

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Гмир Ігор Володимирович

УДК 631.3:633.854.78

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення комплексу машин для вирощування
соняшнику з удосконаленням начіпної системи трактора 4
класу тяги
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 _____ Гмир І.В.

Керівник роботи

Дерев'янка Д.А.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Гмир Ігор Володимирович. Удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику з удосконаленням навісної системи трактора 4 класу тяги. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику з детальною розробкою навіски трактора 4 класу тяги. Проаналізовано сучасні технології вирощування соняшнику, особливості їх застосування в Україні та передових країнах світу, а також визначено напрями вдосконалення технологічного процесу для умов Лісостепу Житомирської області. Розроблено технологію вирощування соняшнику з використанням сучасної сільськогосподарської техніки та складено технологічну карту виконання основних виробничих операцій. Особливу увагу приділено роботі орного агрегату у складі трактора ХТЗ-17221 та плуга ПЛН-5-35, який забезпечує основний обробіток ґрунту під культуру. У конструктивній частині обґрунтовано необхідність удосконалення навісного пристрою трактора з метою підвищення стабільності роботи агрегату, зменшення тягового опору та покращення якості обробітку ґрунту. Розроблено заходи з охорони праці під час виконання механізованих робіт і проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень. Запропоновані рішення мають практичне значення для підвищення ефективності вирощування соняшнику, раціонального використання машинно-тракторного парку та зниження експлуатаційних витрат.

Ключові слова: соняшник, технологія, трактор, навіска, плуг, ефективність.

ANNOTATION

Igor Volodymyrovych Hmyr. Improvements to a range of machinery for sunflower cultivation, including enhancements to the hitch system of a Class 4 tractor. – 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 examines the improvement of machinery for sunflower cultivation, including a detailed design of an attachment for a Class 4 tractor. It analyses modern sunflower cultivation technologies, the specific features of their application in Ukraine and leading countries worldwide, and identifies areas for improving the production process to suit the conditions of the Forest-Steppe region of Zhytomyr Oblast. A technology for sunflower cultivation using modern agricultural machinery has been developed, and a flowchart for carrying out the main production operations has been drawn up. Particular attention is paid to the operation of the tillage unit comprising the XT3-17221 tractor and the ПЛН-5-35 plough, which provides the primary soil preparation for the crop. The design section justifies the need to improve the tractor's hitch mechanism to enhance the unit's operational stability, reduce draught resistance and improve the quality of soil cultivation. Occupational health and safety measures for mechanised operations have been developed, and a technical and economic justification for the proposed design solutions has been carried out. The proposed solutions are of practical significance for improving the efficiency of sunflower cultivation, the rational use of the machinery and tractor fleet, and the reduction of operating costs.

Keywords: sunflower, technology, tractor, hitch, plough, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ.....	12
1.1. Господарське значення соняшнику та вимоги культури до умов вирощування.....	12
1.2. Природно-кліматичні передумови вирощування соняшнику в Лісостепу Житомирської області.....	13
1.3. Існуючі технології вирощування соняшнику в передових країнах світу.....	15
1.4. Аналіз базової технології та комплексу машин для вирощування соняшнику.....	18
1.5. Шляхи вдосконалення технології вирощування соняшнику для умов Лісостепу Житомирської області.....	20
Висновки по розділу.....	22
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	23
2.1 Вихідні передумови проектування технології.....	23
2.2 Агротехнічні вимоги до вирощування соняшнику.....	25
2.3 Обґрунтування системи обробітку ґрунту.....	26
2.4 Система удобрення та підготовка насіння.....	28
2.5 Проектування сівби та догляду за посівами.....	30
2.6 Система захисту посівів і збирання врожаю.....	31
2.7 Розрахунок продуктивності основних агрегатів.....	33
2.8 Технологічна карта вирощування соняшнику.....	34
2.9 Організаційні заходи вдосконалення технології.....	34
Висновки по розділу.....	36
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Аналіз способів установаження та підтримання глибини обробітку ґрунту.....	37

3.2 Обґрунтування конструктивного удосконалення навіски трактора.....	41
3.3 Перевірочний розрахунок елементів навісного пристрою.....	44
Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
4.1 Загальна характеристика умов праці під час вирощування соняшнику....	49
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	50
4.3 Організаційні заходи з охорони праці.....	52
4.4 Безпечна експлуатація орного агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35.....	53
4.5 Вимоги безпеки під час основних технологічних операцій вирощування соняшнику.....	54
4.6 Виробнича санітарія та засоби індивідуального захисту.....	56
4.7 Пожежна безпека та дії у надзвичайних ситуаціях.....	57
Висновки по розділу.....	58
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	60
5.1. Завдання та вихідні положення економічного обґрунтування.....	60
5.2. Методика порівняльної оцінки базового і проектного варіантів.....	61
5.3. Визначення витрат на виготовлення і впровадження удосконаленої навіски.....	63
5.4. Розрахунок експлуатаційних витрат за базовим і проектним варіантами.....	64
5.5. Оцінка додаткового виробничого ефекту від підвищення якості оранки.....	66
5.6. Розрахунок строку окупності та показників ефективності.....	67
5.7. Узагальнення результатів техніко-економічного обґрунтування.....	68
Висновки по розділу.....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Соняшник є однією з провідних технічних культур в Україні та має важливе значення для аграрного виробництва, харчової промисловості й експортного потенціалу держави. Його насіння використовується для виробництва олії, шроту, кормових добавок та іншої продукції, що має стабільний попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Висока економічна ефективність вирощування соняшнику зумовлює постійне розширення посівних площ, однак подальше підвищення врожайності культури значною мірою залежить від удосконалення технології її вирощування, правильного добору машинно-тракторних агрегатів і забезпечення якісного виконання всіх технологічних операцій.

У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва особливої актуальності набуває питання раціонального використання енергетичних засобів, зменшення витрат пального, підвищення продуктивності праці та зниження собівартості продукції. Значна частина витрат при вирощуванні соняшнику припадає на виконання ґрунтообробних операцій, зокрема основної обробки ґрунту. Саме тому ефективність роботи орних агрегатів, їх технічний стан, правильність агрегування та надійність навісного обладнання трактора мають суттєвий вплив на якість підготовки ґрунту, рівномірність глибини обробки, тяговий опір і загальні експлуатаційні показники машинно-тракторного агрегату.

Для умов Лісостепу Житомирської області вирощування соняшнику має свої особливості, пов'язані з ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем зволоження, строками проведення польових робіт, структурою сівозміни та технічним забезпеченням господарств.

У таких умовах важливо не лише дотримуватися агротехнічних вимог до вирощування культури, а й забезпечити раціональне комплектування машин для виконання основних технологічних операцій. Особливе значення

має використання тракторів 4 класу тяги, зокрема трактора ХТЗ-17221, який може ефективно працювати з ґрунтообробними знаряддями, у тому числі з плугом ПЛН-5-35.

Разом з тим у процесі експлуатації орних агрегатів виникають проблеми, пов'язані з підвищеним тяговим опором, коливанням робочих органів, нерівномірністю глибини обробітку, перевантаженням окремих елементів навісної системи та зниженням стійкості руху агрегату. Це призводить до збільшення витрат енергії, погіршення якості обробітку ґрунту та зниження ефективності використання техніки. Тому удосконалення навіски трактора 4 класу тяги є актуальним напрямом підвищення продуктивності та надійності машинно-тракторного агрегату під час виконання основного обробітку ґрунту під соняшник.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності комплексу машин для вирощування соняшнику шляхом удосконалення навіски трактора 4 класу тяги та обґрунтування раціональної технології вирощування культури в умовах Житомирської області.

Для досягнення **поставленої мети в дипломному проєкті необхідно вирішити такі завдання:**

- проаналізувати сучасні технології вирощування соняшнику та досвід їх застосування в Україні й передових країнах світу;
- визначити основні напрями вдосконалення технології вирощування соняшнику для умов Лісостепу Житомирської області;
- розробити технологію вирощування соняшнику із застосуванням сучасної сільськогосподарської техніки;
- скласти технологічну карту вирощування соняшнику з урахуванням складу машинно-тракторних агрегатів;
- проаналізувати конструкцію навісного пристрою трактора ХТЗ-17221 та способи регулювання глибини обробітку ґрунту;
- запропонувати конструктивне удосконалення навіски трактора для підвищення ефективності роботи орного агрегату;

- виконати необхідні розрахунки елементів удосконаленої навіски;
- розробити заходи з охорони праці під час виконання механізованих робіт;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування соняшнику в умовах Лісостепу Житомирської області.

Предметом дослідження є комплекс машин для вирощування соняшнику та навісний пристрій трактора 4 класу тяги, що використовується під час агрегування з ґрунтообробними знаряддями.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Дерев’янка Д.А., Шевчук О.А., Гмир І.В, Михалочкін Н.А. Технічне забезпечення вирощування соняшнику в умовах Полісся. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL:https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/derevjanko_26-3.pdf (дата звернення 02.06.2026).
2. Дерев’янка Д.А., Гмир І.В., Крижанівський М.С., Хоменко С.М., Данилюк Н.О. Сучасні тенденції розвитку машинно-технологічних комплексів у рослинництві. 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. 113-115.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення дипломного проекту полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані в сільськогосподарських підприємствах Житомирської області для підвищення якості основного обробітку ґрунту, зменшення тягового опору орного агрегату, покращення використання трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35 та зниження експлуатаційних витрат при вирощуванні соняшнику. Удосконалення навіски трактора сприятиме стабільнішій роботі

агрегату, підвищенню надійності технологічного процесу та створенню кращих умов для формування врожаю культури.

Таким чином, тема дипломного проєкту є актуальною, оскільки поєднує питання вдосконалення технології вирощування соняшнику, раціонального використання машинно-тракторного парку та модернізації технічних засобів, що безпосередньо впливають на ефективність аграрного виробництва.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 32 найменування. Загальний обсяг роботи становить 73 сторінки комп'ютерного тексту, містить 6 рисунків, 9 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

1.1. Господарське значення соняшнику та вимоги культури до умов вирощування

Соняшник є однією з провідних олійних культур сучасного землеробства, оскільки поєднує високу товарність насіння, стабільний попит переробної промисловості та добру пристосованість до різних ґрунтово-кліматичних умов. Для України ця культура має особливе значення: вона формує значну частину сировинної бази олійно-жирового комплексу, забезпечує завантаження елеваторів і переробних підприємств, а також є важливою складовою експортного потенціалу аграрного сектору. Світовий ринок насіння соняшнику концентрується переважно в країнах Чорноморського регіону, Європейського Союзу, Аргентині та окремих регіонах Північної Америки. За даними USDA, серед найбільших виробників соняшнику залишаються Росія, Україна, країни Європейського Союзу та Аргентина, тобто країни, де технології вирощування орієнтовані на поєднання високої продуктивності з ресурсозбереженням [2].

Біологічні особливості соняшнику визначають вимоги до побудови технологічного процесу. Культура формує потужну кореневу систему, здатну використовувати вологу з глибших шарів ґрунту, тому вона відносно краще переносить короткочасні посухи, ніж багато інших ярих культур. Водночас високий урожай можливий лише за наявності достатнього запасу продуктивної вологи в період від формування кошика до наливу насіння.

Вирішальне значення мають якісний передпосівний обробіток, точна сівба на задану глибину, оптимальна густота стояння рослин, збалансоване живлення, своєчасний захист від бур'янів, хвороб і шкідників та мінімізація втрат під час збирання.

Соняшник чутливо реагує на ущільнення ґрунту, нерівномірне загортання насіння та порушення просторового розміщення рослин у рядку.

Нерівні сходи призводять до конкуренції між рослинами, зменшення діаметра кошика, неоднакового досягання і підвищення втрат під час збирання. Через це сучасні технології дедалі більше пов'язані з точним землеробством: використанням сівалок точного висіву, навігаційних систем, контролю секцій, диференційованого внесення добрив, моніторингу стану посівів і технологічних карт полів.

Вирощування соняшнику не можна розглядати як набір окремих операцій. Його ефективність визначається узгодженістю всієї системи: вибору поля, попередника, способу основного обробітку, типу гібрида, строків сівби, системи удобрення, захисту та збирання. Особливого значення набуває правильний підбір машинно-тракторного агрегату. Для важких ґрунтообробних операцій і агрегування широкозахватних знарядь доцільно застосовувати трактори 4 класу тяги. Проте фактична якість роботи такого трактора значною мірою залежить від стану й конструкції навісного механізму, адже саме навіска забезпечує стабільне положення знаряддя, рівномірність глибини обробітку та раціональне використання тягового зусилля.

1.2. Природно-кліматичні передумови вирощування соняшнику в Лісостепу Житомирської області

Житомирська область розміщена в зоні переходу Полісся до Лісостепу, тому умови вирощування соняшнику тут менш однорідні, ніж у традиційних степових районах. Південні та центральні райони області мають кращі теплові ресурси й придатніші ґрунти, тоді як північні території характеризуються більшою часткою дерново-підзолистих і легких за гранулометричним складом ґрунтів, підвищеною кислотністю та ризиком перезволоження в окремі періоди. Для умов Лісостепу Житомирщини головним завданням є не максимальне розширення площ під соняшником, а науково обґрунтоване розміщення культури на полях, де можна забезпечити

достатній запас вологи, нормальний фітосанітарний стан і раціональну систему живлення.

Статистичні дані Головного управління статистики у Житомирській області свідчать, що соняшник уже займає помітне місце у структурі посівів сільськогосподарських підприємств регіону: під урожай 2023 року його площа в підприємствах області становила 18375 га [9]. Це підтверджує практичну актуальність удосконалення технології вирощування саме для місцевих умов. Водночас частка сої, кукурудзи, озимого ріпаку та зернових культур у регіоні також є значною, що створює можливості для побудови повноцінних сівозмін і зниження ризиків ґрунтової.

Для Лісостепу Житомирської області істотними обмежувальними чинниками є строкова нестабільність весняного прогрівання ґрунту, нерівномірність опадів улітку, підвищена кислотність окремих ґрунтів, значна забур'яненість полів після вологих весен та ризик розвитку хвороб у загущених або надмірно зволжених посівах. Тому технологія повинна передбачати точне дотримання строків сівби, вирівняне насіннєве ложе, оптимальну густоту рослин, обов'язковий контроль кислотності ґрунту, гнучку систему основного обробітку та комплексний захист посівів.

Соняшник у регіоні доцільно розміщувати після озимих зернових, кукурудзи на зерно за умови якісного подрібнення решток, а також після культур, які залишають поле чистим від багаторічних бур'янів. Небажаними попередниками є культури, що мають спільні хвороби або надмірно висушують ґрунт. Повернення соняшнику на попереднє поле слід обмежувати, оскільки коротка ротація сприяє накопиченню збудників білої та сірої гнилей, фомозу, фомопсису, а також поширенню спеціалізованих бур'янів і шкідників. Для більшості господарств раціональною є ротація з поверненням соняшнику не раніше ніж через 5–7 років.

Під час добору гібридів для Житомирського Лісостепу перевагу слід надавати середньораннім і середньостиглим формам із високою стійкістю до вилягання, основних хвороб та стресових чинників. Надто пізні гібриди

можуть не повністю реалізувати потенціал у роки з прохолодною осінню або затяжними дощами під час досягання. Водночас ранні гібриди мають перевагу за оперативністю збирання і зменшенням ризику втрат, але потребують ретельного добору густоти, щоб не втратити врожайність через недостатню площу листкової поверхні.

1.3. Існуючі технології вирощування соняшнику в передових країнах світу

У світовій практиці сформувалося кілька основних підходів до вирощування соняшнику. Перший підхід можна умовно назвати інтенсивним класичним: він передбачає повний або частковий основний обробіток ґрунту, формування якісного насіннєвого ложа, широке застосування мінеральних добрив, гербіцидів і сучасних гібридів. Другий підхід є ресурсозберігаючим: він базується на мінімальній обробці, збереженні рослинних решток, зменшенні кількості проходів техніки, контролі ущільнення та раціональному використанні вологи. Третій підхід пов'язаний із точним землеробством, коли рішення про норму висіву, удобрення, захист і строки операцій приймаються на основі даних про поле, погоду та стан посівів.

