

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

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Маліновський Олександр Анатолійович

УДК 631.331:633.63

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування комплексу машин для вирощування
кукурудзи на зерно з розробкою агрегату для
передпосівного обробітку ґрунту
208 “Агроінженерія”**

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Маліновський О.А.

Керівник роботи

Білецький В.Р.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Маліновський Олександр Анатолійович. Обґрунтування комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно з розробкою агрегату для передпосівного обробітку ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно в умовах Житомирської області з розробкою агрегату для передпосівного обробітку ґрунту. У роботі проаналізовано сучасну технологію вирощування кукурудзи на зерно та визначено основні фактори, що впливають на врожайність культури. Обґрунтовано вибір машинно-тракторного парку для виконання основних технологічних операцій на площі 800 га. Розроблено технологічну карту вирощування кукурудзи, яка враховує строки виконання робіт, склад агрегатів, продуктивність техніки, витрати палива та трудові затрати. Особливу увагу приділено передпосівному обробітку ґрунту як важливій операції, що забезпечує якісну підготовку посівного шару, збереження вологи та знищення бур'янів. У конструктивній частині запропоновано агрегат для передпосівного обробітку ґрунту та виконано необхідні інженерні розрахунки його основних вузлів. Розглянуто питання охорони праці під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів і виконання польових робіт. Проведено техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень, яке підтвердило доцільність впровадження запропонованого комплексу машин. Результати роботи можуть бути використані у сільськогосподарських підприємствах для підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно, зменшення виробничих витрат і покращення якості механізованих робіт.

Ключові слова: кукурудза, передпосівний обробіток, роторний агрегат, операційна технологія.

ANNOTATION

Oleksandr Anatoliyovych Malinovskiy. Justification for a range of machinery for growing maize for grain, including the development of a unit for pre-sowing soil preparation. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis is devoted to justifying a range of machinery for growing maize for grain in the Zhytomyr region, including the development of a unit for pre-sowing soil preparation. The thesis analyses modern maize-for-grain cultivation technology and identifies the main factors influencing crop yield. The selection of machinery and tractors for carrying out the main operational procedures across an area of 800 hectares is justified. A maize cultivation flowchart has been developed, taking into account the timing of operations, the composition of machinery units, equipment productivity, fuel consumption and labour costs. Particular attention has been paid to pre-sowing soil preparation as a crucial operation that ensures high-quality preparation of the seedbed, moisture retention and weed control. In the design section, a machine for pre-sowing soil preparation is proposed, and the necessary engineering calculations for its main components have been carried out. Issues relating to health and safety during the operation of machinery and tractor units and the performance of field work are examined. A technical and economic justification of the design solutions has been carried out, confirming the feasibility of implementing the proposed machinery complex. The results of this work can be utilised by agricultural enterprises to improve the efficiency of grain maize cultivation, reduce production costs and enhance the quality of mechanised operations.

Keywords: maize, pre-sowing tillage, rotary unit, operational technology.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	19
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	30
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	44
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кукурудза на зерно є однією з провідних сільськогосподарських культур, яка має важливе продовольче, кормове, технічне та експортне значення. Її зерно широко використовується у тваринництві, харчовій промисловості, крохмале-патоковому виробництві, біоенергетиці та інших галузях агропромислового комплексу. Висока потенційна продуктивність кукурудзи, здатність формувати значні врожаї за умови дотримання агротехнічних вимог і стабільний попит на зерно роблять цю культуру економічно привабливою для сільськогосподарських підприємств України.

Водночас отримання високих і стабільних урожаїв кукурудзи на зерно значною мірою залежить від правильного вибору технології вирощування, раціонального використання машинно-тракторного парку, своєчасного виконання польових робіт та якісної підготовки ґрунту до сівби. Особливо важливою технологічною операцією є передпосівний обробіток ґрунту, оскільки саме він забезпечує формування вирівняного посівного ложа, збереження продуктивної вологи, подрібнення грудок, знищення проростків бур'янів і створення сприятливих умов для рівномірного загортання насіння.

Для умов Житомирської області питання підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно є особливо актуальним. Ґрунтово-кліматичні умови регіону загалом дають можливість вирощувати цю культуру, однак нестійке зволоження, нерівномірний розподіл опадів, ущільнення ґрунту, забур'яненість полів і порушення строків виконання технологічних операцій можуть суттєво знижувати врожайність. Тому важливого значення набуває обґрунтування такого комплексу машин, який забезпечить своєчасне та якісне виконання всіх операцій технологічного процесу з мінімальними витратами палива, праці й коштів.

Сучасні технології вирощування кукурудзи передбачають використання високопродуктивних тракторів, комбінованих ґрунтообробних

агрегатів, точних сівалок, машин для внесення добрив і засобів захисту рослин, а також продуктивних зернозбиральних комбайнів. Проте ефективність технології визначається не лише наявністю сучасної техніки, а й правильним її поєднанням у машинно-тракторні агрегати відповідно до площі посіву, агротехнічних строків, умов роботи та економічних можливостей господарства.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності механізованого вирощування кукурудзи на зерно шляхом раціонального підбору комплексу машин і розробки агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, який забезпечить якісну підготовку поля до сівби, зменшення забур'яненості та покращення умов для проростання насіння.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно в умовах Житомирської області та розробка агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, спрямованого на підвищення якості підготовки посівного шару і зниження виробничих витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Проаналізувати сучасну технологію вирощування кукурудзи на зерно та визначити основні фактори, що впливають на її врожайність.
2. Оцінити умови вирощування кукурудзи на зерно в Житомирській області.
3. Обґрунтувати склад машинно-тракторного парку для виконання основних технологічних операцій.
4. Розробити технологічну карту вирощування кукурудзи на зерно на площі 800 га.
5. Обґрунтувати необхідність застосування агрегату для передпосівного обробітку ґрунту.
6. Виконати конструктивні та інженерні розрахунки основних вузлів агрегату.

7. Розробити заходи з охорони праці під час виконання механізованих робіт.

8. Провести техніко-економічне обґрунтування прийнятих проєктних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування кукурудзи на зерно в умовах сільськогосподарського підприємства Житомирської області.

Предметом дослідження є комплекс машин для вирощування кукурудзи на зерно та агрегат для передпосівного обробітку ґрунту.

У процесі виконання роботи використано методи аналізу технологічних процесів, порівняння машинно-тракторних агрегатів, розрахунку продуктивності техніки, визначення витрат палива, трудових і експлуатаційних витрат, а також методи інженерного розрахунку деталей і вузлів сільськогосподарських машин.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. . Борак К.В., Веремій Т.Б., Грудовий Р.С., Маліновський О.А., Кравченко А.Ю. Енергощадні технології передпосівного обробітку ґрунту та підбір машинно-тракторних агрегатів для різних типів ґрунтів. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 91-95.

2. Білецький В.Р., **Маліновський О.А.**, Мельничук М.М., Онуфрієнко О.М., Кравченко А.Ю. Технології обробітку ґрунту: види, застосування, переваги й недоліки. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/bileckyj_26-2.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонований комплекс машин і розроблений агрегат для передпосівного обробітку ґрунту можуть бути використані у виробничих умовах господарств Житомирської області для підвищення якості підготовки ґрунту, зменшення витрат на вирощування кукурудзи, покращення продуктивності машинно-тракторного парку та підвищення економічної ефективності виробництва зерна.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 69 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 рисунки, 17 таблиць та 3 додатки

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Народногосподарське значення кукурудзи на зерно та вимоги культури до умов вирощування

Кукурудза на зерно належить до найважливіших культур сучасного землеробства, оскільки поєднує високу потенційну врожайність, широке використання у тваринництві, харчовій і переробній промисловості та значну товарність зерна. Для аграрних підприємств Житомирської області вона є культурою, що дає змогу стабілізувати структуру зернового клину, підвищити економічну віддачу ріллі та краще використовувати технічний потенціал господарства в літньо-осінній період. Разом з тим урожайність кукурудзи значною мірою залежить не лише від біологічних особливостей гібриду, а й від якості підготовки ґрунту, точності сівби, забезпеченості елементами живлення, контролю бур'янів і своєчасного збирання.

Культура характеризується підвищеними вимогами до тепла на початку вегетації, достатньої кількості доступної вологи в період інтенсивного росту та якісно сформованого посівного шару. Насіння кукурудзи проростає повільніше за умов холодного і перезволоженого ґрунту, тому ущільнення, грудкуватість і нерівномірна глибина загортання безпосередньо знижують польову схожість. Особливо небезпечними для майбутньої продуктивності є огріхи сівби, пропуски, двійники, незагорнуте насіння та нерівномірне розміщення рослин у рядку.

У зв'язку з цим передпосівний обробіток ґрунту для кукурудзи потрібно розглядати не як допоміжну операцію, а як один з основних чинників формування рівномірного стеблостою.

В умовах Житомирщини кукурудза часто вирощується після зернових колосових, зернобобових, картоплі, ріпаку, а також після окремих кормових культур. Попередник повинен забезпечувати своєчасне звільнення поля, можливість якісного луцення стерні, накопичення вологи та зменшення запасів бур'янів. Небажаним є розміщення кукурудзи після культур, що залишають надмірну кількість важкоподрібнюваних решток без належного їх розподілу, оскільки це ускладнює роботу посівних агрегатів і погіршує прогрівання ґрунту навесні. За наявності достатньої кількості органічних решток важливого значення набуває їх якісне подрібнення, рівномірне перемішування з верхнім шаром ґрунту та недопущення утворення щільної підпошви.

Агротехнічні вимоги до вирощування кукурудзи на зерно передбачають створення дрібногрудкуватої структури посівного шару, вирівняної поверхні поля, збереження продуктивної вологи та знищення проростків бур'янів до сівби. Оптимальний посівний шар має бути достатньо пухким для розвитку зародкових корінців, але не надмірно розпушеним, щоб забезпечувати капілярний підвід вологи до насіння. За великої кількості грудок погіршується контакт насіння з ґрунтом, утворюються нерівномірні сходи, а надалі посіви різняться за висотою, фазами розвитку і конкурентною здатністю щодо бур'янів.

1.2 Природно-кліматичні умови Житомирської області та їх вплив на технологію вирощування кукурудзи

Житомирська область розміщена в зоні Полісся та перехідній частині Лісостепу, тому її природні умови відрізняються значною строкатістю ґрунтового покриву, неоднаковим рівнем зволоження та різною тепловою забезпеченістю. Для північних районів характерні дерново-підзолисті, супіщані й легкосуглинкові ґрунти, які швидко втрачають доступні поживні речовини, мають підвищену кислотність і потребують систематичного поліпшення родючості. У центральних і південних районах поширені сірі

лісові ґрунти та опідзолені чорноземи, що краще придатні для інтенсивного вирощування кукурудзи, однак також потребують раціонального обробітку, удобрення і протиерозійних заходів.

Клімат області загалом сприятливий для вирощування середньоранніх і частини середньостиглих гібридів кукурудзи, але врожайність культури істотно залежить від розподілу опадів у травні-серпні. У роки з холодною весною затримується прогрівання ґрунту, що обмежує ранні строки сівби. У посушливі періоди, які дедалі частіше спостерігаються влітку, вирішального значення набувають запаси вологи, накопичені після осінньо-зимового періоду, та технологія весняного обробітку, здатна зменшити непродуктивні втрати води. Через це для господарств області важливо поєднувати класичні агротехнічні прийоми з елементами ресурсозбережного землеробства.

Ґрунти Полісся мають нижчу природну родючість і часто характеризуються кислою реакцією, тому без вапнування, органічних добрив, збалансованого внесення фосфору, калію та азоту стабільні врожаї кукурудзи отримати складно. На легких ґрунтах особливо небезпечним є надмірно інтенсивний весняний обробіток, який пересушує верхній шар і руйнує його структуру. На важчих суглинкових ґрунтах, навпаки, проблемою є запливання, утворення кірки та збереження після оранки великих грудок. Тому агрегат для передпосівного обробітку повинен бути пристосований до різних умов: вирівнювати поле, руйнувати грудки, не утворювати щільної підшови, забезпечувати поверхнєве підрізання бур'янів і залишати посівне ложе на заданій глибині.

Для умов Житомирської області доцільним є використання гібридів кукурудзи з ФАО орієнтовно 180-300, а в господарствах із кращими ґрунтами та достатнім рівнем технологічного забезпечення — окремих гібридів із дещо довшим періодом вегетації. Вибір групи стиглості має враховувати не тільки потенційну врожайність, а й вологість зерна під час збирання, витрати на сушіння, строки звільнення поля та можливість проведення наступних робіт. В умовах високих цін на енергоносії перевага часто надається гібридам, які

забезпечують прийнятний рівень урожайності при нижчій збиральній вологості.

1.3 Аналіз основних елементів традиційної технології вирощування кукурудзи на зерно

Технологія вирощування кукурудзи починається з правильного вибору поля і попередника. Після збирання попередньої культури проводять лущення стерні або дискування, яке сприяє подрібненню рослинних решток, провокує проростання бур'янів і створює умови для якісного основного обробітку. У разі значного ущільнення ґрунту доцільним є глибоке розпушення або чизелювання, що поліпшує водопроникність і розвиток кореневої системи. За традиційної технології основний обробіток часто виконують оранкою на 25-27 см, але в ресурсозбережних системах дедалі ширше застосовують безполицевий обробіток, який зменшує витрати палива й краще зберігає структуру ґрунту.

Весняний обробіток має бути мінімально необхідним і своєчасним. Надто ранній виїзд техніки на фізично нестиглий ґрунт призводить до його ущільнення, налипання на робочі органи та утворення брил. Запізнення з обробітком спричиняє втрати вологи, нерівномірне прогрівання посівного шару і погіршення якості сівби. Найкращим вважається такий спосіб підготовки поля, коли за один прохід агрегату забезпечується вирівнювання поверхні, розпушення верхнього шару на глибину загортання насіння, подрібнення грудок і знищення проростків бур'янів.

