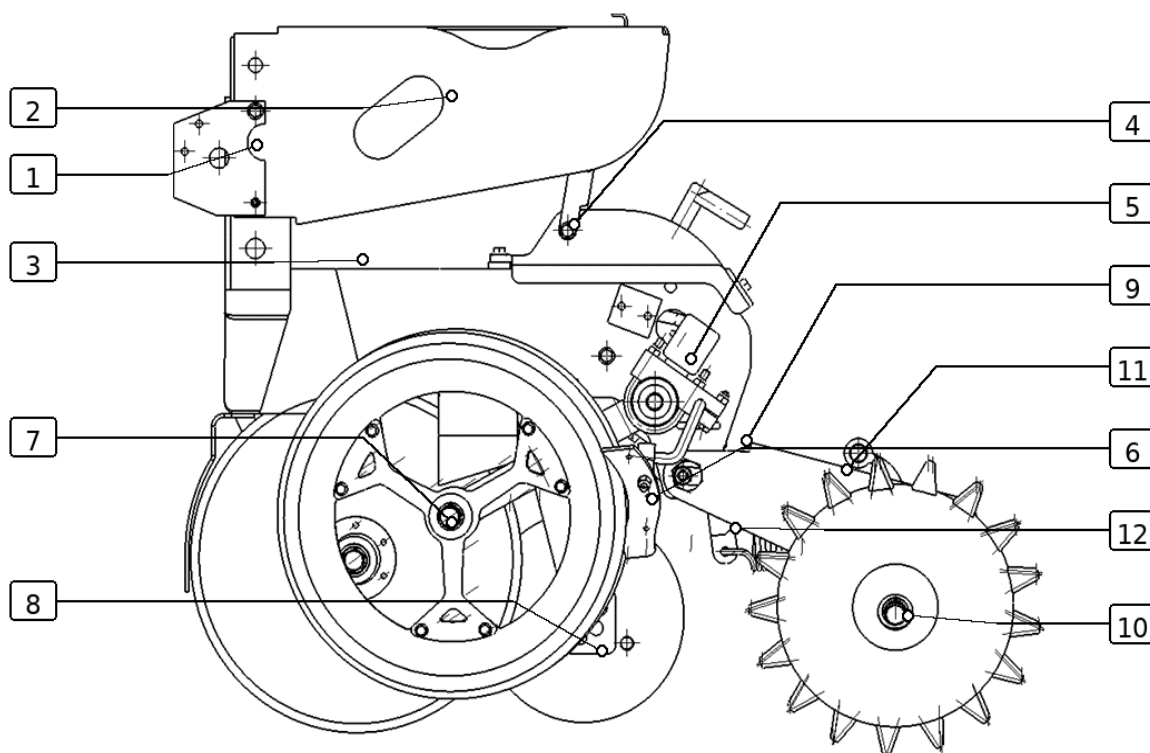


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд секції сівалки Kinze серії 3000: 1 – кронштейн; 2 – бункер; 3 – механізм копіювання; 4 – вузол притискання; 5 – висівний апарат; 6 – механізм регулювання; 7 – опорне колесо; 8 – сошник; 9 – механізм регулювання; 10 – загортаюче колесо; 11 – кронштейн колеса прикочування; 12 – пружина.

Посівна секція кріпиться до рами сівалки через передній кронштейн 1 (рис. 3.1), який сприймає навантаження від робочих органів і передає його на основну раму машини. У верхній частині розміщений насіннєвий бункер 2, де знаходиться запас насіння під час роботи. З бункера насіння подається до висівного апарата 5, який дозує його і забезпечує потрібний інтервал між насінинами в рядку. Сама секція з'єднана з рамою за допомогою паралелограмного механізму 3. Його головне завдання полягає в тому, щоб секція могла копіювати поверхню поля і зберігати більш рівномірну глибину висіву навіть за наявності невеликих нерівностей ґрунту. Потрібне притискне зусилля на робочі органи створює вузол притискання 4. Завдяки цьому дискові сошники можуть стабільно входити в ґрунт і формувати посівну борозну без різких відхилень по глибині. Після висівного апарата насіння через насіннєпровід 6 спрямовується до нижньої частини секції, де дискові сошники 8 розрізають ґрунт і відкривають борозну. Опорне колесо 7 працює поряд із сошниками і допомагає витримувати задану глибину загортання насіння. Для налаштування цієї глибини використовується механізм регулювання 9, яким змінюють положення робочих органів відносно опорного колеса. Після того як насіння потрапляє у борозну, у роботу вступає задній загортаючий вузол. Його кронштейн 11 утримує робочі елементи в потрібному положенні, а загортаюче колесо 10 переміщує ґрунт назад у рядок і частково прикочує його. Додатково вузол закривання борозни 12 допомагає сформувати якісне загортання насіння, щоб воно мало нормальний контакт із ґрунтом і вологою.

У цілому така конструкція посівної секції дозволяє послідовно виконати основні операції сівби: утворити борозну, точно подати насіння, витримати глибину його укладання та закрити рядок ґрунтом. Найбільше на якість роботи впливають справність паралелограмного механізму, правильне налаштування притискного зусилля, стан дискових сошників, робота висівного апарата та заднього загортаючого вузла. Якщо ці елементи відрегульовані правильно, секція працює рівномірніше, насіння вкладається стабільніше, а сходи в полі мають бути більш дружними.

Адекватне копіювання поверхні поля опорним колесом сошника є дуже важливим для якісної роботи сівалки точного висіву, оскільки саме від цього залежить стабільність глибини загортання насіння. Під час руху агрегату поле не є повністю рівним: на поверхні можуть бути грудки, борозни, рослинні рештки, ущільнені або більш пухкі ділянки ґрунту. Якщо опорне колесо добре повторює ці нерівності, то сошник працює на заданій глибині, а насіння вкладається рівномірно по всій довжині рядка.

Загальний вигляд рами сошника, вузла кріплення важеля опорного колеса та саме опорне колесо наведено на рис. 3.2.

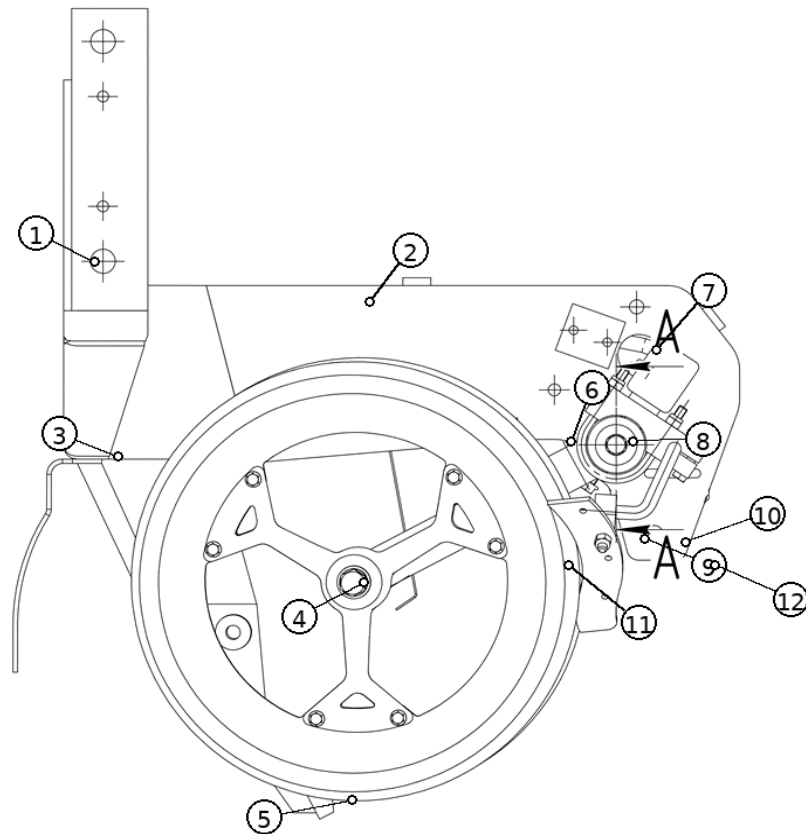


Рисунок 3.2 – 1 – передній кронштейн кріплення секції; 2 – рама посівної секції;

3 – передній опорний елемент секції; 4 – опорно-копіювальне колесо; 5 – дисковий сошник; 6 – вузол кріплення опорного колеса; 7 – важіль стабілізації; 8 – шарнірний вузол механізму копіювання; 9 – важіль опорно-копіювального колеса; 10 – упор або обмежувач ходу механізму; 11 – очищувач колеса;

Основним елементом цього механізму є опорно-копіювальне колесо 4, яке рухається по поверхні поля безпосередньо біля дискового сошника 5. Колесо сприймає нерівності поверхні ґрунту і фактично задає положення сошника відносно поля. Коли секція проходить через грудки, невеликі западини або хвилясті ділянки, опорно-копіювальне колесо повторює ці зміни рельєфу. Через важіль 9, шарнірний вузол 8 та вузол кріплення 6 його переміщення передається на робочі органи секції. Завдяки цьому сошник не заглиблюється надмірно і не піднімається вище потрібного рівня.