У США та Канаді технології соняшнику розвиваються переважно в умовах Великих рівнин, де головним обмеженням є волога. Рекомендації NDSU Extension і Manitoba Agriculture акцентують увагу на правильному доборі поля, дотриманні сівозміни, точному висіві, контролі густоти стояння, ґрунтовій діагностиці живлення та інтегрованому захисті [3; 6]. Для олійних форм у Манітобі рекомендовані густоти близько 20–22 тис. рослин на акр, а глибина загортання насіння має забезпечувати контакт із вологою, але не перевищувати технологічно допустимих меж [6]. Практика цих країн показує, що стабільність урожайності забезпечується не надмірною інтенсифікацією, а точністю виконання базових операцій і управлінням ризиками.

Європейський досвід, зокрема французький, відзначається поєднанням високого рівня селекції, управління якістю продукції та зменшення залежності від зайвих витрат. За даними Terres Inovia, у Франції значну роль відіграють високоолеїнові гібриди, а сама культура розглядається як відносно невибаглива до води, добрив і пестицидів порівняно з низкою інших польових культур [4]. У технології велике значення має адаптація гібрида до регіону, використання сервісів підтримки рішень, контроль бур'янів на ранніх етапах і зменшення механічного впливу на ґрунт. Такий підхід є показовим для Житомирщини, де економічна ефективність часто залежить від здатності зменшити витрати без втрати агротехнічної якості.

Аргентина є одним із найважливіших світових виробників соняшнику, а її технології значною мірою пов'язані із системою прямої сівби. У наукових публікаціях щодо аргентинського досвіду зазначається, що для розвитку культури важливими стали селекція гібридів, адаптація до різних зон виробництва, управління бур'янами в умовах no-till, фосфорно-азотне живлення та збереження вологи [7]. Пряма сівба дає змогу зменшити ерозію і кількість проходів техніки, проте потребує високої культури землеробства: якісного подрібнення решток, ефективного очищення рядка, точного загортання насіння та продуманої гербіцидної системи.

У Бразилії соняшник використовується як культура для диверсифікації сівозмін, часто в системах наступного або другого врожаю після сої. Дослідження Embrapa та бразильських науковців підкреслюють значення адаптованих сортів і гібридів, правильного управління родючістю, no-till системи, а також можливості використання соняшнику в зернових регіонах для підвищення економічної стійкості господарств [8]. Для умов України цей досвід цінний тим, що показує: соняшник не повинен бути монокультурою, а має працювати як елемент ширшої системи чергування культур і раціонального використання ґрунтової вологи.

В Австралії, де водний фактор також є визначальним, соняшник розглядають як культуру, придатну до no-till сівби в стерньові рештки та до

використання після тривалого пару або після зернових культур за достатнього профілю вологи. GRDC зазначає, що соняшник добре пристосований до сівби без обробітку в умовах збереження стерні, але після збирання сам залишає відносно мало рослинних решток [5]. Тому австралійська практика робить акцент на попередньому накопиченні вологи, збереженні покриву ґрунту, точному контролі бур'янів і виборі поля з достатнім запасом доступної води.

Узагальнення світового досвіду показує, що технологічний прогрес у вирощуванні соняшнику рухається у трьох напрямках: ресурсозбереження, точність виконання механізованих операцій і біологізація виробництва. Передові країни не відмовляються від інтенсивних засобів повністю, але застосовують їх вибірково, на основі діагностики та економічної доцільності. Для дипломного проекту, присвяченого удосконаленню комплексу машин і навіски трактора 4 класу тяги, особливо важливим є висновок про те, що якість роботи агрегату безпосередньо впливає на реалізацію всього агрономічного потенціалу технології.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика сучасних підходів до вирощування соняшнику

Країна або регіон	Провідні технологічні рішення	Сильні сторони	Практичне значення для Житомирського Лісостепу
США, Канада	точна сівба, інтегрований захист, ґрунтова діагностика живлення, контроль густоти	стабільність урожайності, чіткі регламенти операцій, увага до сівозміни	використання якісної сівби, лабораторного аналізу ґрунту та нормованого живлення
Франція, ЄС	високоолеїнові гібриди, цифрові рекомендації, адаптація гібридів до зони	висока якість продукції, зменшення невиправданих витрат	перехід до гібридів із кращою стійкістю та ринковою якістю насіння
Аргентина	пряма сівба, збереження вологи, управління бур'янами в no-till	менше проходів техніки, нижчі витрати пального, зменшення ерозії	можливе часткове впровадження мінімального обробітку на структурних ґрунтах
Бразилія	соняшник у сівозмінах і післяживних системах, адаптовані гібриди	диверсифікація виробництва, раціональне використання вологи	розгляд соняшнику як елемента сівозміни, а не як монокультури
Австралія	no-till у стерню, накопичення вологи, сівба за достатнього профілю води	збереження вологи, зниження ризику посухи	контроль залишків, підготовка поля без зайвого пересушування ґрунту

1.4. Аналіз базової технології та комплексу машин для вирощування соняшнику

Базова технологія вирощування соняшнику в умовах Лісостепу Житомирської області повинна починатися з вибору поля і попередника. Оптимальним є розміщення культури після озимих зернових або кукурудзи за умови якісного управління рослинними рештками. Перед посівом необхідно провести агрохімічне обстеження, визначити рівень кислотності, забезпеченість азотом, фосфором, калієм і сіркою. На кислих ґрунтах доцільним є вапнування, оскільки зниження кислотності погіршує засвоєння поживних речовин і обмежує розвиток кореневої системи.

Основний обробіток ґрунту обирають з урахуванням попередника, забур'яненості, ущільнення, вологості та наявного машинного парку. На ущільнених ґрунтах доцільне глибоке рихлення або чизелювання без обороту пласта, що покращує водопроникність і зменшує плужну підшову. На полях із високою забур'яненістю багаторічними бур'янами може застосовуватися оранка, але вона повинна бути агротехнічно виправданою. На структурних ґрунтах із достатньою кількістю решток перспективним є мінімальний або комбінований обробіток, який зменшує кількість проходів і зберігає вологу.

Передпосівний обробіток має забезпечити рівне, ущільнене знизу і розпушене зверху насінневе ложе. Надмірне подрібнення ґрунту або кілька зайвих проходів агрегатів призводять до втрати вологи, що особливо небезпечно за сухої весни. У комплексі машин доцільно використовувати важкі культиватори, дискові агрегати, котки та комбіновані передпосівні агрегати. Саме на цьому етапі важливе стабільне регулювання глибини робочих органів, оскільки нерівномірність обробітку зумовлює нерівні сходи.

Сівбу соняшнику виконують сівалками точного висіву після прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до сталих позитивних температур. Для умов Житомирського Лісостепу строк сівби має бути достатньо раннім, щоб використати весняну вологу, але без ризику потрапляння насіння в холодний і перезволожений ґрунт. Густоту стояння

визначають з урахуванням гібрида, родючості, запасів вологи та ширини міжряддя. Для більшості олійних гібридів у зоні Лісостепу доцільно орієнтуватися на кінцеву густоту приблизно 50–60 тис. рослин/га, коригуючи її залежно від вологозабезпечення і рекомендацій оригінатора.

Система удобрення повинна бути збалансованою. Соняшник добре реагує на фосфорне живлення на ранніх фазах, калій важливий для водного режиму рослини, а сірка та мікроелементи впливають на якість насіння. Азот необхідний, але його надлишок може підсилювати вегетативний ріст, затримувати досягання і підвищувати сприйнятливість до хвороб. Тому внесення добрив бажано здійснювати на основі аналізу ґрунту, планової врожайності та економічної ефективності.

Захист посівів має базуватися на поєднанні агротехнічних, хімічних і організаційних заходів. Найбільш критичним для соняшнику є ранній період, коли бур'яни швидко конкурують із культурою за світло, вологу й елементи живлення. Тому важливими є чистий попередник, своєчасне закриття вологи, якісна передпосівна підготовка, ґрунтові або страхові гербіциди відповідно до обраної технології, а також моніторинг хвороб. Дослідження в Центральному Лісостепу України показують, що екологічний стан технологій значною мірою залежить від правильного використання добрив і засобів захисту з урахуванням погодно-кліматичних умов [10].

Збирання соняшнику проводять після досягання кошиків і зниження вологості насіння до рівня, який забезпечує безпечне обмолочування та подальше зберігання. Для зменшення втрат застосовують спеціальні пристосування до жаток, регулюють швидкість руху комбайна, частоту обертання барабана та зазори молотильно-сепарувального апарата. У роки з дощовою осінню особливого значення набуває оперативність збирання, тому комплекс машин має забезпечувати високу продуктивність і мінімальні простой.

Таблиця 1.2 – Орієнтовний комплекс машин для вирощування соняшнику в умовах Лісостепу Житомирської області

Технологічна операція	Машини та знаряддя	Вимоги до виконання
Основний обробіток	трактор 4 класу тяги, плуг, чизель, глибокорозпушувач або дисковий агрегат	руйнування ущільненого шару, збереження вологи, рівномірна глибина
Передпосівна підготовка	культиватор, комбінований агрегат, коток	вирівнює насіннєве ложе без пересушування верхнього шару
Сівба	сівалка точного висіву	рівномірна глибина, задана норма висіву, однакова відстань у рядку
Догляд за посівами	обприскувач, міжрядний культиватор за потреби	своєчасний контроль бур'янів, хвороб і шкідників
Збирання	зернозбиральний комбайн із соняшnikовою жаткою або пристосуванням	мінімальні втрати, своєчасне обмолочування, якісне очищення насіння

1.5. Шляхи вдосконалення технології вирощування соняшнику для умов Лісостепу Житомирської області

Перший напрям удосконалення полягає в оптимізації сівозміни. Соняшник слід розміщувати так, щоб не допустити його надмірної концентрації в структурі посівів. Для господарств Житомирської області перспективною є сівозміна з озимою пшеницею, кукурудзою, соєю, ріпаком, зернобобовими та багаторічними травами. Такий підхід знижує інфекційний фон, покращує використання вологи й поживних речовин та дає змогу рівномірніше розподіляти навантаження на машинний парк протягом сезону.

Другий напрям – перехід від шаблонного обробітку ґрунту до диференційованої системи. На полях із ущільненням доцільно застосовувати глибоке рихлення або чизелювання, на полях із нормальною структурою – мінімальний чи комбінований обробіток, а на забур'яненних ділянках – більш інтенсивні способи, включаючи оранку. Така система дає змогу зменшити витрати пального, скоротити кількість проходів техніки й водночас не погіршити агрофізичні властивості ґрунту.

Третій напрям пов'язаний з удосконаленням машинно-тракторних агрегатів. Трактор 4 класу тяги має достатній потенціал для агрегування важких і широкозахватних знарядь, однак ефективність його використання залежить від якості навісної системи. Удосконалена навіска повинна

забезпечувати стабільне копіювання рельєфу, рівномірне заглиблення робочих органів, зменшення поперечних коливань знаряддя, надійне передавання тягового зусилля та зниження додаткового опору. Це особливо важливо під час основного й передпосівного обробітку, коли відхилення глибини навіть на кілька сантиметрів може погіршити вологозбереження і якість сівби.

Четвертий напрям – впровадження елементів точного землеробства. Для умов Житомирської області доцільними є GPS-навігація для зменшення перекриттів, контроль норми висіву, картування врожайності, агрохімічне обстеження полів і диференційоване внесення добрив на контрастних ділянках. Навіть часткове впровадження цих елементів дозволяє знизити витрати насіння, пального, добрив і засобів захисту, а також підвищити керованість технологічного процесу.

П'ятий напрям – підвищення якості сівби. Для цього необхідно забезпечити стабільну роботу сошників, однакову глибину загортання, надійне прикочування рядка та рівномірну відстань між насінинами. У господарствах, де поля мають хвилястий мікрорельєф або різний механічний склад ґрунту, значення набуває якісна робота навіски трактора та системи копіювання сівалки. Рівномірні сходи є основою для одночасного цвітіння, дружного досягання і зменшення втрат під час збирання.

Шостий напрям – удосконалення системи живлення і захисту. Добрива слід вносити на основі аналізу ґрунту, а захист посівів будувати за принципами інтегрованого управління. У Лісостепу Житомирщини важливо контролювати не лише бур'яни, а й хвороби, які активізуються за підвищеної вологості. Доцільно застосовувати гібриди з генетичною стійкістю до основних патогенів, протруювання насіння, моніторинг посівів і фунгіцидний захист лише за потреби, з урахуванням економічного порогу шкодочинності.

Сьомий напрям – зменшення енергетичних витрат. Найбільша частка пального витрачається на основний обробіток, передпосівну підготовку і транспортні операції. Тому скорочення зайвих проходів, правильне

агрегатування знарядь, підтримання робочої швидкості в оптимальних межах і зменшення пробуксовування трактора мають прямий економічний ефект. Удосконалення навіски трактора 4 класу тяги в цьому контексті є не ізольованою конструктивною зміною, а складовою ресурсозберігаючої технології.

Для умов Лісостепу Житомирської області найбільш доцільною є адаптована ресурсозберігаюча технологія вирощування соняшнику. Вона повинна поєднувати науково обґрунтовану сівозміну, диференційований обробіток ґрунту, точну сівбу, збалансоване живлення, інтегрований захист і використання тракторів 4 класу тяги з удосконаленою навіскою. Такий варіант дає змогу зберегти родючість ґрунту, знизити витрати пального, підвищити якість механізованих операцій і забезпечити стабільну врожайність у роки з різним рівнем вологозабезпечення.

Висновки по розділу

1. Проведений аналіз показує, що соняшник є високорентабельною, але технологічно вимогливою культурою. Його продуктивність визначається не лише потенціалом гібрида, а й якістю виконання всіх механізованих операцій – від основного обробітку ґрунту до збирання врожаю.

2. У передових країнах світу основними тенденціями розвитку технологій вирощування соняшнику є ресурсозбереження, точна сівба, застосування адаптованих гібридів, збереження ґрунтової вологи, інтегрований захист рослин і використання цифрових інструментів для прийняття рішень.

3. Для Лісостепу Житомирської області доцільно впроваджувати адаптовану технологію, яка враховує перехідний характер природних умов регіону, неоднорідність ґрунтів, ризик підвищеної кислотності, нестабільність весняного зволоження та потребу в якісному контролі бур'янів і хвороб.

4. Одним із важливих резервів підвищення ефективності технології є удосконалення комплексу машин, зокрема навіски трактора 4 класу тяги. Поліпшення її роботи сприятиме рівномірному заглибленню робочих органів, зменшенню тягового опору, стабілізації руху агрегату та підвищенню якості підготовки ґрунту під сівбу соняшнику.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Вихідні передумови проектування технології

Проектування технології вирощування соняшнику для умов Житомирської області доцільно виконувати з урахуванням зональних особливостей Лісостепу, структури ґрунтового покриву, забезпеченості вологою, рівня технічного оснащення господарства та вимог до енергозбереження. Соняшник у цій зоні є перспективною технічною культурою, однак його врожайність значною мірою залежить від правильного добору попередника, якісного основного обробітку ґрунту, збалансованого живлення, своєчасної сівби та раціонального захисту посівів. Для дипломного проекту технологія розробляється як удосконалена система виконання польових робіт, у якій поєднуються традиційні елементи обробітку ґрунту з сучасними засобами точного землеробства, високопродуктивними агрегатами та організаційним контролем строків виконання операцій.