Сівбу кукурудзи проводять тоді, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до рівня, достатнього для дружного проростання. Для більшості господарств області це відповідає періоду, коли ризик тривалого похолодання зменшується, а волога у верхньому шарі ще зберігається. Глибину загортання встановлюють з урахуванням гранулометричного складу ґрунту, вологості та строку сівби: на важчих і вологіших ґрунтах вона менша, на легких і сухіших — більша. Норми висіву визначають залежно від

гібриду, запасів вологи, родючості поля та запланованої густоти стояння рослин.

Система удобрення кукурудзи повинна забезпечувати культуру азотом, фосфором, калієм, сіркою та мікроелементами відповідно до запланованого рівня врожайності. Найбільша потреба в азоті припадає на період інтенсивного росту вегетативної маси, тоді як фосфор особливо важливий на ранніх етапах розвитку кореневої системи. Калій підвищує стійкість рослин до посухи і сприяє наливанню зерна. Для Житомирської області актуальним є коригування системи живлення з урахуванням кислотності ґрунту, вмісту рухомих форм поживних речовин та можливості локального внесення добрив під час сівби.

Захист посівів від бур'янів є одним із вирішальних елементів технології. Кукурудза повільно росте на початку вегетації, тому в перші 4-6 тижнів після появи сходів вона слабо конкурує з бур'янами за світло, воду і поживні речовини. Ефективна система захисту передбачає поєднання агротехнічних, механічних і хімічних заходів. Важливу роль відіграє знищення бур'янів у фазі «білої ниточки» до сівби, оскільки саме в цей період вони найбільш уразливі до поверхневого механічного обробітку.

1.4 Обґрунтування комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно

Комплекс машин для вирощування кукурудзи повинен відповідати площі посівів, прийнятій технології, ґрунтовим умовам, енергетичній базі господарства та допустимим строкам виконання операцій. Для Житомирської області особливе значення має здатність техніки працювати в короткі оптимальні агротехнічні строки, адже весняний період часто характеризується різкими змінами погоди. Недостатня продуктивність агрегатів або велика кількість окремих проходів призводить до ущільнення ґрунту, зростання витрат палива і втрати вологи. Тому перевагу доцільно

надавати комбінованим машинам, які за один прохід виконують кілька операцій.

Таблиця 1.1 – Основні технологічні операції вирощування кукурудзи на зерно та вимоги до їх виконання

Операція	Мета виконання	Основні вимоги	Типові машини
Лущення стерні	Провокація сходів бур'янів, подрібнення решток	Рівномірне перемішування верхнього шару без огріхів	Дискові борони, лушпильники
Основний обробіток	Накопичення вологи, розпушення орного шару	Глибина з урахуванням ущільнення та типу ґрунту	Плуги, чизелі, глибокорозпушувачі
Передпосівна підготовка	Створення посівного ложа, вирівнювання поля	Дрібногрудкувата структура, збереження вологи, знищення бур'янів	Комбіновані агрегати, культиватори
Сівба	Рівномірне розміщення насіння	Стабільна глибина, відсутність пропусків і двійників	Сівалки точного висіву
Догляд за посівами	Контроль бур'янів, шкідників і хвороб	Своєчасність заходів, мінімальне пошкодження рослин	Обприскувачі, міжрядні культиватори
Збирання	Отримання зерна з мінімальними втратами	Налаштування жатки та молотильного апарата, контроль вологості	Зернозбиральні комбайни з кукурудзяними жатками

Енергетичну основу комплексу машин можуть становити універсально-просапні та загального призначення трактори тягового класу, достатнього для роботи з дисковими, культиваторними, посівними та транспортними агрегатами. У невеликих господарствах частину операцій можуть виконувати трактори потужністю 80-150 к. с., тоді як для продуктивного передпосівного обробітку, глибокого розпушення та роботи з широкозахватними сівалками бажано використовувати трактори потужністю 150-250 к. с. Вибір конкретної марки повинен ґрунтуватися на наявності сервісу, запасних частин, паливній економічності та сумісності з навісними і причіпними машинами.

До складу машинного комплексу для вирощування кукурудзи на зерно доцільно включати машини для післязбирального обробітку стерні,

основного обробітку, передпосівної підготовки, сівби, внесення добрив, захисту рослин, міжрядного обробітку за потреби, збирання та транспортування врожаю. Особливим елементом комплексу є агрегат для передпосівного обробітку ґрунту, оскільки саме він безпосередньо формує якість посівного ложа і створює передумови для рівномірних сходів. За неправильної підготовки поля навіть найсучасніша сівалка не забезпечить належної якості висіву.

Для господарства, яке вирощує кукурудзу в умовах різної щільності ґрунту та неоднакової забур'яненості, перспективним є застосування комбінованого передпосівного агрегату з робочими органами, здатними одночасно вирівнювати поверхню, розпушувати верхній шар, подрібнювати грудки і механічно знищувати молоді проростки бур'янів. Такий агрегат зменшує потребу в повторних проходах культиватора, краще зберігає вологу, поліпшує умови роботи сівалки та дає можливість частково зменшити хімічне навантаження на агроценоз.

Таблиця 1.2 – Рекомендований склад машинного комплексу для вирощування кукурудзи на зерно

Група операцій	Призначення	Машини та агрегати	Очікуваний ефект
Обробіток після попередника	Подрібнення решток і боротьба з бур'янами	Дискова борона, лушпильник, мульчер	Рівномірний фон для основного обробітку
Основний обробіток	Розпушення орного шару та накопичення вологи	Плуг, чизель, глибокорозпушувач	Поліпшення водно-повітряного режиму
Передпосівна підготовка	Формування посівного ложа	Розроблюваний агрегат, комбінований культиватор	Дружні сходи, менші втрати вологи
Сівба та удобрення	Точне розміщення насіння і стартове живлення	Сівалка точного висіву, туковисівні системи	Оптимальна густота стояння рослин
Догляд за посівами	Захист від бур'янів, шкідників і хвороб	Обприскувач, міжрядний культиватор	Збереження потенціалу врожайності
Збирання і транспортування	Зменшення втрат зерна	Комбайн з кукурудзяною жаткою, тракторні причепа	Своєчасне збирання і зниження втрат

1.5 Недоліки існуючої технології та напрями її вдосконалення

Аналіз практики вирощування кукурудзи на зерно свідчить, що основні втрати врожайності часто виникають не через один окремий чинник, а внаслідок поєднання кількох технологічних недоліків. Найпоширенішими є невчасне виконання весняного обробітку, надмірна кількість проходів техніки, нерівномірне подрібнення грудок, недостатнє вирівнювання поля, переущільнення верхнього шару, слабе знищення ранніх хвиль бур'янів і недостатній контроль якості сівби. У результаті формується різновіковий стеблостій, частина рослин пригнічується, а потенціал гібриду використовується неповністю.

Першим напрямом удосконалення технології є адаптація обробітку ґрунту до конкретних умов поля. На легких ґрунтах необхідно мінімізувати пересушування і зберегти мульчувальний шар, а на важчих — забезпечити кришіння та вирівнювання без утворення брил. Другим напрямом є підвищення продуктивності машинного комплексу шляхом скорочення кількості проходів. Комбіновані агрегати зменшують ущільнення, економлять паливо та дають змогу краще дотримуватися строків робіт. Третім напрямом є точне землеробство: контроль норми висіву, картування врожайності, диференційоване внесення добрив і моніторинг стану посівів.

Важливим резервом підвищення ефективності є вдосконалення передпосівної підготовки ґрунту. Для кукурудзи необхідно створити рівномірний шар на глибину загортання насіння, зберегти вологу, знищити бур'яни у ранній фазі розвитку та підготувати поверхню для стабільної роботи сівалки. Розроблення спеціалізованого агрегату, який поєднує вирівнювання, розпушення, подрібнення грудок і механічний вплив на проростки бур'янів, є обґрунтованим технічним рішенням для умов Житомирської області. Особливо доцільним такий агрегат є після осінньої оранки, коли навесні на полі залишаються гребені, борозни та грудки, що погіршують якість сівби.

Удосконалення технології також має передбачати більш раціональне використання добрив. Система живлення повинна спиратися на агрохімічне обстеження ґрунтів, реалістичну заплановану врожайність і баланс поживних речовин. Внесення стартових добрив під час сівби поліпшує ранній розвиток рослин, але не може повністю замінити основне удобрення. Для кислих ґрунтів Полісся велике значення має вапнування, оскільки підвищена кислотність обмежує засвоєння фосфору, пригнічує розвиток кореневої системи та знижує ефективність мінерального живлення.

Система захисту рослин повинна поєднувати профілактичні, механічні та хімічні прийоми. Повна залежність лише від гербіцидів підвищує виробничі витрати й може сприяти появі стійких видів бур'янів. Механічне знищення бур'янів до сівби, міжрядний обробіток за потреби, сівозміна, якісне подрібнення решток і використання конкурентоспроможних гібридів зменшують гербіцидне навантаження. При цьому хімічний захист залишається важливим елементом інтенсивної технології, але його слід застосовувати з урахуванням фактичної забур'яненості, погодних умов і фази розвитку культури.

Висновки по розділу

Проведений аналіз показує, що кукурудза на зерно є перспективною культурою для аграрних підприємств Житомирської області, однак реалізація її врожайного потенціалу можлива лише за умови адаптації технології до ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Основними обмежувальними чинниками є строкатість ґрунтового покриву, кислотність і нижча родючість частини поліських ґрунтів, ризик весняного перезволоження, літні посушливі періоди та потреба в якісному збереженні вологи.

Найбільш відповідальними елементами технології є основний і передпосівний обробіток ґрунту, добір гібриду, точна сівба, збалансоване удобрення та своєчасний захист від бур'янів. Особливої уваги потребує передпосівна підготовка, оскільки вона визначає якість посівного ложа,

рівномірність загортання насіння та умови роботи сівалки. Наявність гребенів, борозен, великих грудок і проростків бур'янів знижує ефективність усієї технології.

Перспективним шляхом удосконалення технології є застосування комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, який за один прохід забезпечує вирівнювання поверхні, подрібнення грудок, розпушення верхнього шару та механічне знищення бур'янів. Для умов Житомирської області таке рішення дає змогу зменшити кількість проходів техніки, краще зберегти вологу і підвищити якість сівби кукурудзи.

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ДЛЯ УМОВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Вихідні умови проєктування технології

Проектування технології вирощування кукурудзи на зерно виконано для умов Житомирської області з урахуванням площі посіву 800 га, природно-кліматичних особливостей регіону, потреби в ресурсозбереженні та завдання розробити ефективний агрегат для передпосівного обробітку ґрунту. Кукурудза є культурою інтенсивного типу, тому рівень урожайності визначається не лише біологічним потенціалом гібриду, а й точністю виконання кожної операції технологічного процесу. У проєкті прийнято, що господарство має достатню площу ріллі, можливість застосування сучасних енергетичних засобів, організовану систему матеріально-технічного забезпечення та потребує машинного комплексу, здатного виконувати роботи в оптимальні агротехнічні строки.

Житомирська область поєднує умови Полісся і перехідної частини Лісостепу, тому технологію слід адаптувати до різної родючості, механічного складу та вологості ґрунтів. На легших ґрунтах головним завданням є збереження вологи й недопущення надмірного розпушування, а на суглинкових ґрунтах - якісне кришіння, вирівнювання поверхні та руйнування великих грудок. Для кукурудзи це особливо важливо, тому що нерівномірність посівного шару призводить до різної глибини загортання насіння, неоднакового прогрівання ґрунту, розтягнутих сходів та зниження конкурентоспроможності рослин у перший період вегетації.

За базову для розрахунків приймаємо заплановану врожайність 8,5 т/га зерна у заліковій вологості. За площі 800 га валовий збір становитиме 6800 т. Такий рівень урожайності є реалістичним для господарства, яке використовує якісне насіння, збалансовану систему удобрення, сучасну техніку і своєчасний захист рослин. Проєктна технологія орієнтована на

поєднання традиційного основного обробітку з елементами мінімізації кількості проходів навесні. Основним технічним акцентом є застосування агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, що повинен вирівнювати поверхню, подрібнювати грудки, розпушувати верхній шар і механічно знищувати проростки бур'янів.

Попередником для кукурудзи доцільно прийняти озиму пшеницю або зернобобову культуру, оскільки вони рано звільняють поле та дають змогу провести післязбиральне дискування, основне удобрення і глибоке розпушення в осінній період. Розміщення кукурудзи після кукурудзи допускається лише за високої культури землеробства, якісного подрібнення пожнивних решток і посиленого контролю шкідників та хвороб. У даному проєкті перевага надається розміщенню після зернового попередника, що створює кращі умови для підготовки поля і зменшує фітосанітарні ризики.

2.2 Обґрунтування технологічної схеми вирощування кукурудзи

Технологічна схема вирощування кукурудзи на зерно для площі 800 га повинна забезпечити своєчасне виконання основних робіт: післязбирального обробітку стерні, основного обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив, весняного закриття вологи, передпосівної підготовки, сівби, догляду за посівами, збирання і транспортування зерна. Кожна операція має бути пов'язана з попередньою, адже порушення послідовності або затримка в одному елементі технології знижують ефективність наступних робіт. Наприклад, неякісне осіннє подрібнення решток ускладнює весняну підготовку, а запізнення із сівбою зміщує строки досягання і підвищує витрати на сушіння зерна.

Після збирання попередника передбачається лушення або дискування стерні на глибину 6-8 см. Ця операція провокує проростання падалиці та бур'янів, подрібнює і частково заробляє рослинні рештки, зменшує випаровування вологи та створює рівномірніший фон для основного обробітку. За наявності ущільнення ґрунту або плужної підшви доцільним є

глибоке розпушення на 28-32 см. Для Житомирської області це дає змогу поліпшити водопроникність, накопичити зимово-весняну вологу і створити умови для глибокого розвитку кореневої системи кукурудзи.