Рама або несучий важіль 2 є основою, на якій розміщуються елементи механізму. Передній кронштейн 1 забезпечує кріплення секції до загальної рами сівалки. Передній опорний елемент 3 допомагає стабілізувати секцію під час роботи та сприймає частину навантажень, які виникають під час руху агрегату по полю. Усі ці деталі разом забезпечують достатню жорсткість конструкції, але при цьому залишають можливість для робочого переміщення секції.

Для сівалки Kinze це особливо важливо, оскільки вона призначена для точного висіву, де значення має не тільки норма висіву, а й однакова глибина розміщення кожної насінини. Якщо копіювання поверхні недостатнє, сошник може або надмірно заглиблюватися, або, навпаки, працювати занадто мілко. У першому випадку насіння довше проростає і може давати запізнілі сходи, а в другому – потрапляє у пересушений шар ґрунту, де йому не вистачає вологи для нормального проростання.

Опорне колесо також стабілізує роботу всієї висівної секції. Воно обмежує глибину ходу сошника, допомагає рівномірно формувати посівну борозну і зменшує коливання секції під час руху. Завдяки цьому насіння розміщується більш точно, а сходи з'являються дружніше. Це має прямий вплив на подальший розвиток рослин, оскільки рослини, які зійшли одночасно, менше конкурують між собою і формують більш вирівняний посів.

Механізм опорно-копіювального колеса посівної секції сівалки Kinze призначений для того, щоб під час руху агрегату по полю підтримувати

стабільне положення дискового сошника відносно поверхні ґрунту. Основним елементом цього вузла є опорно-копіювальне колесо, яке рухається поруч із сошником і фактично задає робочу глибину його ходу. Секція через передній кронштейн кріпиться до рами сівалки, а несучий важіль утримує основні елементи у потрібному положенні. Під час роботи колесо сприймає нерівності поверхні поля і через важіль та шарнірний вузол передає переміщення на механізм секції. Завдяки цьому сошник не працює довільно, а постійно утримується в межах заданого положення.

Глибина висіву встановлюється важелем регулювання. Після вибору потрібного положення змінюється взаємне розміщення опорно-копіювального колеса і дискового сошника. Якщо колесо встановлене правильно, воно не дає сошнику надмірно заглиблюватися у ґрунт, але водночас не дозволяє йому працювати занадто мілко. Упор або обмежувач ходу потрібний для того, щоб механізм не виходив за допустимі межі переміщення, а притискний або регулювальний вузол допомагає секції стабільно триматися на поверхні поля навіть за змінної щільності ґрунту.

Під час руху сівалки поле майже ніколи не буває ідеально рівним. На ньому можуть бути грудки, невеликі борозни, сліди від попередніх проходів техніки, рослинні рештки, ущільнені ділянки або навпаки більш пухкі місця. Якщо опорно-копіювальне колесо добре повторює ці нерівності, сошник залишається на заданій глибині, а насіння вкладається в більш однакові умови. Це особливо важливо для сівалок точного висіву, оскільки тут важлива не тільки відстань між насінинами в рядку, а й однакова глибина їх розміщення.

Якість копіювання безпосередньо впливає на рівномірність появи сходів. Якщо сошник на окремих ділянках заглиблюється більше, ніж потрібно, насіння потрапляє глибше в ґрунт і витрачає більше часу та енергії на проростання. Такі рослини можуть зійти пізніше, бути слабшими на початкових етапах розвитку і відставати від основної маси посіву. Якщо ж сошник працює занадто мілко, насіння може опинитися у пересушеному верхньому шарі, де

недостатньо вологи для нормального проростання. У такому випадку сходи також будуть нерівномірними або частина насіння може взагалі не прорости.

Рівномірне копіювання поверхні поля важливе ще й тому, що воно забезпечує однаковий контакт насіння з ґрунтом. Коли глибина борозни стабільна, насіння краще лягає на ущільнене ложе, а після проходу загортаючих робочих органів отримує нормальний контакт із вологим шаром ґрунту. Це створює кращі умови для набухання насіння і дружного проростання. Якщо ж секція постійно підстрибує або сошник змінює глибину, насіння може розміщуватися нерівномірно: частина залишається на дні борозни, частина зміщується, а частина потрапляє у пухкий шар без достатнього контакту з ґрунтом.

Для культур, які висіваються сівалками точного висіву, така рівномірність має велике значення. Кукурудза, соняшник, соя та інші просапні культури погано переносять нерівномірні сходи, тому що рослини, які зійшли раніше, швидко починають пригнічувати слабші або запізнілі рослини. У результаті в рядку з'являється конкуренція за світло, вологу та поживні речовини. Навіть якщо норма висіву була витримана правильно, порушення глибини загортання може знизити загальну вирівняність посіву і в подальшому негативно вплинути на урожайність.

Правильна робота опорно-копіювального колеса також зменшує коливання посівної секції. Коли колесо стабільно контактує з поверхнею поля, секція рухається плавніше, а дисковий сошник формує рівнішу борозну. Це знижує ризик пропусків, подвійного укладання насіння або зміщення насіння в борозні. Крім того, стабільне положення сошника дає можливість якісніше працювати заднім загортаючим органам, бо вони закривають борозну однакової глибини і форми.

Отже, опорно-копіювальне колесо в конструкції посівної секції виконує не лише опорну функцію, а й значною мірою визначає якість усього процесу сівби. Від його налаштування і справності залежить стабільність глибини висіву, рівномірність посівної борозни, контакт насіння з ґрунтом і дружність

появи сходів. Чим краще колесо копіює поверхню поля, тим менше відхилень виникає під час укладання насіння, а отже, створюються більш рівні умови для росту кожної рослини в рядку.

Відомі технічні рішення щодо конструкції рухомих вузлів системи копіювання не дозволяють забезпечити високу якість протягом всього терміну експлуатації сівалки. Одним із рішень є модернізація конструкції трибоспрямижень та використання деталей, із матеріалів, які не потребують обслуговування та забезпечують високу довговічність роботи. Серед таких матеріалів, особливу увагу необхідно приділити полімерно-композитним матеріалам поліамідної групи – термопластам.

Конструкція трибоспрямиження для забезпечення довговічної роботи повинна мати можливість регулювання, що обгрунтовано поступовим зносом та появою люфту. Тому, раціонально використовувати рухомі з'єднання, що мають принцип конусних підшипників кочення, але реалізовані з використання на основі підшипників ковзання з ПКМ. Загальний вигляд такої конструкції реалізованої для точки кріплення важеля опорного колеса сівалки Kinze-3600 наведено на рис. 3.3.

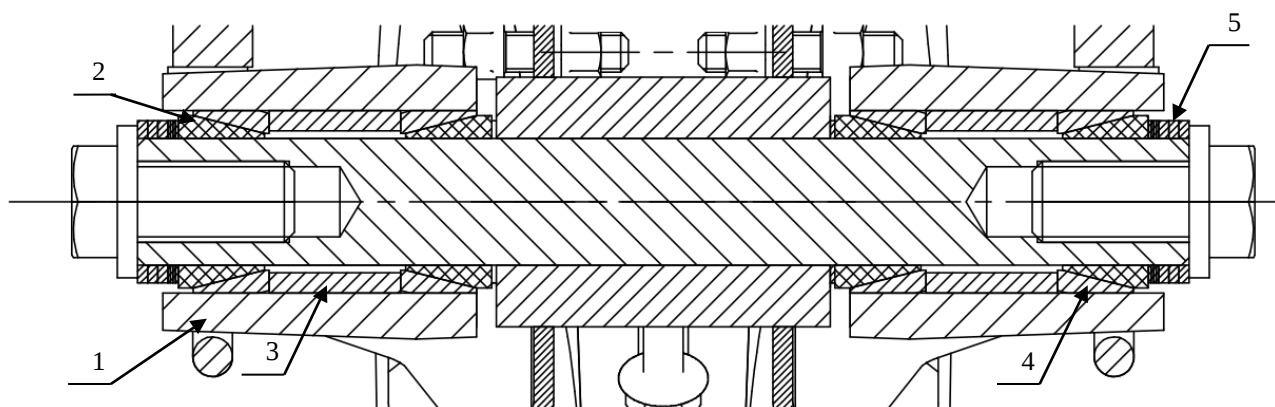


Рисунок 3.3 – Конструкція трибоспрямижень із використанням конусних підшипників ковзання з композитних матеріалів: 1 – важіль; 2 – конусна втулка з композитного матеріалу; 3 – дистанційна втулка; 4 – втулка зі сталі для запресовування у важіль; 5 – регулювальні шайби

Принцип роботи такої конструкції наступний. Спочатку внутрішній діаметр важеля 1 проточується під необхідний розмір для можливості запресовування в нього деталі зі сталі з внутрішнім конусом 4. Крім цього для правильного розміщення деталей механізму потрібно виготовити дистанційну втулку 3. Основним робочим елементом конструкції є втулка з композитного матеріалу 2. Для точного розміщення елементів та нівелювання різного зносу осі, в конструкції застосовуються регулювальні шайби.

Збирання конструкції відбувається таким чином. Спочатку у важіль 1 запресовується одна із сталених втулок 4, строго урівень одна до одної, зі сторони яка буде розміщуватися до рами секції. Потім встановлюється дистанційна втулка 3, що має посадку з зазором. Наступною впресовується друга конусна стальна втулка 4 із іншого боку до моменту упирання в дистанційну 3 та перший впресований конус 4. Після цього з двох сторін встановлюються конусні втулки з ПКМ 2 і все це разом встановлюється на вісь посівної секції. Потім встановлюють регулювальні шайби і все «пакет деталей» фіксується болтом. Затягувати болт потрібно до моменту зникнення люфту, але щоб колесо разом із важелем при підніманні рукою під власною вагою опускалося вниз. При зносу деталей з ПКМ, люфт прибирають за вище описаною методикою. Періодичність контролю люфту – кожні 100 годин роботи.