Житомирська область характеризується перехідними умовами між Поліссям і Лісостепом. Для південних та центральних районів області типовими є сірі лісові ґрунти, темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені, які за належної системи удобрення й обробітку забезпечують добрі умови для формування врожаю соняшнику. Водночас ці ґрунти мають різний рівень гумусованості, кислотності та забезпечення рухомими формами поживних речовин, тому технологія повинна передбачати попереднє агрохімічне обстеження поля, коригування норм добрив і підтримання оптимальної структури орного шару.

Особливу увагу потрібно приділяти збереженню ґрунтової вологи, оскільки соняшник формує потужну кореневу систему і активно використовує запаси води з глибших горизонтів.

У проектній технології приймається, що поле призначене для товарного вирощування олійного соняшнику після зернового попередника. Розрахункова площа технологічної карти становить 100 га, що дає змогу зручно визначати потребу в робочому часі, пальному, насінні, добривах і засобах захисту рослин. Запланована врожайність у базовому варіанті становить 3,0 т/га, а за чіткого дотримання строків робіт, використання продуктивного гібрида та якісного захисту посівів може бути підвищена до 3,2–3,5 т/га. Такий рівень урожайності є реалістичним для господарств Лісостепу Житомирської області за умови достатнього забезпечення вологою та належної культури землеробства.

Основною технічною передумовою проекту є використання трактора ХТЗ-17221 як енергетичного засобу для виконання енергоємних операцій. У складі орного агрегату передбачено застосування трактора ХТЗ-17221 та плуга ПЛН-5-35. Такий агрегат забезпечує виконання полицевого обробітку на глибину 25–27 см, що є доцільним у технології вирощування соняшнику після стерньових попередників за наявності ущільненого шару, значної кількості післяжнивних решток або підвищеної забур'яненості поля. Удосконалення навіски трактора 4 класу тяги в межах дипломного проекту спрямовується на підвищення стійкості агрегату, зменшення непродуктивних коливань начіпного знаряддя та поліпшення рівномірності глибини обробітку.

Під час проектування технології потрібно враховувати, що соняшник є культурою широкорядного способу сівби, чутливою до нерівномірного розміщення рослин у рядку. Тому в сучасній технології перевага надається точним пневматичним сівалкам, які забезпечують стабільну глибину загортання насіння, однаковий інтервал між рослинами, контроль пропусків і двійників. Для умов Лісостепу Житомирської області доцільно приймати

міжряддя 70 см, а густоту стояння перед збиранням - близько 55–60 тис. рослин/га для більшості середньоранніх і середньостиглих гібридів. Остаточна норма висіву уточнюється залежно від маси тисячі насінин, лабораторної схожості, польової схожості, запасів продуктивної вологи та групи стиглості гібрида.

2.2 Агротехнічні вимоги до вирощування соняшнику

Агротехнічні вимоги до технології вирощування соняшнику визначаються біологічними особливостями культури. Соняшник потребує добре розпушеного орного шару, достатнього запасу вологи на час сівби, рівномірного розміщення насіння у ґрунті, чистого від бур'янів поля в початковий період розвитку та оптимального балансу елементів живлення. Найбільш відповідальними періодами є фаза сходів, утворення кошика, цвітіння та налив насіння. Порушення водного або поживного режиму в ці періоди різко знижує потенціал урожайності, тому проєктована технологія повинна забезпечити найкращі умови для розвитку кореневої системи та формування листкового апарату.

Соняшник не слід розміщувати після культур, які мають спільні хвороби або сильно висушують ґрунт. Небажаними попередниками є ріпак, соя, горох, цукрові буряки та багаторічні трави, якщо після них зберігається підвищений ризик ураження білою чи сірою гниллю. Найбільш придатними попередниками для умов Житомирської області є озима пшениця, ярі зернові та кукурудза на зерно за умови якісного подрібнення й заробляння решток. Повернення соняшнику на те саме поле рекомендується не раніше ніж через 6–7 років, адже скорочення ротації сприяє накопиченню вовчка, фомопсису, склеротиніозу та інших небезпечних чинників.

Технологія має забезпечувати сівбу в оптимальні строки. Для соняшнику важливо, щоб ґрунт на глибині загортання насіння прогрівся до 10–12 °С, а верхній шар мав достатню вологість для дружного проростання. Занадто рання сівба у холодний ґрунт призводить до затягування появи

сходів, ураження проростків ґрунтовими патогенами та нерівномірного розвитку рослин. Запізнення із сівбою в умовах весняного дефіциту вологи також небажане, оскільки насіння потрапляє у пересушений шар, а рослини пізніше входять у фазу цвітіння, що збільшує ризик впливу літньої спеки.

Вимоги до обробітку ґрунту полягають у створенні глибокого розпушеного шару без великих грудок, вирівнюванні поверхні поля та збереженні вологи до сівби. На важчих або ущільнених ґрунтах доцільним є полицевий обробіток, який забезпечує повне загортання післяжнивних решток і бур'янів. На полях із низькою забур'яненістю, достатнім вмістом органічної речовини та добрим станом структури можна застосовувати мінімальний або комбінований обробіток, однак у цьому проекті основним варіантом приймається класична технологія з оранкою, оскільки вона узгоджується з темою удосконалення навісного механізму трактора та передбачає використання орного агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35.

До якості сівби ставляться підвищені вимоги. Відхилення фактичної глибини загортання насіння від заданої не повинно перевищувати 1 см, а пропуски та подвійні висіви мають бути мінімізовані. Глибина загортання насіння в умовах достатньої вологості становить 5–6 см, а за підсихання верхнього шару може збільшуватися до 6–7 см. Після сівби поле має бути рівним, без гребенів, із закритою посівною борозною, що забезпечує контакт насіння з ґрунтом і зменшує втрати вологи. У сучасній технології доцільно використовувати системи контролю висіву, маркування рядків, GPS-навігацію та диференційоване внесення матеріалів відповідно до карт продуктивності поля.

2.3 Обґрунтування системи обробітку ґрунту

Система обробітку ґрунту в проектованій технології повинна одночасно виконувати кілька завдань: знищувати бур'яни, заробляти післяжнивні рештки, накопичувати вологу, створювати сприятливий водно-повітряний режим і забезпечувати умови для роботи точних сівалок. Після

збирання зернового попередника проводиться подрібнення соломи та рівномірне розподілення решток по поверхні поля. Нерівномірно розкидана солома ускладнює оранку, передпосівну підготовку та сівбу, тому якість роботи подрібнювача комбайна є важливою передумовою всієї подальшої технології.

Першою післязбиральною операцією є лущення стерні на глибину 6–8 см дисковою бороною або дискатором. Ця операція провокує проростання падалиці й насіння бур'янів, частково подрібнює рослинні рештки, перериває капіляри у верхньому шарі ґрунту і зменшує випаровування вологи. За значної забур'яненості або наявності багаторічних коренепаросткових бур'янів доцільне повторне лущення або внесення системного гербіциду в осінній період після відростання бур'янів. У технологічній карті передбачено одне дискування як базову операцію, а повторне виконання вказується як можливий коригувальний захід.

Основний обробіток виконується оранкою на глибину 25–27 см агрегатом ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35. Плуг ПЛН-5-35 має п'ять корпусів із шириною захвату 35 см кожний, тому загальна конструктивна ширина захвату становить 1,75 м. За робочої швидкості 7–8 км/год і коефіцієнта використання часу зміни 0,72–0,78 продуктивність орного агрегату орієнтовно становить близько 0,9–1,0 га/год. Оранка забезпечує загортання решток, вирівнює фітосанітарний стан поля, руйнує ущільнений шар і створює глибокий орний горизонт, необхідний для розвитку кореневої системи соняшнику.

Особливістю роботи агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 є значне тягове навантаження на трактор і навісний механізм. Під час оранки опір плуга змінюється залежно від вологості, щільності ґрунту, глибини ходу корпусів та рельєфу поля. Нерівномірність заглиблення корпусів призводить до коливань тягового опору, збільшення буксування, перевитрати палива та зниження якості обробітку. Тому удосконалення навіски трактора 4 класу тяги має практичне значення: воно дає змогу підвищити стабільність

положення начіпного знаряддя, поліпшити копіювання рельєфу та зменшити втрати енергії на непродуктивні переміщення.

Після оранки восени або ранньою весною проводиться вирівнювання зябу важкими зубовими боронами або комбінованими агрегатами. Навесні кількість проходів по полю потрібно звести до мінімуму, оскільки зайвий обробіток висушує посівний шар і погіршує структуру ґрунту. Передпосівна культивуація виконується безпосередньо перед сівбою на глибину загортання насіння, тобто 5–6 см. Якісна культивуація має сформувати дрібногрудкувате посівне ложе, у якому насіння розміщується на ущільненому вологому шарі та закривається пухким ґрунтом.

Удосконалена технологія передбачає контроль ущільнення ґрунту. На полях, де спостерігається плужна підшва або ущільнення нижче орного шару, один раз у ротації доцільно виконувати глибоке розпушування на 35–40 см. Проте таку операцію не слід проводити автоматично щороку, оскільки вона потребує великих енерговитрат. Рациональним є застосування глибокорозпушувача лише після діагностики щільності ґрунту пенетрометром або за наявності чітких ознак застою води, слабкого розвитку коренів і поганого вбирання опадів.

2.4 Система удобрення та підготовка насіння

Система удобрення соняшнику повинна базуватися на результатах агрохімічного аналізу ґрунту і запланованому рівні врожайності. Соняшник формує велику вегетативну масу і виносить із ґрунту значну кількість азоту, фосфору та калію. Водночас культура здатна використовувати поживні речовини з глибших шарів ґрунту, тому надмірне внесення азоту небажане. Надлишок азоту сприяє переростанню рослин, подовженню вегетації, підвищенню ризику вилягання й розвитку хвороб, а також може зменшувати вміст олії в насінні.

Для умов Лісостепу Житомирської області у проекті приймається орієнтовна система удобрення: N60P60K60 у діючій речовині з уточненням

норм за даними аналізу ґрунту. Фосфорні та калійні добрива доцільно вносити під основний обробіток, оскільки вони малорухомі у ґрунті та повинні бути розміщені в зоні розвитку коренів. Азот вноситься частково під основний обробіток або передпосівну культивуацію, а частково - у підживлення за потреби. Для підвищення ефективності добрив доцільно застосовувати розкидачі з електронним контролем норми внесення, ваговою системою та можливістю роботи за картами-завданнями.

Окрему роль відіграють мікроелементи, насамперед бор. Дефіцит бору у соняшнику призводить до порушення розвитку кошика, погіршення запилення та формування пустозерності. У технології передбачено позакореневе внесення борвмісного добрива у фазі 6–8 листків або перед бутонізацією. За потреби до бакової суміші додають цинк, марганець або комплексні мікродобрива, але такі рішення мають прийматися після огляду посівів і діагностики живлення. Позакореневі підживлення не замінюють основного удобрення, а лише коригують живлення в критичні фази розвитку.

Для сівби необхідно використовувати насіння районованого високопродуктивного гібрида з високою енергією проростання та стійкістю до основних хвороб. У проекті доцільно приймати середньоранній або середньостиглий олійний гібрид, адаптований до умов Лісостепу й придатний для технології захисту, яка застосовується в господарстві. Вибір гібрида повинен враховувати не лише потенційну врожайність, а й стабільність у різні роки, стійкість до посухи, фомопсису, склеротиніозу, несправжньої борошнистої роси та рас вовчка.

2.5 Проектування сівби та догляду за посівами

Сівба є однією з найвідповідальніших операцій у технології вирощування соняшнику. Для умов Житомирської області оптимальний календарний строк зазвичай припадає на кінець квітня - першу половину травня, але головним критерієм є температура та вологість посівного шару. Сівбу слід починати тоді, коли ґрунт на глибині 5–6 см прогрівся до 10–12

°C, а прогноз погоди не передбачає тривалого похолодання. За таких умов сходи з'являються дружно, рослини швидко переходять до активного росту й краще конкурують із бур'янами.

Проектом передбачено широкорядну сівбу з міжряддям 70 см точним пневматичним висівним апаратом. Для одержання густоти 55–60 тис. рослин/га перед збиранням висівну норму необхідно збільшити з урахуванням лабораторної схожості, польової схожості та можливих втрат під час догляду. Орієнтовно норма висіву становить 60–65 тис. насінин/га. Якщо поле має достатнє зволоження і використовується гібрид із компактним типом рослини, густоту можна наблизити до верхньої межі. На легших ґрунтах або за ризику дефіциту вологи доцільно зменшувати густоту, щоб уникнути надмірної конкуренції між рослинами.

Глибина загортання насіння приймається 5–6 см. За пересихання верхнього шару допускається загортання на 6–7 см, але лише за умови, що сівалка забезпечує стабільну глибину та якісне закриття борозни. Надто глибока сівба подовжує період появи сходів, а мілка сівба збільшує ризик пересихання насінини і пошкодження сходів ґрунтовими шкідниками. Для підвищення точності роботи сівалки застосовують попереднє налаштування висівних дисків, вакууму, притискного зусилля секцій, маркерів або системи паралельного водіння.

Після сівби за необхідності виконується коткування кільчасто-шпоровими котками. Воно доцільне тоді, коли посівний шар має недостатній контакт із насінням або на полі сформувалися грудки. На важких перезволожених ґрунтах коткування може погіршити повітряний режим і сприяти утворенню кірки, тому рішення приймається залежно від фактичного стану поля. У технологічній карті ця операція включена як рекомендована для вирівнювання поверхні та збереження вологи, але її виконання має бути гнучким.

Догляд за посівами передбачає поєднання хімічного та механічного контролю бур'янів. У початковий період соняшник росте повільно, тому

бур'яни можуть значно знизити врожайність. Основним заходом є внесення ґрунтового гербіциду після сівби до появи сходів або застосування страхового гербіциду відповідно до стійкості вибраного гібрида. У разі потреби проводиться міжрядний обробіток культиватором із захисними щитками. Міжрядний обробіток руйнує ґрунтову кірку, знищує бур'яни в міжряддях і покращує аерацію ґрунту, але його слід виконувати обережно, щоб не пошкодити кореневу систему.

2.6 Система захисту посівів і збирання врожаю

Система захисту соняшнику у проєктованій технології будується на принципах інтегрованого захисту рослин. Це означає, що хімічні обробки поєднуються з агротехнічними заходами: дотриманням сівозміни, якісним обробітком ґрунту, добором стійкого гібрида, оптимальною густотою, збалансованим удобренням і регулярним моніторингом поля. Надмірне або несвоєчасне застосування пестицидів підвищує витрати та може зменшувати екологічну стійкість технології, тому кожне внесення має бути обґрунтоване фактичним фітосанітарним станом посіву.

Захист від бур'янів є ключовим до фази змикання рядків. Проєктом передбачено внесення ґрунтового гербіциду після сівби або застосування післясходового гербіциду за технологією, сумісною з гібридом. Перед внесенням ґрунтового препарату поверхня поля повинна бути вирівняною, дрібногрудкуватою і достатньо вологою. Якщо після внесення не випадають опади, ефективність препарату може знижуватися. За використання післясходових гербіцидів потрібно суворо дотримуватися фази розвитку культури, температурних обмежень і регламентів застосування.

Основними хворобами соняшнику в зоні вирощування є фомопсис, фомоз, сіра та біла гнилі, альтернаріоз, іржа, несправжня борошниста роса. Їх розвиток посилюється у загущених посівах, за надмірного азотного живлення, порушення сівозміни та тривалого зволоження в період бутонізації й цвітіння. У технологічній карті передбачено профілактичний або

лікувально-профілактичний фунгіцидний захист у фазі 6–8 листків та, за потреби, повторну обробку перед цвітінням. Доцільно використовувати самохідний або причіпний обприскувач із шириною захвату 24 м і системою автоматичного відключення секцій, що зменшує перекриття та перевитрату препарату.