Система удобрення проєктується з урахуванням запланованої врожайності 8,5 т/га. Для попереднього розрахунку приймається норма N120P60K60 у діючій речовині. Фосфорні та калійні добрива доцільно вносити переважно восени під основний обробіток, а азот - частково восени або рано навесні, частково під час сівби у вигляді стартового живлення і за потреби підживленням у період вегетації. На кислих ґрунтах Полісся систему удобрення потрібно доповнювати вапнуванням за даними агрохімічного обстеження, оскільки підвищена кислотність знижує ефективність фосфорного живлення і пригнічує коренеутворення.

Весняний комплекс робіт спрямований на збереження вологи, вирівнювання поверхні і створення дрібногрудкуватого посівного шару. Ранньовесняне боронування або неглибоке вирівнювання проводять лише після настання фізичної стиглості ґрунту. Надто ранній виїзд агрегатів призводить до замазування і ущільнення, а надто пізній - до втрати вологи. Передпосівний обробіток виконується безпосередньо перед сівбою на глибину загортання насіння, тобто орієнтовно 5-6 см, щоб сформувати ущільнене посівне ложе і пухкий верхній шар.

Сівбу кукурудзи виконують тоді, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до 10-12 °С і зберігає достатню вологість. Для умов Житомирської області орієнтовний строк сівби припадає на кінець квітня - першу декаду травня, але фактична дата визначається погодою. Приймається ширина міжрядь 70 см, що відповідає найпоширенішій технології вирощування кукурудзи на зерно та забезпечує сумісність із сучасними сівалками точного висіву, міжрядними культиваторами і кукурудзяними жатками.

2.3 Підбір гібридів, норм висіву та матеріальних ресурсів

Для проєктних умов доцільно використовувати гібриди кукурудзи з ФАО 220-290. Такі гібриди мають достатній потенціал урожайності для Житомирської області, але водночас здатні досягнути з прийнятною збиральною вологістю. Використання занадто пізніх гібридів може збільшити валовий урожай у сприятливі роки, проте підвищує ризик пізнього збирання, більших витрат на сушіння і погіршення умов підготовки поля під наступну культуру. У структурі посіву бажано поєднувати 2-3 гібриди різної стиглості, щоб розподілити навантаження на збиральну техніку і зменшити ризики від несприятливої погоди.

Оптимальна густота стояння рослин залежить від групи стиглості гібриду, родючості ґрунту та рівня вологозабезпечення. Для умов проєкту приймається 72-78 тис. рослин на 1 га до збирання. З урахуванням польової схожості, можливих пошкоджень і втрат під час догляду норма висіву становить приблизно 82-85 тис. насінин на 1 га. На площу 800 га потрібно близько 66-68 млн схожих насінин, або орієнтовно 830-850 посівних одиниць за умови, що одна посівна одиниця містить 80 тис. насінин.

Перед сівбою насіння має бути відкаліброване, протруєне, придатне для точного висіву та сумісне з висівними апаратами сівалки. Важливо забезпечити однакову фракцію насіння в межах партії, оскільки від цього залежить стабільність роботи дозуючого апарата і рівномірність розміщення зернин у рядку. Глибина загортання насіння приймається 5-6 см, на легких ґрунтах за нестачі вологи її можна збільшувати до 6-7 см, а на важчих і вологих – зменшувати до 4-5 см. Рішення приймається безпосередньо перед сівбою за станом поля.

Таблиця 2.1 – Основні проєктні показники технології вирощування кукурудзи

Показник	Прийняте значення	Розрахунок для 800 га	Примітка
Площа посіву кукурудзи	800 га	800 га	Єдина виробнича ділянка або кілька полів
Запланована врожайність	8,5 т/га	6800 т зерна	У заліковій вологості
Група стиглості гібридів	ФАО 220-290	2-3 гібриди	Розподіл строків досягання
Густота рослин до збирання	72-78 тис./га	57,6-62,4 млн рослин	Залежно від вологозабезпечення
Норма висіву	82-85 тис. насінин/га	66-68 млн насінин	З урахуванням польової схожості
Міжряддя	70 см	Сумісне з 8- та 16-рядними машинами	Типова просапна технологія
Система удобрення	N120P60K60	N - 96 т; P2O5 – 48 т; K2O - 48 т	У діючій речовині

2.4 Підбір тракторів, сільськогосподарських машин і комбайна

Для площі 800 га машинний комплекс має забезпечити високу продуктивність і водночас не бути надмірно ускладненим. Основні енергетичні засоби доцільно сформувати з одного трактора високої потужності для важких ґрунтообробних і посівних робіт, одного універсального трактора середньо-високої потужності для передпосівної підготовки, внесення добрив, обприскування та транспортних операцій, а також зернозбирального комбайна з кукурудзяною жаткою. Така структура дає змогу розподілити навантаження за сезонами і не створює зайвого дублювання техніки.

Як основний тяговий трактор приймаємо John Deere 8R 340 потужністю близько 340 к. с. Він використовується з глибокорозпушувачем, важкою дисковою бороною, широкозахватною сівалкою точного висіву та за потреби з важкими транспортними агрегатами. Для універсальних робіт приймаємо John Deere 6R 250 потужністю до 275 к. с., який може агрегатуватися з розкидачем мінеральних добрив, причіпним обприскувачем, передпосівним агрегатом і транспортними причепами. Такий розподіл

забезпечує енергетичний резерв, зменшує ризик перевантаження тракторів і дає можливість виконувати частину робіт одночасно.

Для основного обробітку ґрунту приймається комбінований культиватор-глибокорозпушувач HORSCH Tiger 4 MT. Його застосування доцільне після зернового попередника або за значної кількості решток, коли потрібно одночасно перемішати верхній шар і розпушити ґрунт на глибину до 30-35 см. Для післязбирального дискування та вирівнювання поля приймається HORSCH Joker 6 RT із робочою шириною близько 6 м. Обидві машини відповідають завданню зменшення кількості проходів і підготовки рівномірного фону під наступні операції.

Передпосівний обробіток пропонується виконувати розроблюваним агрегатом шириною захвату 6 м. Його робочі органи повинні забезпечувати суцільне підрізання молодих бур'янів, кришіння грудок, вирівнювання поверхні та прикочування або ущільнення нижньої частини посівного шару. Агрегат повинен працювати на глибину 5-6 см, тобто безпосередньо на глибину загортання насіння кукурудзи. Його використання дає змогу зменшити кількість весняних проходів, краще зберегти вологу і підвищити якість сівби.

Сівбу доцільно виконувати сівалкою точного висіву HORSCH Maestro 16 SX або аналогічною 16-рядною сівалкою з міжряддям 70 см. Для площі 800 га така сівалка є достатньо продуктивною, щоб завершити сівбу в межах оптимального строку. Внесення мінеральних добрив передбачається розкидачем AMAZONE ZA-TS 4200, а хімічний захист - причіпним обприскувачем AMAZONE UX 5201 Super з баком 5200 л і штангою 24 м. Збирання приймається виконувати комбайном John Deere S780 із кукурудзяною жаткою на 8 рядків. Один такий комбайн здатний зібрати 800 га кукурудзи в межах допустимого осіннього періоду за правильної організації транспортування зерна.

Таблиця 2.2 – Рекомендований склад машинного комплексу для площі 800 га

Елемент комплексу	Марка або тип машини	Основні параметри	Операції	Обґрунтування вибору
Трактор важкого класу	John Deere 8R 340	Потужність близько 340 к. с.; повний привід; сумісність з ISOBUS	Глибоке розпушення, дискування, сівба	Потрібний запас тяги для широкозахватних і енергоємних машин
Універсальний трактор	John Deere 6R 250	Максимальна потужність до 275 к. с.; універсальне використання	Добрива, обприскування, передпосівний обробіток, транспорт	Забезпечує гнучке використання впродовж сезону
Дискова борона	HORSCH Joker 6 RT	Робоча ширина близько 6,15 м; швидкісний обробіток	Лущення стерні, подрібнення решток	Швидке закриття вологи та провокування бур'янів
Глибокорозпушувач	HORSCH Tiger 4 MT	Робоча ширина 4 м; розпушення до 35 см	Основний обробіток	Руйнування ущільнених шарів і перемішування решток
Передпосівний агрегат	Розроблюваний агрегат	Ширина 6 м; глибина 5-6 см; зубові та вирівнювальні органи	Передпосівна підготовка	Формування посівного ложа і механічне знищення бур'янів
Сівалка точного висіву	HORSCH Maestro 16 SX	16 рядків; міжряддя 70/75 см; робоча швидкість до 12 км/год	Сівба кукурудзи зі стартовим удобренням	Висока продуктивність і точне розміщення насіння
Розкидач добрив	AMAZONE ZA-TS 4200	Місткість до 4200 л; ширина розкидання до 54 м	Основне і підживлювальне внесення добрив	Продуктивне та рівномірне внесення на великих площах
Обприскувач	AMAZONE UX 5201 Super	Бак 5200 л; штанга 24 м	Гербіцидні, фунгіцидні, інсектицидні обробки	Висока змінна продуктивність і менші втрати часу на заправку
Зернозбиральний комбайн	John Deere S780 + жатка 8 рядків	Роторний комбайн; зерновий бункер близько 14,1 м ³	Збирання кукурудзи на зерно	Дає змогу своєчасно зібрати площу 800 га

2.5 Розрахунок основних технологічних параметрів

Для розрахунку технологічної карти приймаємо тривалість зміни 10 год, коефіцієнт використання часу зміни 0,70-0,85 залежно від операції, а також роботу ключових весняних агрегатів у напружений період у

подовженому або двозмінному режимі. Продуктивність агрегату за годину основного часу визначають за залежністю: $W_{\Gamma} = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot K$, де B – робоча ширина захвату, м; v – робоча швидкість, км/год; K – коефіцієнт використання часу. Змінна продуктивність становить $W_{зм} = W_{\Gamma} \cdot T_{зм}$, де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Наприклад, для розроблюваного передпосівного агрегату з шириною захвату 6 м, робочою швидкістю 10 км/год і коефіцієнтом використання часу 0,80 годинна продуктивність дорівнює $0,1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 0,80 = 4,8$ га/год. За 10-годинну зміну агрегат обробляє приблизно 48 га. Для площі 800 га потрібно $800 / 48 = 16,7$ зміни. Якщо організувати роботу в подовженому режимі або дві зміни на добу, передпосівний обробіток можна виконати за 8-9 діб, що відповідає вимогам сівби кукурудзи.

Для сівалки HORSCH Maestro 16 SX з міжряддям 70 см робоча ширина становить 11,2 м. За робочої швидкості 10 км/год і коефіцієнта 0,75 годинна продуктивність дорівнює 8,4 га/год, а змінна - близько 84 га. Потреба в змінах для сівби становить $800 / 84 = 9,5$ зміни. Отже, одна 16-рядна сівалка може завершити сівбу кукурудзи за 9-10 робочих днів, а за сприятливої організації забезпечення насінням і добривами - швидше.

Для комбайна John Deere S780 з 8-рядною кукурудзяною жаткою приймається змінна продуктивність 30 га. Для збирання 800 га потрібно 26,7, тобто близько 27 змін. Такий строк є прийнятним за умови безперервного відвезення зерна, контролю його вологості та наявності сушильних потужностей.

Таблиця 2.3 – Проектна технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно

№	Операція	Строк виконання	Склад агрегату	В, м	v, км/год	Wзм, га/зм	Обсяг робіт	Потрібно змін	Витрата палива	Загальна витрата
1	Дискування стерні після попередника	липень-серпень	JD 8R 340 + HORSCH Joker 6 RT	6.15	12	59	800 га	13.6	7,5 л/га	6000 л
2	Основне внесення Р і К добрив	серпень-вересень	JD 6R 250 + AMAZONE ZA-TS 4200	24	12	216	800 га	3.7	1,5 л/га	1200 л
3	Глибоке розпушування ґрунту	вересень-жовтень	JD 8R 340 + HORSCH Tiger 4 MT	4.0	8	24	800 га	33.3	18 л/га	14400 л
4	Ранньовесняне вирівнювання і закриття вологи	березень-квітень	JD 6R 250 + широкозахватна борона 12 м	12	12	101	800 га	7.9	4,0 л/га	3200 л
5	Передпосівне внесення азотних добрив	квітень	JD 6R 250 + AMAZONE ZA-TS 4200	24	12	216	800 га	3.7	1,5 л/га	1200 л
6	Передпосівний обробіток ґрунту	квітень-травень	JD 6R 250 + розроблюваний агрегат 6 м	6.0	10	48	800 га	16.7	6,0 л/га	4800 л
7	Сівба кукурудзи зі стартовим удобренням	кінець квітня - I декада травня	JD 8R 340 + HORSCH Maestro 16 SX	11.2	10	84	800 га	9.5	5,5 л/га	4400 л
8	Післяпосівне коткування за потреби	відразу після сівби	JD 6R 250 + кільчасто-шпорові котки 12 м	12	10	84	800 га	9.5	3,0 л/га	2400 л
9	Внесення ґрунтового гербіциду	до сходів культури	JD 6R 250 + AMAZONE UX 5201 Super	24	12	202	800 га	4.0	1,2 л/га	960 л
10	Страхове обприскування посівів кукурудзи	3-5 листків кукурудзи	JD 6R 250 + AMAZONE UX 5201 Super	24	12	202	800 га	4.0	1,3 л/га	1040 л
11	Міжрядний обробіток за потреби кукурудзи	5-7 листків кукурудзи	JD 6R 250 + міжрядний культиватор 12 рядків	8.4	8	47	800 га	17.0	4,2 л/га	3360 л
12	Позакореневе підживлення або захисна обробка	за результатами моніторингу	JD 6R 250 + AMAZONE UX 5201 Super	24	12	202	800 га	4.0	1,2 л/га	960 л
13	Збирання кукурудзи на зерно	вересень-жовтень	John Deere S780 + кукурудзяна жатка 8 рядків	5.6	6	30	800 га	26.7	18 л/га	14400 л
14	Транспортування зерна до току	одночасно зі збиранням	JD 6R 250 + причепа / вантажні автомобілі	-	-	-	6800 т	-	0,6 л/т	4080 л

2.6 Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно на площі 800 га

За даними технологічної карти найбільше навантаження припадає на основний обробіток, передпосівну підготовку, сівбу та збирання. Глибоке розпушування може виконуватися впродовж осіннього періоду, тому його тривалість не є критичною за умови своєчасного початку робіт. Найбільш напруженими є весняні операції, для яких необхідно забезпечити безперервне постачання насіння, добрив, води і засобів захисту, а також справний технічний стан агрегатів. Передпосівний агрегат і сівалка мають працювати узгоджено: підготовка поля повинна випереджати сівбу на 0,5-1 добу, щоб не допустити пересихання посівного шару.