3.2 Розрахунок навантажень, що діють на елементи конструкції

Для визначення навантаження, що буде діяти в точці кріплення важеля колеса сошника використовуємо спрощену розрахункову схему (рис. 3.4).

Важіль опорного копіювального колеса розглядається, як консольний елемент, який одним кінцем закріплений до рами секції, а на іншому кінці сприймає навантаження від опорного колеса. Одержані значення є

орієнтовними і можуть бути використані для попередньої перевірки міцності важеля, пальця кріплення, втулки та зони приєднання до рами.

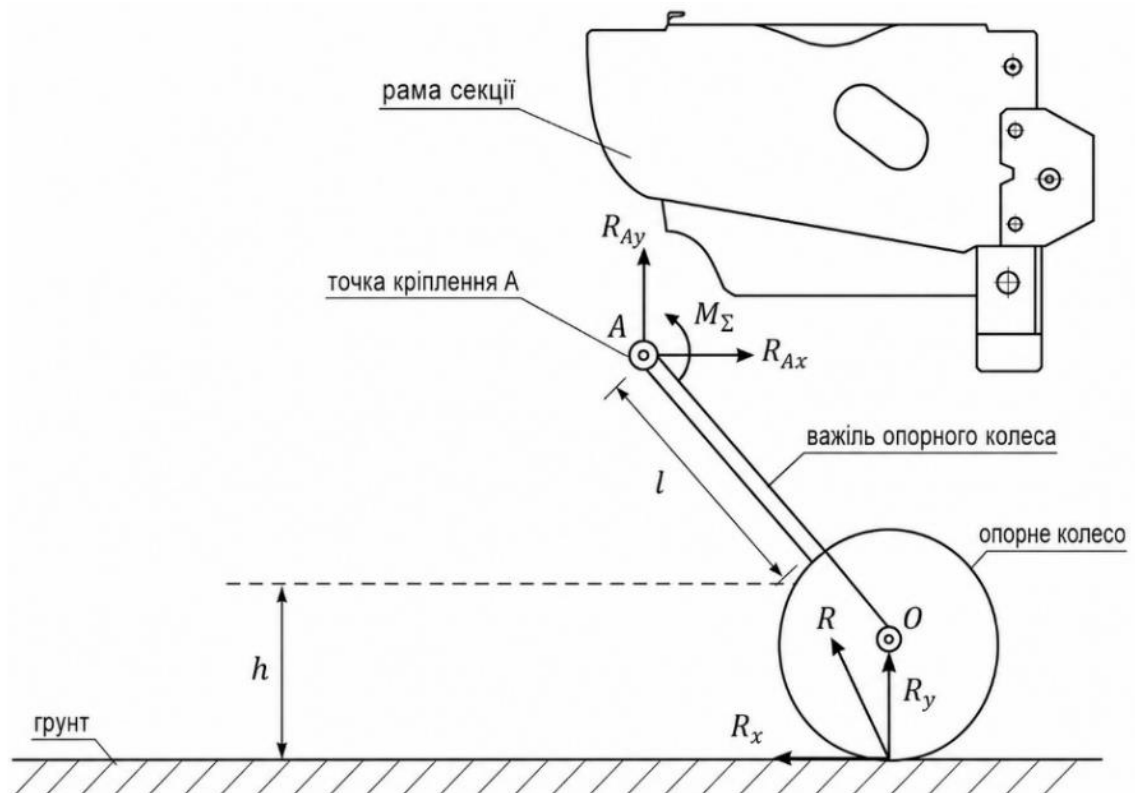


Рисунок 3.4 – Спрощена розрахункова схема визначення навантаження в точці кріплення важеля колеса сошника

Для виконання розрахунків наведемо деякі вихідні дані, що представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Показник	Позначення	Значення
Маса однієї висівної секції	m	250 кг
Прискорення вільного падіння	g	9,81 м/с ²
Коефіцієнт динамічності	k_d	1,3
Зусилля пружини притискання	P_4	0,35 кН
Горизонтальний опір руху	R_x	0,59 кН
Відстань від точки кріплення важеля до осі опорного колеса	l	0,30 м
Вертикальне плече горизонтальної сили	h	0,10 м

Вага висівної секції визначається як добуток маси секції на прискорення вільного падіння:

$$G = m \cdot g$$

$$G = 250 \cdot 9,81 = 2452,5 \text{ Н} = 2,45 \text{ кН}$$

З урахуванням динамічного навантаження під час руху агрегату по полю отримаємо:

$$G_d = G \cdot k_d$$

$$G_d = 2,45 \cdot 1,3 = 3,19 \text{ кН}$$

Зусилля пружини притискання з урахуванням коефіцієнта динамічності становить:

$$P_d = P \cdot k_d$$

$$P_d = 0,35 \cdot 1,3 = 0,46 \text{ кН}$$

Вертикальне навантаження, яке сприймає опорне копіювальне колесо, дорівнює сумі динамічної ваги секції та сили пружини притискання:

$$R_y = G_d + P_d$$

$$R_y = 3,19 + 0,46 = 3,65 \text{ кН}$$

На важіль опорного колеса діють дві основні складові: вертикальна реакція ґрунту та горизонтальний опір руху. Повна сила визначається як геометрична сума цих складових:

$$R = \sqrt{(R_y^2 + R_x^2)}$$

$$R = \sqrt{(3,65^2 + 0,59^2)}$$

$$R = \sqrt{(13,32 + 0,35)} = \sqrt{13,67}$$

$$R = 3,70 \text{ кН}$$

Отже, на важіль опорного колеса діє результуюче навантаження приблизно 3,70 кН.

Основний згинальний момент у місці кріплення важеля до рами створюється вертикальною реакцією опорного колеса. Приймаємо довжину важеля до осі колеса $l = 0,30 \text{ м}$:

$$M_y = R_y \cdot l$$

$$M_y = 3,65 \cdot 0,30 = 1,10 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Горизонтальна складова також створює додатковий момент. Для цього приймаємо вертикальне плече дії горизонтальної сили $h = 0,10 \text{ м}$:

$$M_x = R_x \cdot h$$

$$M_x = 0,59 \cdot 0,10 = 0,059 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Сумарний момент у точці кріплення важеля до рами визначається як сума моментів від вертикальної та горизонтальної складових:

$$M_\Sigma = M_y + M_x$$

$$M_\Sigma = 1,10 + 0,059 = 1,159 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_\Sigma \approx 1,16 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

У точці кріплення важеля до рами секції виникають горизонтальна та вертикальна складові реакції. За умовами рівноваги вони дорівнюють відповідним складовим зовнішнього навантаження:

$$R_{Ax} = R_x = 0,59 \text{ кН}$$

$$R_{Ay} = R_y = 3,65 \text{ кН}$$

Результуюча реакція у кріпленні важеля до рами становить:

$$R_A = \sqrt{(R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2)}$$

$$R_A = \sqrt{(0,59^2 + 3,65^2)} = 3,70 \text{ кН}$$

Таким чином, точка кріплення важеля до рами секції сприймає поперечне результуюче навантаження приблизно 3,70 кН та згинальний момент приблизно 1,16 кН·м. Враховуючи, що таких важелів та відповідно коліс встановлено два на кожную секцію, то навантаження на кожен вузол буде становити 1,85 кН або 1850 Н. Остаточні результати розрахунків наведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків

Показник	Позначення	Значення
Вертикальна реакція опорного колеса	R_y	3,65 кН
Горизонтальна складова опору	R_x	0,59 кН
Результуюче навантаження на важіль	R	3,70 кН
Довжина важеля до осі колеса	l	0,30 м

Продовження табл. 3.2

Момент від вертикальної сили	M_y	1,10 кН·м
Момент від горизонтальної сили	M_x	0,059 кН·м
Сумарний момент у кріпленні	M_Σ	1,16 кН·м
Результуюча реакція у точках кріплення	R_A	3,70 кН
Навантаження на кожну точку кріплення (2 колеса та важеля)	R	1,85 кН

Для обґрунтування можливості використання полімерного композиційного матеріалу у вузлі рухомого з'єднання необхідно оцінити умови його роботи. У цьому випадку основну увагу приділяємо питомому тиску в зоні контакту та добутку цього тиску на швидкість ковзання. Саме показник pv дає змогу попередньо визначити, чи буде матеріал працювати без надмірного зношування та перегрівання.

У розрахунку приймаємо, що навантаження на рухоме з'єднання механізму опорно-копіювального колеса становить 1850 Н. Геометричні розміри деталей залишаємо такими: довжина одного елемента – 16,5 мм, найменший діаметр – 27 мм. Оскільки у вузлі встановлено два однакових елементи, у розрахунку приймаємо сумарний розрахунковий діаметр 0,054 м і сумарну довжину 0,033 м.