Шкідники соняшнику можуть пошкоджувати насіння, сходи, листки, стебла та кошики. Найбільшу увагу потрібно приділяти дротяникам, довгоносікам, попелицям, совкам, лучному метелику та клопам. Інсектицидне протруювання насіння зменшує ризик пошкодження сходів, але не замінює моніторинг упродовж вегетації. Обробку інсектицидом виконують лише після перевищення економічного порогу шкодочинності або за високого ризику масового пошкодження. Для збереження запилювачів обробки в період цвітіння необхідно планувати у вечірні години й дотримуватися регламентів безпечного застосування препаратів.

Збирання соняшнику проводиться зернозбиральним комбайном із соняшnikовою жаткою. Оптимальний строк настає тоді, коли кошики побуріли, листки підсохли, а вологість насіння наблизилася до технологічно допустимого рівня. Передчасне збирання збільшує витрати на сушіння, а запізнення призводить до втрат від осипання, вилягання, пошкодження птахами та розвитку хвороб кошика. У роки з прохолодною або вологою осінню може бути доцільною десикація, яка вирівнює дозрівання посіву і полегшує роботу комбайна. Після збирання насіння очищують, за потреби досушують і направляють на зберігання або реалізацію.

2.7 Розрахунок продуктивності основних агрегатів

Для побудови технологічної карти необхідно визначити орієнтовну продуктивність машинно-тракторних агрегатів. Розрахунок виконується за робочою шириною захвату, швидкістю руху та коефіцієнтом використання часу зміни. Ефективна годинна продуктивність агрегату може бути визначена за залежністю: $W = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot K_{\text{ч}}$, де W – продуктивність, га/год; B – робоча ширина захвату, м; V – робоча швидкість, км/год; $K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт

використання часу зміни. Для польових робіт значення $K_{\text{ч}}$ приймають у межах 0,70–0,85 залежно від довжини гону, рельєфу, підготовленості поля та кількості технологічних зупинок.

Для орного агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 робоча ширина захвату становить 1,75 м. При швидкості 7,5 км/год і коефіцієнті використання часу 0,75 годинна продуктивність становить $W = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 7,5 \cdot 0,75 = 0,98$ га/год. За тривалості зміни 7 год змінна продуктивність дорівнює приблизно 6,9 га. Для площі 100 га потрібно близько 102 год чистого робочого часу або 15 змін. Витрата пального на оранку приймається 22 л/га, отже загальна потреба для площі 100 га становить приблизно 2200 л. Зменшення буксування, стабілізація глибини та правильне налаштування навіски можуть знизити непродуктивні витрати палива й підвищити якість обробітку.

Продуктивність сучасних широкозахватних агрегатів для дискування, культивуації, внесення добрив і обприскування значно вища, ніж продуктивність орного агрегату. Це означає, що оранка є одним із лімітуючих процесів у технології. Саме тому для неї особливо важливі правильний вибір передачі, стабільна робоча глибина, оптимальний кут атаки корпусів, налаштування передплужників і справний стан начіпної системи. Якщо оранка буде виконана з порушенням агротехнічних вимог, подальші операції не зможуть повністю виправити нерівномірність обробітку та втрати вологи.

Для сівби приймається точна пневматична сівалка з шириною захвату 5,6 м. За швидкості 7 км/год і коефіцієнта використання часу 0,75 її продуктивність становить близько 2,9 га/год. Цього достатньо, щоб засіяти площу 100 га за 5 робочих змін, тобто в межах оптимального агротехнічного строку. Для обприскування приймається агрегат із шириною захвату 24 м, продуктивністю 18 га/год, що дозволяє швидко виконувати гербіцидні та фунгіцидні обробки у сприятливих погодних вікнах. Використання навігації та автоматичного відключення секцій підвищує точність внесення та зменшує перевитрати препаратів.

2.8 Технологічна карта вирощування соняшнику

Технологічну карту складено для площі 100 га. Техніка підібрана з урахуванням використання сучасних енергонасичених тракторів, високопродуктивних ґрунтообробних агрегатів, точних сівалок, обприскувачів із контролем норми внесення та комбайнів із соняшниковими жатками. Операції можуть уточнюватися залежно від фактичного стану поля, вологості ґрунту, погодних умов і наявного машинно-тракторного парку господарства.

2.9 Організаційні заходи вдосконалення технології

Ефективність розробленої технології залежить не лише від складу машин, а й від організації робіт. Для цього доцільно складати календар-графік виконання операцій із зазначенням агрегатів, виконавців, потреби в пальному, насінні, добривах і засобах захисту. Особливу увагу потрібно приділяти коротким агротехнічним строкам сівби, обприскування та збирання, оскільки запізнення на цих етапах безпосередньо впливає на врожайність і втрати продукції. Основними організаційними напрямками вдосконалення є застосування паралельного водіння, контролю секцій сівалки та обприскувача, обліку фактичних проходів техніки, агрохімічного картування і моніторингу посівів. Удосконалення навіски трактора 4 класу тяги насамперед пов'язане з оранкою: стабільне положення плуга забезпечує рівномірну глибину ходу корпусів, зменшує буксування, поліпшує якість основного обробітку і створює кращі умови для наступних операцій технології вирощування соняшнику.

Таблиця 2.1 - Технологічна карта вирощування соняшнику в умовах Житомирської області (проект)

№	Технологічна операція	Агротехнічний строк	Склад агрегату / машина	Глибина або норма	Ширина, м	Швидкість, км/год	Продуктивність, га/год	Пальне, л/га	Примітка
1	Подрібнення і рівномірне розподілення соломки попередника	липень-серпень	зернозбиральний комбайн із подрібнювачем	залишити рівномірний шар решток	-	-	у складі збирання	-	передумова якісного обробітку
2	Лущення стерні	після збирання попередника	John Deere 8335R + дискатор Lemken Rubin 9/600 або аналог	6–8 см	6,0	10	4,8	5,5	провокація сходів бур'янів
3	Внесення фосфорно-калійних добрив	серпень-вересень	MT3-1221 + Amazone ZA-M / Bogballe або аналог	P60K60	18,0	10	14,4	2,0	норма коригується за аналізом ґрунту
4	Основний обробіток - оранка	вересень-жовтень	ХТ3-17221 + ПЛН-5-35	25–27 см	1,75	7,5	0,98	22,0	заданий орний агрегат проекту
5	Вирівнювання язбу / закриття гребенів	осінь або рання весна	ХТ3-17221 + важкі зубові борони БЗТС-1,0 у зчіпці	3–4 см	12,0	9	8,1	3,5	поліпшення якості передпосівної підготовки
6	Ранньовесняне боронування	березень-квітень	MT3-1221 + зчіпка зубових борін	2–4 см	15,0	9	10,1	2,8	за фізичної стиглості ґрунту
7	Передпосівне внесення азотних добрив	перед культивацією	MT3-1221 + розкидач мінеральних добрив	N30–40	18,0	10	14,4	2,0	не допускати надлишку азоту
8	Передпосівна культивация	у день сівби або за 1 добу	Case IH Puma 210 + Kompaktor / КПС-8 з боролами	5–6 см	8,0	10	6,4	4,0	формування посівного ложа
9	Протруювання і підготовка насіння	до сівби	стаціонарний протруювач насіння	за регламентом препарату	-	-	5–7 т/год	-	фунгіцидний та інсектицидний захист
10	Сівба соняшнику точним висівом	кінець квітня - перша половина травня	John Deere 6195M + Horsch Maestro 8.70 / Vaderstad Tempo або аналог	55–65 тис. насінин/га, 5–6 см	5,6	7	2,9	5,0	міжряддя 70 см, контроль пропусків
11	Коткування посівів	після сівби за потреби	MT3-1221 + кільчасто-шпорові котки КЗК-6	ущільнення посівного шару	6,0	8	3,8	3,0	виконувати лише за доцільності
12	Внесення ґрунтового гербіциду	після сівби до сходів	самохідний або причіпний обприскувач Amazone UX / John Deere R-серії	200–250 л/га робочого розчину	24,0	10	18,0	1,2	працювати по вирівняній поверхні
13	Міжрядний обробіток I	фаза 2–4 пар листків	MT3-82.1 + культиватор KPH-5,6 із захисними щитками	5–6 см	5,6	6	2,5	4,2	знищення бур'янів у міжряддях
14	Позакореневе підживлення бором	фаза 6–8 листків	обприскувач 24 м	B 0,3–0,5 кг/га	24,0	10	18,0	1,2	можливе поєднання з фунгіцидом
15	Фунгіцидно-інсектицидний захист	6–8 листків / бутонізація	обприскувач 24 м із GPS-контролем секцій	за моніторингом посіву	24,0	10	18,0	1,2	інтегрований захист рослин
16	Міжрядний обробіток II	до змикання рядків	MT3-82.1 + KPH-5,6	6–8 см	5,6	6	2,5	4,5	за потреби, без пошкодження коренів
17	Десикація посівів	за вологої осені або нерівномірного досягання	обприскувач 24 м	за регламентом препарату	24,0	10	18,0	1,2	виконувати за потреби
18	Збирання врожаю	вересень-жовтень	Claas Lexion / John Deere S-серії + соняшникова жатка 7–9 м	вологість насіння за вимогами зберігання	7,4	5	2,6	11,0	мінімізувати втрати кошиків і насіння
19	Транспортування насіння від комбайна	під час збирання	трактор із причепом 2ПТС-9 / перевантажувальний бункер	3,0 т/га урожаю	-	-	за потреби	2,5	організація без простою комбайна
20	Очищення і досушування насіння	після збирання	зерноочисна машина, сушарка шахтного або модульного типу	доведення до кондиції	-	-	за прод. лінії	-	забезпечити якість зберігання
21	Післязбиральне лущення стерні соняшнику	після вивезення врожаю	ХТ3-17221 + дискова борона БДВП-6,3 або аналог	8–10 см	6,3	9	4,5	6,0	підготовка поля до наступної культури

Висновки по розділу

1. Для умов Лісостепу Житомирської області доцільною є технологія вирощування соняшнику після зернового попередника з дотриманням сівозміни, якісним обробітком ґрунту, збалансованим удобренням та інтегрованим захистом рослин.
2. Основний обробіток у проекті передбачено виконувати агрегатом ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 на глибину 25–27 см; саме ця енергоємна операція обґрунтовує потребу вдосконалення навіски трактора 4 класу тяги.
3. Сівбу доцільно виконувати за температури ґрунту 10–12 °С, із міжряддям 70 см, глибиною загортання 5–6 см і густотою 55–60 тис. рослин/га перед збиранням.
4. Розроблена технологічна карта охоплює повний цикл робіт і передбачає використання сучасної техніки, точних сівалок, продуктивних обприскувачів, сучасних комбайнів і заданого орного агрегату.
5. Шляхи вдосконалення технології полягають у стабілізації глибини оранки, зменшенні буксування трактора, застосуванні GPS-навігації, контролі норми висіву та адаптації операцій до фактичних погодних умов.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз способів установалення та підтримання глибини обробітку ґрунту

Операції основного обробітку ґрунту належать до найбільш навантажених тягових процесів, які виконуються машинно-тракторними агрегатами. Під час роботи ґрунтообробного знаряддя трактор витрачає значну частину потужності на подолання опору ґрунтового шару, тертя робочих органів і переміщення агрегату полем. Тому стабільне дотримання заданої глибини є не лише агротехнічною вимогою, а й важливою умовою раціонального використання енергії трактора.

Для оранки та подібних операцій характерною є робоча глибина в межах 0,20...0,27 м. Допустиме відхилення від заданого значення зазвичай не повинно перевищувати 0,01 м на вирівняних площах і 0,02 м на полях з нерівним мікрорельєфом. Якщо глибина змінюється понад допустимі межі, погіршується якість розпушення, зростає нерівномірність загортання рослинних решток і збільшуються витрати палива.

Підтримання робочих органів у потрібному положенні забезпечують різними способами керування навісною системою. У практиці використовують силове, висотне, позиційне та комбіноване регулювання. Кожний спосіб має власну сферу застосування, конструктивні особливості та різний вплив на тягово-зчіпні властивості трактора.

Силове регулювання ґрунтується на автоматичній зміні положення навісної машини залежно від величини тягового опору. Гідравлічна система реагує на зміну навантаження, що передається через верхню тягу, і за допомогою силового регулятора переміщує гідроциліндр навіски. Унаслідок цього робочі органи частково заглиблюються або виглиблюються, а зусилля на тракторі повертається до попередньо встановленого рівня.

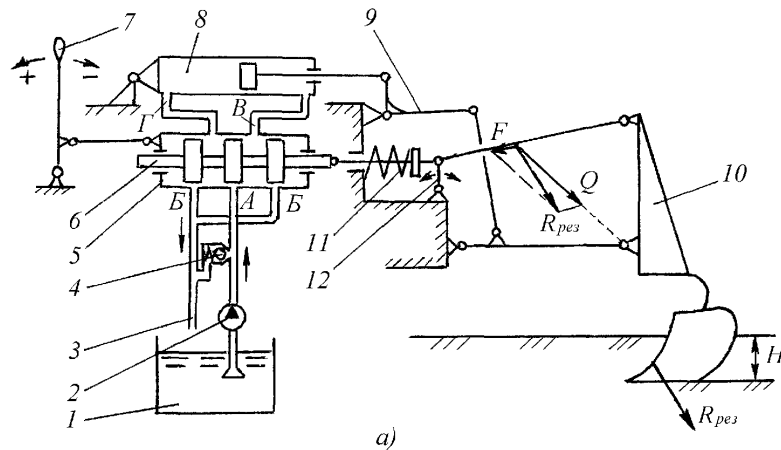


Рис. 3.1. Гідромеханічна схема силового керування положенням навісної машини.

У схемі силового регулювання передній кінець верхньої тяги з'єднаний із маятниковим важелем, який разом із пружиною утворює чутливий елемент регулятора. Коли плуг або інший робочий орган переміщується на глибині H , на нього діє рівнодійна реакція ґрунту $R_{рез}$. Цю силу можна умовно перенести до верхньої тяги і розкласти на складові, одна з яких діє вздовж тяги, а інша передається через шарнір підвіски.

За сталої глибини сила, що діє на тягу, урівноважується попереднім стисканням пружини. У такому положенні золотник регулятора перекриває робочі канали, а насос подає оливу через перепускний клапан до бака. Поршнева та штокова порожнини гідроциліндра залишаються замкненими, тому навісний механізм утримує знаряддя на встановленій висоті.

Якщо опір ґрунту зростає, наприклад унаслідок збільшення глибини або підвищення щільності шару, рівновага між пружиною та тяговим зусиллям порушується. Маятниковий важіль повертається, золотник зміщується, а олива спрямовується у відповідну порожнину гідроциліндра. Шток переміщує важелі навіски, знаряддя піднімається, глибина зменшується, і сила опору знову наближається до заданої.

У протилежній ситуації, коли опір зменшується і робочий орган іде мілкіше, гідросистема створює умови для його заглиблення. Таким чином силовий спосіб дає можливість автоматично підтримувати навантаження на

трактор і частково компенсувати зміну властивостей ґрунту під час руху агрегату.

Ручне встановлення бажаної глибини здійснюється важелем керування, який змінює початкове положення корпусу силового регулятора. Після переміщення важеля гідросистема переводить знаряддя в нове робоче положення. Коли фактична глибина та відповідне тягове зусилля досягають нового рівня, золотник знову переходить у нейтральне положення.

Основною перевагою силового регулювання є автоматизація процесу підтримання робочого навантаження. Трактористу достатньо задати потрібний режим, після чого система самостійно реагує на зміну опору. Додатковою перевагою є поліпшення використання зчіпної ваги трактора, оскільки частина навантаження від знаряддя може передаватися на ведучі колеса.

До недоліків цього способу належить залежність фактичної глибини від фізико-механічного стану ґрунту. На ділянках з різною щільністю робочі органи можуть працювати на неоднаковій глибині, хоча навантаження на трактор залишається близьким до заданого. Крім того, така система ускладнює конструкцію гідромеханічного приводу та переважно розрахована на роботу з одним основним навісним знаряддям.