Сумарна орієнтовна витрата палива за основними польовими і транспортними операціями становить близько 61,2 тис. л, або приблизно 76,5 л/га посівної площі з урахуванням транспортування зерна. Найбільшу частку палива споживають глибоке розпушування і збирання, тому саме ці операції потребують особливо ретельного налаштування техніки. Економія палива можлива за рахунок оптимальної глибини обробітку, правильного баластування тракторів, зниження буксування, використання паралельного водіння та скорочення зайвих проходів по полю.

2.7 Очікувані переваги запропонованої технології

Запропонована технологія поєднує інтенсивні елементи вирощування кукурудзи з принципами ресурсозбереження. Дисковий обробіток після попередника, глибоке розпушення та застосування спеціалізованого передпосівного агрегату зменшують кількість весняних проходів, краще зберігають вологу і створюють рівномірний фон для роботи сівалки.

Розроблюваний агрегат є ключовим елементом удосконалення технології, оскільки за один прохід поєднує вирівнювання, розпушення, подрібнення грудок і механічне знищення бур'янів у фазі проростання. Це підвищує

рівномірність загортання насіння, зменшує пропуски та створює передумови для дружних сходів кукурудзи.

Висновки по розділу

У другому розділі спроектовано технологію вирощування кукурудзи на зерно для умов Житомирської області на площі 800 га. Прийнято заплановану врожайність 8,5 т/га, що забезпечує валовий збір 6800 т зерна. Обґрунтовано використання гібридів ФАО 220-290, міжряддя 70 см, норми висіву 82-85 тис. насінин/га та системи удобрення N120P60K60.

Підібрано комплекс машин, до складу якого входять трактори John Deere 8R 340 і John Deere 6R 250, дискова борона HORSCH Joker 6 RT, глибокорозпушувач HORSCH Tiger 4 MT, розроблюваний передпосівний агрегат, сівалка HORSCH Maestro 16 SX, розкидач AMAZONE ZA-TS 4200, обприскувач AMAZONE UX 5201 Super та комбайн John Deere S780 з кукурудзяною жаткою.

Розроблена технологічна карта показує, що найбільш відповідальними операціями є передпосівна підготовка, сівба і збирання. Орієнтовна сумарна витрата палива становить близько 61,2 тис. л. Використання розроблюваного передпосівного агрегату сприяє формуванню якісного посівного ложа, збереженню вологи та підвищенню рівномірності сходів кукурудзи.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Необхідність застосування пристрою

На весні після осінньої оранки на полях спостерігається така картина: глибокі борозни на початку і в кінці загінок, висота гребенів більша за агротехнічні вимоги, внаслідок оранки при високій вологості на полях спостерігається велика кількість здорових грудок. Ці всі нерівності дуже впливають на посів багатьох культур в тому числі і кукурудзи. Кукурудза висівається так як цукровий буряк по рядками і якщо на полі великі нерівності то сівалка за собою буде залишати не загорнуте насіння, якщо будуть глибокі борозни. А якщо буде велика кількість грудок то сівалка буде забиватися, залишатиме огріхи, а також нерівні рядки.

Проектуємий агрегат для передпосівного обробітку ґрунту створений спеціально, щоб вирівнювати поверхню ґрунту на полях, створювати однорідну структуру, по фракційному складу, агрегатів ґрунту. Але головна задача даного агрегату знищення бур'янів без внесення передпосівного гербіциду. Ця с.-г. машина вдало знищує такі бур'яни, як гірчиця польова, редька дика, капуста дика, щиріця, мишій та багато інших однорічних бур'янів. Як відомо цих бур'янів найефективніше можна позбутися обробітком ґрунту в період білої ниточки. Тобто при обробітку ґрунту даним агрегатом проросле насіння бур'янів, яке ще не встигло випустити на поверхню вегетативну масу тобто листки.

Також цим пристроєм можна знищувати бур'яни в фазі вегетації, це значить рослини не більше 10-15 сантиметрів

3.2. Будова і робота пристрою

Розглянемо схему пристрою для передпосівного обробітку ґрунту на рисунку.

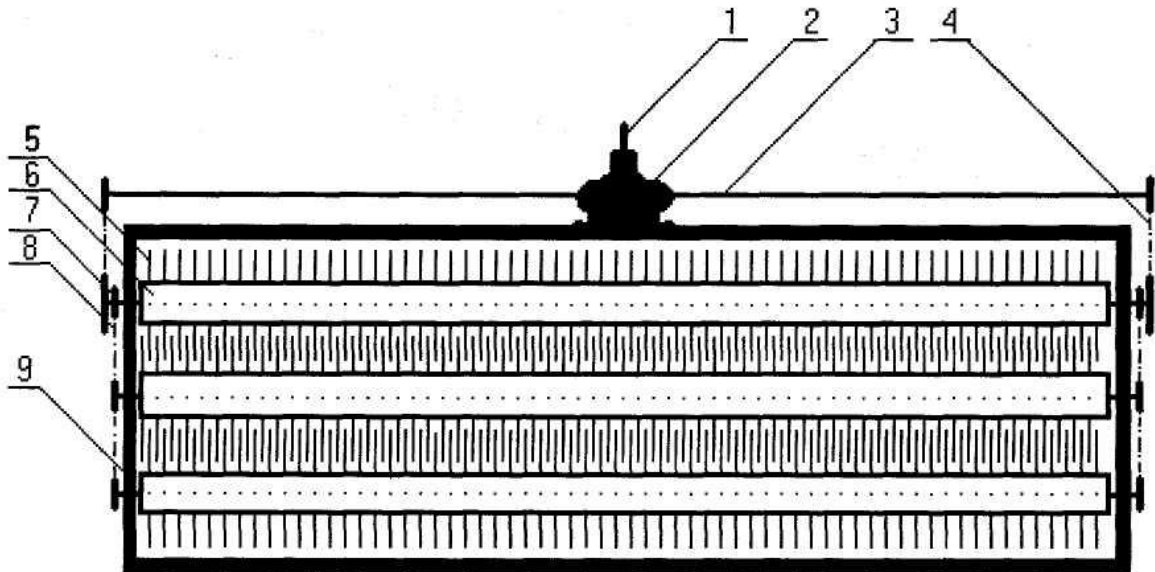


Рис. 3.1. Схема пристрою для обробітку ґрунту.

Пристрій складається з:

1. Приводний вал редуктора
2. Редуктор конічний
3. Вихідний вал редуктора
4. Ланцюгова передача приводу валу першого барабану
5. Робочі органи (зубці)
6. Барабан
7. Вал приводу першого барабану
8. Ланцюгова передача для приводу двох інших барабанів
9. Рама агрегату.

Робота пристрою. Привідний вал (1) приводиться в роботу за допомогою ВВП трактора. Він передає крутний момент через конічний редуктор (2) на вихідний вал (3). З вихідного вала (3) здійснюється привід першого барабана (6) за допомогою ланцюгової передачі (4), яка передає в свою чергу крутний

момент на вал першого барабана (7). З валу першого барабана (7) крутний момент передається за допомогою ланцюгової передачі (8) на інші два вали. Всі три барабани на валах встановлюються на раму агрегату (9). Обробіток ґрунту здійснюється робочими органами (зубцями) (5).

3.3 Інженерні розрахунки

Кінематичний розрахунок приводу агрегату для обробітку ґрунту:

Крутний момент на барабані, Нм $M_b=330$

Частота обертання барабану, хв.⁻¹ $n_b=250$

Підберемо потужність що передається вихідним валом [15].

$$N_{вих} = M_b \cdot \omega \quad (3.1)$$

де $N_{вих}$ – потужність на вихідному валу агрегату, Вт;

M_b – крутний момент на барабані, Нм;

n_b – частота обертання вихідного валу агрегату, хв.⁻¹;

ω – кутова швидкість валу, с⁻¹.

$$N_{вих} = \frac{330}{26.18} = 8639.4 \text{ Вт}.$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_1}{30}. \quad (3.2)$$

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 250}{30} = 26.18 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії (ККД):

$$\eta_{заг} = \eta_k \cdot \eta_{під}^2 \cdot \eta_{зпк} \cdot \eta_l, \quad (3.3)$$

де η_k – ККД парадної передачі ($\eta_k=0,95$);

$\eta_{під}$ – ККД підшипників ($\eta_{під}=0,99$);

$\eta_{зпк}$ – ККД конічної зубчатої передачі редуктора ($\eta_{зпк}=0,97$);

η_l – ККД ланцюгової передачі ($\eta_l=0,92$).

$$\eta_{заг} = 0,95 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97 \cdot 0,92 = 0,875.$$

Визначаємо потрібну потужність на валу відбору потужності (ВВП).

$$N_{ВВП} = \frac{N_{вих}}{\eta_{заг}}. \quad (3.4)$$

$$N_{ВВП} = \frac{8639,4}{0,857} = 10079,2 \text{ Вт}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо частоту обертання $n_{ВВП} = 1000$ хв.

Визначаємо фактичне передаточне відношення і розподіляємо його по ступенях приводу.

$$U_{\phi} = \frac{N_{ВВП}}{n_{вих}}, \quad (3.5)$$

де U_{ϕ} – фактичне передаточне число;

$N_{ВВП}$ – частота обертання ВВП, хв⁻¹;

$n_{вих}$ – частота обертання вихідного агрегату, хв⁻¹.

$$U_{\phi} = \frac{1000}{250} = 4.$$

Орієнтуємось на межі середніх передаточних чисел ($U_{л} = 1,5 \dots 4$) приймаємо $U_{л} = 2$ тоді передаточне число регулятора:

$$U_{ред} = \frac{U_{\phi}}{U_{л}}, \quad (3.6)$$

де $U_{ред}$ – передаточне число редуктора;

$U_{л}$ – передаточне число ланцюгової передачі.

$$U_{ред} = \frac{4}{2} = 2.$$

Визначаємо потужність і частоту обертання кожного вала приводу і крутні моменти.

Потужність на вхідному валу.

$$N_1 = N_{вх} \cdot \eta_{\kappa} \cdot \eta_{нід}, \quad (3.7)$$

де N_1 – потужність на вихідному валу, Вт.

$$N_1 = 10079,25 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 9778,85 \text{ Вт}.$$

Крутний момент на вхідному валу.

$$M_1 = \frac{N_1}{\omega_1}, \quad (3.8)$$

де ω_1 – кутова швидкість на вихідному валу, с^{-1} .

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot N_1}{30}, \quad (3.9)$$

де N_1 – частота обертання на вхідному валу, хв^{-1} .

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,72 \text{ с}^{-1}$$

$$M_1 = \frac{9778,85}{104,72} = 93,38 \text{ Нм}$$

Потужність, що передається вихідним валом редуктора.

$$N_2 = N \cdot \eta_{\text{нід}} \cdot \eta_{\text{зпк}} \quad (3.10)$$

де N_2 – потужність на вихідному валу редуктора, Вт.

$$N_2 = 9778,85 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 9390,6 \text{ Вт}.$$

Крутний момент на проміжному валу.

$$M_2 = \frac{N_2}{\omega_2}, \quad (3.11)$$

де ω_2 – кутова швидкість на вихідному валу, с^{-1} .

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30},$$

де N_2 – частота обертання на вхідному валу, хв^{-1} .

$$n_2 = \frac{n}{U_p}. \quad (3.13)$$

$$n_2 = \frac{1000}{2} = 500 \text{ хв}.$$

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52,32 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_2 = \frac{9390,6}{52,35} = 179,34 \text{ Н / м}.$$

Потужність на вихідному агрегаті.

$$N_{\text{вих}} = N_2 \cdot \eta_n, \quad (3.14)$$

де $N_{\text{вих}}$ – потужність на вхідному валі, Вт.

$$N_{\text{вих}} = 9390.6 \cdot 0.92 = 8639.38 \text{ Вт}.$$

Крутний момент на вхідному валу.

$$M_{\text{в}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\omega_{\text{в}}}, \quad (3.15)$$

де $\omega_{\text{в}}$ – кутова швидкість вхідного валу, с^{-1} .

$$\omega_{\text{в}} = \frac{n_{\text{в}}}{30},$$

де $n_{\text{в}}$ – частота обертання вхідного валу агрегату, хв^{-1} .

$$n_{\text{в}} = \frac{N_2}{U_{\text{л}}}. \quad (3.17)$$

$$n_{\text{в}} = \frac{500}{2} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{3.14 \cdot 250}{30} = 26.2 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_{\text{в}} = \frac{8639.38}{26.2} = 330 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані кінематичного розрахунку привода агрегату

Вал	Тип передачі	Потужність, Вт.	Крутний момент, Нм	Кутова швидкість	Частота обертання	Передавальне число
I		9778,85	93,38	104,72	1000	
	конічна					2
II		9390,6	179,34	52,35	5000	
	ланцюгова					2
III		8639,38	330	26,2	250	

Ланцюгова передача.

Вихідні дані:

1. Передавана потужність, Вт	$N =$
9390,6	
2. Крутний момент, Нм	$M =$
179,34	
3. Частота обертання ведучої зірочки, хв.^{-1}	$n =$
500	
4. Передавальне число	$U =$
2	
5. Кут нахилу лінії центрів	$Q =$
0	
6. Навантаження	
7. Міжосьова відстань, мм	$a = \text{до } 2600$

Вибір числа меншої зірочки

Число зубців меншої зірочки, вибирають в залежності від передаточного числа U . Бажано приймати число парне число зубців, що у відповідності з першим числом ланок ланцюгів сприяє рівномірному зносу її елементів ланцюгової передачі [16].