Питомий тиск у рухомому з'єднанні визначаємо за залежністю:

$$p = F / (d \cdot l)$$

Для подальшого розрахунку приймаємо:

$$F = 1850 \text{ Н}$$

$$d = 0,054 \text{ м}; \quad l = 0,033 \text{ м}$$

Тоді питомий тиск, який діє на елементи рухомого з'єднання, становить:

$$p = 1850 / (0,054 \cdot 0,033) = 1\,038\,159 \text{ Н/м}^2$$

Отримане значення переводимо у МПа:

$$p = 1,04 \text{ МПа}$$

Отже, при навантаженні 1850 Н на елементи рухомого з'єднання діятиме питомий тиск приблизно 1,04 МПа. Це значення є помірним для такого типу вузла і може бути використане для подальшої оцінки працездатності матеріалу.

Для визначення показника p_v необхідно також знайти лінійну швидкість ковзання. Кутову швидкість для такого типу рухомого з'єднання приймаємо:

$$\omega = 7,1 \text{ рад/с}$$

Лінійну швидкість ковзання визначаємо через кутову швидкість і розрахунковий діаметр:

$$v = \omega \cdot d / 2$$

Підставляючи прийняті значення, отримаємо:

$$v = 7,1 \cdot 0,054 / 2 = 0,192 \text{ м/с}$$

Таким чином, лінійна швидкість ковзання у рухомому з'єднанні становить приблизно 0,19 м/с.

Після цього визначаємо фактор p_v , тобто добуток питомого тиску на швидкість ковзання.

Для розглянутих умов роботи маємо:

$$p_v = 1,04 \cdot 0,192 = 0,20 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$$

Для полімерного композиційного матеріалу УПА-6-20 приймаємо допустиме значення фактору p_v у межах:

$$p_{v\text{доп}} = 1,8 \dots 2,0 \text{ МПа} \cdot \text{м/с}$$

Порівняння отриманого значення з допустимим показує, що розрахунковий фактор p_v дорівнює 0,20 МПа·м/с, тобто він значно менший за допустимий рівень 1,8...2,0 МПа·м/с. Це означає, що за прийнятого навантаження 1850 Н елементи рухомого з'єднання, виготовлені з полімерного композиційного матеріалу, повинні мати достатній запас працездатності.

Отже, використання полімерного композиційного матеріалу в механізмі опорно-копіювального колеса сошника можна вважати технічно обґрунтованим. Розрахунок показує, що деталі працюватимуть у допустимому режимі за питомим тиском і швидкістю ковзання, а отже, ризик перевищення допустимого триботехнічного навантаження є невеликим.

Висновки до розділу. Наведено конструкцію та розглянуто принцип роботи запропонованої модернізації трибоспряження важеля опорно-копіюючого колеса. За прийнятою спрощеною схемою важіль опорного колеса секції сівалки у місці кріплення до рами сприймає результуюче навантаження приблизно 1,85 кН. Основну частину цього навантаження створює вертикальна реакція ґрунту, яка виникає від маси висівної секції та сили притискної пружини. У точці кріплення важеля до рами додатково виникає згинальний момент приблизно 1,16 кН·м. Проведеними перевірочними розрахунками підтверджено працездатність розробленої конструкції та її елементів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час роботи з посівними машинами потрібно обов'язково дотримуватися вимог охорони праці, оскільки сівалки мають багато рухомих деталей, робочих органів, бункерів для насіння і добрив, гідравлічних механізмів та інших вузлів, які можуть бути небезпечними для працівника. Основні вимоги безпеки встановлюються Законом України «Про охорону праці» [12], Типовим положенням про навчання і перевірку знань з питань охорони праці [13], а також Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві [14]. На рис. 4.1 наведено основні зони, що мають потенційну небезпеку при роботі або обслуговуванні сівалки Kinze-3600.

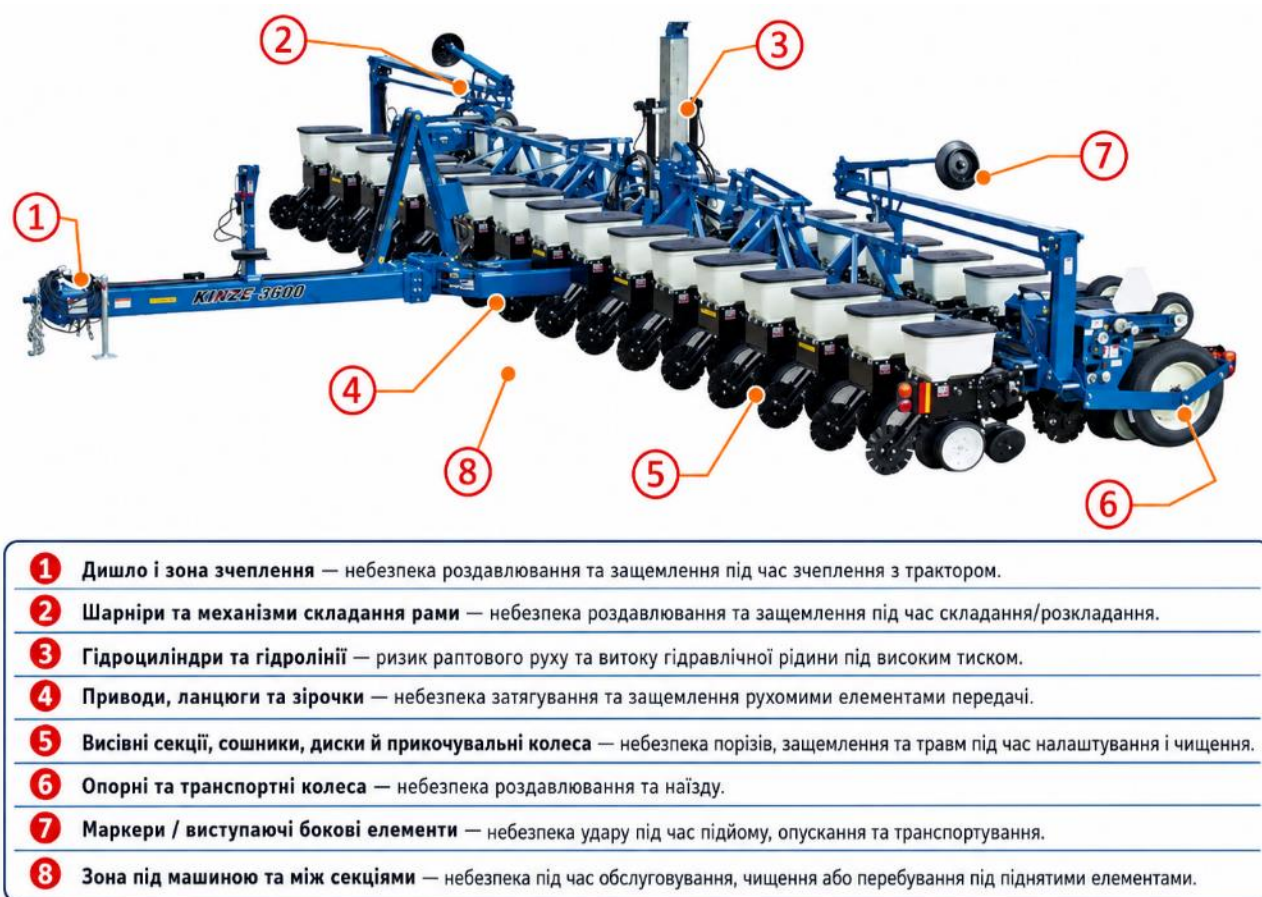


Рисунок 4.1 – Зони, що мають потенційну небезпеку при роботі або обслуговуванні сівалки Kinze-3600

До роботи з посівними машинами можна допускати тільки тих працівників, які мають відповідну підготовку, пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та перевірку знань [13]. Механізатор повинен добре знати будову трактора і сівалки, правила їх експлуатації, а також порядок безпечного виконання посівних робіт. Перед початком роботи необхідно уважно оглянути агрегат, перевірити справність трактора, сівалки, зчіпного пристрою, гідравлічної системи, маркерів, сошників, висівних апаратів, насіннепроводів, тукопроводів, коліс, пружин і захисних кожухів. Особливо важливо переконатися, що всі рухомі частини закриті огороженнями, а кріплення робочих органів не послаблені [14].

Перед виїздом у поле потрібно перевірити, чи справні гальма, рульове керування, освітлення, сигналізація та гідросистема трактора. Не можна працювати з посівною машиною, якщо вона має пошкодження, несправні механізми або відсутні захисні кожухи. Усі регулювання, очищення сошників, висівних апаратів, насіннепроводів і тукопроводів дозволяється виконувати тільки після повної зупинки агрегату. Перед цим потрібно вимкнути привід робочих органів, заглушити двигун трактора і переконатися, що всі частини машини повністю зупинилися.

Під час приєднання сівалки до трактора забороняється стояти між трактором і машиною, коли трактор рухається назад [14]. Зчіпку потрібно виконувати обережно, без різких рухів, використовуючи справні пальці, шплінти, фіксатори та страхувальні пристрої. Після з'єднання трактора із сівалкою необхідно перевірити надійність кріплення, роботу гідравліки, маркерів, транспортних коліс і механізмів переведення машини з транспортного положення в робоче. Піднімати або опускати сівалку можна тільки тоді, коли біля неї немає людей. Не можна перебувати під піднятою машиною, якщо вона не встановлена на надійні підставки або упори.