Висотне регулювання відрізняється тим, що положення робочих органів задається не за тяговим зусиллям, а через опорне або копіювальне колесо. Колесо переміщується відносно рами знаряддя гвинтовим або іншим регулювальним механізмом, після чого визначає відстань між рамою та поверхнею поля. Завдяки цьому машина копіює нерівності рельєфу, а робоча глибина зберігається відносно поверхні ґрунту.

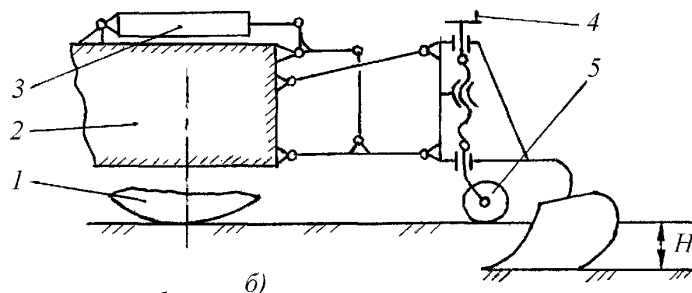


Рис. 3.2. Схема висотного регулювання глибини обробітку.

Під час руху агрегату опорно-копіювальне колесо сприймає частину маси знаряддя та визначає його вертикальне положення. Гідроциліндр навіски трактора при цьому переводиться у плаваючий режим, що забезпечує вільне вертикальне переміщення знаряддя відносно остова трактора. Завдяки такій взаємодії робочі органи повторюють мікрорельєф поля без жорсткої прив'язки до положення трактора.

Перевагою висотного регулювання є конструктивна простота й універсальність. Цей спосіб можна застосовувати як із навісними, так і з причіпними машинами, а також одночасно використовувати кілька знарядь. Він поширений у ґрунтообробних і посівних агрегатах, де важливо зберігати глибину відносно фактичної поверхні поля.

Водночас наявність опорного колеса створює додатковий тяговий опір. Частина енергії витрачається на перекочування колеса по ґрунту, а також на подолання тертя в осі та підшипникових вузлах. Крім того, опора знаряддя на колесо зменшує довантаження ведучих коліс трактора, що може погіршувати тягово-зчіпні властивості агрегату, особливо на вологих або пухких ґрунтах.

Позиційне регулювання передбачає фіксацію знаряддя відносно трактора в наперед заданому положенні. Гідроциліндр навісної системи встановлює потрібну висоту, після чого розподільник переводиться у нейтральний режим. Під час подальшого руху агрегат працює з незмінним положенням робочих органів щодо трактора.

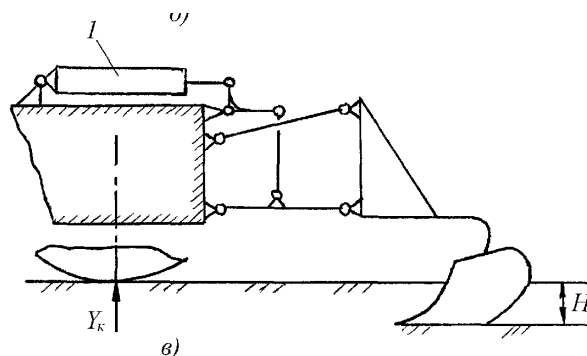


Рис. 3.3. Схема позиційного способу регулювання.

Позиційний спосіб має найпростішу будову, оскільки не потребує опорних коліс або складних датчиків силового зусилля. Упродовж гону

гідросистема фактично не виконує активного регулювання, що зменшує кількість спрацювань робочих елементів. Такий варіант є доцільним там, де поле достатньо рівне, а вимоги до точності глибини не є надмірно жорсткими.

Недоліком позиційного регулювання є чутливість до нерівностей рельєфу. Оскільки знаряддя жорстко пов'язане з трактором, під час руху по хвилястій поверхні глибина може істотно змінюватися. Крім того, можливі невеликі зміщення штока через внутрішні втрати оливи в гідроциліндрі, що також впливає на сталість положення знаряддя. Змінна реакція ґрунту на ведучих колесах спричиняє коливання зчіпних властивостей трактора.

Комбіноване регулювання поєднує ознаки кількох описаних способів. Наприклад, опорне колесо може задавати базову висоту, а гідросистема частково компенсувати зміну тягового навантаження. Такий підхід дає змогу зменшити вплив окремих недоліків, однак ускладнює конструкцію й потребує точнішого налаштування перед початком роботи.

3.2 Обґрунтування конструктивного удосконалення навіски трактора

На тракторі ХТЗ-17221 задній навісний механізм змонтований на рамі за допомогою спеціальних кронштейнів і зварних стояків. Така конструкція забезпечує приєднання сільськогосподарських машин, передавання тягових і вертикальних навантажень, а також переведення знарядь із робочого положення в транспортне. Основними елементами механізму є нижні та верхні тяги, регулювальні розкоси, шарнірні пальці, вал важелів і гідроциліндр піднімання.

Верхня тяга призначена для стабілізації положення знаряддя в поздовжній площині та сприймання частини зусиль, що виникають під час роботи. Для зменшення поштовхів у навісному механізмі застосовується амортизаційний вузол двосторонньої дії. Він пом'якшує динамічні навантаження, які виникають у транспортному режимі та під час роботи на нерівній поверхні.

Амортизаційний пристрій складається із зовнішньої та внутрішньої пружин, опорних шайб і пальців, розміщених у відповідних отворах труби верхньої тяги. Коли знаряддя створює розтягувальне зусилля, що перевищує попередній натяг пружин, гвинт частково висувається з труби. Через палець він переміщує опорну шайбу, додатково стискає пружини та знижує різкість передавання ударного навантаження на корпус трактора.

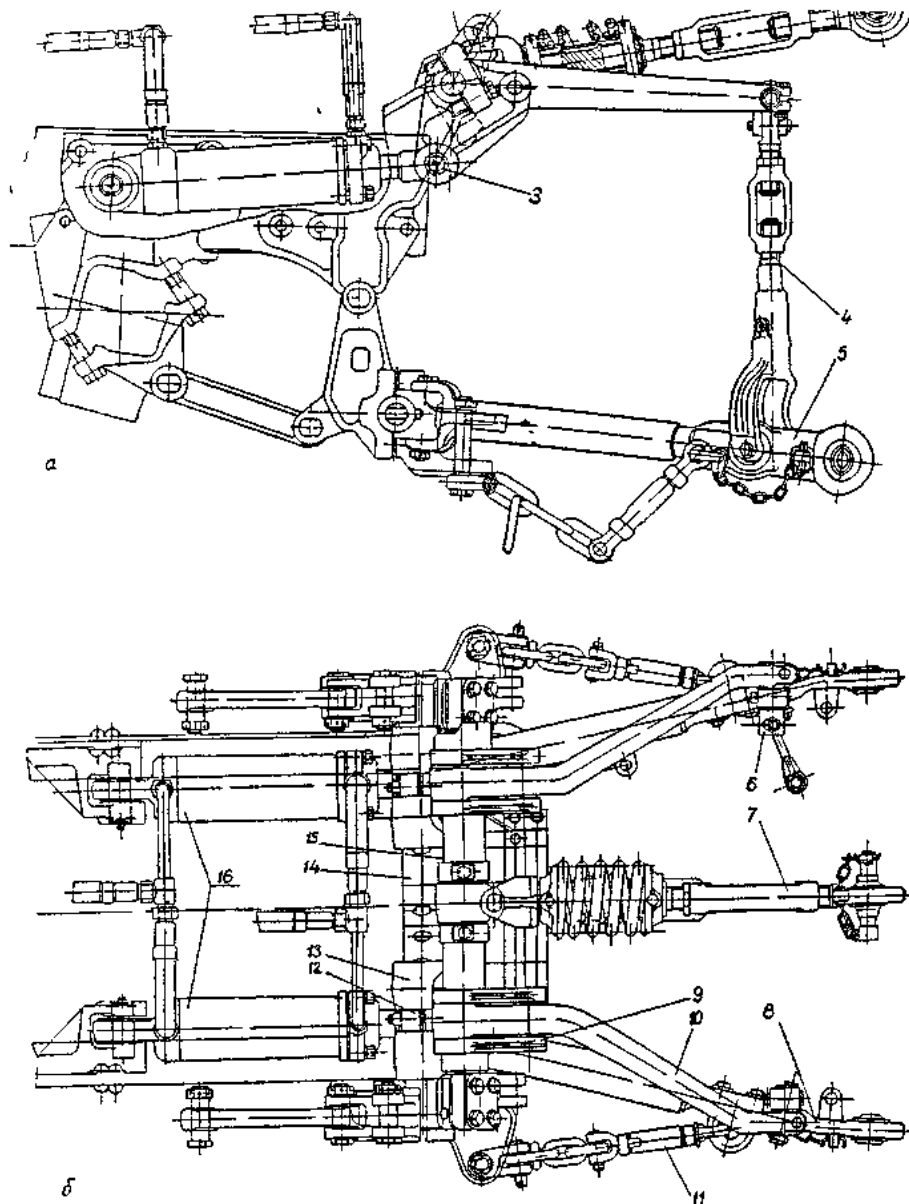


Рис. 3.4. Конструктивна схема навісного механізму трактора ХТЗ-17221.

Попри достатню працездатність штатної системи, під час агрегування з ґрунтообробними знаряддями виникає проблема підвищеного тягового опору. Особливо це помітно у випадках, коли для підтримання глибини використовуються опорні колеса. Їх перекочування, тертя в підшипниках і

взаємодія з деформованим ґрунтом потребують додаткової енергії. Одночасно частина ваги знаряддя передається на колесо, а не на трактор, тому зменшується корисне довантаження ведучих коліс.

Для зменшення зазначених втрат у роботі пропонується встановити на навісний механізм обмежувальні, або опорні, ланцюги. Вони задають допустиме нижнє положення знаряддя, обмежують надмірне заглиблення та знижують потребу в постійному спиранні машини на опорне колесо. Така модернізація не вимагає докорінної зміни штатної навіски, але дає можливість поліпшити умови роботи агрегату.

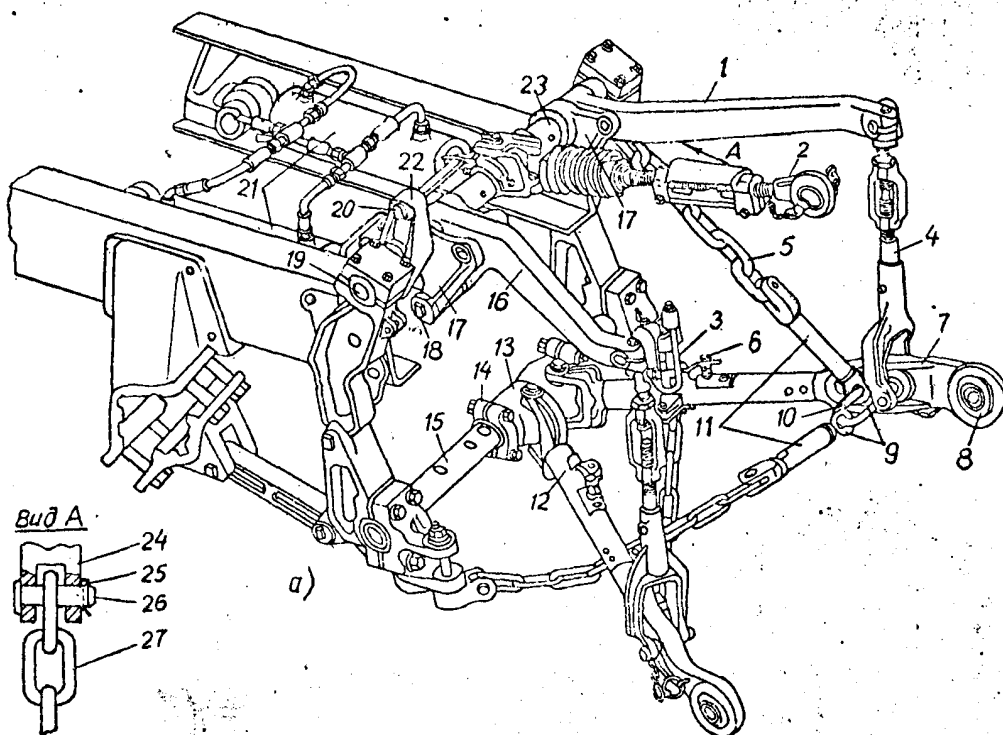


Рис. 3.5. Удосконалений навісний механізм із встановленими обмежувальними ланцюгами

Запропоноване рішення полягає у закріпленні ланцюгів між елементами навісної системи так, щоб під час роботи вони сприймали частину вертикального навантаження та не дозволяли знаряддю опускатися нижче від заданої межі. У результаті стабілізується положення робочих органів, знижується залежність від опорного колеса і частина маси знаряддя ефективніше використовується для довантаження трактора.

Перевагою такого варіанта є простота виготовлення й обслуговування. Ланцюговий елемент легко підібрати за міцністю, а його довжину можна змінювати відповідно до необхідної глибини обробітку. У порівнянні зі складними гідромеханічними регуляторами він має меншу вартість, не потребує тонкого налаштування та може бути встановлений у майстерні господарства.

Разом з тим ланцюгове обмеження повинне відповідати вимогам міцності та надійності. Під час роботи навісного механізму в ланках, пальцях і вушках виникають змінні навантаження. Тому перед остаточним прийняттям конструкції необхідно виконати перевірочний розрахунок і визначити параметри ланцюга та кріпильних елементів.

3.3 Перевірочний розрахунок елементів навісного пристрою

3.3.1 Визначення навантажень у ланках і вибір обмежувального ланцюга

Міцність навісного пристрою оцінюють для двох характерних положень знаряддя. Перше положення відповідає початку виглиблення, коли на механізм одночасно діють сила опору робочих органів і вага знаряддя, прикладена в його центрі мас. Друге положення відповідає піднятому стану, коли навіска сприймає переважно вагу машини.

Для подальшого розрахунку обирають більш несприятливий випадок навантаження. Такий підхід дає змогу забезпечити необхідний запас міцності для всіх відповідальних ланок. У даному проєктному рішенні основна увага приділяється визначенню зусилля, яке сприйматиме обмежувальний ланцюг, і перевірки елементів його кріплення.

Зусилля у стержнях навісного механізму залежать від рівнодійної вертикальних сил Q , рівнодійної горизонтальних сил R , геометричних розмірів механізму та взаємного розташування ланок. Для розрахунку використовують коефіцієнти, які враховують кути нахилу і довжини окремих елементів.

Таблиця 3.1 – Розрахункові залежності для визначення зусиль у ланках навісного пристрою

Розрахунковий елемент	Зусилля вздовж стержня	Зусилля перпендикулярно до стержня	Коефіцієнти та залежності
Стержень 1-2	$T_{12} = K_1Q + K'_1R$	$N_{12} = 0$	$K_1 = h \cdot \sin v / (l_1 \cdot \sin(\beta - \alpha)); K'_1 = h \cdot \cos v / (l_1 \cdot \sin(\beta - \alpha))$
Стержень 1-2 за другою схемою	$T_{12} = K_2Q + K'_2R$	$N_{12} = K_3Q + K'_3R$	$K_2 = \cos v - K_1 \cos(v - \beta); K_3 = \sin v - K_1 \sin(v - \beta)$
Стержень 3-4	$T_{34} = K_4R_{рез}$	$N_{34} = 0$	$K_4 = K_3 \cdot l_{III} / (l'_{III} \cdot \sin(v - \varphi))$
Підйомний механізм	$P = K_5Q + K'_5R$	-	$K_5 = K_4 \cdot l_{IV} \cdot \sin(v - \varphi) / (l_{VI} \cdot \sin(\theta + \tau))$

Геометричні параметри, які входять до наведених залежностей, беруться з розрахункової схеми навісного механізму. Для кожного положення визначають довжини ланок і кути між ними, після чого обчислюють поправочні коефіцієнти та відповідні сили.