Рекомендоване значення числа зубів меншої зірочки визначаємо по залежності.

$$Z_1 = 31 - 2u, \quad (3.18)$$

де U – передаточне число.

$$Z_1 = 31 - 2 \cdot 2 = 27.$$

Приймаємо $Z_1 = 25$

Визначення числа зубців веденої зірочки.

Визначаємо число зубців веденої зірочки по формулі:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U_1. \quad (3.19)$$

Приймаємо $Z_2 = 50$

Визначення крону ланцюга.

Визначаємо крон ланцюга по формулі:

$$t \geq 2.8 \cdot \sqrt{\frac{M_1 \cdot 10^3 \cdot K_e}{Z_1 \cdot [P] \cdot m}}, \quad (3.20)$$

де M_1 – крутний момент на ведучій зірочці, Нм;

m – число рядів ланцюга. Приймаємо $m = 2$;

Z_1 – число зубців веденої зірочки;

$[P]$ – середній допустимий тиск в шармі ланцюга, Н/мм².

$$[P] = \frac{25}{\sqrt[3]{V}} \leq 5U, \quad (3.21)$$

де K_e – середній розрахунковий експлуатаційний коефіцієнт навантаження по формулі [див. 17. ст. 86]

$$K_e = K_g \cdot K_a \cdot K_{рег} \cdot K_m \cdot K_{зм} \cdot K_p,$$

де K_d – коефіцієнт коливання навантаження;

$K_d = 1$ – при рівномірному без поштовхів навантаження;

$K_d = 1,25$ – при плавному коливанні навантаження;

$K_d = 1,4$ – при середньо пульсуючому навантаженні з невеликими поштовхами;

$K_d = 1,6$ – при середньо пульсуючому навантаженні з сильними поштовхами; Приймаємо $K_d = 1,4$;

$K_{и}$ – коефіцієнт між осьової відстані, що враховує частоту навантаження ланок ланцюга;

При $a = (30...60)$ t приймають $K_{и} = 1$;

При $a = 30$ t приймають $K_{и} = 1,2$;

При $a = 60$ t приймають $K_{и} = 0,8$;

Приймаємо $K_{и} = 1,24$

$K_{рег}$ – коефіцієнт, який враховує способи регулювання натягу ланцюга;

$K_{рег} = 1$ – при автоматичному регулюванні;

$K_{рег} = 1,25$ – при періодичному регулюванні;

Приймаємо $K_{рег} = 1,25$;

K_H – коефіцієнт, який враховує кут нахилу лінії центрів передач;

При $> 60^\circ$ приймають $K_H = 1,25$;

$< 60^\circ$ приймають $K_H = 1$;

Приймаємо $K_H = 1$;

K_{3M} – коефіцієнт, що враховує спосіб змащування ланцюгів;

$K_{3M} = 1,5$ – при періодичному змащуванні;

$K_{3M} = 1,2$ – при крапельному змащуванні;

$K_{3M} = 1$ – при безперервному (камерному) змащуванні;

Приймаємо $K_{3M} = 1,5$;

K_p – коефіцієнт, що враховує кількість годин роботи на протязі доби;

При $K_p = 1$ – при однозмінній роботі;

$K_p = 1,25$ – при двозмінній роботі;

$K_p = 1,5$ – при тризмінній роботі;

Приймаємо $K_p = 1$.

$$K_e = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 3,15.$$

При $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$ при кроці ланцюга 25,4мм:

$$[P]^I = 34,6 \cdot K \cdot Z = 1 + 0,01(Z_1 - 17) = 1 + 0,01(25 - 17) = 1,08 \text{ МПа} \quad (3.23)$$

$$[P] = [P]^I + K \cdot Z = 34,6 + 1,08 = 35,68 \text{ МПа}. \quad (3.24)$$

Знаходимо крок ланцюга.

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt{\frac{179,34 \cdot 10^3 \cdot 3,15}{25 \cdot 35,68 \cdot 2}} = 19,05 \text{ мм}.$$

Приймаємо $t = 19,05$

По ДСТУ умови позначення ланцюга: 2ПР-19,05-7200.

Визначення колової швидкості ланцюга, колову швидкість ланцюга визначаємо по формулі:

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (3.25)$$

де Z_1 – число зубів ведучої зірочки, $Z_1 = 25$;

t – крок ланцюга, $t = 19,05$ мм;

n_1 – частота обертання зірочки, $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$.

$$V = \frac{25 \cdot 19,5 \cdot 500}{60 \cdot 1000} = 4,06 \text{ м/с}$$

Визначення колового зусилля.

Визначаємо колове зусилля по формулі:

$$F_t = \frac{N}{V}. \quad (3.26)$$

де N – потужність на ведучій зірочці, Вт;

V – швидкість ланцюга, м/с.

$$F_t = \frac{9390,6}{4,06} = 2312,9 \text{ Н}.$$

Визначення середнього питомого тиску в шарнірі.

$$P = \frac{F_t \cdot K_e}{F}, \quad (3.27)$$

де F – площа опорної проекції шарніра [17], $F = 211 \text{ мм}^2$.

По таблиці 16 [16] допустимий питомий тиск при $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$, $t = 19,05$ мм $[p^1] = 32,6$ одержимо методом інтерполяції; перемножимо згідно примірці знайденого значення $[p]$ на поправочний множник K_Z .

$$P = \frac{2312,9 \cdot 3,15}{211} = 34,53.$$

Таким чином $p > [p]$ і вибраний ланцюг по умові надійності зносостійкості підходить.

Перевірка ланцюга по допустимій частоті обертання малої зірочки.

Перевіряємо ланцюг по допустимій частоті обертання малої зірочки по формулі:

$$n_1 \leq [n_1]_{\max}, \quad (3.28)$$

де $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$ – по вихідних даних;

$[n_1]_{\max}$ – максимально допустима частота обертання ведучої зірочки, $[n_1]_{\max} = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

Умови $n_1 < [n_1]_{\max}$ виконується [16].

Виконання геометричного розрахунку передачі.

Приймаємо міжосьову відхилень з умови:

$$a = 30 \cdot t \quad (3.29)$$

де t – крок ланцюга, мм.

$$a = 30 \cdot 19.05 = 571.5 \text{ мм}.$$

Визначаємо міжцентрову відстань в кроком ланцюга:

$$a_t = \frac{a}{t}. \quad (3.30)$$

$$a_t = \frac{571.5}{19.05} = 30.$$

Визначення попереднього сумарного числа зубів зірочок.

$$Z_{\Sigma} = Z_1 + Z_2, \quad (3.31)$$

де Z_1 – кількість зубів ведучої зірочки;

Z_2 – кількість зубів веденої зірочки.

$$Z_{\Sigma} = 25 + 50 = 75.$$

Поправка:

$$\Delta = \frac{Z_1 - Z_2}{2 \cdot \pi} \quad (3.32)$$

$$\Delta = \frac{50 - 25}{2 \cdot 3.14} = 3.98$$

Визначення необхідної довжини ланцюга.

Визначаємо необхідну довжину ланцюга в кроках ланцюга по формулі:

$$L_t = 2a_t + 0.5Z_{\Sigma} + \frac{\Delta^2}{a_t}. \quad (3.33)$$

де a_t – міжцентрова відстань в кроках ланцюга;

Z_{Σ} – сумарна кількість зубів обох зірочок;

Δ – поправка.

$$L_t = 2 \cdot 30 + 0.5 \cdot 75 + \frac{3.98^2}{30} = 97.63.$$

Заокруглюємо до першого числа $L_t = 97$ кроків.

Розрахункова довжини ланцюга:

$$L = L_t \cdot t. \quad (3.34)$$

$$L = 97 \cdot 19.05 = 1847.85 \text{ мм.}$$

Уточнюємо міжосьову відстань по формулі:

$$a = 0.25 \cdot t \left(L_t - 0.5 \cdot Z_\Sigma + \sqrt{(L_t + 0.5 \cdot Z_\Sigma)^2 - 8 \cdot \Delta^2} \right). \quad (3.35)$$

$$a = 0.25 \cdot 19.05 \left(97 - 0.5 \cdot 75 + \sqrt{(97 + 0.5 \cdot 75)^2 - 8 \cdot 3.98^2} \right) = 921.67 \text{ мм.}$$

Приймаємо $a = 921 \text{ мм.}$

Для забезпечення вільного провисання ланцюга слід зменшити міжосьову відстань на $/0,002...0,004/a$, тобто $921 \cdot 0,004 = 4 \text{ мм.}$

$$a = 921 - 4 = 917 \text{ мм.}$$

Визначення розмірів зірок.

Ділильний діаметр меншої зірочки.

$$d_{g1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z_1}}. \quad (3.36)$$

$$d_{g1} = \frac{19.05}{\sin \frac{180}{25}} = 24 \text{ мм.}$$

Ділильний діаметр веденої зірочки.

$$d_{g2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z_2}}. \quad (3.37)$$

$$d_{g2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{50}}.$$

Зовнішній діаметр ведучої зірочки визначається по формулі:

$$D_{e1} = \frac{t}{\operatorname{tg} \frac{180}{Z}} + 1.1 \cdot \alpha. \quad (3.38)$$

де α_1 – діаметр ролика ланцюга при $t = 19,05$ мм, $\alpha_1 = 11,91$ мм.

$$D_{e1} = \frac{19.05}{\operatorname{tg} \frac{180}{25}} + 1.1 \cdot 11.91 = 28 \text{ мм}.$$

Зовнішній діаметр веденої зірочки визначаємо за формулою:

$$D_{e2} = \frac{t}{\operatorname{tg} \frac{180}{Z_2}} + 0,96 \cdot t. \quad (3.39)$$

де t – крок ланцюга $t = 19,05$ мм.

$$D_{e2} = \frac{19.05}{\operatorname{tg} \frac{180}{50}} + 0,96 \cdot 19.05 = 57 \text{ мм}.$$

Визначення сил діючих на ланцюг.

Сили діючі на ланцюг:

а) Колове зусилля. $F_{t1} = 2313$ Н

б) Відцентрова сила

$$P_v = g \cdot V^2, \quad (3.40)$$

де g – вага погонного метра ланцюга вибираємо по таблиці 5.13, [17].

Для ланцюга $t = 19,05$ мм дворядного $g = 3,5$ кг/м.

$$P_v = 3.5 \cdot 4.06 = 14.21 \text{ Н}.$$

Сила натягу спричинена власною вагою гілки ланцюга:

$$P_f = 9.81 \cdot K_f \cdot g \cdot a, \quad (3.41)$$

де K_f – коефіцієнт положення ланцюга в просторі;

При $\Theta = 0^\circ$; $K_f = 6$ [17];

a – міжосьова відстань, м.

$$P_f = 9.81 \cdot 6 \cdot 3.5 \cdot 0.921 = 189.7 \text{ Н}.$$

Визначення розрахункового навантаження, що діє на вал.

Розрахункове навантаження, що діє на вали визначаємо за формулою:

$$F = F_t + 2P_f. \quad (3.42)$$

$$F = 2313 + 2 \cdot 189.7 = 2692.4 \text{ Н}.$$

Примітна: сила P_v – на вали не передається.

Визначення коефіцієнту запасу міцності.

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності і порівнюємо його з допустимим за формулою:

$$n = \frac{9.81 \cdot Q}{F_t + P_v + P_f}, \quad (3.43)$$

де Q – руйнівне навантаження ланцюга, кгс [17]

$Q = 7200$ кгс.

$$n = \frac{9.81 \cdot 7200}{2313 + 14.21 + 189.7} = 28.06.$$

Нормативний коефіцієнт запасу міцності $[n]$ для приводних роликів ланцюгів приведений в таблиці 18 [16] $[n] = 9,4$.

Таким чином умови міцності вибраного ланцюга виконані.

Покажемо на рис. 3.2 схему ланцюгової передачі.

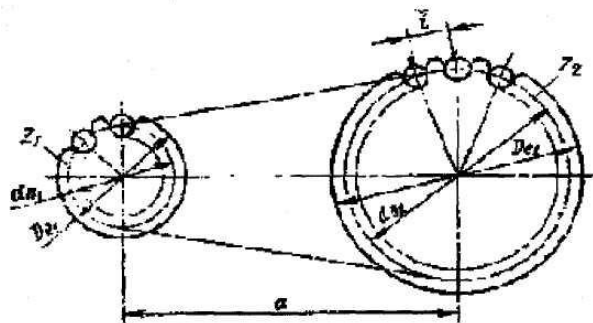


Рис. 3.2. Схема ланцюгової передачі.

Даний агрегат приведено на аркуші 3 (складальне креслення), та на аркушах 4, 5 (деталювання).

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Охорона праці у технології вирощування кукурудзи на зерно є складовою організації виробництва, яка забезпечує збереження життя, здоров'я та працездатності механізаторів і допоміжного персоналу. Для площі 800 га роботи виконуються у стислі агротехнічні строки, тому одночасно використовуються трактори, ґрунтообробні агрегати, сівалки точного висіву, обприскувачі, зернозбиральний комбайн і транспортні засоби. За таких умов безпечність процесу залежить від справності техніки, правильного комплектування агрегатів, підготовки персоналу та постійного контролю за виконанням інструкцій.

Нормативною основою розділу є Закон України «Про охорону праці», галузеві правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, будівельні норми щодо природного і штучного освітлення, правила пожежної та електричної безпеки. Роботодавець повинен забезпечити працівників справними машинами, засобами індивідуального захисту, інструкціями, навчанням, медичними оглядами та безпечними умовами обслуговування техніки. Працівники зобов'язані виконувати лише доручені операції, не працювати на несправних машинах і негайно повідомляти керівника про небезпечні ситуації.

Об'єктом аналізу є технологічний процес вирощування кукурудзи на зерно в умовах Житомирської області та експлуатація агрегату для передпосівного обробітку ґрунту.

Запроєктований агрегат має привод від вала відбору потужності трактора, конічний редуктор, ланцюгові передачі, барабани і робочі органи у вигляді зубців. Така конструкція підвищує якість підготовки посівного ложа, однак створює додаткові небезпеки, пов'язані з обертовими елементами, ланцюгами,

карданним приводом, можливим відкиданням ґрунтових частинок і необхідністю періодичного очищення робочих органів.