Під час завантаження насіння і добрив потрібно користуватися справними засобами механізації або безпечними пристроями для піднімання мішків. Бункери слід заповнювати рівномірно, не допускаючи пересипання насіння чи

добрив. Якщо використовується протруєне насіння, працівник повинен працювати у засобах індивідуального захисту: рукавицях, спецодязі, респіраторі або масці, а за потреби – у захисних окулярах. Під час роботи з протруєним насінням не можна їсти, пити або палити. Після завершення завантаження потрібно добре вимити руки, обличчя та інші відкриті ділянки шкіри.

Під час руху посівного агрегату забороняється перебувати на рамі сівалки, сидіти на бункерах, підніжках або інших частинах машини, які не призначені для перевезення людей. Також не можна очищати сошники, диски, загортачі, прикочувальні колеса, маркери або висівні апарати під час руху агрегату. Якщо робочі органи забилися ґрунтом або рослинними рештками, потрібно зупинити агрегат, вимкнути передачу, заглушити двигун і тільки після цього виконувати очищення. Для очищення бажано використовувати спеціальні пристрої, а не робити це руками.

Під час роботи з маркерами також потрібно бути обережним, бо вони мають значну довжину і під час піднімання або опускання можуть травмувати працівника. Перед переведенням маркера у робоче або транспортне положення механізатор повинен переконатися, що поруч немає людей, тварин, перешкод або ліній електропередач. Під час переїзду дорогами загального користування маркери, секції та інші виступаючі частини сівалки повинні бути надійно зафіксовані у транспортному положенні.

У процесі сівби потрібно дотримуватися безпечної швидкості руху, враховувати стан ґрунту, рельєф поля та наявність перешкод [14, 15]. Особливо уважним треба бути біля канав, зрошувальних трубопроводів, каміння, електроопор та інших небезпечних місць. На схилах не можна різко повертати або рухатися з великою швидкістю, оскільки це може призвести до втрати стійкості агрегату. У темний час доби працювати дозволяється тільки за справного освітлення і доброї видимості.

Після завершення роботи сівалку потрібно очистити від залишків насіння, добрив, ґрунту та рослинних решток [15]. Очищення виконують тільки після

повної зупинки агрегату і вимкнення двигуна. Залишки протруєного насіння не можна залишати у відкритому доступі або використовувати не за призначенням. Машину слід поставити на рівний майданчик, опустити робочі органи, зняти тиск у гідросистемі та зафіксувати рухомі частини. Якщо під час огляду виявлені несправності, їх потрібно усунути до наступного виїзду в поле.

Отже, безпечна робота з посівними машинами залежить від справного стану трактора і сівалки, правильної організації роботи, уважності механізатора та дотримання основних правил охорони праці. Найбільшу небезпеку під час сівби становлять рухомі механізми, гідравлічна система, маркери, робочі органи, а також протруєне насіння і добрива. Тому працівники повинні проходити інструктаж, користуватися засобами індивідуального захисту та не виконувати жодних регулювань або очищення під час руху агрегату.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Економічну ефективність удосконалення сівалки Kinze 3600 доцільно обґрунтовувати шляхом порівняння роботи базового та модернізованого машинно-тракторного агрегату в однакових виробничих умовах. Такий підхід дозволяє оцінити, наскільки запропоноване технічне рішення впливає на основні експлуатаційні показники: продуктивність агрегату, витрату пального, річний обсяг виконаних робіт, витрати на технічне обслуговування, ремонт, амортизацію та оплату праці.

У даному випадку модернізація сівалки спрямована на покращення роботи її висівних секцій і сошників, що дає змогу підвищити продуктивність агрегату з 9 до 10 га/год. Це означає, що за однакового річного фонду робочого часу модернізована сівалка здатна засіяти більшу площу. Крім того, за рахунок більш стабільної роботи посівного агрегату зменшується питома витрата пального з 4,2 до 4,0 кг/га, що також позитивно впливає на собівартість виконання посівних робіт.

Обґрунтування економічної доцільності модернізації виконується за принципом визначення різниці між експлуатаційними витратами базового та модернізованого варіантів. До складу витрат включаються витрати на пальне, оплату праці механізатора, а також відрахування на технічне обслуговування, ремонт і амортизацію агрегату. Окремо враховується вартість самої модернізації, оскільки вона є додатковими капіталовкладеннями, які мають окупитися за рахунок подальшої економії під час експлуатації машини.

Таким чином, основним критерієм ефективності є зменшення питомих експлуатаційних витрат у розрахунку на один гектар посіву. Якщо модернізований агрегат забезпечує нижчі витрати на 1 га, то отримана різниця вважається питомим економічним ефектом. Після цього визначається річний економічний ефект з урахуванням прийнятого сезонного завантаження сівалки. Завершальним етапом є розрахунок терміну окупності, який показує, за який

період додаткові витрати на модернізацію повертаються за рахунок отриманої економії.

У цьому розрахунку прийнято, що сівалка працює в агрегаті з трактором John Deere 8335R, річне завантаження становить 150 год, вартість пального – 80 грн/кг, а вартість модернізації одного сошника – 14 000 грн. Порівняння виконується для двох варіантів: базового агрегату John Deere 8335R + Kinze 3600 та модернізованого агрегату John Deere 8335R + Kinze 3600 з удосконаленими робочими органами. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити, наскільки модернізація є вигідною для господарства з точки зору зменшення витрат і строку повернення вкладених коштів.

Для виконання розрахунку приймаємо такі вихідні дані: річне завантаження сівалки – 150 год/рік; продуктивність базового агрегату – 9 га/год; продуктивність модернізованого агрегату – 10 га/год; витрата пального базового варіанту – 4,2 кг/га; витрата пального модернізованого варіанту – 4,0 кг/га; вартість пального – 80 грн/кг; відрахування на ТО, ремонт і амортизацію для базового варіанту – 8,5 %, для модернізованого варіанту – 7,5 %. Балансова вартість базового МТА прийнята 9 193 310 грн.

Кількість сошників сівалки Kinze 3600 приймаємо 16 шт. Вартість модернізації одного сошника становить 14 000 грн. Тоді загальна вартість модернізації сівалки дорівнює:

$$K_m = 14\,000 \cdot 16 = 224\,000 \text{ грн.}$$

Балансова вартість базового МТА становить:

$$B_b = 9\,193\,310 \text{ грн.}$$

Балансова вартість модернізованого МТА з урахуванням витрат на модернізацію становить:

$$B_m = 9\,193\,310 + 224\,000 = 9\,417\,310 \text{ грн.}$$

Річний обсяг роботи визначаємо за продуктивністю агрегату та прийнятим річним завантаженням сівалки.

Для базового варіанту:

$$Q_b = 9 \cdot 150 = 1350 \text{ га.}$$

Для модернізованого варіанту:

$$Q_m = 10 \cdot 150 = 1500 \text{ га.}$$

Отже, за однакового річного фонду часу модернізована сівалка може виконати на 150 га більший обсяг роботи.

Витрати на пальне визначаємо множенням питомої витрати пального на його вартість.

Для базового варіанту:

$$\text{Спмм.б} = 4,2 \cdot 80 = 336,00 \text{ грн/га.}$$

Для модернізованого варіанту:

$$\text{Спмм.м} = 4,0 \cdot 80 = 320,00 \text{ грн/га.}$$

Економія на пальному становить:

$$\Delta \text{Спмм.м} = 336,00 - 320,00 = 16,00 \text{ грн/га.}$$

Приймаємо витрати на оплату праці за одну годину роботи агрегату 135,45 грн/год. Питомі витрати на оплату праці визначаємо діленням годинних витрат на продуктивність агрегату.

Для базового варіанту:

$$\text{Сзп.б} = 135,45 / 9 = 15,05 \text{ грн/га.}$$

Для модернізованого варіанту:

$$\text{Сзп.м} = 135,45 / 10 = 13,55 \text{ грн/га.}$$

Економія на оплаті праці становить:

$$\Delta \text{Сзп} = 15,05 - 13,55 = 1,50 \text{ грн/га.}$$

Для базового варіанту приймаємо відрахування на технічне обслуговування, ремонт і амортизацію на рівні 8,5 % від балансової вартості МТА.

$$\text{Сто.б} = 9\,193\,310 \cdot 0,085 / 1350 = 578,84 \text{ грн/га.}$$

Для модернізованого варіанту приймаємо відрахування на рівні 7,5 %.

$$\text{Сто.м} = 9\,417\,310 \cdot 0,075 / 1500 = 470,87 \text{ грн/га.}$$

Економія за цією статтею становить:

$$\Delta \text{Сто} = 578,84 - 470,87 = 107,97 \text{ грн/га.}$$

Загальні експлуатаційні витрати визначаємо як суму витрат на пальне, оплату праці, технічне обслуговування, ремонт і амортизацію.

Для базового варіанту:

$$C_b = 336,00 + 15,05 + 578,84 = 929,89 \text{ грн/га.}$$

Для модернізованого варіанту:

$$C_m = 320,00 + 13,55 + 470,87 = 804,42 \text{ грн/га.}$$

Питомий економічний ефект становить:

$$E_{\text{пит}} = 929,89 - 804,42 = 125,47 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект визначаємо за обсягом роботи модернізованого агрегату 1500 га.

$$E_p = 125,47 \cdot 1500 = 188\,205 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект становить 188,21 тис. грн.