Розрахунок зусилля розтягу у стержні 3-4 виконуємо за залежністю:

$$T_{34} = K_4 \cdot R_{рез}, \quad (3.1)$$

де $R_{рез}$ – рівнодійна сил, що зумовлюють заглиблення корпусу плуга; K_4 – коефіцієнт, який враховує геометрію навісного механізму.

Для розрахунку приймаємо рівнодійну силу заглиблення:

$$R_{рез} = 250 \text{ кг}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт K_3 визначаємо за виразом:

$$K_3 = \cos v - K'_1 \cdot \sin(v - \beta). \quad (3.3)$$

Коефіцієнт K_4 знаходимо за формулою:

$$K_4 = (K_3 \cdot l_{III}) / (l'_{III} \cdot \sin(v - \varphi)). \quad (3.4)$$

Після підстановки геометричних параметрів механізму отримаємо:

$$K_3 = \cos 89^\circ - 0,00225 \cdot \sin(89^\circ - 65^\circ) = 0,008;$$

$$K_4 = (0,008 \cdot 0,7) / (0,7 \cdot \sin(89^\circ - 50^\circ)) = 0,014.$$

Тоді розрахункове зусилля розтягу становитиме:

$$T_{34} = 0,014 \cdot 250 = 3,5 \text{ кг}.$$

Для вибору ланцюга необхідно врахувати запас міцності, оскільки навантаження під час роботи має змінний характер, а можливі удари та

коливання збільшують фактичні напруження. Максимальне розрахункове навантаження визначаємо за формулою:

$$T_{\max} = T \cdot k, \quad (3.5)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності. Для даного випадку приймаємо $k = 5$.

$$T_{\max} = 3,5 \cdot 5 = 17,5 \text{ кг.}$$

Отже, для встановлення на навісний механізм слід застосувати зварний ланцюг, допустиме робоче навантаження якого перевищує 17,5 кг. Конструктивні розміри ланцюгового з'єднання обирають за довідковими даними з урахуванням прийнятого запасу міцності та умов експлуатації.

3.3.2 Перевірка міцності кріпильних пальців

Найбільш навантаженими місцями в навісній системі є шарнірні з'єднання. Саме через пальці передаються зусилля від ланцюгів і тяг до важелів та кронштейнів. Під час роботи ці деталі переважно сприймають навантаження на зріз, тому їх необхідно перевірити за допустимим дотичним напруженням.

Розглянемо палець, який з'єднує обмежувальний ланцюг із вушками коромисла. Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані: діаметр пальця $d = 20$ мм; матеріал - сталь; межа міцності матеріалу $\sigma_b = 620$ МПа.

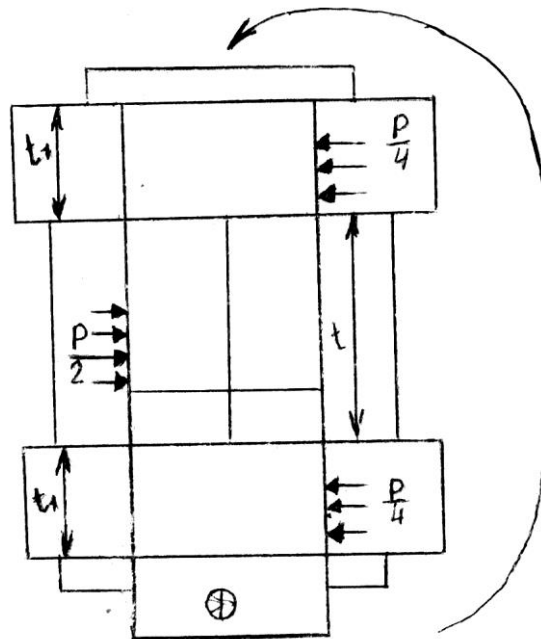


Рис. 3.6. Розрахункова схема сил, що діють на кріпильний палець

Для одинарного зрізу умову міцності можна подати у вигляді:

$$\tau = P / F = P / (\pi d^2 / 4) \leq [\tau]. \quad (3.6)$$

Оскільки у розглянутому вузлі палець працює як двозрізний елемент, розрахунковий переріз подвоюється. Тому умова міцності набуває вигляду:

$$\tau = P / (2F) = P / (2\pi d^2 / 4) \leq [\tau]. \quad (3.7)$$

Допустиме дотичне напруження приймаємо як частину межі міцності матеріалу:

$$[\tau] = (0,75 \dots 0,80) \cdot \sigma_B. \quad (3.8)$$

За коефіцієнта 0,8 маємо:

$$[\tau] = 0,8 \cdot 620 = 496 \text{ МПа.}$$

Фактичне напруження у пальці за прийнятими вихідними даними становить:

$$\tau = 2,8 \text{ МПа.}$$

Отримане значення значно менше за допустиме дотичне напруження. Отже, палець діаметром 20 мм має достатній запас міцності для кріплення обмежувального ланцюга в запропонованій конструкції. Це підтверджує можливість використання вибраного вузла без додаткового збільшення перерізу пальця.

Висновки по розділу

Проаналізовано основні способи підтримання глибини обробітку ґрунту: силовий, висотний, позиційний і комбінований. Встановлено, що кожен із них має як переваги, так і обмеження, пов'язані з точністю регулювання, енергоємністю та впливом на тягово-зчіпні властивості трактора.

Для зменшення тягового опору машинно-тракторного агрегату та поліпшення використання ваги знаряддя запропоновано модернізувати навісний механізм трактора ХТЗ-17221 шляхом установаження обмежувальних ланцюгів.

Запропоноване удосконалення є конструктивно простим, не потребує суттєвої переробки штатної навіски та може бути реалізоване в умовах ремонтної майстерні господарства.

Виконано перевірочний розрахунок навісної системи, за результатами якого визначено необхідне розрахункове навантаження для вибору зварного ланцюга з урахуванням запасу міцності.

Проведена перевірка кріпильного пальця на зріз показала, що фактичне дотичне напруження є значно меншим за допустиме. Отже, обрані конструктивні параметри пальця забезпечують надійну роботу модернізованого вузла.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальна характеристика умов праці під час вирощування соняшнику

Охорона праці в технології вирощування соняшнику має розглядатися як обов'язкова складова організації виробництва, оскільки більшість операцій виконується механізованими агрегатами, пов'язана з переміщенням великогабаритної техніки, роботою з ґрунтообробними знаряддями, внесенням мінеральних добрив, застосуванням пестицидів і збиранням врожаю. Мета цього розділу полягає в тому, щоб визначити небезпечні та шкідливі чинники, характерні для проектного комплексу машин, а також обґрунтувати організаційні, технічні й санітарно-гігієнічні заходи, які забезпечують безпечне виконання робіт у господарстві.

У дипломному проекті особливу увагу приділено орному агрегату, до складу якого входять трактор ХТЗ-17221 та плуг ПЛН-5-35. Трактор належить до енергонасичених машин тягового класу 4, тому під час його експлуатації виникають підвищені вимоги до технічного стану гальм, рульового керування, гідравлічної системи, освітлення, сигналізації, шин, зчіпних пристроїв та навіски. Плуг ПЛН-5-35 має робочі органи з гострими лезами, значну масу і створює значне тягове навантаження, тому неправильне агрегування або регулювання може призвести до втрати стійкості агрегату, пошкодження деталей навіски та виникнення небезпечних зон біля трактора і знаряддя.

Польові роботи під час вирощування соняшнику виконуються у різні періоди року. Осінній основний обробіток ґрунту часто проводиться за мінливої температури, підвищеної вологості, скороченого світлового дня та на полях з нерівним рельєфом. Весняні операції пов'язані з необхідністю дотримання стислих агротехнічних строків, що може спричиняти перевтому механізаторів і підвищення ризику помилок. У період внесення гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів на працівників додатково впливають хімічні

чинники, а під час збирання врожаю - пил, шум, пожежна небезпека сухої рослинної маси та інтенсивний рух транспортних засобів.

Нормативною основою організації безпечних робіт є Закон України «Про охорону праці», правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, санітарні вимоги щодо застосування пестицидів та агрохімікатів, правила пожежної безпеки, інструкції з експлуатації машин, а також внутрішні інструкції підприємства. У практичній роботі важливо не обмежуватися формальним наявністю інструкцій, а забезпечувати реальне навчання, контроль технічного стану агрегатів, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та оперативне усунення виявлених недоліків.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

У технології вирощування соняшнику можна виділити кілька груп небезпечних і шкідливих чинників. До механічних чинників належать рухомі частини машин, обертові вали, шарнірні з'єднання, робочі органи плуга, культиватора, сівалки, обприскувача та комбайна, а також можливість защемлення під час агрегаткування. До фізичних чинників належать шум, загальна і локальна вібрація, запиленість повітря, підвищена або знижена температура, недостатня видимість, напруженість зору та тривале перебування у вимушеній робочій позі. До хімічних чинників відносять контакт із протруєним насінням, добривами, робочими розчинами пестицидів і залишками препаратів на елементах техніки.

Під час роботи трактора ХТЗ-17221 з плугом ПЛН-5-35 найбільш суттєвими небезпечними чинниками є велике тягове зусилля, динамічні навантаження на навіску, можливе підстрибування знаряддя на нерівностях, бокове зміщення агрегату, наявність гострих лемешів і полиць, а також підвищене навантаження на механізатора через необхідність постійно контролювати глибину оранки, прямолінійність руху і стан робочих органів. Небезпека зростає під час розворотів на краю поля, переїздів через канави, роботи на схилах, агрегаткування плуга та усунення забивань.

Окрему групу ризиків становлять роботи, пов'язані з удосконаленою навіскою трактора. Встановлення додаткових обмежувальних елементів, ланцюгів або інших деталей вимагає перевірки міцності, надійності кріплення і правильності регулювання. Якщо ці елементи мають надмірний люфт, пошкоджені пальці, зношені отвори або ненадійне стопоріння, то під час роботи можливі удари, перекося, нерівномірне заглиблення плуга та пошкодження вузлів. Тому безпечність удосконалення повинна підтверджуватися не лише розрахунком, а й практичною перевіркою стану кріплень перед кожною зміною.

Таблиця 4.1 – Небезпечні чинники та основні профілактичні заходи під час вирощування соняшнику

Виробничий чинник	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Рух трактора і ґрунтообробних агрегатів	Наїзд, зіткнення, травмування під час розворотів і переїздів	Дотримання маршруту руху, сигнали перед початком руху, заборона перебування людей у небезпечній зоні, справні гальма та освітлення
Робочі органи плуга ПЛН-5-35	Порізи, защемлення, удари під час регулювання або очищення	Очищення тільки після повної зупинки агрегату, використання рукавиць та інструменту, фіксація піднятого знаряддя упорами
Гідравлічна система навіски	Раптове опускання знаряддя, витік оливи під тиском, пошкодження рукавів	Перевірка рукавів і з'єднань, заборона робіт під піднятим знаряддям без опор, плавне керування гідросистемою
Пил, шум і вібрація	Перевтома, подразнення органів дихання, зниження уваги механізатора	Справна кабіна, ущільнення дверей, перерви для відпочинку, використання засобів захисту за потребою
Пестициди та протруєне насіння	Хімічний вплив на працівників, забруднення одягу і шкіри	Допуск лише навчених осіб, ЗІЗ, механізоване приготування розчинів, заборона приймання їжі в зоні робіт

4.3 Організаційні заходи з охорони праці

Безпечна робота машинно-тракторного парку починається з належної організації праці. До керування трактором ХТЗ-17221 допускаються працівники, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, навчання, інструктажі з охорони праці та перевірку знань. Перед початком сезону потрібно провести повторний інструктаж із безпечної експлуатації тракторів, сівалок, культиваторів, обприскувачів, комбайнів, вантажних автомобілів і допоміжного обладнання. Інструктаж повинен враховувати фактичну технологічну карту вирощування соняшнику, особливості конкретних полів, схили, перешкоди, лінії електропередач, місця розворотів та маршрути переїздів.

Кожний механізатор перед зміною має отримати завдання із зазначенням поля, операції, агрегату, норми виробітку, маршруту руху, місця заправлення і порядку зв'язку з відповідальною особою. Особливо важливо попередньо оглянути поле, на якому буде працювати орний агрегат. Каміння, металеві предмети, залишки дроту, глибокі колії, ями та інші перешкоди необхідно позначити або усунути. Межі поля, небезпечні ділянки і місця розвороту повинні бути зрозумілими для механізатора, оскільки трактор із плугом має значну довжину і потребує достатнього простору для безпечного маневрування.

Робочий день механізатора слід планувати так, щоб не допускати перевтоми. Під час виконання енергоємних операцій, зокрема оранки, механізатор постійно перебуває в умовах шуму, вібрації та підвищеної уваги. Тривала робота без перерв зменшує швидкість реакції, погіршує контроль за агрегатом і збільшує ймовірність небезпечних ситуацій. Тому доцільно передбачати короткі регламентовані перерви, забезпечення питною водою, можливість обігріву або охолодження залежно від сезону, а також змінність працівників у період напружених польових робіт.

Важливою організаційною вимогою є заборона перебування сторонніх осіб у зоні роботи агрегатів. Під час оранки, культивації, сівби, обприскування та збирання в полі не повинні перебувати працівники, які не залучені до

операції. Якщо необхідна присутність допоміжного працівника під час агрегування чи регулювання, він має діяти лише за узгодженими сигналами і перебувати у полі зору тракториста. Зчіплювання, регулювання, очищення та огляд знаряддя виконують після повної зупинки трактора, вимкнення передачі, встановлення стоянкового гальма і, за потреби, підкладання упорів.

4.4 Безпечна експлуатація орного агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35

Перед виходом у поле тракторист-машиніст повинен перевірити технічний стан трактора ХТЗ-17221: рівень палива, оливи та охолоджувальної рідини, справність гальм, рульового керування, звукового сигналу, освітлення, дзеркал, склоочисників, шин і кріплення коліс. Особливу увагу слід приділити гідравлічній системі, оскільки вона забезпечує піднімання, опускання і утримання плуга. Не допускається експлуатація трактора з підтіканням оливи, пошкодженими рукавами високого тиску, самовільним опусканням навіски або несправними замками й фіксаторами. Перед запуском двигуна важелі керування мають бути в нейтральному положенні, а запуск повинен виконуватися тільки з робочого місця механізатора.

Агрегування плуга ПЛН-5-35 з трактором виконують на рівному майданчику з твердим покриттям або на вирівняній ділянці поля. Трактор подають до плуга повільно, без ривків, за сигналом працівника, який перебуває збоку і не заходить між трактором та знаряддям до повної зупинки. Пальці навіски повинні відповідати діаметру отворів, мати справні шплінти або стопорні пристрої, а регулювальні тяги - бути надійно закріпленими. Після навішування перевіряють роботу піднімання й опускання плуга, відсутність перекосів, справність обмежувальних ланцюгів, правильність регулювання верхньої тяги і розкосів.

Під час удосконалення навіски трактора 4 класу тяги необхідно забезпечити, щоб додаткові елементи не заважали вільному переміщенню механізму, не торкалися шин, валів, рукавів гідросистеми та інших деталей. Обмежувальні ланцюги або тяги мають працювати без різких ударів, не

створювати перекосу плуга і не зменшувати керованість агрегату. Перед початком роботи слід перевірити натяг і симетричність ланцюгів, стан зварних швів, відсутність тріщин, деформацій та слідів надмірного зношування. У разі виявлення дефектів роботу агрегату припиняють до повного усунення несправності.