Метою розділу є визначення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розроблення профілактичних заходів, обґрунтування безпечної експлуатації машинно-тракторного комплексу та виконання розрахунків освітлення і вентиляції зони технічного обслуговування агрегату.

4.2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час польових робіт умови праці постійно змінюються: змінюється вологість ґрунту, запиленість повітря, рельєф, видимість, інтенсивність руху техніки та тривалість робочої зміни. Навесні в Житомирській області можливе перезволоження ґрунту, тому при передпосівному обробітку зростає ризик буксування, забивання робочих органів і потреби у частому очищенні агрегату. Саме очищення є однією з найнебезпечніших операцій, якщо його виконують без повної зупинки трактора, вимкнення ВВП і фіксації агрегату.

До основних небезпечних факторів належать рух машин, поворот широкозахватних агрегатів, обертові вали, карданні передачі, зірочки, ланцюги, барабани, ріжучі та зубчасті робочі органи. До шкідливих факторів належать пил, шум, вібрація, перепади температури, напруженість уваги механізатора, контакт із протруєним насінням, мінеральними добривами та засобами захисту рослин. Під час збирання кукурудзи додатково зростають пожежна небезпека, запиленість і ризик зіткнення комбайна з транспортом.

Небезпека значно зменшується, якщо машини проходять передрейсовий огляд, мають справні огородження, а працівники працюють за затвердженими маршрутами та не допускають сторонніх осіб у робочу зону. Особлива увага приділяється роботі з активними робочими органами, оскільки залишкове обертання барабанів може зберігатися після вимкнення приводу.

Таблиця 4.1 – Небезпечні фактори та заходи їх зниження

Операція	Небезпечні фактори	Заходи безпеки
Передпосівний обробіток	ВВП, кардан, ланцюги, барабани, відкидання грудок, пил	Огородження приводів, вимкнення ВВП перед оглядом, робота без сторонніх осіб у зоні агрегату, ЗІЗ під час очищення
Сівба	Протруєне насіння, рух агрегату, защемлення у механізмах сівалки	Завантаження за зупиненої машини, рукавиці, респіратор, справні площадки і поручні
Внесення добрив і ЗЗР	Пил, бризки робочого розчину, тиск у магістралях	Допуск навчених працівників, контроль погоди, герметичні шланги, захисний одяг
Збирання	Жатка, шнеки, транспортери, пил, сухі рештки, транспорт	Очищення після повної зупинки, вогнегасники, маршрути руху зерновозів, зв'язок
Технічне обслуговування	Підняті вузли, мастила, електроінструмент, недостатнє освітлення	Механічні упори, справний інструмент, вентиляція, освітлення, чисті проходи

4.3. Організація безпечного виконання робіт

Перед початком сезону керівник робіт складає графік технологічних операцій, визначає склад агрегатів, маршрути руху, місця заправлення, підвезення насіння і добрив, пункти технічного обслуговування та місця відпочинку персоналу. Усі механізатори проходять вступний, первинний і цільовий інструктажі, а також перевірку знань щодо безпечної експлуатації конкретних машин. До керування тракторами, комбайнами і самохідними машинами допускають осіб, які мають відповідну кваліфікацію та медичний допуск.

Перед виїздом у поле механізатор перевіряє гальма, рульове керування, світлову сигналізацію, дзеркала, звуковий сигнал, стан шин, зчіпний пристрій, гідросистему, огороження приводів, наявність аптечки, вогнегасника та засобів зв'язку. Машини з несправними гальмами, витокami пального чи мастила, пошкодженими захисними кожухами або несправним ВВП до роботи не допускаються.

Зчіплювання трактора з агрегатом виконують на рівному майданчику. Працівнику забороняється перебувати між трактором і машиною під час руху трактора. Після зчіплювання перевіряють пальці, шплінти, гідрорукави, карданний вал і страхувальні пристрої. На полі агрегат рухається за

встановленою схемою, а поворотні смуги повинні забезпечувати безпечний розворот без різких маневрів і надмірної швидкості.

Під час інтенсивних весняних робіт необхідно дотримуватися режиму праці та відпочинку. Втома механізатора знижує увагу, збільшує ризик неправильних дій і призводить до помилок при керуванні широкозахватними машинами. Тому слід передбачати регламентовані перерви, питну воду, можливість обігріву або охолодження, а також чергування механізаторів у період подовженої зміни.

4.4. Безпека експлуатації агрегату для передпосівного обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток є відповідальною операцією, від якої залежить рівномірність загортання насіння кукурудзи, польова схожість і подальший розвиток рослин. Запроєктований агрегат виконує вирівнювання поверхні поля, руйнування грудок і знищення бур'янів у ранній фазі розвитку. Оскільки привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора, основними небезпечними вузлами є карданний вал, редуктор, ланцюгові передачі, барабани і зубці.

Перед запуском агрегату перевіряють цілісність рами, надійність кріплення барабанів, стан зубців, натяг ланцюгів, рівень мастила в редукторі та наявність захисних кожухів. Запуск із відкритим кожухом, пошкодженим карданом, ослабленими зубцями або сторонніми шумами забороняється. Після ввімкнення ВВП механізатор має переконатися у відсутності биття барабанів, надмірної вібрації та перегрівання підшипників.

У разі забивання робочих органів рослинними рештками або ґрунтом агрегат зупиняють, вимикають ВВП, переводять органи керування у нейтральне положення, глушать двигун і чекають повної зупинки барабанів. Очищення виконують лише спеціальним інструментом. Забороняється очищати машину руками під час залишкового обертання або перебувати біля відкритих передач при працюючому двигуні.

Технічне обслуговування виконують на рівному майданчику. Піднятий агрегат фіксують механічними упорами, оскільки гідросистема трактора не може бути єдиним засобом утримання. Після регулювання ланцюгів і заміни зубців пробний запуск виконують на малих обертах без сторонніх осіб поблизу. Якщо з'являється шум, биття, нагрівання або нерівномірне обертання, агрегат повторно зупиняють і усувають несправність.

Таблиця 4.2 – Чек-лист підготовки агрегату до роботи

Елемент	Контрольний показник	Рішення
Кардан і ВВП	Наявність кожуха, фіксація, відсутність пошкоджень	Робота дозволяється лише зі справним кожухом
Редуктор	Рівень мастила, відсутність підтікання і шуму	При підтіканні або шумі агрегат не запускають
Ланцюгові передачі	Натяг, змащування, стан зірочок, закриті кожухи	Робота без огороження заборонена
Барабани і зубці	Надійне кріплення, відсутність тріщин і биття	Пошкоджені зубці замінюють до виїзду
Рама та навіска	Зварні шви, пальці, шплінти, гідрорукави	Усі з'єднання мають бути зафіксовані

4.5. Виробнича санітарія і засоби індивідуального захисту

Умови праці механізатора залежать від технічного стану кабіни, справності вентиляції, сидіння, шумоізоляції, фільтрів і системи кондиціонування. Пил під час обробітку ґрунту містить мінеральні частинки та органічні рештки, тому двері і вікна кабіни під час роботи повинні бути зачинені, а повітряні фільтри – своєчасно очищені або замінені. При виході з кабіни для очищення агрегату механізатор використовує рукавиці, окуляри та респіратор.

Шум і вібрація зменшуються шляхом підтримання справного технічного стану машин, правильного тиску в шинах, регулювання сидіння, балансування обертових вузлів, заміни зношених підшипників і недопущення роботи агрегату з биттям барабанів. Під час тривалих змін необхідні перерви, оскільки втома підсилює вплив шуму, монотонності та напруженості уваги.

Роботи з протрусеним насінням, мінеральними добривами та засобами захисту рослин виконують у спецодязі, рукавицях, захисних окулярах і засобах захисту органів дихання. Забороняється приймати їжу, пити або торкатися

обличчя під час таких операцій. Після завершення роботи працівник очищає одяг, миє відкриті ділянки тіла, а забруднені матеріали збирає у визначеному місці.

4.6. Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування

Для якісного огляду редуктора, ланцюгових передач, барабанів, зубців і підшипникових вузлів необхідно забезпечити достатню освітленість зони технічного обслуговування. Приймаємо розміри приміщення: довжина $A = 12$ м, ширина $B = 8$ м, висота $H = 3,2$ м. Площа приміщення $S = A \cdot B = 12 \cdot 8 = 96$ м². Для оглядово-ремонтних робіт приймаємо нормовану освітленість $E_n = 200$ лк.

Освітлення проєктується на основі світлодіодних світильників потужністю 40 Вт зі світловим потоком одного світильника $F_{\text{л}} = 5000$ лм. Приймаємо коефіцієнт запасу $k_z = 1,5$, коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$, коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,55$. Необхідний сумарний світловий потік визначаємо за формулою: $F_{\Sigma} = E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z / \eta$.

Підставимо значення: $F_{\Sigma} = 200 \cdot 96 \cdot 1,5 \cdot 1,1 / 0,55 = 57\,600$ лм. Кількість світильників: $n = F_{\Sigma} / F_{\text{л}} = 57\,600 / 5000 = 11,52$. Приймаємо 12 світлодіодних світильників по 40 Вт, розміщених у три ряди по чотири світильники. Загальна встановлена потужність становить $P = 12 \cdot 40 = 480$ Вт = 0,48 кВт.

Отримане рішення забезпечує рівномірне освітлення робочої зони, проходів і місця зберігання інструменту. Для огляду нижніх частин агрегату додатково передбачають переносні світильники безпечної напруги або акумуляторні лампи із захисним корпусом.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку освітлення

Показник	Позначення	Значення
Площа приміщення	S	96 м ²
Нормована освітленість	E_n	200 лк
Коефіцієнт запасу	k_z	1,5
Коефіцієнт використання	η	0,55
Необхідний світловий потік	F_{Σ}	57 600 лм
Світловий потік одного світильника	$F_{\text{л}}$	5000 лм
Кількість світильників	n	12 шт.
Встановлена потужність	P	0,48 кВт

4.7. Розрахунок вентиляції зони технічного обслуговування

Під час технічного обслуговування машин у приміщенні можуть виділятися пил, пари мастил, запахи пального та надлишкове тепло. Для підтримання безпечних умов передбачаємо припливно-витяжну вентиляцію. Об'єм приміщення становить $V = A \cdot B \cdot H = 12 \cdot 8 \cdot 3,2 = 307,2 \text{ м}^3$. Для зони огляду й регулювання без постійної роботи двигунів у закритому приміщенні приймаємо кратність повітрообміну $n = 4$ рази за годину.

Необхідну продуктивність вентиляції визначаємо за формулою: $L = n \cdot V = 4 \cdot 307,2 = 1228,8 \text{ м}^3/\text{год}$. Приймаємо розрахункову продуктивність $L_p = 1250 \text{ м}^3/\text{год}$. Для її забезпечення встановлюємо два витяжні вентилятори продуктивністю по $650 \text{ м}^3/\text{год}$ та організований приплив повітря через жалюзійні решітки або припливні клапани.

Фактична продуктивність системи $L_\phi = 1300 \text{ м}^3/\text{год}$. Фактична кратність повітрообміну $n_\phi = L_\phi / V = 1300 / 307,2 = 4,23$ рази за годину, тобто прийняте рішення забезпечує необхідний повітрообмін із запасом. Якщо двигун трактора запускають у приміщенні, вихлопні гази повинні відводитися назовні через гнучкий рукав, а тривала робота двигуна в закритому приміщенні не допускається.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку вентиляції

Показник	Формула або умова	Результат
Об'єм приміщення	$V = A \cdot B \cdot H$	$307,2 \text{ м}^3$
Кратність повітрообміну	n	4 рази/год
Необхідна продуктивність	$L = n \cdot V$	$1228,8 \text{ м}^3/\text{год}$
Прийнята продуктивність	2 вентилятори по $650 \text{ м}^3/\text{год}$	$1300 \text{ м}^3/\text{год}$
Фактична кратність	$n_\phi = L_\phi / V$	4,23 рази/год

4.8. Пожежна, електрична безпека та дії в аварійних ситуаціях

Пожежна небезпека при вирощуванні кукурудзи зростає під час збирання, коли на машинах накопичуються сухі рослинні решітки і пил. Джерелами займання можуть бути нагріті поверхні двигуна, пошкоджена електропроводка, підшипники з підвищеною температурою, витоки пального або мастила. Перед

початком жнив комбайн, трактори та транспорт перевіряють, очищують від пилу, забезпечують справними вогнегасниками, аптечками і засобами зв'язку.

Заправлення машин паливом виконують на відведеному майданчику з вимкненим двигуном. Паління, використання відкритого вогню, зберігання промасленого ганчір'я у кабіні та заправлення з переливом забороняються. У зоні технічного обслуговування приймаємо два порошкові вогнегасники місткістю не менше 5 кг, один вуглекислотний вогнегасник для електрообладнання, ящик із піском, лопату та протипожежне покривало.

Електробезпека забезпечується справною ізоляцією проводів, заземленням металевих корпусів обладнання, автоматичними вимикачами, пристроями захисного вимкнення та використанням справного електроінструменту. Переносні світильники повинні мати захисний корпус і живитися від безпечної напруги або акумулятора. Саморобні подовжувачі, оголені дроти та підключення без захисту не допускаються.

У разі аварійної ситуації працівник зупиняє агрегат, вимикає ВВП, глушить двигун, попереджає інших працівників і повідомляє керівника робіт. При пожежі використовують вогнегасник лише на початковій стадії, не наражаючи себе на небезпеку. При контакті з хімічними речовинами роботу припиняють, забруднений одяг знімають, відкриті ділянки тіла промивають водою та звертаються по медичну допомогу за потреби.

4.9. Оцінювання ризиків

Для систематизації заходів охорони праці використаємо спрощену оцінку ризику: $R = P \cdot C$, де P – ймовірність небезпечної події, C – тяжкість можливих наслідків. Значення 1–4 відповідає низькому ризику, 5–9 – середньому, 10–16 – підвищеному, 17–25 – високому. Мета заходів – знизити ризики до прийнятного рівня шляхом технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних рішень.