Термін окупності визначаємо як відношення вартості модернізації до річного економічного ефекту.

$$T_{\text{ок}} = 224\,000 / 188\,205 = 1,19 \text{ року.}$$

Отже, витрати на модернізацію окупляться приблизно за 1,19 року.

Результати економічної оцінки наведено в табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Результати економічної оцінки проекту

Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Модернізований варіант
Склад МТА	—	John Deere 8335R + Kinze 3600	John Deere 8335R + Kinze 3600 модернізована
Продуктивність	га/год	9,0	10,0
Річне завантаження	год	150	150
Річний обсяг роботи	га	1350	1500
Витрата пального	кг/га	4,2	4,0
Вартість пального	грн/кг	80	80

Балансова вартість МТА	грн	9 193 310	9 417 310
Вартість модернізації	грн	—	224 000
Відрахування на ТО, ремонт і амортизацію	%	8,5	7,5
Витрати на паливе	грн/га	336,00	320,00
Витрати на оплату праці	грн/га	15,05	13,55
ТО, ремонт і амортизація	грн/га	578,84	470,87
Загальні експлуатаційні витрати	грн/га	929,89	804,42
Питомий економічний ефект	грн/га	—	125,47
Річний економічний ефект	грн	—	188 205
Термін окупності	років	—	1,19

Після збільшення вартості модернізації одного сошника до 14 000 грн загальна вартість модернізації сівалки Kinze 3600 становить 224 000 грн. Загальні експлуатаційні витрати модернізованого агрегату дорівнюють 804,42 грн/га, тоді як у базового варіанту вони становлять 929,89 грн/га. Економія складає 125,47 грн/га. За річного обсягу роботи 1500 га річний економічний ефект становить 188,21 тис. грн. Термін окупності модернізації дорівнює 1,19 року, тобто вкладені кошти повертаються трохи більше ніж за один рік експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За даними FAO, у 2023 році кукурудза, пшениця та рис разом забезпечували близько 91 % світового виробництва зернових культур, а збільшення загального виробництва зернових у 2023 році значною мірою було пов'язане саме зі зростанням виробництва кукурудзи. Світове виробництво кукурудзи протягом останніх років залишається на дуже високому рівні. У 2024 році, за матеріалами FAO, глобальне виробництво кукурудзи становило близько 1,22 млрд т, що лише приблизно на 20 млн т менше порівняно з 2023 роком. Це свідчить про те, що навіть за умов кліматичних коливань, зміни цін на ресурси та нестабільності світових ринків кукурудза залишається однією з головних культур світового рослинництва. В Україні кукурудза на зерно також займає одне з провідних місць у структурі посівних площ. Вона входить до групи основних польових культур поряд із пшеницею, соняшником, соєю, ячменем і ріпаком. У 2024 році серед найпоширеніших польових культур в Україні були соняшник – 4,947 млн га, пшениця – 4,902 млн га, кукурудза – 4,049 млн га, соя – 2,655 млн га та ячмінь – 1,412 млн га.

Вирощування кукурудзи на зерно виконують за різноманітними технологіями, кожна з яких має свої особливості, при цьому кожна технологія обов'язково містить технологічну операцію сівби. Якість виконання даної технологічної операції має вагоме значення у формуванні високої врожайності. Тому, забезпечення рівномірності сівби залишається актуальним завданням сьогодення.

У роботі визначено основні складові плану механізованих робіт для вирощування кукурудзи на площі 172 га. За результатами проведених розрахунків встановлено, що питома витрата пального за запропонованою технологією становить 43 кг/га. Загальна потреба в паливі для виконання всіх передбачених технологічних операцій складає 7077 кг. При цьому, планові питомі затрати праці на проведення комплексу робіт дорівнюють 2,6 люд.-год/га.

За результатами розрахунків встановлено, що для збирання кукурудзи на зерно на площі 172 га з урожайністю 7,9 т/га достатньо одного комбайна John Deere S670 з продуктивністю 2,3 га/год. Добова продуктивність комбайна становить 23 га/добу, а добовий намот – 181,7 т зерна. Автомобіль МАЗ-6501 може прийняти два бункери комбайна, тобто приблизно 15,9 т зерна за один рейс. За відстані перевезення 5 км тривалість одного рейсу становить 68,4 хв, а розрахункова потреба в автомобілях дорівнює 2 од. Загальна кількість рейсів для перевезення врожаю становить 86, сумарний пробіг автомобілів – 860 км, транспортна робота – 6794 т·км, а витрата пального на перевезення – близько 432 л, або 358,8 кг дизельного пального.

Наведено конструкцію та розглянуто принцип роботи запропонованої модернізації трибоспряження важеля опорно-копіюючого колеса. За прийнятою спрощеною схемою важіль опорного колеса секції сівалки у місці кріплення до рами сприймає результуюче навантаження приблизно 1,85 кН. Основну частину цього навантаження створює вертикальна реакція ґрунту, яка виникає від маси висівної секції та сили притискної пружини. У точці кріплення важеля до рами додатково виникає згинальний момент приблизно 1,16 кН·м. Проведеними перевірочними розрахунками підтверджено працездатність розробленої конструкції та її елементів.

Наведено основні вимоги безпеки при підготовці посівних машин та безпосередньо під час їх експлуатації.

Розрахунками встановлено, що загальні експлуатаційні витрати модернізованого агрегату дорівнюють 804,42 грн/га, тоді як у базового варіанту вони становлять 929,89 грн/га. Економія складає 125,47 грн/га. За річного обсягу роботи 1500 га річний економічний ефект становить 188,21 тис. грн. Термін окупності модернізації дорівнює 1,19 року, тобто вкладені кошти повертаються трохи більше, ніж за один рік експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAO. Agricultural production statistics 2010–2023. URL: <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-2010-2023/en>
2. Our World in Data. Maize production. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/maize-production>
3. FAO. Crop Prospects and Food Situation. 2024. URL: <https://openknowledge.fao.org/>
4. Державна служба статистики України. <https://ukrstat.gov.ua/>
5. UkrAgroConsult. Як змінилися площі посівів основних сільгоспкультур у 2024 році. URL: <https://ukragroconsult.com/news/yak-zminylsya-ploshhi-posiviv-osnovnyh-silygospkulytur-u-2024-roczii/>
6. SuperAgronom. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017–2024 рр. URL: <https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojaynist-zernovoyi-za-2017-2024-rr>
7. Кобець А.С., Ільченко В.Ю., Бутенко В.Г., та ін. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві. ДДАУ. Дніпропетровськ. 2007. 288 с.
8. Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Кухаренко П. М. Методичні рекомендації до практичних занять з навчальної дисципліни «Експлуатація машин і обладнання» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Дніпро: ДДАЕУ. 2022. 246 с.
9. Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами. В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін. – К.:НДІ «Укргропромпродуктивність». 2005. 544 с.

10. Норми продуктивності і витрат палива у рослинництві та обслуговуючих галузях В. М. Івченко, О. С. Зірнзак, В. Ф. Іваненко, В. С. Пивовар та ін. Київ: НДІ «Укراгропромпродуктивність». 2023. 188 с.

11. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. С. Пивовар, В. М. Івченко, Л. В. Кукса та ін. Київ: НДІ "Украгропромпродуктивність". 2019. 160 с.

12. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII.

13. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15.

14. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240.

15. Інструкція з експлуатації сівалки точного висіву з поворотною віссю моделі 3600 з міжряддям 70 см. <https://kinzecom.s3.amazonaws.com/>