Під час оранки механізатор повинен рухатися з установленою робочою швидкістю, не допускати різких поворотів із заглибленим плугом, не виконувати розвороти на схилах і не залишати агрегат із піднятим знаряддям без нагляду. Перед розворотом плуг піднімають, швидкість знижують, переконуються у відсутності людей, тварин і перешкод. Рух уздовж канав, ярів, водойм і різких схилів потребує збільшення безпечної відстані від краю. Якщо трактор починає буксувати, не дозволяється підштовхувати агрегат іншою технікою без спеціально організованих заходів; необхідно зменшити глибину, змінити траєкторію руху або використати штатні способи вивільнення.

Очищення плуга від рослинних решток, ґрунту або сторонніх предметів виконують тільки після зупинки агрегату. Плуг опускають на землю або встановлюють на надійні підставки. Працівник не повинен перебувати під піднятим знаряддям, спиратися на лемеші чи виконувати очищення ногами. Для очищення використовують скребки, гачки або інший інструмент з достатньою довжиною рукоятки. Заміна лемешів, підтягування болтових з'єднань, регулювання передплужників і польових дощок виконуються лише в рукавицях, із застосуванням справного інструменту та за надійної фіксації знаряддя.

4.5 Вимоги безпеки під час основних технологічних операцій вирощування соняшнику

Підготовка ґрунту під соняшник включає луцення стерні, основний обробіток, вирівнювання поверхні та передпосівну культивацію. Під час роботи дискових борін, культиваторів і котків діють ті самі загальні вимоги: перед початком руху механізатор подає сигнал, працівники не перебувають на рамі

агрегату, регулювання робочих органів виконується після зупинки, а переїзд дорогами здійснюється з переведенням знаряддя у транспортне положення. Забороняється перевозити людей на тракторах, агрегатах і причіпних знаряддях, які для цього не призначені.

Під час внесення мінеральних добрив небезпечними чинниками є запиленість, подразнювальна дія гранул і пилу на шкіру та органи дихання, а також ризик травмування під час завантаження розкидачів. Працівники повинні використовувати спецодяг, рукавиці, захист очей і за потреби респіратор. Завантаження добрив бажано виконувати механізовано. Не допускається перебування працівників під піднятим вантажем, у кузові під час руху транспортного засобу або біля обертових розкидальних дисків. Після завершення роботи техніку очищують у спеціально відведеному місці, а залишки добрив зберігають у сухих закритих приміщеннях.

Сівба соняшнику виконується точними сівалками, які мають висівні апарати, вентилятори, маркери, бункери для насіння і добрив. Перед початком роботи перевіряють кріплення секцій, роботу привода, вакуумної системи, маркерів і сигналізації. Заправлення насінням проводять після зупинки агрегату. Якщо використовується протруєне насіння, працівники повинні уникати прямого контакту з ним, не допускати утворення пилу, використовувати рукавиці та респіратор. Під час руху агрегату заборонено перебувати на сівалці, відкривати кришки бункерів, очищувати висівні диски або регулювати сошники.

Під час хімічного захисту посівів основною вимогою є зменшення контакту працівників із пестицидами. До приготування робочих розчинів і обприскування допускаються працівники, які мають відповідне навчання та дозвіл на виконання таких робіт. Робочий розчин готують на спеціально обладнаному майданчику або із застосуванням засобів механізації. Не дозволяється готувати розчини безпосередньо в полі випадковим способом, використовувати несправні шланги, працювати без засобів індивідуального захисту, палити, пити або приймати їжу під час роботи. Обприскування

виконують за допустимої швидкості вітру, відсутності загрози знесення препарату на людей, тварин, водойми та сусідні культури.

Міжрядний обробіток соняшнику потребує особливої уваги до прямолінійності руху, оскільки робочі органи культиватора проходять близько до рядків. Перед роботою перевіряють захисні щитки, лапи, кріплення секцій, систему копіювання рельєфу і налаштування глибини. Механізатор повинен рухатися з такою швидкістю, щоб не засипати рослини землею і не допускати викидання грудок у напрямку працівників або транспортних засобів. Очищення лап від бур'янів проводиться тільки після повної зупинки агрегату.

Збирання соняшнику супроводжується підвищеною запиленістю та пожежною небезпекою, оскільки сухі стебла, листки і кошики легко накопичуються біля нагрітих поверхонь комбайна. Перед початком жнив перевіряють справність жатки, приводів, ременів, підшипників, системи очищення, освітлення, гальм і вогнегасників. У полі має бути організований порядок руху комбайна і транспортних засобів. Очищення жатки, усунення забивань і технічне обслуговування виконують після зупинки двигуна та зупинення робочих органів. Транспортні засоби під'їжджають до комбайна лише за узгодженим сигналом і з дотриманням безпечної відстані.

4.6 Виробнича санітарія та засоби індивідуального захисту

Кабіна трактора ХТЗ-17221 повинна забезпечувати механізатору належний рівень захисту від пилу, шуму, опадів, вітру та температурних коливань. Перед початком роботи перевіряють стан сидіння, ременя безпеки, скління, дверних ущільнень, вентиляції, обігріву, склоочисників і дзеркал. Робоче місце має бути чистим, без сторонніх предметів, які можуть заважати керуванню. Не допускається зберігання в кабіні незакріплених інструментів, каністр, деталей, засобів захисту рослин або пакування від хімічних препаратів. Після роботи кабінку очищують, провітрюють, а забруднений одяг зберігають окремо від чистого.

Засоби індивідуального захисту добираються залежно від характеру операції. Під час оранки, культивування та ремонту необхідні спецодяг, міцне взуття, рукавиці, за потреби захист очей. Під час роботи з протруєним насінням, пестицидами та агрохімікатами застосовують захисний костюм, гумові або нітрилові рукавиці, окуляри або щиток, респіратор відповідного типу та водонепроникне взуття. Після закінчення хімічних робіт засоби захисту очищують відповідно до інструкції, одноразові елементи утилізують, а працівник мие руки й обличчя з милом або приймає душ за наявності умов.

Для профілактики перевтоми механізаторів важливо контролювати тривалість зміни, чергування операцій і режим відпочинку. Робота в спеку потребує забезпечення питною водою, перерв у затіненому місці та контролю самопочуття працівників. У холодну пору року необхідно передбачити теплий спецодяг, можливість обігріву та справну систему опалення кабіни. Якщо роботи виконуються в темний час доби, техніка повинна мати справне освітлення, а місця стоянки, заправлення і ремонту - достатню видимість. В умовах туману, сильного дощу, грози або різкого погіршення видимості виконання польових робіт слід обмежувати або припиняти.

4.7 Пожежна безпека та дії у надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека під час вирощування соняшнику має особливе значення у період збирання врожаю і роботи з сухими рослинними рештками. Трактори, комбайни, автомобілі та інша техніка повинні бути забезпечені справними вогнегасниками, іскрогасниками за потребою, аптечками та засобами зв'язку. Перед виходом у поле перевіряють відсутність підтікання палива й оливи, справність електропроводки, чистоту двигуна, радіатора та інших вузлів, на яких може накопичуватися пил. Паління і використання відкритого вогню поблизу посівів, стерні, місць зберігання пального та складених рослинних решток забороняється.

Заправлення трактора ХТЗ-17221 та іншої техніки паливом доцільно виконувати на спеціально визначеному майданчику або з використанням

пересувної заправної установки з дотриманням протипожежних вимог. Двигун під час заправлення вимикають, джерела відкритого вогню усувають, розливи пального негайно прибирають. Пально-мастильні матеріали потрібно зберігати в закритій тарі, не допускати їх потрапляння на ґрунт і у водойми. У разі загоряння механізатор повинен зупинити агрегат, вимкнути двигун, повідомити відповідальну особу, використати первинні засоби пожежогасіння без ризику для власної безпеки та організувати відведення техніки від сухої рослинної маси, якщо це можливо.

У разі аварійної ситуації під час роботи орного агрегату першочерговим є припинення руху, опускання знаряддя на землю, вимкнення двигуна і оцінка обстановки. Якщо пошкоджено гідравлічний рукав, зламано палець навіски, деформовано ланцюг або виник різкий перекіс плуга, роботу не можна продовжувати навіть на невеликій швидкості. Агрегат відводять у безпечне місце або огорожують, після чого виконують ремонт. Роботи з піднятим плугом дозволяється проводити тільки після встановлення надійних механічних опор, які унеможливають самовільне опускання.

Висновки по розділу

У результаті аналізу умов праці встановлено, що найбільш небезпечними операціями в проектованій технології вирощування соняшнику є оранка агрегатом ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35, агрегатування та регулювання навісних знарядь, робота з пестицидами, внесення добрив і збирання врожаю. Для цих операцій характерні механічні, фізичні, хімічні та пожежні ризики, які можуть бути суттєво зменшені шляхом належної організації робіт, технічного контролю машин, навчання працівників і використання засобів індивідуального захисту.

Безпечна експлуатація орного агрегату залежить від справності трактора, плуга, гідросистеми та удосконаленої навіски. Запропоновані профілактичні заходи передбачають перевірку кріпильних пальців, обмежувальних елементів, ланцюгів, регулювальних тяг і стопорних пристроїв перед початком зміни,

заборону перебування людей між трактором і знаряддям під час агрегування, очищення плуга лише після зупинки, а також використання надійних опор під час ремонту піднятого знаряддя. Дотримання цих вимог забезпечує зниження виробничого ризику та підвищує надійність виконання польових робіт.

Отже, система охорони праці у дипломному проекті повинна бути спрямована не лише на виконання формальних вимог, а й на практичне попередження небезпечних ситуацій у полі. Для умов Житомирської області доцільно поєднувати технічно справний комплекс машин, чітку організацію руху агрегатів, контроль за роботою з пестицидами, пожежну готовність і постійний інструктаж працівників. Такий підхід дає змогу забезпечити безпечне вирощування соняшнику, зберегти працездатність механізаторів і підтримати стабільну якість технологічних операцій.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Завдання та вихідні положення економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень є завершальним етапом оцінювання доцільності удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику. У попередніх розділах дипломного проекту було обґрунтовано необхідність підвищення ефективності роботи ґрунтообробного агрегату, до складу якого входить трактор ХТЗ-17221, що належить до тракторів 4 класу тяги, та п'ятикорпусний плуг ПЛН-5-35. Основна ідея конструктивного удосконалення полягає у поліпшенні роботи навісного пристрою трактора шляхом встановлення додаткових обмежувальних елементів, які стабілізують положення знаряддя, зменшують небажані коливання та сприяють рівномірнішому передаванню навантаження на елементи агрегату.

Економічна оцінка у даному розділі проводиться не як ізольований розрахунок окремої деталі, а як визначення впливу модернізації на виробничий процес вирощування соняшнику загалом. Для умов Лісостепу Житомирської області особливе значення має своєчасне і якісне виконання основного обробітку ґрунту, оскільки від його якості залежать накопичення вологи, вирівняність посівного шару, інтенсивність розвитку кореневої системи та рівномірність сходів. Якщо при оранці агрегат працює нестійко, глибина обробітку змінюється, зростає буксування трактора, збільшуються витрати пального і погіршуються умови для подальших технологічних операцій.

Мета економічного розрахунку полягає у визначенні, чи забезпечує запропоноване удосконалення навіски трактора достатній виробничий ефект порівняно з базовим варіантом використання агрегату без модернізації. Для цього порівнюються два варіанти: базовий, за якого трактор ХТЗ-17221 агрегується з плугом ПЛН-5-35 у штатному виконанні, та проектний, за якого той самий агрегат використовується з удосконаленою навіскою. Такий підхід

дає можливість оцінити економію експлуатаційних витрат, приріст продуктивності, зменшення трудомісткості, а також очікуваний додатковий результат від підвищення якості оранки.

Розрахунки виконано для умовного виробничого підрозділу, який щороку виконує оранку під соняшник на площі 100 га. Усі вартісні показники прийнято як розрахункові, що дає змогу використовувати їх для порівняння варіантів і коригувати відповідно до фактичних цін конкретного господарства. Такий спосіб подання результатів є доцільним для дипломного проекту, оскільки він показує методику економічного обґрунтування та дозволяє адаптувати розрахунок до реальних умов виробництва.

5.2. Методика порівняльної оцінки базового і проектного варіантів

Економічна ефективність запропонованого рішення визначається шляхом зіставлення приведених витрат за базовим і проектним варіантами. У розрахунку враховано прямі експлуатаційні витрати на виконання оранки, додаткові капітальні вкладення на виготовлення та встановлення елементів удосконаленої навіски, а також очікуваний виробничий результат від поліпшення якості технологічної операції. Порівняльний підхід є зручним, оскільки обидва варіанти виконують одну і ту саму операцію в однакових природно-виробничих умовах.

Річний економічний ефект визначається як різниця між сумою економії поточних витрат і додаткового доходу у проектному варіанті та річними витратами, пов'язаними з використанням удосконалення. Загальний вигляд розрахунку можна подати так: $E = \Delta C + \Delta D - A$, де E – річний економічний ефект, грн; ΔC – економія експлуатаційних витрат, грн; ΔD – додатковий дохід від підвищення якості роботи, грн; A – річні амортизаційні відрахування або частина витрат на модернізацію, що припадає на один рік використання.

Економія експлуатаційних витрат складається з економії пального, оплати праці механізатора та частини витрат на технічне обслуговування і ремонт. Витрати пального визначаються за формулою $C_{\text{п}} = q \cdot C_{\text{п}} \cdot F$, де q –

питома витрата пального, л/га; C_p – розрахункова ціна дизельного пального, грн/л; F – площа виконання операції, га. Витрати на оплату праці визначаються за трудомісткістю операції, яка залежить від годинної продуктивності агрегату.

Продуктивність агрегату у проектному варіанті зростає завдяки стабілізації положення плуга, зменшенню вимушених зупинок на регулювання, більш рівномірному завантаженню трактора та кращому використанню тягових можливостей ХТЗ-17221. Для розрахунку прийнято, що годинна продуктивність базового агрегату становить 1,18 га/год, а проектного – 1,27 га/год. Зростання продуктивності не є різким, але воно реалістично відображає ефект від удосконалення, яке впливає не на ширину захвату плуга, а на сталість і керованість роботи агрегату.

Питомі витрати пального у базовому варіанті прийнято на рівні 24,0 л/га. У проектному варіанті, завдяки зменшенню додаткових втрат енергії на коливання знаряддя і покращенню тягово-зчіпних умов, витрата пального знижується до 22,8 л/га. Таким чином, економія становить 1,2 л/га, що для площі 100 га дає 120 л дизельного пального за сезон виконання основного обробітку під соняшник.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
Площа оранки під соняшник	га	100	100
Склад агрегату	-	ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35	ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35 з удосконаленою навіскою
Годинна продуктивність агрегату	га/год	1,18	1,27
Питома витрата дизельного пального	л/га	24,0	22,8
Розрахункова ціна дизельного пального	грн/л	55	55
Розрахункова тарифна ставка механізатора з нарахуваннями	грн/год	152,5	152,5
Витрати на ТО і ремонт агрегату	грн/га	180	165
Очікуване підвищення врожайності від поліпшення якості оранки	т/га	-	0,03
Розрахункова ціна реалізації насіння соняшнику	грн/т	-	14500

5.3. Визначення витрат на виготовлення і впровадження удосконаленої навіски

Запропоноване удосконалення навісного пристрою не потребує заміни базових вузлів трактора, тому капітальні вкладення мають локальний характер. До складу витрат включено придбання обмежувальних ланцюгів, виготовлення кронштейнів та пальців, підготовку посадочних місць, зварювальні роботи, механічну обробку, монтаж, регулювання та контрольну перевірку роботи агрегату. Оскільки модернізація виконується на базі наявного трактора, її можна здійснювати в умовах ремонтної майстерні господарства або на спеціалізованій дільниці технічного сервісу.