Таблиця 4.5 – Оцінка ризиків для основних небезпечних ситуацій

Небезпечна ситуація	P	C	R	Заходи зниження
Очищення барабанів без зупинки	3	5	15	Вимкнення ВВП і двигуна, очікування повної зупинки, спеціальний інструмент
Робота з відкритою ланцюговою передачею	2	5	10	Огородження, щоденний огляд, заборона роботи без кожухів
Пил протруєного насіння	3	3	9	Респіратор, окуляри, рукавиці, закритий спецодяг
Пожежа на комбайні	2	5	10	Очищення, контроль нагріву вузлів, вогнегасники, заборона витоків пального
Недостатнє освітлення при ремонті	3	3	9	12 світлодіодних світильників і переносні лампи

Висновки по розділу

У розділі розроблено систему заходів охорони праці для технології вирощування кукурудзи на зерно в умовах Житомирської області та експлуатації агрегату для передпосівного обробітку ґрунту. Встановлено, що найнебезпечнішими є операції, пов'язані з ВВП, карданним приводом, ланцюговими передачами, барабанами, очищенням робочих органів, роботою з протруєним насінням, засобами захисту рослин і збиранням урожаю.

Запропоновані заходи включають інструктажі, допуск навченого персоналу, щоденний технічний огляд, використання захисних кожухів, заборону очищення без повної зупинки, застосування засобів індивідуального захисту, організацію безпечного технічного обслуговування, пожежну готовність і контроль режиму праці та відпочинку.

Виконано розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування площею 96 м². Прийнято 12 світлодіодних світильників загальною потужністю 0,48 кВт. Проведено розрахунок вентиляції: за об'єму приміщення 307,2 м³ необхідна продуктивність становить 1228,8 м³/год, тому прийнято два вентилятори сумарною продуктивністю 1300 м³/год.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1 Мета, завдання та вихідні положення економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень є завершальним етапом оцінювання запропонованої технології вирощування кукурудзи на зерно та розробленого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту. У попередніх розділах було обґрунтовано машинний комплекс для площі 800 га, розроблено технологічну карту та конструктивно опрацьовано агрегат, призначений для вирівнювання поля, кришіння грудок, підготовки посівного ложа і механічного знищення молодих бур'янів. Економічна частина повинна показати, чи дає запропоноване рішення не лише технологічний, а й фінансовий результат для господарства.

Основним критерієм доцільності впровадження є зменшення виробничих витрат на одиницю площі і тонну зерна, підвищення прибутку, скорочення строку виконання весняних робіт та забезпечення окупності додаткових капітальних вкладень. Для кукурудзи на зерно ці показники мають особливе значення, оскільки культура потребує значних витрат на насіння, добрива, захист рослин, паливо, сушіння та збирання. Навіть невелике підвищення врожайності або зменшення кількості технологічних проходів на площі 800 га перетворюється на відчутний річний економічний ефект.

У розрахунках порівнюються два варіанти технології. Базовий варіант передбачає застосування традиційної схеми весняної підготовки ґрунту, за якої перед сівбою виконуються окремі проходи вирівнювального та культиваційного агрегатів, а для контролю бур'янів використовується повна норма ґрунтового гербіциду.

Проектний варіант передбачає використання розробленого агрегату для передпосівного обробітку, який поєднує декілька робочих дій за один прохід і частково замінює хімічне пригнічення бур'янів механічним впливом на фазі білої ниточки.

Вихідні економічні показники прийнято як проектно-розрахункові. Вони використовуються для порівняння варіантів у межах кваліфікаційної роботи і можуть уточнюватися господарством залежно від фактичних цін на паливо, зерно, добрива, засоби захисту рослин, ремонтні матеріали та оплату праці. Такий підхід дає можливість оцінити не абсолютну ринкову ситуацію, а економічну логіку запропонованих технічних рішень.

Методика розрахунку ґрунтується на визначенні виробничих витрат за основними статтями, валової продукції, собівартості зерна, прибутку, рівня рентабельності, річного економічного ефекту, строку окупності та коефіцієнта економічної ефективності додаткових вкладень. Для наочності всі показники наведено у розрахунку на 1 га та на загальну площу вирощування 800 га. Результати подано в таблицях, що дозволяє порівняти базову і проектну технології за однаковими умовами.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
Площа вирощування кукурудзи на зерно	га	800	800
Запланована врожайність зерна у заліковій вологості	т/га	8,30	8,50
Валовий збір зерна	т	6640	6800
Розрахункова ціна реалізації зерна	грн/т	5400	5400
Розрахункова ціна дизельного палива	грн/л	58	58
Оплата праці механізатора з нарахуваннями	грн/год	150	150
Додаткові вкладення у виготовлення агрегату	грн	-	1250000
Робоча ширина передпосівного агрегату	м	-	6,0
Норма дисконтування для спрощеного розрахунку	%	не застосовується	не застосовується

Дані табл. 5.1 показують, що проектний варіант не змінює площу вирощування, структуру основного машинного комплексу та загальну спеціалізацію господарства. Економічний ефект формується за рахунок

поліпшення якості передпосівної підготовки, зменшення витрат на весняні проходи, економії засобів захисту рослин і підвищення рівномірності сходів.

Приріст урожайності прийнято помірним – 0,20 т/га, що є реалістичним для технологічного поліпшення посівного шару без зміни гібридів і системи удобрення.

Слід зазначити, що економія гербіцидів у розрахунку не означає повної відмови від системи захисту кукурудзи. Проектний агрегат зменшує потребу саме у частині передпосівного або ґрунтового контролю ранніх бур'янів. Подальший страховий захист посівів зберігається відповідно до фактичної забур'яненості поля. Завдяки цьому економічна оцінка залишається обережною і не перебільшує результат від впровадження конструкції.

5.2 Економічна характеристика прийнятого машинного комплексу

У технології вирощування кукурудзи на зерно для площі 800 га прийнято машинний комплекс, який поєднує високопродуктивні енергетичні засоби, сучасні ґрунтообробні машини, сівалку точного висіву, обладнання для внесення добрив, обприскувач та зернозбиральний комбайн. Основні польові роботи виконуються тракторами John Deere 8R 340 і John Deere 6R 250. Для основного і післязбирального обробітку прийнято машини HORSCH Tiger 4 MT та HORSCH Joker 6 RT, для сівки - HORSCH Maestro 16 SX, для внесення добрив - AMAZONE ZA-TS 4200, для хімічного захисту – AMAZONE UX 5201 Super, для збирання - John Deere S780 з кукурудзяною жаткою.

Оцінюючи машинний комплекс, важливо враховувати, що трактори і комбайн не можна відносити лише на 800 га кукурудзи. Вони використовуються у всій структурі посівних площ господарства, тому в даному розділі їхня вартість врахована через експлуатаційні витрати, амортизацію, ремонт, паливо та оплату праці. Додаткове капітальне вкладення, яке безпосередньо пов'язане з темою роботи, становить вартість виготовлення або придбання розроблюваного агрегату для передпосівного обробітку ґрунту.

Розроблений агрегат має найбільше економічне значення у весняний період, коли кожен день затримки сівби може знижувати потенціал урожаю. Завдяки поєднанню робочих органів для кришіння, вирівнювання і механічного контролю бур'янів він скорочує кількість проходів по полю, зменшує ущільнення ґрунту та знижує витрати палива. Крім того, рівномірна глибина обробітку сприяє стабільнішому загортанню насіння, що підвищує дружність сходів і зменшує втрати продуктивності від нерівномірного розвитку рослин.

Економічна перевага такого агрегату проявляється не тільки у прямій економії ресурсів. Вона також пов'язана зі зменшенням ризиків. Якщо весняна погода нестійка, господарство має обмежений проміжок часу між фізичною стиглістю ґрунту та оптимальною датою сівби. Скорочення кількості проходів дає змогу швидше підготувати 800 га, менше залежати від кількості вільних тракторів і своєчасно завантажити сівалку точного висіву. У результаті технічне рішення впливає на організацію всього технологічного процесу.

Таблиця 5.2 – Економічна оцінка основних елементів машинного комплексу

Елемент комплексу	Призначення	Економічне значення у проєкті
John Deere 8R 340	Важкі ґрунтообробні та посівні роботи	Забезпечує продуктивність у напружені строки та агрегатується з широкозахватними машинами
John Deere 6R 250	Передпосівний обробіток, внесення добрив, транспортні роботи	Підвищує універсальність комплексу і дає змогу паралельно виконувати частину операцій
HORSCH Tiger 4 MT	Глибоке розпушення та основний обробіток	Поліпшує водопроникність ґрунту і зменшує ризик ущільнення кореневмісного шару
HORSCH Joker 6 RT	Післязбиральне дискування і подрібнення решток	Створює рівномірний фон для наступного обробітку та зменшує витрати на підготовку поля
Розроблений передпосівний агрегат	Кришіння, вирівнювання, механічний контроль бур'янів	Формує основний додатковий економічний ефект за рахунок економії ресурсів і приросту урожаю
HORSCH Maestro 16 SX	Точний висів кукурудзи	Забезпечує рівномірне розміщення насіння і високу продуктивність сівби
AMAZONE ZA-TS 4200 та UX 5201 Super	Внесення добрив і захист рослин	Підвищують точність дозування матеріалів і зменшують непродуктивні перевитрати
John Deere S780	Збирання кукурудзи на зерно	Дає змогу зібрати 800 га у прийнятний строк за належної організації транспортування

Таким чином, машинний комплекс у проєкті розглядається як технологічно цілісна система. Однак економічний розрахунок найбільш детально зосереджено на порівнянні базового і проєктного способів передпосівної підготовки, оскільки саме ця операція є предметом конструктивної розробки. Для інших операцій прийнято однаковий рівень забезпечення технікою, що дозволяє коректно виділити ефект від запропонованого агрегату.

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на передпосівний обробіток ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту є однією з найбільш відповідальних операцій у технології вирощування кукурудзи. У базовому варіанті передбачено виконання двох окремих проходів: вирівнювання поля після зими і передпосівної культивації. Така схема є поширеною, проте вона збільшує витрати палива, робочого часу, оплату праці, зношування агрегатів і ущільнення ґрунту. Крім того, за значної кількості ранніх бур'янів господарство змушене застосовувати повну норму ґрунтового гербіциду.

У проєктному варіанті ці роботи частково об'єднуються в один технологічний прохід розробленого агрегату. Він виконує поверхневе розпушення на глибину загортання насіння, кришіння грудок, вирівнювання поверхні, підрізання проростків бур'янів і підготовку посівного ложа. Завдяки цьому зменшується кількість проходів по полю, скорочується потреба в паливі і зменшується час підготовки поля до сівби.

Прямі витрати на виконання операції складаються з вартості палива, оплати праці механізатора, витрат на ремонт і технічне обслуговування машин, а також умовної частки амортизації. Для спрощеного розрахунку витрати на мастильні матеріали, поточний ремонт і амортизацію згруповано у статтю 'машинні витрати'. Такий підхід достатній для порівняльної оцінки, оскільки обидва варіанти аналізуються за однаковою методикою.

Таблиця 5.3 – Порівняння витрат на передпосівний обробіток ґрунту

Операція	Паливо, л/га баз.	Праця, год/га баз.	Машинні витрати, грн/га баз.	Усього, грн/га баз.	Паливо, л/га проект.	Праця, год/га проект.	Машинні витрати, грн/га проект.	Усього, грн/га проект.
Вирівнювання поля / ранньовесняний обробіток	4,0	0,11	180	438	-	-	-	-
Передпосівна культивуація у базовій схемі	6,5	0,18	280	701	-	-	-	-
Розроблений передпосівний агрегат	-	-	-	-	7,2	0,14	360	799
Разом на 1 га	10,5	0,29	460	1139	7,2	0,14	360	799
Разом на 800 га	8400 л	232 год	368000 грн	911200 грн	5760 л	112 год	288000 грн	639200 грн

Крім прямої економії, скорочення проходів має агротехнічне значення. Менша кількість заїздів у поле знижує ущільнення верхнього шару ґрунту, зменшує руйнування капілярної структури і дає змогу краще зберегти вологу в посівному шарі. Для кукурудзи це важливо, оскільки дружність сходів значною мірою визначається контактом насіння з вологим ґрунтом і рівномірністю загортання.

Важливим результатом є і зменшення тривалості виконання робіт. Якщо традиційна схема потребує двох проходів, то проєктний агрегат виконує основну частину передпосівної підготовки за один прохід. За площі 800 га це дає можливість краще використати оптимальний строк сівби та зменшити ризик потрапляння господарства у період весняних дощів, коли якісна підготовка ґрунту стає неможливою.

5.4 Розрахунок виробничих витрат на вирощування кукурудзи

Загальна економічна ефективність проєктної технології визначається не лише вартістю передпосівного обробітку. Необхідно оцінити повну структуру виробничих витрат на вирощування кукурудзи на зерно. До основних статей належать насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, паливо і мастильні матеріали, оплата праці, ремонт і амортизація техніки, сушіння та

очищення зерна, збирання і транспортування, загальновиробничі витрати та організаційні витрати господарства.

За базовим варіантом витрати на насіння і добрива залишаються на тому ж рівні, що і в проєктному варіанті, оскільки зміна конструкції передпосівного агрегату не передбачає зменшення норми висіву або спрощення системи живлення. Найбільша різниця виникає у статтях захисту рослин, пального, оплати праці, ремонту та амортизації. У проєктному варіанті також дещо збільшуються витрати на сушіння, очищення, збирання і транспортування, оскільки очікується більший валовий збір зерна.

Для розрахунку приймаємо, що завдяки якіснішій підготовці ґрунту, рівномірнішим сходам і зменшенню конкуренції бур'янів у початковий період вегетації урожайність зростає з 8,30 до 8,50 т/га. Такий приріст не є завищеним, оскільки становить лише 2,4 % від базового рівня. На площі 800 га він дає додатково 160 т зерна, що суттєво впливає на фінансовий результат.