ДОДАТКИ

Додаток А – План механізованих робіт вирощування 172 га кукурдзи на зерно

Попередник - зернові
Тип ґрунту-II
Гр. господарств-III

врожайність зерна 7,9 т/га

	Операції	Агротехнічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Тривалість роботи за добу, год	Склад агрегату			Кількість с.-г.машин	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд. год/га		Кількість нормо-змін	
					Календарні	Тривалість днів		трактор	зчіпка	с.-г. машина		за годину	за зміну	за добу	агрегатів	трактористів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг	На одиницю роботи	На весь обсяг		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	Внесення мінеральних добрив	0,2 т/га	га	172	10.09-30.09	10	14	MT3-82.1	AMAZONE ZA-M 3000				9,1	64	128,0	1	2		1,9	326,8	0,11	18,8	2,69
2	Оранка	25-27 см	га	172	10.09-30.09	8	14	JD 8335	Lemken Diamant 16				2,9	20,4	40,8	1	2		12,5	2150	0,34	59,0	8,43
3	Ранньо-весняне боронування	3-4 см	га	172	15.03-25.03	3	14	MT3-82,1	БГП-14			1	8,1	56,7	113,4	1	2		1,2	206,4	0,12	21,2	3,03
4	Передпосівна культивация	6-8 см	га	172	25.04-20.05	5	21	JD 8335	КПСО-10			1	8,9	62,4	187,2	1	2		2,7	464,4	0,11	19,3	2,76
5	Навантаження міндобрив	0,12 т/га	т	20,5	24.04-18.05	5	14	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	328,0	1	2		0,2	4,1	0,04	0,9	0,13
6	Навантаження насіння	88 тис./га	т	4,3	25.04-20.05	5	21	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	492,0	1	2		0,2	0,86	0,04	0,2	0,03
7	Перевезення насіння та міндобрив	0,14 т/га	т	24,94	25.04-20.05	5	21	КамАЗ-55102	навантажувач			1	3,1	21,4	64,2	1	2		0,82	20,45	0,33	8,2	1,17
8	Сівба	6-8 см	га	172	25.04-20.05	5	21	JD 8335	Kinze-3600			1	10,0	70,0	210,0	1	2		5,4	928,8	0,10	17,2	2,46
9	Перевезення води та гербіциду Харнес	0,14 т/га	т	24,08	26.04-21.05	5	12	MT3-82.1	НЦ-3			1	2,7	16,4	32,8	1	2		1,4	33,712	0,37	8,8	1,47
10	Внесення гербіциду	0,14 т/га	га	172	26.04-21.05	5	12	John Deere 6110M	AMAZONE UX 4200			1	12,4	74,2	148,4	1	2		1,1	189,2	0,08	13,9	2,32
11	Навантаження карбаміду	0,1 т/га	т	17,2	10.06-20.06	5	14	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	328,0	1	2		0,2	3,44	0,04	0,7	0,10
12	Внесення міндобр	0,1 т/га	га	172	10.06-20.06	5	14	MT3-82.1	AMAZONE ZA-M 3000				9,1	64	128,0	1	2		1,9	326,8	0,11	18,8	2,69
13	Перевезення води та інсектициду	0,14 т/га	т	24,08	10-17.06	3	12	MT3-82.1	НЦ-3			1	2,7	16,4	32,8	1	2		1,4	33,712	0,37	8,8	1,47
14	Внесення інсектициду+прилипач	0,14 т/га	га	172	10-17.06	3	12	MT3-82.1	AMAZONE UX 4200			1	12,4	74,2	148,4	1	2		1,1	189,2	0,08	13,9	2,32
15	Авіаоприскування інсектицидом	8 л/га	га	172	15-25.07	3	12	Агродрон DJI Agras T30 / T40			1	11,7	70,0	140,0	1	2				0,09	14,7	2,46	
16	Збирання врожаю	7,9 т/га	га	172	20.09-20.10	10	14	John Deere S670	Capello Quasar F8			1	3,3	23,0	46,0	1	2		12,6	2167,2	0,30	52,3	7,48
17	Перевез зерна	5 км	т	1358,8	25.09-10.10	10	14	MA3-6501	-			1	13,9	97,6	195,2	2	4		0,26	358,7	0,07	97,5	13,92
	Всього																	43,0	7077,0	2,60	355,5	52,2	

Додаток Б – Графічна частина дипломного проєкту

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**Ефективність використання техніки при вирощуванні кукурудзи
на зерно з модернізацією конструкції просапної сівалки**

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АІ-1-22

Гненний Сергій Юрійович

Керівник: к.т.н., доцент

Макаренко Дмитро Олександрович

ДНІПРО 2026

Продовження додатку Б

Метою дипломного проєкту є підвищення рівномірності сівби просапною сівалкою шляхом модернізації її рухомих з'єднань.

Для досягнення мети в роботі виконували такі завдання:

1. Провести аналіз стану вирощування кукурудзи на зерно у світі та Україні, розглянути основні особливості вирощування даної культури.
2. Обґрунтувати технологію вирощування кукурудзи на зерно та основні її складові.
3. Запропонувати модернізацію конструкції посівної секції для підвищення її якісних показників роботи.
4. Розглянути питання охорони праці при використанні модернізованої посівної машини.
5. Проаналізувати економічну ефективність роботи.

Продовження додатку Б

48717033.000.000 TP

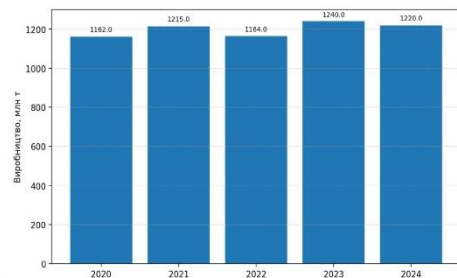


Рис. 11 – Ціна виробництва кукурудзи на зерно у 2020–2024 рр.

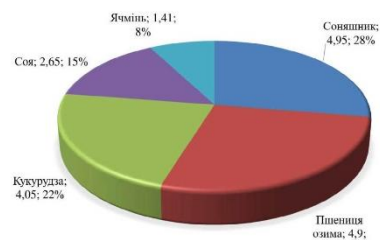


Рис. 12 – Структура посівних площ в Україні у 2024 році

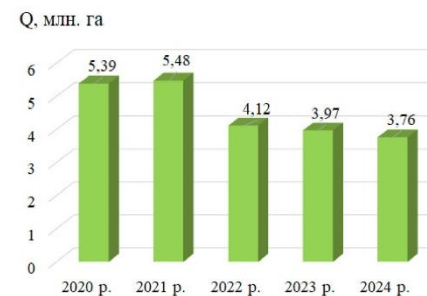


Рис. 13 – Зібрана площа кукурудзи на зерно в Україні у 2020-2024 рр.

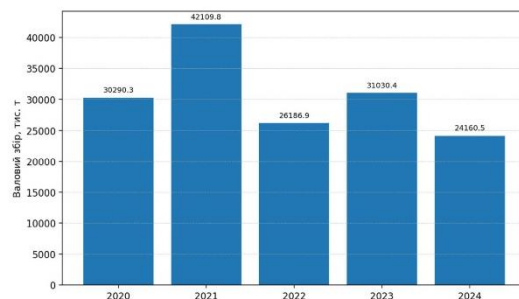


Рис. 14 – Валовий збір кукурудзи на зерно в Україні у 2020-2024 рр.

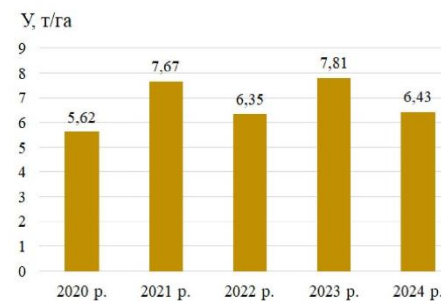


Рис. 15 – Урожайність кукурудзи на зерно в Україні у 2020..2024 рр.

[illegible]

Продовження додатку Б

4817033.000.000 TK

План механізованих робіт вирощування кукурудзи на зерно на 172 га

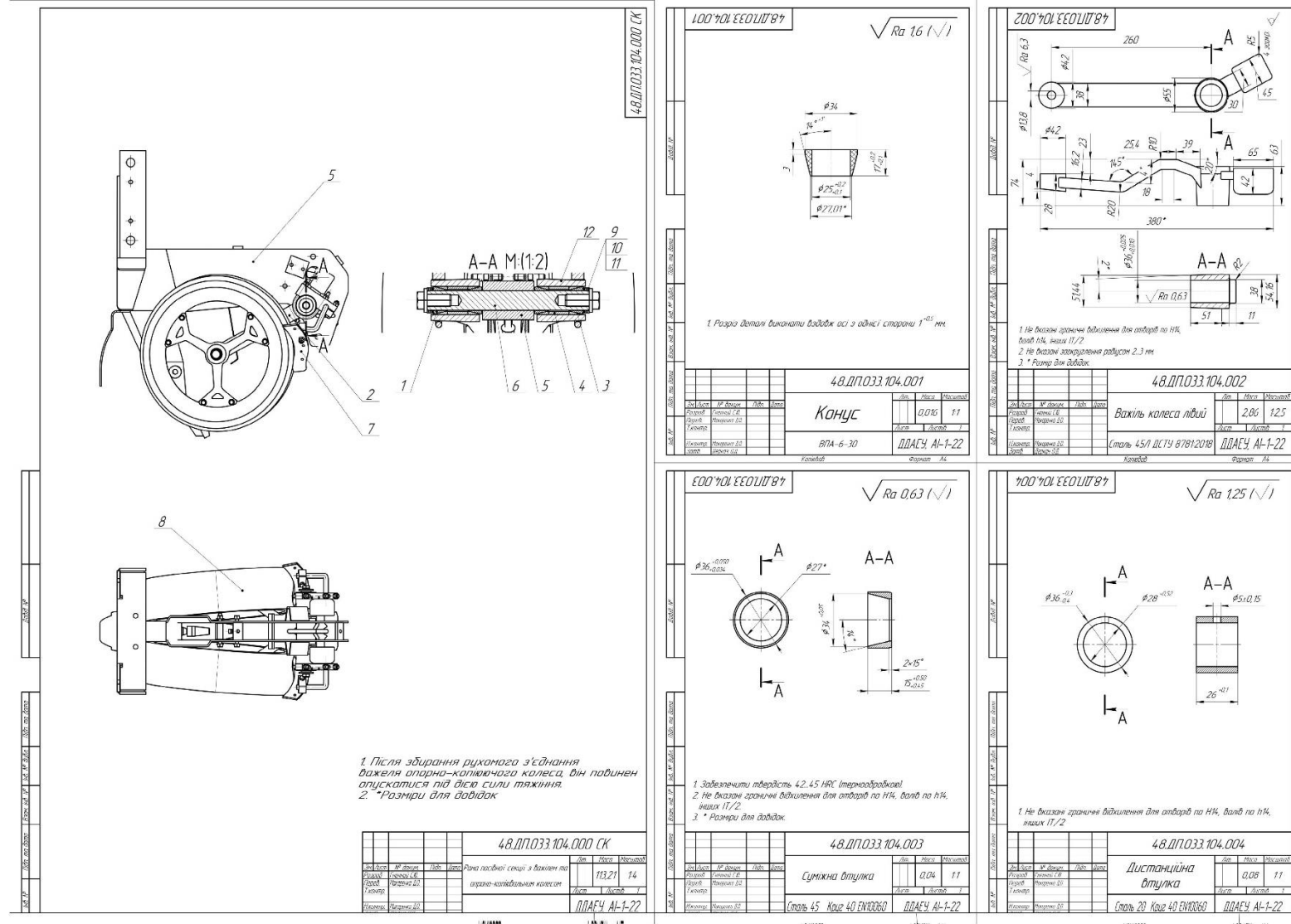
Попередник - зернові
Тип ґрунту-II
Гр. господарств-III