Розрахунок вартості модернізації виконано укрупненим методом. Для дипломного проекту такий підхід є достатнім, адже основне завдання полягає не у складанні комерційного кошторису, а у визначенні порядку величини витрат і порівнянні їх з очікуваним економічним результатом. У фактичних умовах господарства ці витрати можуть змінюватися залежно від наявності матеріалів, вартості нормо-години, технічного стану навіски та обсягу доопрацювання кронштейнів.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на виготовлення та встановлення елементів удосконаленої навіски

Стаття витрат	Кількість / обсяг	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Комплект зварних обмежувальних ланцюгів	2 шт.	3000	6000
Металопрокат для кронштейнів, планок і підсилювачів	1 комплект	3500	3500
Пальці, втулки, шайби та кріпильні елементи	1 комплект	1200	1200
Механічна обробка деталей	8 нормо-год	300	2400
Зварювальні та слюсарно-монтажні роботи	10 нормо-год	350	3500
Регулювання, контрольне випробування та підготовка до роботи	1 комплект	1400	1400
Непередбачені витрати і дрібні матеріали	-	-	2000
Разом капітальні вкладення	-	-	18000

Загальна вартість впровадження проектного рішення становить 18000 грн. Приймаємо нормативний строк використання елементів модернізації 5 років. За

лінійним методом річна частка витрат, що припадає на один рік експлуатації, становить: $A = 18000 / 5 = 3600$ грн. Ця сума враховується при визначенні річного економічного ефекту, оскільки модернізація використовується протягом кількох сезонів, а не лише в рік виготовлення.

Важливою перевагою запропонованого рішення є те, що воно не потребує придбання нового трактора або заміни плуга. Модернізація спрямована на підвищення ефективності вже наявного агрегату, тому її можна віднести до маловитратних організаційно-технічних заходів. Саме такі заходи мають високу практичну цінність для господарств, які прагнуть підвищити ефективність технології вирощування соняшнику без значних інвестицій у новий машинно-тракторний парк.

5.4. Розрахунок експлуатаційних витрат за базовим і проектним варіантами

Найбільшу частку прямих витрат при виконанні оранки становить вартість дизельного пального. Для базового варіанта витрати пального визначаються за формулою: $C_{\text{пб}} = 24,0 \cdot 55 \cdot 100 = 132000$ грн. Для проектного варіанта: $C_{\text{пп}} = 22,8 \cdot 55 \cdot 100 = 125400$ грн. Отже, економія пального у вартісному вираженні дорівнює 6600 грн. У натуральному вираженні економія становить 120 л дизельного пального за один сезон виконання оранки на площі 100 га.

Витрати праці визначаються за кількістю годин роботи агрегату. Для базового варіанта тривалість роботи становить $T_6 = 100 / 1,18 = 84,7$ год. Для проектного варіанта $T_{\text{п}} = 100 / 1,27 = 78,7$ год. Скорочення тривалості роботи агрегату становить приблизно 6,0 год. За розрахункової ставки 152,5 грн/год витрати на оплату праці в базовому варіанті дорівнюють 12917 грн, а в проектному – 12002 грн. Економія за цією статтею становить 915 грн.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт у базовому варіанті прийнято на рівні 180 грн/га, а в проектному – 165 грн/га. Зменшення витрат пояснюється більш рівномірною роботою навісного пристрою, зниженням

динамічних навантажень та меншою потребою у додаткових регулюваннях у процесі виконання оранки. Для площі 100 га витрати на ТО і ремонт становлять відповідно 18000 грн і 16500 грн, тобто економія дорівнює 1500 грн.

Сумарні прямі експлуатаційні витрати за базовим варіантом становлять 162917 грн, а за проектним варіантом без урахування амортизації модернізації – 153902 грн. Якщо додати річну частку витрат на модернізацію у сумі 3600 грн, то приведені річні витрати проектного варіанта становитимуть 157502 грн. Навіть без урахування додаткового доходу від підвищення якості обробітку проектний варіант забезпечує зниження поточних витрат на 5415 грн за сезон.

Таблиця 5.3 – Порівняння річних експлуатаційних витрат на виконання оранки під соняшник

Стаття витрат	Базовий варіант, грн	Проектний варіант, грн	Економія, грн
Витрати дизельного пального	132000	125400	6600
Оплата праці механізатора з нарахуваннями	12917	12002	915
Технічне обслуговування і поточний ремонт	18000	16500	1500
Разом прямі експлуатаційні витрати	162917	153902	9015
Річна частка витрат на модернізацію	-	3600	-3600
Приведені витрати проектного варіанта	-	157502	5415

5.5. Оцінка додаткового виробничого ефекту від підвищення якості оранки

У техніко-економічному обґрунтуванні сільськогосподарських машин важливо враховувати не тільки пряме зменшення витрат, а й вплив удосконалення на якість технологічного процесу. Для соняшнику якість основного обробітку ґрунту має істотне значення, оскільки культура формує потужну кореневу систему і потребує достатнього запасу продуктивної вологи. Нерівномірна глибина оранки може спричинити утворення неоднорідного посівного шару, погіршити умови загортання насіння та знизити дружність сходів.

У проектному варіанті удосконалена навіска сприяє стабілізації положення плуга ПЛН-5-35 під час руху агрегату. Це зменшує випадкові коливання робочих органів, поліпшує сталість глибини обробітку і дозволяє

механізатору точніше підтримувати заданий режим роботи. Результатом є краща якість підготовки поля, що позитивно впливає на ефективність наступних операцій технології вирощування соняшнику.

Для розрахунку прийнято, що за рахунок поліпшення якості оранки та зменшення технологічних втрат урожайність соняшнику зростає на 0,03 т/га. За площі 100 га додатковий валовий збір становитиме 3,0 т. Якщо розрахункова ціна реалізації насіння соняшнику прийнята на рівні 14500 грн/т, додатковий дохід дорівнює: $D_{\text{д}} = 0,03 \cdot 100 \cdot 14500 = 43500$ грн.

Прийнятий приріст урожайності є помірним і не завищує очікуваний результат. У реальних умовах він може бути більшим або меншим залежно від погоди, сорту чи гібриду соняшнику, рівня удобрення, системи захисту рослин і загальної культури землеробства. Однак навіть за мінімального позитивного впливу на врожайність модернізація набуває більшої економічної ваги, оскільки якість основного обробітку ґрунту впливає на весь подальший технологічний ланцюг.

Загальний річний економічний ефект від впровадження удосконаленої навіски визначається як сума економії приведених витрат і додаткового доходу від підвищення якості роботи. Отже, $E_p = 5415 + 43500 = 48915$ грн. Цей показник характеризує очікуваний результат для площі 100 га. Якщо господарство використовує модернізований агрегат на більшій площі або виконує ним інші ґрунтообробні операції, річний економічний ефект відповідно зростатиме.

Таблиця 5.4 – Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження проектного рішення

Показник	Розрахунок	Значення
Економія пального	132000 - 125400	6600 грн
Економія оплати праці	12917 - 12002	915 грн
Економія витрат на ТО і ремонт	18000 - 16500	1500 грн
Річна частка витрат на модернізацію	18000 / 5	3600 грн
Економія приведених витрат	6600 + 915 + 1500 - 3600	5415 грн
Додатковий дохід від підвищення врожайності	$0,03 \cdot 100 \cdot 14500$	43500 грн
Загальний річний економічний ефект	$5415 + 43500$	48915 грн

5.6. Розрахунок строку окупності та показників ефективності

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначається відношенням вартості модернізації до річного економічного ефекту: $T_{ок} = K / E_p$, де K – капітальні вкладення, грн; E_p – річний економічний ефект, грн. Для проектного варіанта: $T_{ок} = 18000 / 48915 = 0,37$ року. Отримане значення свідчить, що витрати на удосконалення навіски окупаються протягом одного виробничого сезону.

Коефіцієнт економічної ефективності визначається як обернена величина строку окупності: $K_{эф} = E_p / K = 48915 / 18000 = 2,72$. Це означає, що на кожну гривню витрат на модернізацію протягом року може бути отримано близько 2,72 грн економічного результату. Такий показник є високим для технічних удосконалень, що пояснюється невеликою вартістю конструктивного доопрацювання та його впливом на якість виконання важливої технологічної операції.

Рівень рентабельності вкладень у модернізацію становить: $R = (E_p / K) \cdot 100 = 272 \%$. Цей показник не означає, що всі витрати виробництва мають таку рентабельність, а характеризує саме ефективність додаткових вкладень у запропоноване технічне рішення. У разі врахування лише прямої економії витрат без додаткового доходу від урожайності строк окупності становив би $18000 / 9015 = 2,0$ роки, що також є прийнятним для технічного удосконалення машинно-тракторного агрегату.

Отже, економічна доцільність модернізації підтверджується за двома підходами. Перший підхід, консервативний, враховує лише пряме зменшення витрат на паливе, працю та обслуговування. Другий підхід, виробничий, додатково враховує підвищення якості оранки і пов'язаний з цим приріст урожайності. У реальних умовах господарства фактичний результат, як правило, формуватиметься поєднанням обох чинників.

5.7. Узагальнення результатів техніко-економічного обґрунтування

Проведені розрахунки показують, що удосконалення навіски трактора ХТЗ-17221 для роботи з плугом ПЛН-5-35 є економічно доцільним. За рахунок стабілізації положення знаряддя знижується питома витрата пального, підвищується продуктивність агрегату та скорочується тривалість оранки. Для площі 100 га економія прямих експлуатаційних витрат становить 9015 грн, а з урахуванням річної частки витрат на модернізацію – 5415 грн.

Додатковий виробничий ефект формується завдяки підвищенню якості основного обробітку ґрунту. Рівномірніша глибина оранки поліпшує умови накопичення вологи, передпосівного обробітку та розвитку кореневої системи соняшнику. За приросту врожайності 0,03 т/га додатковий дохід становить 43500 грн.

Загальний річний економічний ефект від застосування удосконаленої навіски становить 48915 грн. За капітальних вкладень 18000 грн строк окупності дорівнює 0,37 року, тобто модернізація окупається протягом одного сезону. Коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 2,72, а рівень рентабельності додаткових вкладень становить 272 %. Це підтверджує доцільність упровадження рішення у господарствах Лісостепу Житомирської області.

Висновки по розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування удосконалення навіски трактора ХТЗ-17221, який агрегується з плугом ПЛН-5-35 при виконанні оранки під соняшник. Встановлено, що у проектному варіанті годинна продуктивність агрегату зростає з 1,18 до 1,27 га/год, а питома витрата дизельного пального зменшується з 24,0 до 22,8 л/га. Загальні капітальні вкладення на виготовлення і встановлення елементів удосконаленої навіски становлять 18000 грн, що є порівняно невеликою сумою для модернізації машинно-тракторного агрегату. Пряма економія експлуатаційних витрат становить 9015 грн за сезон, а з урахуванням річної частки витрат на модернізацію економія приведених витрат становить 5415 грн. За рахунок

поліпшення якості оранки очікується додатковий дохід 43500 грн, а загальний річний економічний ефект становить 48915 грн. Строк окупності модернізації дорівнює 0,37 року, тому проектне рішення є економічно доцільним для умов Лісостепу Житомирської області.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику з детальною розробкою навіски трактора 4 класу тяги. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва соняшнику, зменшення енерговитрат, покращення якості технологічних операцій та раціонального використання машинно-тракторного парку в умовах Лісостепу Житомирської області.

У роботі проаналізовано сучасний стан технології вирощування соняшнику, агротехнічні вимоги до культури, особливості підготовки ґрунту, удобрення, сівби, догляду за посівами та збирання врожаю. Встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від правильного підбору машин, своєчасного виконання операцій і врахування ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Для умов Житомирської області спроектовано технологію вирощування соняшнику та розроблено технологічну карту, яка визначає послідовність робіт, склад машинно-тракторних агрегатів, строки виконання операцій, витрати праці й пального. Особливу увагу приділено орному агрегату у складі трактора ХТЗ-17221 та плуга ПЛН-5-35, що використовується для основного обробітку ґрунту.

У конструктивній частині обґрунтовано необхідність удосконалення навісної системи трактора. Запропоноване рішення спрямоване на підвищення стабільності роботи агрегату, зменшення коливань знаряддя, покращення підтримання заданої глибини обробітку та зниження тягового опору. Проведені розрахунки підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів конструкції.

У розділі з охорони праці визначено небезпечні та шкідливі фактори під час виконання польових робіт, агрегування трактора з плугом, технічного обслуговування та регулювання навісного механізму. Запропоновані заходи безпеки дозволяють знизити ризик травматизму й забезпечити належні умови праці механізаторів.

Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження удосконаленої навіски трактора 4 класу тяги сприяє підвищенню продуктивності машинно-тракторного агрегату, зменшенню витрат пального, скороченню непродуктивних витрат часу та покращенню якості основного обробітку ґрунту.

Отже, запропоновані проектні рішення мають практичне значення для сільськогосподарських підприємств Лісостепу Житомирської області. Удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику та модернізація навіски трактора ХТЗ-17221 дають змогу підвищити якість технологічних операцій, зменшити енергоємність виробництва та забезпечити економічну доцільність вирощування культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.
2. 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.
3. Адамчук В. В. Машини та обладнання для сільськогосподарського виробництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2018. 512 с.
4. Барановський В. М., Погорілець О. М. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Урожай, 2017. 448 с.
5. Бойко А. І., Гавриш В. І. Експлуатація машинно-тракторного парку : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2019. 336 с.
6. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Іванишин В. В. Теорія сільськогосподарських машин : навч. посіб. Київ : Аграрна наука, 2020. 392 с.
7. Василенко П. М., Василенко В. П. Методика побудови розрахункових моделей функціонування механізованих процесів у рослинництві. Київ : Урожай, 2016. 264 с.
8. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник. Київ : Вища освіта, 2018. 543 с.
9. Гаврилюк М. М. Основи сучасного землеробства : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 280 с.
10. Гудзь В. П., Примаєв І. Д., Будьонний Ю. В. Землеробство : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 464 с.

11. Довідник з експлуатації машинно-тракторного парку / за ред. В. І. Пастухова. Харків : ХНТУСГ, 2018. 376 с.
12. Довідник механізатора сільськогосподарського виробництва / за ред. О. М. Гринька. Київ : Урожай, 2017. 416 с.
13. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с.
14. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.
15. Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. Робототехнічні засоби в рослинництві. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). Київ. НУБІП України. С. 589-601.
16. Кириченко В. В., Петренкова В. П., Рябчун В. К. Соняшник: селекція, насінництво та технологія вирощування : монографія. Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2017. 356 с.
17. Клименко І. І., Поліщук В. М. Технологія вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2019. 296 с.
18. Кравчук В. І., Луценко М. М. Машини для обробітку ґрунту та сівби : посібник. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2018. 288 с.
19. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. Львів : НВФ «Українські технології», 2021. 1040 с.
20. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Оптимізація комплексів машин і структури машинно-тракторного парку. Київ : НАУ, 2017. 284 с.
21. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2018. 980 с.

22. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : підручник. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2019. 636 с.
23. Погорілий Л. В., Кравчук В. І. Випробування сільськогосподарської техніки: науково-методичні засади оцінювання та прогнозування. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2016. 208 с.
24. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Дата звернення: 08.06.2026.
25. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Дата звернення: 08.06.2026.
26. Рослинництво з основами кормовиробництва : підручник / С. М. Каленська, О. Я. Шевчук, М. Я. Дмитришак та ін. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 650 с.
27. Саблук П. Т., Месель-Веселяк В. Я. Економіка виробництва сільськогосподарської продукції. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2018. 388 с.
28. Система технологій у рослинництві : навч. посіб. / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. Київ : Аграрна освіта, 2019. 456 с.
29. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : метод. рек. / уклад. В. І. Пастухов, О. М. Гринько. Харків : ХНТУСГ, 2020. 120 с.
30. Трактор ХТЗ-17221. Настанова з експлуатації. Харків : Харківський тракторний завод, 2016. 184 с.
31. Трактори та автомобілі : підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. Київ : Вища освіта, 2017. 606 с.
32. Шевченко І. А., Ляшенко О. О. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Полтава : РВВ ПДАА, 2019. 348 с.