Таблиця 5.4 – Структура виробничих витрат на вирощування кукурудзи на зерно

Стаття витрат	Базовий варіант, грн/га	Проєктний варіант, грн/га	Відхилення, грн/га	Пояснення
Насіння кукурудзи	4300	4300	0	Норма висіву не змінюється
Мінеральні добрива	9500	9500	0	Система живлення однакова
Засоби захисту рослин	3800	3200	-600	Зменшення потреби у ґрунтовому гербіциді
Паливо і мастильні матеріали	3400	3180	-220	Скорочення весняних проходів
Оплата праці з нарахуваннями	980	920	-60	Менша трудомісткість робіт
Ремонт, ТО та амортизація машин	3100	2900	-200	Менше навантаження на частину агрегатів
Сушіння, очищення та доробка зерна	3800	3900	+100	Більший валовий збір
Збирання і транспортування	3000	3050	+50	Більший обсяг продукції
Загальновиробничі витрати	1800	1800	0	Прийнято однаково
Організаційні та інші витрати	2500	2500	0	Прийнято однаково
Разом	36180	35250	-930	Економія на 1 га

Загальна сума витрат у базовому варіанті становить 36180 грн/га, а в проєктному – 35250 грн/га. Отже, економія витрат становить 930 грн/га. На

площі 800 га це дорівнює 744000 грн. Найбільшу частку економії формує зменшення витрат на засоби захисту рослин та зниження витрат на виконання весняних ґрунтообробних операцій.

Водночас проєктна технологія не повинна розглядатися як спосіб механічного скорочення всіх витрат. Деякі витрати, навпаки, збільшуються через більший урожай. Зокрема, зростають витрати на збирання, транспортування, сушіння і доробку зерна. Однак ці додаткові витрати є економічно виправданими, оскільки вони супроводжуються збільшенням валової продукції і прибутку.

Зменшення собівартості не повинно досягатися за рахунок погіршення агротехніки. У проєкті економія забезпечується саме технологічною раціоналізацією: суміщенням операцій, зменшенням непродуктивних проходів, механічним знищенням ранніх бур'янів і підвищенням якості посівного ложа. Це принципово відрізняє проєктне рішення від простого скорочення витрат, яке могло б призвести до втрати врожаю.

5.5 Розрахунок валової продукції, собівартості та прибутку

Валова продукція визначається як добуток площі, урожайності та ціни реалізації зерна. У базовому варіанті валовий збір становить 6640 т, у проєктному - 6800 т. За розрахункової ціни 5400 грн/т виручка від реалізації зерна відповідно становить 35,856 млн грн і 36,720 млн грн. Різниця у виручці дорівнює 864 тис. грн і зумовлена лише приростом урожайності, оскільки ціна реалізації прийнята однаковою.

Собівартість одиниці продукції визначається діленням загальних виробничих витрат на валовий збір зерна. Цей показник є важливим для оцінки стійкості технології, оскільки показує, наскільки продукція може залишатися прибутковою за коливання цін. Чим нижча собівартість однієї тонни, тим більший запас фінансової міцності має господарство.

Прибуток розраховується як різниця між виручкою від реалізації продукції та сумою виробничих витрат. Рівень рентабельності визначається як

відношення прибутку до виробничих витрат, помножене на 100 %. Цей показник дає змогу порівняти ефективність вкладених у виробництво ресурсів у базовому і проєктному варіантах.

Таблиця 5.5 – Основні показники економічної ефективності вирощування кукурудзи

Показник	Одиниця	Базовий варіант	Проектний варіант	Відхилення
Площа посіву	га	800	800	0
Урожайність	т/га	8,30	8,50	+0,20
Валовий збір	т	6640	6800	+160
Ціна реалізації	грн/т	5400	5400	0
Виручка від реалізації	тис. грн	35856	36720	+864
Витрати на 1 га	грн/га	36180	35250	-930
Загальні виробничі витрати	тис. грн	28944	28200	-744
Собівартість 1 т зерна	грн/т	4359	4147	-212
Прибуток	тис. грн	6912	8520	+1608
Рентабельність виробництва	%	23,9	30,2	+6,3 в.п.

За результатами розрахунків загальні витрати у проєктному варіанті зменшуються на 744 тис. грн, а виручка збільшується на 864 тис. грн. Сумарний приріст прибутку становить 1608 тис. грн. Це означає, що запропоноване технічне рішення впливає на економіку виробництва подвійно: воно знижує витрати і одночасно забезпечує більший вихід продукції з одиниці площі.

Собівартість 1 т зерна у базовому варіанті становить 4359 грн/т, а у проєктному – 4147 грн/т. Зниження собівартості на 212 грн/т підвищує конкурентоспроможність продукції. За нестабільних цін на зерно цей показник має важливе значення, оскільки дозволяє господарству отримувати прибуток навіть у випадку зниження ціни реалізації або збільшення витрат на окремі ресурси.

Рівень рентабельності зростає з 23,9 до 30,2 %. Підвищення на 6,3 відсоткових пункти є суттєвим для виробництва зерна, де значна частина витрат формується ще до отримання врожаю. Це підтверджує економічну доцільність запровадження агрегату для передпосівного обробітку ґрунту в технології вирощування кукурудзи на зерно.

5.6 Визначення річного економічного ефекту та строку окупності

Річний економічний ефект від впровадження проєктного рішення визначається як приріст прибутку порівняно з базовим варіантом. У даному розрахунку він складається з двох основних частин: додаткової виручки від приросту урожайності та економії виробничих витрат. Додаткова виручка становить 864 тис. грн, а економія витрат – 744 тис. грн. Разом це дає 1608 тис. грн річного економічного ефекту.

Додаткові капітальні вкладення пов'язані з виготовленням або придбанням розробленого агрегату для передпосівного обробітку. У проєкті їх прийнято в сумі 1250 тис. грн. До цієї суми входять матеріали для рами і робочих органів, барабани, ланцюгові передачі, редуктор, підшипникові вузли, захисні кожухи, виготовлення деталей, складальні роботи, фарбування, налагодження та виробничі випробування.

Строк окупності визначається діленням додаткових капітальних вкладень на річний економічний ефект. Коефіцієнт економічної ефективності визначається як відношення річного ефекту до капітальних вкладень. Чим менший строк окупності і більший коефіцієнт ефективності, тим доцільнішим є впровадження проєктного рішення.

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_p = (П_p - П_б), \quad (5.1)$$

де E_p – річний економічний ефект, грн; $П_p$ – прибуток за проєктним варіантом, грн; $П_б$ – прибуток за базовим варіантом, грн.

Підставляючи отримані значення, маємо: $E_p = 8520 - 6912 = 1608$ тис. грн.

Строк окупності додаткових вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = K_d / E_p, \quad (5.2)$$

де $T_{ок}$ – строк окупності, років; K_d – додаткові капітальні вкладення, грн.

$$T_{ок} = 1250 / 1608 = 0,78 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить:

$$E = E_p / K_d = 1608 / 1250 = 1,29.$$

Таблиця 5.6 – Розрахунок річного економічного ефекту та окупності агрегату

Показник	Одиниця виміру	Значення
Додаткова виручка від приросту урожайності	тис. грн	864
Економія виробничих витрат	тис. грн	744
Річний економічний ефект	тис. грн	1608
Додаткові капітальні вкладення	тис. грн	1250
Строк окупності	року	0,78
Коефіцієнт економічної ефективності	грн/грн	1,29
Приріст рентабельності	відсоткових пунктів	6,3

Отриманий строк окупності менший ніж один рік, що свідчить про високу економічну доцільність впровадження агрегату. Навіть за часткового зниження очікуваного ефекту, наприклад через несприятливі погодні умови або коливання ціни зерна, проєктне рішення залишається привабливим, оскільки значна частина ефекту формується за рахунок прямої економії витрат, а не лише за рахунок приросту урожаю.

Коефіцієнт економічної ефективності 1,29 означає, що на кожну гривню додаткових вкладень господарство отримує 1,29 грн річного економічного результату. Для технічних засобів, які можуть використовуватися протягом кількох сезонів, такий показник є високим. Після першого року експлуатації агрегат продовжуватиме формувати економію, а витрати на його утримання враховуватимуться у поточних експлуатаційних витратах.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень для технології вирощування кукурудзи на зерно на площі 800 га в умовах Житомирської області. Основну увагу приділено економічній оцінці впровадження розробленого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, який забезпечує суміщення операцій, якісне формування посівного шару і механічне знищення ранніх бур'янів.

Порівняння базового і проєктного варіантів показало, що витрати на передпосівну підготовку ґрунту зменшуються з 1139 до 799 грн/га. На площі 800 га це дає економію 272 тис. грн лише за рахунок скорочення пального, трудомісткості та машинних витрат у весняний період. Додатково проєктна

технологія зменшує потребу у частині витрат на гербіцидний захист і покращує умови для рівномірного проростання насіння.

Повні виробничі витрати на вирощування кукурудзи за проєктним варіантом становлять 35250 грн/га проти 36180 грн/га у базовому варіанті. Загальна економія витрат на площі 800 га дорівнює 744 тис. грн. За рахунок підвищення урожайності з 8,30 до 8,50 т/га валовий збір збільшується на 160 т, а виручка - на 864 тис. грн.

Прибуток від вирощування кукурудзи на зерно зростає з 6912 до 8520 тис. грн, тобто на 1608 тис. грн. Собівартість 1 т зерна знижується з 4359 до 4147 грн/т, а рівень рентабельності підвищується з 23,9 до 30,2 %. Отримані показники підтверджують, що впровадження проєктного агрегату покращує економічні результати виробництва.

Додаткові капітальні вкладення у виготовлення агрегату прийнято в сумі 1250 тис. грн. За річного економічного ефекту 1608 тис. грн строк окупності становить 0,78 року, а коефіцієнт економічної ефективності - 1,29. Отже, запропоноване технічне рішення є економічно доцільним, технологічно обґрунтованим і може бути рекомендоване для впровадження у виробництво на площах кукурудзи та інших просапних культур.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто технологію вирощування кукурудзи на зерно в умовах Житомирської області, обґрунтовано склад машинно-тракторного комплексу та запропоновано конструктивне рішення агрегату для передпосівного обробітку ґрунту.

У роботі встановлено, що врожайність кукурудзи значною мірою залежить від якості основного й передпосівного обробітку ґрунту, своєчасності виконання технологічних операцій, збереження вологи, рівномірності загортання насіння та ефективного знищення бур'янів. Для вирощування культури на площі 800 га підібрано сучасні трактори, ґрунтообробні машини, посівні агрегати, техніку для внесення добрив, захисту рослин і збирання врожаю. Складена технологічна карта дає змогу раціонально організувати виробничий процес, визначити потребу в техніці, паливі та трудових ресурсах.

У конструктивній частині обґрунтовано доцільність застосування агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, який забезпечує вирівнювання поверхні поля, подрібнення грудок, формування дрібногрудкуватого посівного шару та механічне знищення проростків бур'янів. Проведені інженерні розрахунки підтвердили працездатність основних вузлів агрегату, зокрема приводу, ланцюгової передачі, валів і зірочок, а вибрані параметри відповідають умовам експлуатації.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори під час виконання механізованих робіт і запропоновано заходи для підвищення безпеки праці механізаторів. Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження запропонованого комплексу машин і агрегату для передпосівного обробітку ґрунту сприяє скороченню витрат часу, зменшенню експлуатаційних витрат, підвищенню якості підготовки поля та створенню кращих умов для росту кукурудзи.

Отже, розроблені проєктні рішення відповідають виробничим умовам господарств Житомирської області та можуть бути використані для підвищення

ефективності механізованої технології вирощування кукурудзи на зерно, зниження трудових і енергетичних витрат та збільшення прибутковості виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5-те вид., виправ. і допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
2. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
3. Циков В. С. Кукуруза: технологія, гібриди, семена. Днепропетровск : Зоря, 2003. 296 с.
4. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с.
5. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 464 с.
6. Танчик С. П., Цюк О. А., Центило Л. В. Системи землеробства : навч. посіб. Київ : Компринт, 2015. 357 с.
7. Заєць М. Технологія вертикального обробітку ґрунту як спосіб отримання стабільних врожаїв /М. Л. Заєць, О. М. Сергійчук // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 21-22. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/2960>.
8. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ЕКМО, 2007. 44 с.
9. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
10. Войтюк Д. Г., Гаврилук Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. 2-ге вид. Київ : Каравела, 2008. 552 с.

11. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
12. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки : підручник : у 3 кн. Кн. 3. Машини сільськогосподарські / за ред. А. Ф. Головчука. Київ : Грамота, 2005. 571 с.
13. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Калетнік Г. М., Яременко В. В. Теорія сільськогосподарських машин : підручник. Київ : Аграрна наука, 2018. 582 с.
14. Погорілий Л. В., Коваль С. М. Методика випробування сільськогосподарської техніки. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2007. 240 с.
15. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 24 с.
16. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.
17. Maize / Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/4/i0007e/i0007e08.pdf> (дата звернення: 27.05.2026).
18. 8R 340 Tractor / John Deere. URL: <https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family/8r-340-tractor/> (дата звернення: 27.05.2026).
19. S-Series Combines / John Deere. URL: <https://www.deere.com/assets/pdfs/region-1/products/combines/201709-Combine-Folder-Revise-DSAA70366.pdf> (дата звернення: 27.05.2026).
20. Tiger MT. Cultivators. Tillage / HORSCH. URL: <https://www.horsch.com/en/products/soil-cultivation/cultivators/tiger-mt> (дата звернення: 27.05.2026).

21. Tiger MT / HORSCH. Technical brochure. URL: https://cdn.horsch.com/celum/7724_original.pdf (дата звернення: 27.05.2026).
22. Pantera 4504 self-propelled sprayer / AMAZONE. URL: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/crop-protection/self-propelled-sprayer/pantera-4503-self-propelled-sprayer-50486> (дата звернення: 27.05.2026).
23. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
24. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
25. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.
26. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
27. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.