врожайність зерна 7,9 т/га

Операції	Агроекономічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Склад агрегату					Кількість с.-г. машин	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд. год/га		Кількість нормо-змін
				Календарні	Тривалість днів	трактор	зіплка	с.-г. машина	за галузь	за зміну		за добу	агрегатів	тракторів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг	На одиниць роботи	На весь обсяг			
																				Тривалість роботи, за добу, год		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Внесення мінеральних добрив	0,2 т/га	га	172	10.09-30.09	10	14	MT3-82.1	AMAZONE ZA-M 3000			9,1	64	128,0	1	2		1,9	326,8	0,11	18,8	2,69
2	Оранка	25-27 см	га	172	10.09-30.09	8	14	JD 8335	Lemken Diamant 16			2,9	20,4	40,8	1	2		12,5	2150	0,34	59,0	8,43
3	Ранінь-весілля борошування	3-4 см	га	172	15.03-25.03	3	14	MT3-82.1	BTI-14			1	8,1	56,7	113,4	1	2	1,2	206,4	0,12	21,2	3,03
4	Передпосівна культивація	6-8 см	га	172	25.04-20.05	5	21	JD 8335	KTCO-10			1	8,9	62,4	187,2	1	2	2,7	464,4	0,11	19,3	2,76
5	Навіштаження мінодобрів	0,12 т/га	т	20,5	24.04-18.05	5	14	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	328,0	1	2	0,2	4,1	0,04	0,9	0,13
6	Навіштаження навісних	88 тис./га	т	4,3	25.04-20.05	5	21	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	492,0	1	2	0,2	0,86	0,04	0,2	0,03
7	Перевезення насіння та мінодобрів	0,14 т/га	т	24,94	25.04-20.05	5	21	КамаЗ-55102	навантажувач			1	3,1	21,4	64,2	1	2	0,82	20,45	0,33	8,2	1,17
8	Сілка	6-8 см	га	172	25.04-20.05	5	21	JD 8335	Kinze-3600			1	10,0	70,0	210,0	1	2	5,4	928,8	0,10	17,2	2,46
9	Перевезення води та гербіциду Харнес	0,14 т/га	т	24,08	26.04-21.05	5	12	MT3-82.1	HІІ-3			1	2,7	16,4	32,8	1	2	1,4	33,712	0,37	8,8	1,47
10	Висесіння гербіциду	0,14 т/га	га	172	26.04-21.05	5	12	John Deere 6110M	AMAZONE UX 4200			1	12,4	74,2	148,4	1	2	1,1	189,2	0,08	13,9	2,32
11	Навіштаження карбаміду	0,1 т/га	т	17,2	10.06-20.06	5	14	MT3-82.1	HARD-2000			1	23,4	164,0	328,0	1	2	0,2	3,44	0,04	0,7	0,10
12	Висесіння мінодобр	0,1 т/га	га	172	10.06-20.06	5	14	MT3-82.1	AMAZONE ZA-M 3000			9,1	64	128,0	1	2	1,9	326,8	0,11	18,8	2,69	
13	Перевезення води та інсектициду	0,14 т/га	т	24,08	10-17.06	3	12	MT3-82.1	HІІ-3			1	2,7	16,4	32,8	1	2	1,4	33,712	0,37	8,8	1,47
14	Висесіння інсектициду+триліпач	0,14 т/га	га	172	10-17.06	3	12	MT3-82.1	AMAZONE UX 4200			1	12,4	74,2	148,4	1	2	1,1	189,2	0,08	13,9	2,32
15	Авіаоприскування інсектицидом	8 л/га	га	172	15-25.07	3	12	Агродрон DJI Agras T30 / T40				1	11,7	70,0	140,0	1	2			0,09	14,7	2,46
16	Збирання врожаю	7,9 т/га	га	172	20.09-20.10	10	14	John Deere S670	Capello Quasar F8			1	3,3	23,0	46,0	1	2	12,6	2167,2	0,30	52,3	7,48
17	Перевіз зерна	5 км	т	1358,8	25.09-10.10	10	14	MA3-6501	-			1	13,9	97,6	195,2	2	4	0,26	358,7	0,07	97,5	13,92
Всього																		43,0	7077,0	2,60	355,5	52,2

[illegible]

Продовження додатку Б



Продовження додатку Б

4817033.000.000 RF

Результати економічної оцінки проекту

Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Модернізований варіант
Склад МТА	–	John Deere 8335R + Kinze 3600	John Deere 8335R + Kinze 3600 модернізована
Продуктивність	га/год	9,0	10,0
Річне завантаження	год	150	150
Річний обсяг роботи	га	1350	1500
Витрата пального	кг/га	4,2	4,0
Вартість пального	грн/кг	80	80
Балансова вартість МТА	грн	9 193 310	9 417 310
Вартість модернізації	грн	–	224 000
Відрахування на ТО, ремонт і амортизацію	%	8,5	7,5
Витрати на пальне	грн/га	336,00	320,00
Витрати на оплату праці	грн/га	15,05	13,55
ТО, ремонт і амортизація	грн/га	578,84	470,87
Загальні експлуатаційні витрати	грн/га	929,89	804,42
Питомий економічний ефект	грн/га	–	125,47
Річний економічний ефект	грн	–	188 205
Термін окупності	років	–	1,19

[illegible]

Продовження додатку Б

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У 2024 році, за матеріалами FAO, глобальне виробництво кукурудзи становило близько 1,22 млрд т, що лише приблизно на 20 млн т менше порівняно з 2023 роком. В Україні кукурудза на зерно також займає одне з провідних місць у структурі посівних площ. Вона входить до групи основних польових культур поряд із пшеницею, соняшником, соєю, ячменем і ріпаком. У 2024 році серед найпоширеніших польових культур в Україні були соняшник – 4,947 млн га, пшениця – 4,902 млн га, кукурудза – 4,049 млн га, соя – 2,655 млн га та ячмінь – 1,412 млн га.

Вирощування кукурудзи на зерно виконують за різноманітними технологіями, кожна з яких має свої особливості, при цьому кожна технологія обов'язково містить технологічну операцію сівби. Якість виконання даної технологічної операції має вагомe значення у формуванні високої врожайності. Тому, забезпечення рівномірності сівби залишається актуальним завданням сьогодення.

2. У роботі визначено основні складові плану механізованих робіт для вирощування кукурудзи на площі 172 га. За результатами проведених розрахунків встановлено, що питома витрата пального за запропонованою технологією становить 43 кг/га. Загальна потреба в паливі для виконання всіх передбачених технологічних операцій складає 7077 кг. При цьому, планові питомі затрати праці на проведення комплексу робіт дорівнюють 2,6 люд.-год/га.

За результатами розрахунків встановлено, що для збирання кукурудзи на зерно на площі 172 га з урожайністю 7,9 т/га достатньо одного комбайна John Deere S670 з продуктивністю 2,3 га/год. Добова продуктивність комбайна становить 23 га/добу, а добовий намот – 181,7 т зерна. Автомобіль МАЗ-6501 може прийняти два бункери комбайна, тобто приблизно 15,9 т зерна за один рейс. За відстані перевезення 5 км тривалість одного рейсу становить 68,4 хв, а розрахункова потреба в автомобілях дорівнює 2 од. Загальна кількість рейсів для перевезення врожаю становить 86, сумарний пробіг автомобілів – 860 км, транспортна робота – 6794 т·км, а витрата пального на перевезення – близько 432 л, або 358,8 кг дизельного пального.

3. Наведено конструкцію та розглянуто принцип роботи запропонованої модернізації трибоспряження важеля опорно-копіюючого колеса. За прийнятою спрощеною схемою важіль опорного колеса секції сівалки у місці кріплення до рами сприймає результуюче навантаження приблизно 1,85 кН. Основну частину цього навантаження створює вертикальна реакція ґрунту, яка виникає від маси висівної секції та сили притискної пружини. У точці кріплення важеля до рами додатково виникає згинальний момент приблизно 1,16 кН·м. Проведеними перевірочними розрахунками підтверджено працездатність розробленої конструкції та її елементів.

4. Наведено основні вимоги безпеки при підготовці посівних машин та безпосередньо під час їх експлуатації.

5. Розрахунками встановлено, що загальні експлуатаційні витрати модернізованого агрегату дорівнюють 804,42 грн/га, тоді як у базового варіанту вони становлять 929,89 грн/га. Економія складає 125,47 грн/га. За річного обсягу роботи 1500 га річний економічний ефект становить 188,21 тис. грн. Термін окупності модернізації дорівнює 1,19 року, тобто вкладені кошти повертаються трохи більше, ніж за один рік експлуатації.

